

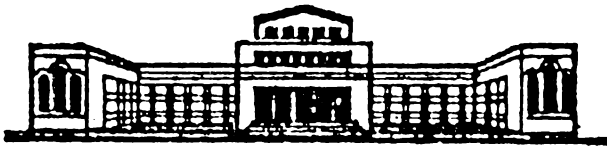
ISSN 0132-0173

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

1  
1997



ԵՐԵՎԱՆ  
ЕРЕВАН

ԽՄԻԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒԵԳՐԱ

ՏԵՐ-ԱՆՏՈՆՅԱՆ Վ.Մ. (*գլխ. խմբագիր*), ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Մ. (*գլխ. խմբագրի տեղակալ*), ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (*պատ. քարտուղար*)  
ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ Ն.Հ., ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Ա.Ա., ԲԱԼՅԱՆ Ս.Պ., ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ Ն.Ս.,  
ԳԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Վ.Մ., ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ  
Լ.Լ., ՇԱՀԱԲԱԳՅԱՆ Ռ.Լ., ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ Է.Վ., ՍԱՀԱԿՅԱՆ Գ.Ա., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Հ.Հ.,  
ՍԱՐԳՍՅԱՆ Վ.Ս., ՏՈՆՈՅԱՆ Ռ.Ն., ՓԱՓԱՅՅԱՆ Թ.Ա.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

АВETICЯН А.А., АРАКЕԼԿԱՆ Ն.Ս., ԱՐՄԿՅԱՆ Վ.Մ., ԲԱԼԿԿԱՆ Ս.Պ., ԲԵԼԼԵՐԿԱՆ Ն.Մ.,  
ԴԱՆԻԵԼԿԱՆ Է.Ա., ՕՏԻՍԿԱՆ Լ.Լ., ՍԱՍԿԱՆ Կ.Ա., ՏԱԿԿԱՆ Գ.Ս., ՏԱՐԿԿԿԱՆ Վ.Ս.,  
ՏԱՐԿԿԿԱՆ Օ.Ա., ՏՈՆՅԱՆ Ռ.Ն., խԱՉԱՏՐԿԱՆ Ի.Գ., ՉՄԲԱՐԿԱՆ Է.Վ., ՏԱՃԱԿԿԱՆ Գ.Ա., ՏԱՐԳՍԿԱՆ Հ.Հ.,  
ՍԱՐԳՍԿԱՆ Վ.Ս., ՏՈՆՈՅԱՆ Ռ.Ն., ՓԱՓԱՅՅԱՆ Թ.Ա.

Издательство Ереванского университета

© "Ученые записки" ЕГУ, естественные науки, 1997

ՏճԱՆ Վ ըՐՈԶՎՈՐԴՈՒՄ 26.05.1997 Ղ. ՍՈԼԿԱՆ Վ ըՐԿՏԻ 25.12.1997 Ղ. ՓՈՐՄԱՏ 70x108  
1/16. ՕֆսեՏնա ըՐԿՏԻ. 6,75 ըՐԿ. լ = 9,45 սս. ը. լ.11,47 սՐ. իճ. լ. ՁԱԿԱՅ 214. ՏԻՐԱՅ 250.  
ՐեգիսՏրաՏիոննա ըՐ. 258.

---

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

## ԲՈՎԱՆ ԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

### Մ Ա Թ Ե Մ Ա Տ Ի Կ Ա

Ե.Ա. Տարոյան - Գեմալին սովորական դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի սոլուարտիկ ինվարիանտները .....	3
Գ.Ա. Սարգսյան - Հաստատուն գործակիցներով դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի համար Դերիխտի խնդրի ոչ տրիվիալ լուծումների անվերջ համախմբի կառուցումը շոշանում .....	11
Հ.Հ. Օհնիկյան - <i>α</i> -հազեցված շերտամորոտների դասակարգող տարածությունների մասին .....	18

### ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Թ.Փ. Մնացականյան - Մամուռիկ հեղուկի ոչ ստացիոնար մուսքը շարժվող պատով ծակուղեկն հարթ խողովակում .....	28
---	----

### ՖԻԶԻԿԱ

Ա.Հ. Գևորգյան, Փ.Հ. Նինոյան - Լույսի բևեռացման հարթության պտույտի ազիմուտայ կախվածության առանձնահատկությունները խորհուրտինային հեղուկ բյուրեղներում միջավայրի պարամետրերը մոտրվացնող ալիքի տարբուրումը .....	32
--	----

### ԳԻՄՈՒԱ

Ա.Ս. Սաղյան, Ա.Է. Ավետիսյան, Ս.Մ. Շառնարյան, Լ.Թ. Ջիլավյան, Է.Ա. Գյուլոսյան, Վ.Ի. Տաբարով, Ս.Կ. Գրիգորյան, Յ.Ն. Բելուկով - Լ. ՅՆ՝ ՄՆ՝ մեթիլամինառալանիլի ստիբնոիկ սինթեզը N(11) խոնի հետ դեմոլորտալանիլի առաջացրած խրոպ կոմպլեքսի միջոցով .....	36
---	----

### ԿԵՆՈԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ.Ա. Գավթյան, Մ.Է. Գևորգյան - Արգինազի որոշ ամինաթթվային սննդամթերքների ֆունկցիոնալ դերի ուսումնասիրությունը .....	40
Մ.Ա. Սարգսյան, Հ.Է. Թերյանեզյան, Ն.Գ. Գավթյան, Ա.Մ. Անանյան - Բազմերիալ պատրաստուկների որպես սպորտի առողմնապահ միջոց կադանրի ցեցի ունե .....	48
Ս.Մ. Բաղդասյան, Ն.Գ. Գարիբյան - Նյութեր Երևանի Միժտեմնակարերի սպորտ միությունի առումնասիրման վերաբերյալ: Լ. Մանրոմիցեան .....	52
Ա.Ս. Հանրաթոնյան - Մարմարիկ գետի հովտի մեղուների ֆաունան: Լ. Բնա. Megachilidae, Anthophoridae, Apidae .....	56
Է.Գ. Յալրոյան, Մ.Կ. Հարությունյան - Միջերկրածովային փոքրաչափի (Pipistrellus kuhlii Kuhli) և թզուկ փոքրաչափի (P. pipistrellus Schreb) բրմոտամային հավաքակազմի ուսումնասիրությունը .....	62
Վ.Ս. Գուրոսյան, Է.Ա. Աղաջանյան, Թ.Մ. Հարությունյան, Վ.Ա. Շեչեևիչ - Խորենի Շառագայանհարման ենթաբնված Բևոտջուի բնական աուպոլյացիաների սերմերի փոփոխականության ուսումնասիրությունը: Հարորում Լ Օնաուգենեզի սկզբնական փուլերի վրա խորենիկ .....	

**ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

Ռ.Վ. Հակոբյան, Հ.Պ. Գույումջյան - Բազալոմների մածուցիկության մասին .....	71
Հ.Հ. Սարգսյան - Սևան - Շիրակի սինկլինորիումի նևոգենի շերտագրությունը .....	76

**ԱՇԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ**

Պ.Գ. Դավթյան - Հակասելավային միջոցառումների մշակման հարցերը Կլայք - Զանգեզուրի տարածաշրջանի օրիանկով .....	83
--	----

**ՀԱՂՈՐԳՈՒՄՆԵՐ**

Գ.Ռ. Հովհաննիսյան, Ե.Ա. Տարոյան - Չորրորդ կարգի թույլ հիպերբոլական հավասարումների համար Կուշու խնդրի կայունությունը .....	89
Մ.Յու. Մովսիսյան - Տոպոլոգիական քաշխական քվադրիմբեր .....	94
Փ.Գ. Մինասյան, Մ.Լ. Հակոբյան, Ա.Գ. Գզիրյան, Լ.Ա. Հակոբյան - Կավճի ազդեցությունը կալիումի պերսուլֆատի քայքայման վրա պոլիվինիլային սպիրտի ջրային լուծույթում .....	97
Ա.Թ. Գրիգորյան, Թ.Գ. Վարդանյան - Լեռնային երկրների գետերի ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի որոշման մասին (ՀՀ օրինակով) .....	100

**ՆԱՄԱԿ ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅԱՆԸ**

Ա.Յու. Հովհաննիսյան - Մոնֆանգի գերնույնությունները Լ.-հանրաճաշիվներում .....	102
--	-----

УДК 517.92

Е.А. ТАРОЯН

**АДИАБАТИЧЕСКИЕ ИНВАРИАНТЫ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ  
 ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Найдены новые адиабатические инварианты для системы обыкновенных дифференциальных уравнений  $\ddot{x} + B(\varepsilon t)x = 0$ ,  $t \in R$ , где  $B$  - действительная матрица Жордана с различными собственными значениями, а  $\varepsilon$  - малый положительный параметр. Эти инварианты содержат знаменатели, стремящиеся к нулю при стремлении к нулю разности собственных значений (резонанс). Получены оценки изменений этих инвариантов.

**§1. Основные результаты.** Адиабатическим инвариантом физической системы называется величина, которая мало меняется при медленном (но не обязательно малом) изменении параметров системы. Иными словами, адиабатический инвариант есть приближенный первый интервал системы.

Рассмотрим систему  $n$  уравнений второго порядка (система слабо связанных осцилляторов):

$$\ddot{x} + S(\varepsilon t)x = 0, t \in R, \tag{1.0}$$

где  $S$  - действительная симметричная  $n \times n$  матрица, а  $\varepsilon$  - малый положительный параметр. В [1] на матрицу  $S$  налагаются некоторые условия и доказывается, что для некоторых решений  $x(t)$  системы (1.0) функции

$$J_k(t, \varepsilon) = \frac{1}{2\Omega_k(t)} \left[ \Omega_k^2(t) \langle f_k, x \rangle^2 + \langle f_k, \dot{x} \rangle^2 \right], 1 \leq k \leq n, \text{ где } \langle f_k, x \rangle = \sum_{j=1}^n f_{kij} x_j,$$

а  $f_j(t)$  - собственные векторы матрицы  $S(t)$ , есть адиабатические инварианты, удовлетворяющие оценке

$$J_k(\varepsilon) = J_k(\infty, \varepsilon) - J_k(-\infty, \varepsilon) = O(\varepsilon^m) \text{ при } \varepsilon \rightarrow 0,$$

где  $m$  - натуральное число, зависящее от условий, наложенных на  $S$ .

Рассмотрим теперь следующую систему  $n$  уравнений:

$$\ddot{x} + B(\varepsilon t)x = 0, t \in R, \tag{1.1}$$

где  $\varepsilon > 0$  - малый параметр,  $x = x(t)$  есть  $n$  вектор, а

$$B = \begin{pmatrix} w_1^2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & w_2^2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{n-1}^2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & w_n^2 \end{pmatrix}.$$

Пусть  $x = x(t)$  - решение системы (1.1). Функция  $J(t, \varepsilon) = I(t, x, \dot{x}, \varepsilon)$  будет адiabатическим инвариантом системы (1.1) если существуют  $\varepsilon'$  и  $\mu \geq 1$  такие, что

$$|J(t_1, \varepsilon) - J(t_2, \varepsilon)| \leq C(t_1, t_2) \varepsilon^\mu$$

для любых  $t_1, t_2 \in (-\infty, \infty)$ ,  $0 < \varepsilon < \varepsilon'$  (см. [2]).

Пусть частоты  $\{w_k(\tau)\}_{k=1}^n$ , где  $\tau = \varepsilon t$ , удовлетворяют следующим условиям:

1.  $w_k(\tau) \in C^2(R)$ , эти функции положительны и различны,
2.  $w_k(\tau)$  имеют конечные пределы  $w_k(\pm\infty)$ , положительные и различные,
3. 
$$\int_{-\infty}^{\infty} w_k^{(l)}(\tau) d\tau < \infty, l = 1, 2.$$

Введем обозначения:

$$\langle f_j, x \rangle = \sum_{k=1}^n f_{jk} x_k, f_{jk} = \begin{cases} 0, & k < j, \\ 1, & k = j, \\ \frac{(-1)^{j+k}}{(w_j^2 - w_{j+1}^2) \dots (w_j^2 - w_k^2)}, & k > j, \end{cases}$$

$$E_j = w_j^2(\varepsilon t) \langle f_j, x \rangle^2 + \langle f_j, \dot{x} \rangle^2, \quad (1.2)$$

где  $j, k = 1, \dots, n$ . Можно проверить, что  $E_j$  - первые интегралы системы (1.1), если  $\{w_k(\tau)\}_{k=1}^n$  являются константами.

В данной статье доказывается, что если условия 1-3 выполнены, то для некоторых решений системы (1.1) функции

$$J_k = \frac{E_k}{w_k} \quad k = 1, \dots, n$$

удовлетворяют следующим условиям:

1) существуют  $C, \varepsilon'$  такие, что

$$|J_k(t_1, \varepsilon) - J_k(t_2, \varepsilon)| \leq C\varepsilon \quad (1.3)$$

для любых  $t_1, t_2 \in (-\infty, \infty)$ ,  $0 < \varepsilon < \varepsilon'$ ,

2)  $J_k(\varepsilon) = J_k(\infty, \varepsilon) - J_k(-\infty, \varepsilon) = O(\varepsilon)$ , если  $\varepsilon \rightarrow 0$ . (1.4)

**§2. Асимптотические решения системы (1.1).** Перепишем систему (1.1) в переменной  $\tau = \varepsilon t$ :

$$\ddot{u} + \frac{B(\tau)}{\varepsilon^2} u = 0, \tau \in R, \quad (2.1)$$

где  $u = u(\tau) = x(t)$ . Преобразуем эту систему второго порядка в систему первого порядка:

$$\dot{U} = \frac{A(\tau)}{\varepsilon} U, \tau \in R,$$

$$\text{где } A(\tau) = \begin{pmatrix} 0_n & I_n \\ -B(\tau) & 0_n \end{pmatrix}, U(\tau) = \begin{pmatrix} u(\tau) \\ \varepsilon \dot{u}(\tau) \end{pmatrix}, \quad (2.2)$$

$0_n$  и  $I_n$  - нулевая и единичная ( $n \times n$ ) матрицы соответственно. Корнями характеристического уравнения

$$\det\left(\frac{A}{\varepsilon} - \lambda I\right) = 0 \text{ или } \prod_{j=1}^n \left(\lambda^2 + \frac{w_j^2}{\varepsilon^2}\right) = 0$$

являются  $\lambda_{2k-1} = (i/\varepsilon)w_k$ ,  $\lambda_{2k} = -(i/\varepsilon)w_k$ ,  $k = 1, \dots, n$ . Собственные векторы  $\{N_m\}_{m=1}^{2n}$  удовлетворяют системе

$$\left(\frac{A}{\varepsilon} - \lambda_m I\right) N_m = 0,$$

т.е. их компоненты удовлетворяют системе

$$\begin{cases} -i w_k N_{2k-1}^m + N_{2k-1}^{m+m} = 0, \\ w_m^2 N_{2k-1}^m - N_{2k-1}^{m+1} + i w_k N_{2k-1}^{m+m} = 0, \quad k, m = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, 2n, \\ N_{2k}^j = \bar{N}_{2k-1}^j. \end{cases}$$

Возьмем  $\{N_m\}_{m=1}^{2n}$  в виде

$$N_{2k-1} = \begin{pmatrix} l_{1k} \\ \vdots \\ l_{nk} \\ i w_k l_{1k} \\ \vdots \\ i w_k l_{nk} \end{pmatrix}, N_{2k} = \bar{N}_{2k-1}, \text{ где } l_{jk} = \begin{cases} \prod_{s=j}^{k-1} \frac{1}{w_s^2 - w_k^2}, & j < k, \\ 1, & j = k, \\ 0, & j > k. \end{cases}$$

Известно [3], что  $N = (N_1, \dots, N_{2n})$  - матрица, преобразующая матрицу  $A/\varepsilon$  в диагональный вид

$$N^{-1} \frac{A}{\varepsilon} N = \Lambda = \text{diag}\left(\frac{i w_1}{\varepsilon}, -\frac{i w_1}{\varepsilon}, \dots, \frac{i w_n}{\varepsilon}, -\frac{i w_n}{\varepsilon}\right).$$

Заменой  $U = NV$  систему (2.2) преобразуем в систему

$$\dot{V} = [\Lambda(\tau) - N^{-1}(\tau)\dot{N}(\tau)]V, \quad \tau \in R. \quad (2.3)$$

*Лемма 1.* Элементы матрицы  $N^{-1}(\tau)$  выражаются формулами

$$n_{2j-1,k}^{-1} = \begin{cases} \frac{f_{jk}}{2}, & k \leq n, \\ \frac{f_{j,k-n}}{2i w_j}, & n+1 \leq k \leq 2n, \end{cases} \quad 1 \leq j \leq n, \quad (2.4)$$

$$n_{2j,k}^{-1} = \bar{n}_{2j-1,k}^{-1}, \quad 1 \leq j \leq n, \quad 1 \leq k \leq 2n, \quad (2.5)$$

где  $f_{jk}$  определены в (1.2)

*Доказательство.* Используется следующая, хорошо известная формула для обратной матрицы:

$$n_{2j-1,k}^{-1} = \frac{(-1)^{k-1} M_{k,2j-1}}{\det N}, \quad (2.6)$$

где  $M_{k,2j-1}$  - миноры матрицы  $N$ , полученные путем вычеркивания  $k$  строки и  $2j-1$  столбца. После ряда вычислений получается следующая формула:

$$M_{k,2j-1} = \begin{cases} 0, & 1 \leq k < j \leq n, \\ (-1)^{j-1} \det N, & k = j \leq n, \\ \frac{(-1)^{j-1}}{2} \det N \prod_{m=j+1}^k \frac{1}{w_j^2 - w_m^2}, & 1 \leq j < k \leq n, \\ 0, & n < k < j+n, \\ \frac{(-1)^{j+n-1}}{2i w_j} \det N, & k = j+n, \\ \frac{(-1)^{j+n-1}}{2i w_j} \det N \prod_{m=j+1}^{k-n} \frac{1}{w_j^2 - w_m^2}, & j+n < k < 2n. \end{cases}$$

Подставив полученные для  $M_{k,2j-1}$  выражения ( $1 \leq k \leq 2n, 1 \leq j \leq n$ ) в (2.6), получим (2.4). Нетрудно заметить, что

$$M_{k,2j} = \begin{cases} -M_{k,2j-1}, & 1 \leq k \leq n, \\ M_{k,2j-1}, & n+1 \leq k \leq 2n, \end{cases}$$

откуда следует, что

$$n_{2j,k}^{-1} = -\frac{(-1)^{k-1} M_{k,2j}}{\det N} = \begin{cases} n_{2j-1,k}^{-1}, & 1 \leq k \leq n, \\ -n_{2j-1,k}^{-1}, & n+1 \leq k \leq 2n. \end{cases}$$

Подставляя в эту формулу (2.4), получим (2.5) и завершим доказательство.

Перепишем (2.3) в виде

$$\dot{V} = [\Lambda(\tau) - \Lambda_1(\tau) - Q(\tau)]V, \quad \tau \in R,$$

$$\text{где } \Lambda_1 = \text{diag} \left( \frac{\dot{w}_1}{2w_1}, \frac{\dot{w}_1}{2w_1}, \dots, \frac{\dot{w}_n}{2w_n}, \frac{\dot{w}_n}{2w_n} \right), \quad Q = N^{-1} \dot{N} - \Lambda_1.$$

Элементы матрицы  $Q(\tau)$  выражаются формулами

$$q_{2j-1,2k-1} = q_{2j,2k} = \begin{cases} \frac{1}{2} \sum_{s=1}^n f_{js} \left( i_{sk} + \frac{w_k}{w_j} i_{sk} + \frac{\dot{w}_k}{w_j} i_{sk} \right), & j \neq k, \\ 0, & j = k, \end{cases} \quad (2.7)$$

$$q_{2j,2k-1} = q_{2j-1,2k} = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^n f_{js} \left( i_{sk} - \frac{w_k}{w_j} i_{sk} - \frac{\dot{w}_k}{w_j} i_{sk} \right), \quad (2.8)$$

где  $j, k = 1, \dots, n$ . Учитывая условия 1-3, можно легко заключить, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} \|Q(\tau)\| d\tau < \infty. \quad (2.9)$$

Следовательно [4, гл. 5, §7], существуют решения  $\{V_k^+\}_{k=1}^{2n}$  системы (2.3), имеющие вид

$$V_k^+ = \tilde{u}_k \Gamma_k,$$



где  $\tilde{u}_{2k-1}(\tau, \varepsilon) = w_k^{-1/2} \exp \int_0^\tau \frac{i w_k}{\varepsilon} d\tau_1$ ,  $\tilde{u}_{2k}(\tau, \varepsilon) = w_k^{-1/2} \exp \int_0^\tau \frac{-i w_k}{\varepsilon} d\tau_1$ .

Здесь  $2n$  векторы  $\{\Gamma_k(\tau, \varepsilon)\}_{k=1}^{2n}$  ограничены, а их элементы  $\{\gamma_{jk}(\tau, \varepsilon)\}_{j,k=1}^{2n}$  удовлетворяют системе интегральных уравнений

$$\gamma_{jk}(\tau, \varepsilon) = \delta_{jk} - \int_\tau^\infty \exp \int_{\tau_1}^\tau \mu_{jk}(\tau_2, \varepsilon) d\tau_2 \sum_{s=1}^{2n} q_{js}(\tau_1) \gamma_{sk}(\tau_1, \varepsilon) d\tau_1, \quad j, k = 1, \dots, 2n, \quad (2.10)$$

где  $\mu_{2j-1, 2k-1} = \frac{i w_j}{\varepsilon} - \frac{i w_k}{\varepsilon} - \frac{\dot{w}_j}{2 w_j} + \frac{\dot{w}_k}{2 w_k}$ ,  $\mu_{2j-1, 2k} = \frac{i w_j}{\varepsilon} + \frac{i w_k}{\varepsilon} - \frac{\dot{w}_j}{2 w_j} + \frac{\dot{w}_k}{2 w_k}$ ,  
 $\mu_{2j, 2k-1} = -\frac{i w_j}{\varepsilon} - \frac{i w_k}{\varepsilon} - \frac{\dot{w}_j}{2 w_j} + \frac{\dot{w}_k}{2 w_k}$ ,  $\mu_{2j, 2k} = -\frac{i w_j}{\varepsilon} + \frac{i w_k}{\varepsilon} - \frac{\dot{w}_j}{2 w_j} + \frac{\dot{w}_k}{2 w_k}$ ,

$j, k = 1, \dots, n$ . Установим теперь оценки для  $\gamma_{jk}$  при  $\varepsilon \rightarrow +0$  и  $\tau \rightarrow +\infty$ . Из (2.7) и (2.8) следует, что

$$q_{2j-1, 2j} = q_{2j, 2j-1} = -\frac{\dot{w}_j}{2 w_j}, \quad q_{2j-1, 2k-1} = q_{2j-1, 2k} = q_{2j, 2k-1} = q_{2j, 2k} = 0, \quad \text{если } j > k.$$

Пользуясь условием 3, можно показать [5, стр. 664], что  $\dot{w}_k(\infty) = 0$ ,  $k = 1, \dots, 2n$ .

Учитывая все это, в результате несложных вычислений получаем следующие оценки для  $\gamma_{jk}$ :

$$\gamma_{jk} = \delta_{jk} + \varepsilon \sigma_{jk}, \quad \text{где } \|\sigma_{jk}(\tau, \varepsilon)\| \leq C, \quad \lim_{\tau \rightarrow \infty} \sigma_{jk}(\tau, \varepsilon) = 0,$$

$j, k = 1, \dots, 2n$ . Итак, решения  $\{V_k^+\}_{k=1}^{2n}$  могут быть представлены в виде

$$V_k^+ = \tilde{u}_k(e_k + \varepsilon \sigma_k), \quad \text{где } \|\sigma_k(\tau, \varepsilon)\| \leq C, \quad \lim_{\tau \rightarrow \infty} \sigma_k(\tau, \varepsilon) = 0.$$

Здесь  $e_k, \sigma_k - 2n$  векторы,  $(e_1, \dots, e_{2n}) = I_{2n}$  - единичная матрица. Следовательно,

существуют решения  $\{U_k^+\}_{k=1}^{2n}$  системы (2.2), имеющие вид

$$U_k^+ = \tilde{u}_k(N_k + \varepsilon R_k^+), \quad \text{где } \|R_k^+(\tau, \varepsilon)\| \leq C, \quad \lim_{\tau \rightarrow \infty} R_k^+(\tau, \varepsilon) = 0. \quad (2.11)$$

Используя условие (2.9), можно также доказать существование решений  $\{U_k^-\}_{k=1}^{2n}$ :

$$U_k^- = \tilde{u}_k(N_k + \varepsilon R_k^-), \quad \text{где } \|R_k^-(\tau, \varepsilon)\| \leq C, \quad \lim_{\tau \rightarrow \infty} R_k^-(\tau, \varepsilon) = 0. \quad (2.12)$$

Таким образом мы доказали существование  $\{U_k^\pm(\tau, \varepsilon)\}_{k=1}^{2n}$  системы (2.2), которые представляются формулами (2.11) и (2.12). Это означает, что существуют решения

$\{u_k(\tau, \varepsilon)\}_{k=1}^{2n}$  системы (2.1), имеющие вид

$$\begin{pmatrix} u_k^\pm \\ \varepsilon \dot{u}_k^\pm \end{pmatrix} = U_k^\pm \quad \text{или} \quad u_k^\pm = \tilde{u}_k(l_k + \varepsilon \rho_k^\pm), \quad \text{где } l_{2k-1} = l_{2k} = \begin{pmatrix} l_{1k} \\ \vdots \\ l_{nk} \end{pmatrix},$$

$$\|\rho_k^\pm(\tau, \varepsilon)\| \leq C \quad \text{и} \quad \lim_{\tau \rightarrow \infty} \rho_k^-(\tau, \varepsilon) = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \rho_k^+(\tau, \varepsilon) = 0.$$

**§3. Оценки изменений адиабатических инвариантов.** Пользуясь хорошо известной формулой Лиувилля

$$\det(U_1^\pm(\tau, \varepsilon), \dots, U_{2n}^\pm(\tau, \varepsilon)) = \lim_{\tau_0 \rightarrow \pm\infty} \det(U_1^\pm(\tau_0, \varepsilon), \dots, U_{2n}^\pm(\tau_0, \varepsilon)) \exp \int_{\tau_0}^{\tau} \frac{SpA(\tau_1)}{\varepsilon} d\tau_1,$$

получим 
$$\det(U_1^\pm(\tau, \varepsilon), \dots, U_{2n}^\pm(\tau, \varepsilon)) = (-1)^{\frac{n(n+1)}{2}} (2i)^n. \quad (3.1)$$

Из этого вытекает, что  $\{U_k^+\}_{k=1}^{2n}$  и  $\{U_k^-\}_{k=1}^{2n}$  - фундаментальные системы решений системы (2.2). Любое решение  $U$  системы (2.2) может быть представлено в видах

$$U = a_1^+ U_1^+ + \dots + a_{2n}^+ U_{2n}^+ = a_1^- U_1^- + \dots + a_{2n}^- U_{2n}^-, \quad (3.2)$$

где  $a_j^\pm = a_j^\pm(\varepsilon)$ ,  $j = 1, \dots, 2n$ . Следовательно, решения  $u$  системы (2.1) могут быть представлены в видах

$$u = a_1^+ u_1^+ + \dots + a_{2n}^+ u_{2n}^+ = a_1^- u_1^- + \dots + a_{2n}^- u_{2n}^-. \quad (3.3)$$

Определим  $2n \times 2n$  матрицу  $a = (a_{ij}) = (a_{ij}(\varepsilon))$  следующим образом:

$$(U_1^-, \dots, U_{2n}^-) = (U_1^+, \dots, U_{2n}^+) a. \quad (3.4)$$

Из формулы (3.1) следует, что  $\det a = 1$ . Подставляя (3.4) в (3.2) получим

$$a_1^+ U_1^+ + \dots + a_{2n}^+ U_{2n}^+ = (U_1^+, \dots, U_{2n}^+) (a_1^- + \dots + a_{2n}^- a_{2n}^-),$$

где  $(a_1^-, \dots, a_{2n}^-) = a$ . Отсюда

$$a^+ = \alpha a^-, \quad \text{где } a^\pm = \begin{pmatrix} a_1^\pm \\ \vdots \\ a_{2n}^\pm \end{pmatrix}. \quad (3.5)$$

*Лемма 2.* Если условия 1-3 выполнены, то

$$a_{ij} = \delta_{ij} + O(\varepsilon), \quad i, j = 1, \dots, 2n. \quad (3.6)$$

*Доказательство.* Из формулы (3.4) имеем

$$U_j^- = (U_1^+, \dots, U_{2n}^+) a_j, \quad j = 1, \dots, 2n.$$

Решая эту систему относительно  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, \dots, 2n$ ), получим

$$a_{ij} = \frac{\det(U_1^+, \dots, U_{i-1}^+, U_j^-, U_{i+1}^+, \dots, U_{2n}^+)}{\det(U_1^+, \dots, U_{2n}^+)} = \frac{\tilde{u}_j \det(N_1, \dots, N_{i-1}, N_j, N_{i+1}, \dots, N_{2n})}{\tilde{u}_i \det(N_1, \dots, N_{2n})} + \varepsilon \theta_{ij}(\tau, \varepsilon),$$

где  $|\theta_{ij}(\tau, \varepsilon)| \leq C$ . Из этого следует формула (3.6).

*Теорема.* Пусть условия 1-3 выполнены, решение системы (2.1) имеет вид (3.3), где  $\{a_k^-\}_{k=1}^{2n}$  ограничены в некотором интервале  $(0, \varepsilon_0)$ . Тогда  $\{J_k(t, \varepsilon)\}_{k=1}^n$  удовлетворяют условиям (1.3) и (1.4).

*Доказательство.* Из формулы (3.2) следует, что

$$a_j^\pm = \frac{\det(U_1^\pm, \dots, U_{j-1}^\pm, U, U_{j+1}^\pm, \dots, U_{2n}^\pm)}{\det(U_1^\pm, \dots, U_{2n}^\pm)} = \frac{\det(N_1, \dots, N_{j-1}, U, N_{j+1}, \dots, N_{2n})}{\tilde{u}_j \det(N_1, \dots, N_{2n})} + \varepsilon \kappa_{ij}^\pm, \quad (3.7)$$

где

$$U = \begin{pmatrix} u \\ \varepsilon \dot{u} \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} u_1 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}$$

а

$$|\kappa_j^\pm(\tau, \varepsilon)| \leq C, \quad \lim_{\tau \rightarrow \pm\infty} \kappa_j^\pm(\tau, \varepsilon) = 0, \quad j = 1, \dots, 2n.$$

Используя формулы (3.5) и (3.6), видим, что  $\{a_k^+\}_{k=1}^{2n}$  ограничены в некотором интервале  $(0, \varepsilon_1)$ , так как  $\{a_k^-\}_{k=1}^{2n}$ , согласно условиям теоремы, ограничены в интервале  $(0, \varepsilon_0)$ . Разлагая  $\det(N_1, \dots, N_{j-1}, U, N_{j+1}, \dots, N_{2n})$  в (3.7) по  $j$  столбцу, последовательно выбирая  $j = 2k - 1, 2k$  и используя (2.6), можно увидеть, что

$$\sum_{m=1}^n \frac{u_m n_{2k-1, m}^{-1} + \varepsilon \dot{u}_m n_{2k-1, n+m}^{-1}}{\tilde{u}_{2k-1}} = a_{2k-1}^\pm - \varepsilon \kappa_{2k-1}^\pm,$$

$$\sum_{m=1}^n \frac{u_m n_{2k, m}^{-1} + \varepsilon \dot{u}_m n_{2k, n+m}^{-1}}{\tilde{u}_{2k}} = a_{2k}^\pm - \varepsilon \kappa_{2k}^\pm.$$

Пользуясь теперь формулами (2.4) и (2.5), получаем

$$J_k(t, \varepsilon) = 4a_{2k-1}^- a_{2k}^- + \varepsilon \tilde{\kappa}_k^-(t, \varepsilon) = 4a_{2k-1}^+ a_{2k}^+ + \varepsilon \tilde{\kappa}_k^+(t, \varepsilon), \quad (3.8)$$

где

$$|\tilde{\kappa}_k^\pm(t, \varepsilon)| \leq C, \quad \lim_{t \rightarrow \pm\infty} \tilde{\kappa}_k^\pm(t, \varepsilon) = 0, \quad k = 1, \dots, n.$$

Из формул (3.5) и (3.6) имеем

$$a_{2k-1}^+ a_{2k}^+ = \sum_{i, j=1}^{2n} a_{2k-1-i}^- a_{2kj}^- a_i^- a_j^- = a_{2k-1}^- a_{2k}^- + O(\varepsilon). \quad (3.9)$$

Из формул (3.8) и (3.9) легко можно получить оценки (1.3) и (1.4).

ИМ НАРА

Поступила 27.12.1996

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федорюк М. В. Адиабатический инвариант системы нелинейных осцилляторов и теория рассеяния. - Дифференц. уравнения, 1976, т. 12, №6, с. 1012-1018.
2. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. М.: Наука, 1979.
3. Гантмахер, Теория матриц. М.: Гостехиздат, 1954.
4. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости, М., 1967.
5. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа, М., 1988, т.1.

ԳՏԱՅԻՆ ՍՈՎՈՐԱԿԱՆ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ  
ԱԴԻԱԲԱՏԻԿ ԻՆՎԱՐԻԱՆՏՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ստացվել են նոր ադիաբատիկ ինվարիանտներ  $\dot{x} + B(\varepsilon)x = 0$  համակարգի համար, որտեղ  $B$ -ն տարբեր սեփական արժեքներով իրական ժորյանի մատրից է, իսկ  $\varepsilon$ -ը փոքր դրական պայամետր: Այդ ինվարիանտները պայտունակում են հայտարարներ, որոնք ձգտում են զրոյի, երբ սեփական արժեքների տարբերությունները ձգտում են զրոյի (ռեզոնանս): Տրվել են գնահատականներ ինվարիանտների փոփոխումներին:

УДК 517.98

Г.А.САՐԳՅԱՆ

**ПОСТРОЕНИЕ БЕСКОНЕЧНОЙ СОВОКУПНОСТИ НЕТРИВИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ ДЛЯ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ В КРУГЕ**

В работе приводится явное построение бесконечной совокупности линейно-независимой полиномиальной системы нетривиальных решений задачи Дирихле для систем дифференциальных уравнений с постоянными комплексными коэффициентами в круге через известные полиномы Чебышева, а также специальное представление этих функций.

В данной работе в единичном круге с центром в начале координат рассматривается следующая однородная краевая задача Дирихле:

$$a \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + 2b \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} + c \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0, \tag{1}$$

$$U/\partial\Omega = 0, \tag{2}$$

где  $a, b, c$  - комплексные постоянные коэффициенты,  $\partial\Omega$  - окружность круга  $\Omega$ ,  $U(x, y) = V(x, y) + iW(x, y)$  - комплекснозначная функция от действительных аргументов.

Задача (1), (2) в различных аспектах рассмотрена различными авторами [1-8].

Признаки существования нетривиальных решений однородной задачи (1), (2) даны в работе [3].

Здесь приводится явное построение бесконечной линейно независимой полиномиальной системы нетривиальных решений краевой задачи (1), (2).

Общее решение уравнения (1) имеет вид

$$U(x, y) = \varphi \left[ \left( b + \sqrt{b^2 - ac} \right) x - ay \right] + \Psi \left[ \left( b - \sqrt{b^2 - ac} \right) - ay \right].$$

Или в комплексных переменных  $z = x + iy$ ,  $\bar{z} = x - iy$ ,

$$U(x, y) = F(z + \mu_1 \bar{z}) + G(z + \mu_2 \bar{z}), \tag{3}$$

$$\text{где } \mu_1 = \frac{b + \sqrt{b^2 - ac} - ai}{b + \sqrt{b^2 - ac} + ai}, \quad \mu_2 = \frac{b - \sqrt{b^2 - ac} - ai}{b - \sqrt{b^2 - ac} + ai}. \tag{4}$$

Для дальнейшего докажем следующую вспомогательную лемму.

*Лемма 1.* Для того чтобы при  $a \neq 0$   $\frac{1}{\pi} \arctg \frac{2\sqrt{b^2 - ac}}{a + c}$  было рациональным числом, необходимо и достаточно, чтобы при некотором натуральном  $n$

выполнялось соотношение

$$\mu_1^n = \mu_2^n. \quad (5)$$

*Доказательство.* Пусть данное в лемме выражение - рациональное число, т.е. при некоторых целых значениях  $n = 2, 3, \dots$  и  $k = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$  имеет место равенство

$$\operatorname{tg} \frac{\pi k}{n} = \frac{2\sqrt{b^2 - ac}}{a + c}, \quad (6)$$

которое можно переписать в виде

$$\left[ i(a+c) + 2\sqrt{b^2 - ac} \right] e^{\frac{\pi k i}{n}} = \left[ i(a+c) - 2\sqrt{b^2 - ac} \right] e^{-\frac{\pi k i}{n}} \quad (7)$$

Легко видеть, что

$$i(a+c) + 2\sqrt{b^2 - ac} = \frac{i(b + \sqrt{b^2 - ac} + ai)(b - \sqrt{b^2 - ac} - ai)}{a},$$

$$i(a+c) - 2\sqrt{b^2 - ac} = \frac{i(b + \sqrt{b^2 - ac} - ai)(b - \sqrt{b^2 - ac} + ai)}{a}.$$

Отсюда следует, что  $\mu_1^n = \mu_2^n$ . Необходимость доказана.

Проводя рассуждения в обратном порядке, можно установить и достаточность утверждения леммы.

В дальнейшем для наших построений существенную роль будут играть следующие полиномы:

$$P_n(z + \mu\bar{z}) = \sum_{l=1}^{\left[ \frac{n}{2} \right]} \frac{(-1)^{l+1} C_{n-l-1}^{l-1} \mu^l}{l} (z + \mu\bar{z})^{n-2l}, \quad (8)$$

$$K_n(z, \bar{z}) = \sum_{l=1}^{\left[ \frac{n}{2} \right]} \frac{(-1)^{l+1} C_{n-l-1}^{l-1} \mu^l (z\bar{z})^l}{l} (z + \mu\bar{z})^{n-2l} \quad (9)$$

соответственно порядка  $n-2$  и  $n$ , причем  $P_1(z + \mu\bar{z}) \equiv 0$ ,

$$P_2(z + \mu\bar{z}) = 2\mu, \quad K_1(z, \bar{z}) \equiv 0.$$

Ниже устанавливаются некоторые вспомогательные леммы, характеризующие те свойства полиномов  $P_n(z + \mu\bar{z})$  и  $K_n(z, \bar{z})$ , которые используются в дальнейшем.

*Лемма 2.* Полиномы  $P_n(z + \mu\bar{z})$  при  $n = 2, 3, \dots$  удовлетворяют рекуррентным соотношениям

$$P_{n+1}(z + \mu\bar{z}) = (z + \mu\bar{z})P_n(z + \mu\bar{z}) + \mu(z + \mu\bar{z})^{n-1} - \mu P_{n-1}(z + \mu\bar{z}). \quad (10)$$

*Доказательство.* Нужно установить справедливость следующего равенства:

$$\sum_{l=1}^{\left[ \frac{n+1}{2} \right]} \frac{(-1)^{l+1} (n+1) C_{n-l-1}^{l-1} \mu^l}{l} (z + \mu\bar{z})^{n-2l+1} =$$

$$= (z + \mu\bar{z}) \sum_{l=1}^{\left[ \frac{n}{2} \right]} \frac{(-1)^{l+1} n C_{n-l-1}^{l-1} \mu^l}{l} (z + \mu\bar{z})^{n-2l} +$$

$$+\mu(z+\mu\bar{z})^{n-1}-\mu\sum_{l=1}^{\lfloor\frac{n-1}{2}\rfloor}\frac{(-1)^{l+1}(n-1)C_{n-l-2}^{l-1}\mu^l}{l}(z+\mu\bar{z})^{n-2l-1}. \quad (11)$$

При  $n=2,3,\dots$  это равенство проверяется непосредственно.

Докажем, что коэффициенты при  $(z+\mu\bar{z})^{n-2l+1}$ , где  $2\leq l\leq\left[\frac{n+1}{2}\right]$ , в левой и правой частях равенства (11) совпадают, т.е.

$$\frac{(-1)^{l+1}(n+1)C_{n-l}^{l-1}}{l}=\frac{(-1)^{l+1}nC_{n-l-1}^{l-1}}{l}+\frac{(-1)^{l+1}(n-1)C_{n-l-2}^{l-2}}{l-1} \quad (12)$$

или

$$\frac{(n+1)C_{n-l}^{l-1}}{l}=\frac{nC_{n-l-1}^{l-1}}{l}+\frac{(n-1)C_{n-l-1}^{l-2}}{l-1}.$$

Действительно, имеем

$$\begin{aligned} & \frac{(n+1)(n-l)\cdots(n-2l+2)}{l!}-\frac{n(n-l-1)\cdots(n-2l+1)}{l!} \\ & -\frac{(n-1)(n-l-1)\cdots(n-2l+2)}{(l-1)!}=\frac{[(n+1)(n-l)-l(n-1)](n-l+1)\cdots(n-2l+2)}{l!} \\ & -\frac{n(n-l-1)\cdots(n-2l+1)}{l!}=\frac{(n^2-2ln+n)(n-l-1)\cdots(n-2l+2)}{l!} \\ & -\frac{n(n-2l+1)(n-l-1)\cdots(n-2l+2)}{l!}=0. \end{aligned} \quad (13)$$

Вывод формулы (12) не пригоден в случае  $l=1$ , ибо вторая сумма в правой части равенства не содержит члена  $(z+\mu\bar{z})^{n-1}$ , но сама формула справедлива и для старшего коэффициента. При  $l=1$  коэффициенты при  $(z+\mu\bar{z})^{n-1}$  в обеих частях равенства совпадают и равны  $n+1$ . Что касается коэффициента при самой младшей степени  $(z+\mu\bar{z})$ , то в случае четного  $n$ , т.е. при условии  $n=2m$  формула (11) справедлива, а если  $n=2m+1$ , то нулевая степень величины  $(z+\mu\bar{z})$  содержится только в первом и последнем слагаемых, и коэффициенты ее, т.е. свободные члены совпадают:

$$\frac{(2m+2)m(m-1)\cdots 1}{(m+1)!}=\frac{2m(m-1)\cdots 1}{m!}=2.$$

Лемма полностью доказана.

Аналогично доказывается следующее утверждение.

**Лемма 3.** Полиномы  $K_n(z, \bar{z})$  при любых  $n=2,3,\dots$  удовлетворяют рекуррентному соотношению

$$K_{n+1}(z, \bar{z})=(z+\mu\bar{z})K_n(z, \bar{z})+\mu z\bar{z}(z+\mu\bar{z})^{n-1}-\mu z\bar{z}K_{n-1}(z, \bar{z}). \quad (14)$$

**Лемма 4.** Полиномы  $P_n(z+\mu\bar{z})$  на окружности круга  $\Omega$  удовлетворяют рекуррентным соотношениям

$$(z+\mu\bar{z})^n-P_n(z+\mu\bar{z})\Big|_{\partial\Omega}=(z^n+\mu^n\bar{z}^n)\Big|_{\partial\Omega}. \quad (15)$$

**Доказательство.** Для доказательства используем принцип математической индукции. При  $n=2$  имеем

$$(z + \mu\bar{z})^2 - 2\mu \Big|_{\partial\Omega} = (z^2 + \mu^2\bar{z}^2) \Big|_{\partial\Omega}. \quad (16)$$

Пусть соотношение (15) выполняется при некотором  $n$ . Докажем, что оно имеет место при  $n+1$ . Используя лемму 2, получим

$$\begin{aligned} (z + \mu\bar{z})^{n+1} - P_{n+1}(z + \mu\bar{z}) \Big|_{\partial\Omega} &= \left\{ \left[ (z + \mu\bar{z})^{n+1} - (z + \mu\bar{z})P_n(z + \mu\bar{z}) \right] - \right. \\ &\quad \left. - \mu \left[ (z + \mu\bar{z})^{n-1} - P_{n-1}(z + \mu\bar{z}) \right] \right\} \Big|_{\partial\Omega} = (z + \mu\bar{z})(z^n + \mu^n\bar{z}^n) - \\ &\quad - \mu(z^{n-1} + \mu^{n-1}\bar{z}^{n-1}) \Big|_{\partial\Omega} = (z^{n+1} + \mu^{n+1}\bar{z}^{n+1}) \Big|_{\partial\Omega}. \end{aligned} \quad (17)$$

Лемма 4 доказана.

*Лемма 5.* Полиномы  $K_n(z, \bar{z})$  имеют вид

$$K_n(z, \bar{z}) = (z + \mu\bar{z})^n - z^n - \mu^n\bar{z}^n \quad \text{при } n = 2, 3, \dots \quad (18)$$

*Доказательство.* При  $n=2$  справедливость соотношения (18) очевидна. Пусть (18) имеет место при некотором  $n$ . Докажем, что оно верно при  $n+1$ . Используя лемму 3, будем иметь

$$\begin{aligned} K_{n+1}(z, \bar{z}) &= (z + \mu\bar{z})K_n(z, \bar{z}) + \mu z\bar{z}(z + \mu\bar{z})^{n-1} - \\ &\quad - \mu z\bar{z}K_{n-1}(z, \bar{z}) = (z + \mu\bar{z}) \left[ (z + \mu\bar{z})^n - z^n - \mu^n\bar{z}^n \right] + \\ &\quad + \mu z\bar{z}(z + \mu\bar{z})^n - \mu z\bar{z} \left[ (z + \mu\bar{z})^{n-1} - z^{n-1} - \mu^{n-1}\bar{z}^{n-1} \right] = \\ &\quad = (z + \mu\bar{z})^{n+1} - z^{n+1} - \mu^{n+1}\bar{z}^{n+1}. \end{aligned} \quad (19)$$

Лемма 5 доказана.

Рассмотрим функции вида

$$\begin{aligned} U_{k,n}(x, y) &= \left[ (z + \mu_1\bar{z})^n - P_n(z + \mu_1\bar{z}) \right] - \left[ (z + \mu_2\bar{z})^n - P_n(z + \mu_2\bar{z}) \right], \\ k &= 1, 2, \dots, (n-1), \quad n = 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (20)$$

*Теорема 1.* Система функций  $U_{k,n}(x, y)$  является бесконечной совокупностью нетривиальных полиномиальных решений краевой задачи (1), (2).

*Доказательство.* Функции  $U_k(x, y)$  в представлении (20) являются бесконечной системой полиномов от переменных  $(z + \mu_1\bar{z})$  и  $(z + \mu_2\bar{z})$  вида (3) и, следовательно, - решениями рассматриваемого уравнения (1). Покажем, что они удовлетворяют и граничному условию (2).

В самом деле, на основании леммы 5 имеем

$$\begin{aligned} U_{k,n}(x, y) \Big|_{\partial\Omega} &= \left[ (z + \mu_1\bar{z})^n - P_n(z + \mu_1\bar{z}) \right] \Big|_{\partial\Omega} - \\ &\quad - \left[ (z + \mu_2\bar{z})^n - P_n(z + \mu_2\bar{z}) \right] \Big|_{\partial\Omega} = (z^n + \mu_1^n\bar{z}^n) \Big|_{\partial\Omega} - (z^n + \mu_2^n\bar{z}^n) \Big|_{\partial\Omega} = 0. \end{aligned}$$

Здесь было использовано условие  $\mu_1^n = \mu_2^n$ ,  $n = 2, 3, \dots$

Таким образом теорема доказана.

*Замечание 1.* В силу доказанной выше леммы 1 можно утверждать, что бесконечная система функций  $U_{k,n}(x, y)$  является системой нетривиальных решений

краевой задачи (1), (2) при условии, когда число  $\frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{2\sqrt{b^2 - ac}}{a+c}$  является



рациональным. Ниже мы установим две теоремы, которые показывают, что построенные выше функции  $U_{k,n}(x, y)$  можно представить через известные полиномы Чебышева первого рода, а также в комплексном виде, удобном для применения.

**Теорема 2.** Система функций  $U_{k,n}(x, y)$ , задачи (1), (2) можно представить в виде

$$U_{k,n}(x, y) = T_n \left( \frac{\mu^{-1/2} z + \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right) + (-1)^{k+1} T_n \left( \frac{e^{-\frac{\pi k}{n}} \mu^{-1/2} z + e^{\frac{\pi k}{n}} \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right),$$

где  $z = re^{i\varphi}$ ,  $n = 2, 3, \dots$ ,  $k = 1, 2, \dots, (n-1)$ . (21)

$T_n(t) = \cos(n \arccos t)$  - полиномы Чебышева первого рода

$$\mu = \frac{b + \sqrt{b^2 - ac} - ai}{b + \sqrt{b^2 - ac} + ai}. \quad (22)$$

*Доказательство.* Действительно, используя хорошо известную формулу

$$\cos n \varphi = 2^{n-1} \cos^n \varphi - \frac{n}{2} \sum_{l=0}^{\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor} \frac{(-1)^{l+1} C_{n-l-2}^l 2^{n-2l-2}}{l+1} \cos^{n-2l-2} \varphi,$$

после простых преобразований получим

$$\begin{aligned} U_{k,n}(x, y) &= 2\mu^{1/2} \left\{ 2^{n-1} \left( \frac{\mu^{-1/2} z + \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right)^n - \right. \\ &\quad \left. - \frac{n}{2} \sum_{l=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \frac{(-1)^{l+1} C_{n-l-1}^{l-1} 2^{n-2l}}{l} \left( \frac{\mu^{-1/2} z + \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right)^{n-2l} \right\} + \\ &\quad + (-1)^{k+1} \left[ 2^{n-1} \left( \frac{e^{-\frac{\pi k}{n}} \mu^{-1/2} z + e^{\frac{\pi k}{n}} \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right)^n - \right. \\ &\quad \left. - \frac{n}{2} \sum_{l=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \frac{(-1)^{l+1} C_{n-l-1}^{l-1} 2^{n-2l}}{l} \left( \frac{e^{-\frac{\pi k}{n}} \mu^{-1/2} z + e^{\frac{\pi k}{n}} \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right)^{n-2l} \right\} = \\ &= 2\mu^{n/2} \left[ T_n \left( \frac{\mu^{-1/2} z + \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right) + (-1)^{k+1} T_n \left( \frac{e^{-\frac{\pi k}{n}} \mu^{-1/2} z + e^{\frac{\pi k}{n}} \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (24)$$

Поскольку уравнение (1) однородное, то в силу вышедодказанной теоремы следующая система функции

$$U_{k,n}(x,y) = T_n \left( \frac{\mu^{-1/2} z + \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right) + (-1)^{k+1} T_n \left( \frac{e^{-\frac{\pi k}{n}} \mu^{-1/2} z + e^{\frac{\pi k}{n}} \mu^{1/2} \bar{z}}{2} \right)$$

также является системой полиномиальных решений краевой задачи (1), (2).

Следующая теорема указывает на еще одно представление системы функций  $U_{k,n}(x,y)$  краевой задачи (1), (2).

**Теорема 3.** Система решений  $U_{k,n}(x,y)$  краевой задачи (1), (2) можно представить в следующем виде:

$$U_{k,n}(x,y) = (z\bar{z} - 1) \sum_{l=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \sum_{v=1}^{n-2l+\omega-1} \sum_{w=0}^{n-2l+\omega-1} \sum_{h=0}^{n-2l+\omega-1} \frac{(-1)^{l+1} (n-l-1)!}{l! w! (n-2l-w)!} \cdot \mu_1^{l+\omega-1-h} \mu_2^h z^{n-l-v-\omega} \bar{z}^{l-v-\omega} \quad (25)$$

*Доказательство.* С учетом условия  $\mu_1^n = \mu_2^n$  и однородности уравнений (1) на основании леммы 4 будем иметь

$$\begin{aligned} U_{k,n}(x,y) &= \frac{1}{n(\mu_1 - \mu_2)} \left\{ \left[ (z + \mu_1 \bar{z})^n - P_n(z + \mu_1 \bar{z}) \right] - \left[ (z + \mu_2 \bar{z})^n - P_n(z + \mu_2 \bar{z}) \right] \right\} = \\ &= \frac{1}{n(\mu_1 - \mu_2)} \left[ (z + \mu_1 \bar{z})^n - z^n - \mu_1^n \bar{z}^n - P_n(z + \mu_1 \bar{z}) \right] - \frac{1}{n(\mu_1 - \mu_2)} \left[ (z + \mu_2 \bar{z})^n - z^n - \right. \\ &\quad \left. - \mu_2^n \bar{z}^n - P_n(z + \mu_2 \bar{z}) \right] = \frac{1}{n(\mu_1 - \mu_2)} \left[ K_n(z, \bar{z}, \mu_1) - P_n(z + \mu_1 \bar{z}) \right] - \frac{1}{n(\mu_1 - \mu_2)} \\ &\quad \left[ K_n(z, \bar{z}, \mu_2) - P_n(z + \mu_2 \bar{z}) \right] = \frac{1}{\mu_1 - \mu_2} \sum_{l=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \frac{(-1)^{l+1} C_{n-l-1}^{l-1}}{l} \left[ (z\bar{z})^l - 1 \right] \cdot \\ &\quad \cdot \left[ \mu_1^l (z + \mu_1 \bar{z})^{n-2l} - \mu_2^l (z + \mu_2 \bar{z})^{n-2l} \right] = \frac{(z\bar{z} - 1)}{\mu_1 - \mu_2} \sum_{l=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \sum_{v=1}^{n-2l} \frac{(-1)^{l+1} C_{n-l-1}^{l-1}}{l} (z\bar{z})^{l-v} \cdot \\ &\quad \cdot \sum_{\omega=0}^{n-2l} (\mu_1^{l+\omega} - \mu_2^{l+\omega}) C_{n-2l}^{\omega} z^{n-2l-\omega} \bar{z}^{\omega} = \\ &= (z\bar{z} - 1) \sum_{l=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \sum_{v=1}^{n-2l+\omega-1} \sum_{\omega=0}^{n-2l+\omega-1} \sum_{h=0}^{n-2l+\omega-1} \frac{(-1)^{l+1} (n-l-1)!}{l! \omega! (n-2l-\omega)!} \mu_1^{l+\omega-1-h} \mu_2^h z^{n-l-v-\omega} \bar{z}^{l-v-\omega} \end{aligned}$$

Теорема доказана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александрия Р.А. Спектральные свойства операторов, порожденных системами дифференциальных уравнений типа С.Л. Соболева. - Тр. Моск. мат. о-ва, 1960, т. 9, с. 455-505.
2. Бицадзе А.В. Некоторые классы уравнений в частных производных. М.: Наука, 1981.
3. Товмасян Н.Е. Новые постановки и исследования первой, второй и третьей краевых задач для сильно связанных эллиптических систем двух дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами. - Изв. АН Арм. ССР, 1968, т. 3, № 6.

4. Зеленик Т.И. О смешанной задаче для одного уравнения, не разрешенного относительно старшей производной по времени. - ДАН СССР, 1964, т. 154, № 6.
5. Вирабян Г.В. О кратной полноте для одного класса полиномиальных операторных пучков. - ДАН Арм. ССР, 1969, т. X, № VIII.
6. Нгуен Тхыа Хоп. О нормальной разрешимости задачи Дирихле для системы эллиптического типа А.В. Бицадзе. - ДАН СССР, 1966, т. 167, с. 982-984.
7. Бурский В.П. О нарушении единственности решения задачи Дирихле для эллиптических систем в круге. - Матем. заметки, 1990, т. 48, № 3.
8. Саргсян Г.А. Построение двукратно полной совокупности собственных функций для одного дифференциального квадратичного операторного пучка в случае круга. - Уч. записки ЕГУ, 1994, № 1(180).
9. Саргсян Г.А. Новый способ построения полной системы собственных функций задачи Дирихле для уравнения колебания струны в случае круга. - Уч. записки ЕГУ, 1994, № 2(181).

Գ.Ա. ՍԱՐԳՅԱՆ

**ՀԱՍՏԱՏՈՒՆ ԳՈՐԾԱԿԻՑՆԵՐՈՎ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՀԱՄԱՐ ԴԻՐԻՔԼԵԻ ԽՆԴՐԻ ՈՉ ՏՐԻՎԻԱԼ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐԻ ԱՆՎԵՐՋ ՀԱՄԱԽՄԲԻ ԿԱՌՈՒՑՈՒՄԸ ՇՐՋԱՆՈՒՄ**

**Ա մ փ ո փ ու մ**

Աշխատանքում բացահայտ տեսքով գրված է Դիրիխլեի խնդրի լուծումը դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի համար շրջանում՝ Չեքիշկի հայտնի բազմանդամների միջոցով:

Ստացված է նաև այդ ֆունկցիաների հատուկ ներկայացում, որը հարմար է կիրառություններում:

УДК 515.164

Ա.Ա. ՕԳՆԻԿՅԱՆ

**Օ ԿԼԱՏԻՖԻՑԻՐՈՒԹՅԱՆ ԲՐՈՑՈՒՄԸ  
a - ՕՏՆԱՇՈՒՄԸ ԵՎ ՐԱՏԼՈՒՅԱԼ ԲՐՈՑՈՒՄԸ**

Статья посвящена подробному изложению основного результата (теорема 1), анонсированного в [1]. В ней предлагается новое (отличное от классического) описание клеток Шуберта, с помощью которого вводится понятие  $a$ -оснащенного расслоения, где  $a$  - символ Шуберта. Это понятие является естественным обобщением понятия оснащенного расслоения (по Понтрягину). Доказывается теорема о топологической классификации таких расслоений, необходимой для дальнейшего построения соответствующей категории бордизмов.

Пусть  $G_{n,k}$  - многообразие Грассмана  $n$ -мерных подпространств в  $n+k$ -мерном евклидовом пространстве  $R^{n+k}$ . В  $R^{n+k}$  рассмотрим базис  $e_1, e_2, \dots, e_{n+k}$  и будем рассматривать  $R^i$ , где  $i \leq n+k$ , как подпространство в  $R^{n+k}$ , порожденное векторами  $e_1, e_2, \dots, e_i$ .

Пусть  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$  - символ Шуберта, т.е. последовательность целых чисел, удовлетворяющих условию  $1 \leq a_1 < a_2 < \dots < a_n \leq n+k$ . Подмножество  $e(a) \subset G_{n,k}$  всех таких  $n$ -мерных подпространств  $V \in R^{n+k}$ , для которых  $\dim(V \cap R^{a_i}) = i, \dim(V \cap R^{a_{i-1}}) = i-1; i = 1, 2, \dots, n$ , является [2] открытой клеткой размерности  $(a_1 - 1) + \dots + (a_n - n)$ . Каждое подпространство  $V \in e(a)$  обладает единственным базисом  $u_1, u_2, \dots, u_n$ , где векторы  $u_i$  имеют вид

$$U_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{a_i-1}, 0, x_i^{a_i+1}, x_i^{a_i+2}, \dots, x_i^{a_i-1}, 0, x_i^{a_i+1}, \dots, x_i^{a_i-1}, 1, 0, \dots, 0)$$

относительно базиса  $e_1, e_2, \dots, e_{n+k}$ . Поэтому  $V$  однозначно определяется  $n \times (n+k)$ -матрицей

$$\begin{bmatrix} x_1^1 & \dots & x_1^{a_1-1} & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ x_2^1 & \dots & x_2^{a_2-1} & 0 & x_2^{a_2+1} & \dots & x_2^{a_2-1} & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n-1}^1 & \dots & x_{n-1}^{a_{n-1}-1} & 0 & x_{n-1}^{a_{n-1}+1} & \dots & x_{n-1}^{a_{n-1}-1} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ x_n^1 & \dots & x_n^{a_1-1} & 0 & x_n^{a_1+1} & \dots & x_n^{a_2-1} & 0 & \dots & x_n^{a_{n-1}+1} & \dots & x_n^{a_n-1} & 1 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

которую будем называть определяющей матрицей подпространства  $V$ .

Обозначим через  $S(a)$  псевдомногообразие Шуберта [2], определяемое символом  $a$ : оно определяется как замыкание клетки  $e(a)$  в комплексе  $G_{n,k}$ .

На множестве всех символов Шуберта  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$  с фиксированными  $n$  и  $k$  рассмотрим частичный порядок: если  $b = (b_1, b_2, \dots, b_n; k); c = (c_1, c_2, \dots, c_n; k); b_i \leq c_i, i = 1, 2, \dots, n$ , то положим  $b \leq c$ . Хорошо известно, что  $S(a) = \bigcup_{i \leq a} e(c)$ .

В множестве всех символов Шуберта  $(c_1, c_2, \dots, c_n; k)$  с постоянными  $n$  и  $k$  имеется лексикографическое упорядочение  $(\succ)$ , согласно которому  $(b_1, b_2, \dots, b_n; k) \succ (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$  тогда и только тогда, когда существует такой номер  $t$ , что  $b_s \geq a_s$  при  $s \leq t$  и  $b_t > a_t$ .

Пусть  $V$  - некоторое  $n$ -мерное векторное пространство,  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{n+k})$  - некоторая последовательность векторов в  $V$  и  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$  - некоторый символ Шуберта. Последовательность  $v$  будем называть строгим  $a$ -оснащением пространства  $V$ , если система векторов  $v_{a_1}, v_{a_2}, \dots, v_{a_n}$  линейно независима и любая система  $v_{b_1}, v_{b_2}, \dots, v_{b_n}$ , где  $(b_1, b_2, \dots, b_n; k) \succ (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$ , линейно зависима.

Пару  $(V; v)$  будем называть строго  $a$ -оснащенным пространством.

Если  $V \in G_{n,k}$ , то обозначим через  $P_V$  ортогональное проектирование пространства  $R^{n+k}$  на подпространство  $V \subset R^{n+k}$ . Положим  $v_i = P_V(e_i); i = 1, 2, \dots, n+k$ . Поскольку ранг системы векторов  $v_1, v_2, \dots, v_{n+k}$ , очевидно, равен  $n$ , то  $V$  снабжается строгим  $a$ -оснащением  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{n+k})$  для некоторого однозначно определенного символа  $a$ . В дальнейшем такие строго  $a$ -оснащенные пространства  $(V; v)$  будем называть строго  $a$ -оснащенными подпространствами пространства  $R^{n+k}$ .

Пусть символ  $a$  зафиксирован.

**Предложение 1.** Подмножество многообразия  $G_{n,k}$ , состоящее из всех строго  $a$ -оснащенных подпространств пространства  $R^{n+k}$ , совпадает с клеткой  $e(a)$ .

*Доказательство.* Пусть  $V \in e(a), v_i = P_V(e_i); i = 1, 2, \dots, n+k$ . Проверим, что система  $v_{a_1}, v_{a_2}, \dots, v_{a_n}$  линейно независима. Для любого  $i \leq n+k$ , отличного от чисел  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , введем векторы  $w_i = e_i - \sum_{j=1}^n x_j^i e_{a_j}$ , где  $x_j^i$  - элементы определяющей матрицы подпространства  $V$ , если  $a_j \geq i$ , и  $x_j^i = 0$ , если  $a_j < i$ .

Система  $\{w_i\}$ , очевидно, линейно независима. Легкая проверка показывает, что  $(u_j, w_i) = 0$ , так что  $w_i \in V^\perp$  и система  $\{w_i\}$  порождает  $V^\perp$ . Так как

$P_V(w_i) = 0$ , то  $P_V\left(e_i - \sum_{j=1}^n x_j^i e_{a_j}\right) = P_V(e_i) - \sum_{j=1}^n x_j^i P_V(e_{a_j}) = v_i - \sum_{j=1}^n x_j^i v_{a_j} = 0$ . Из

разложений  $v_i = \sum_{j=1}^n x_j^i v_{a_j}$  следует, что система  $v_{a_1}, v_{a_2}, \dots, v_{a_n}$  линейно независима.

Если  $(b_1, b_2, \dots, b_n; k) \succ (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$ , то существует такое число  $t$ , что  $b_s \geq a_s$  при  $s \leq t$  и  $b_t > a_t$ . В разложениях  $v_{b_{t+r}} = \sum_{j=1}^n x_j^{b_{t+r}} v_{a_j}$  коэффициенты  $x_j^{b_{t+r}} = 0$ , если  $a_j < b_{t+r}$ , что, в частности, выполняется при  $r \geq 0, j \leq t$ . Отсюда следует, что векторы  $v_{b_t}, v_{b_{t+1}}, \dots, v_{b_n}$  линейно выражаются через  $v_{a_{t+1}}, v_{a_{t+2}}, \dots, v_{a_n}$ , и, значит, система  $v_{b_t}, v_{b_{t+1}}, \dots, v_{b_n}$  линейно зависима. Таким образом,  $V$  вместе с системой векторов  $v_1, v_2, \dots, v_{n+k}$  является строго  $a$ -оснащенным подпространством пространства  $R^{n+k}$ .

Обратно, пусть  $V$  - строго  $a$ -оснащенное подпространство в  $R^{n+k}$ , покажем, что  $V \in e(a)$ . Доказательство состоит в построении определяющей матрицы для  $V$  по его данному строгому  $a$ -оснащению. Так как векторы  $v_{a_1}, v_{a_2}, \dots, v_{a_n}$  линейно независимы, то можно составить матрицу  $n \times (n+k)$ , в качестве  $i$ -того столбца рассматривая коэффициенты разложения вектора  $v_i$  по векторам  $e_{a_1}, e_{a_2}, \dots, e_{a_n}$ . Если  $i$  отлично от чисел  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , то положим для определенности  $v_i = \sum_{j=1}^n x_j^i v_{a_j}$ . Покажем, что  $x_j^i = 0$  при всех  $i, j$  таких, что  $a_j < i$ . Пусть  $x_j^i \neq 0$  при некоторых  $i, j$  таких, что  $a_j < i$ . Тогда система векторов  $v_{a_1}, v_{a_2}, \dots, v_{a_{j-1}}, v_i, v_{a_{j+1}}, v_{a_{j+2}}, \dots, v_{a_n}$  линейно независима. Так как  $\min(i, a_{j+1}) > a_j$ , то в случае необходимости, выполняя перестановки векторов, получим систему  $v_{a_1}, v_{a_2}, \dots, v_{a_{j-1}}, v_{a'_j}, v_{a'_{j-1}}, \dots, v_{a'_n}$ , такую, что

$$(a_1, a_2, \dots, a_{j-1}, a'_j, a'_{j+1}, \dots, a'_n; k) \succ (a_1, a_2, \dots, a_n; k),$$

а это противоречит условию. Теперь покажем, что построенная матрица есть определяющая матрица для  $V$ . Для этого введем в рассмотрение векторы  $u_j, j = 1, 2, \dots, n$ , где координаты вектора  $u_j$  в базисе  $e_1, e_2, \dots, e_{n+k}$  - это элементы  $j$ -той строки матрицы. Очевидно, что векторы  $u_1, u_2, \dots, u_n$  линейно независимы, покажем, что они принадлежат подпространству  $V$ . Для любого  $i$ , отличного от чисел  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , рассмотрим векторы  $w_i = e_i - \sum_{j=1}^n x_j^i v_{a_j}$ . Так как

$$P_V(w_i) = P_V(e_i) - \sum_{j=1}^n x_j^i P_V(v_{a_j}) = v_i - \sum_{j=1}^n x_j^i v_{a_j} = 0,$$

то  $w_i \in V^\perp$ . Далее,  $(w_i, u_j) = 0$ , значит,  $w_i \perp u_j$ . Наконец, поскольку обе системы  $\{w_i\}$  и  $\{u_j\}$  линейно независимы и общее количество их векторов равно  $n+k$ , то  $u_j \in V; j = 1, 2, \dots, n$ .

Таким образом операции перехода от точек клетки  $e(a)$  к строго  $a$ -оснащенным подпространствам пространства  $R^{n+k}$  и наоборот, взаимно обратны. Предложение 1 доказано.

Из доказательства предложения 1 следует, что формулы  $v_i = \sum_{j=1}^n x_j^i v_{a_j}$ ;  $i \neq a_1, a_2, \dots, a_n$ , позволяют ввести понятие определяющей матрицы для произвольного строго  $a$ -оснащенного пространства  $(V; v)$ . Эту матрицу будем обозначать через  $M(V; v)$ .

Строго  $a$ -оснащенные пространства  $(V; v), (\tilde{V}; \tilde{v})$  называются изоморфными:  $((V; v) \simeq (\tilde{V}; \tilde{v}))$ , если существует такое линейное отображение  $\varphi: V \rightarrow \tilde{V}$ , что  $\varphi(v_i) = \tilde{v}_i$ ;  $i = 1, 2, \dots, n+k$ .

**Предложение 2.** Два строго  $a$ -оснащенных пространства  $(V; v), (\tilde{V}; \tilde{v})$  изоморфны тогда и только тогда, когда  $M(V; v) = M(\tilde{V}; \tilde{v})$ . Два строго  $a$ -оснащенных подпространства  $(V; v), (\tilde{V}; \tilde{v})$  пространства  $R^{n+k}$  изоморфны тогда и только тогда, когда  $V = \tilde{V}$ .

**Предложение 3.** Если  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$ , то всякое строго  $a$ -оснащенное пространство  $(V; v)$  изоморфно некоторому однозначно определенному строго  $a$ -оснащенному подпространству пространства  $R^{n+k}$ .

В самом деле, из предложения 1 следует, что существует единственный элемент  $(\tilde{V}; \tilde{v}) \in e(a)$ , такой, что  $M(\tilde{V}; \tilde{v}) = M(V; v)$ . Тогда  $(V; v) \simeq (\tilde{V}; \tilde{v})$  в силу предложения 2.

Пусть имеются  $n$ -мерное векторное пространство  $V$ , некоторая последовательность векторов  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{n+k})$  и некоторый символ Шуберга  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$ . Пару  $(V; v)$  будем называть  $a$ -оснащенным пространством, если существует такой символ  $c$ , что  $c \leq a$ , и  $v$  определяет строгое  $c$ -оснащение пространства  $V$ . Если, кроме того,  $(V; v)$  является строго  $c$ -оснащенным подпространством пространства  $R^{n+k}$ , то  $(V; v)$  будем называть  $a$ -оснащенным подпространством пространства  $R^{n+k}$ . Легко видеть, что символ  $c$ , о котором говорится в определении, определяется однозначно.

Ясно, что всякое строго  $a$ -оснащенное пространство (подпространство в  $R^{n+k}$ ) является  $a$ -оснащенным пространством (подпространством в  $R^{n+k}$ ). Кроме того, если символы  $a, b$  такие, что  $b \leq a$ , то всякое  $b$ -оснащенное пространство  $(V; v)$  (подпространство  $(V; v)$  в  $R^{n+k}$ ) можно рассматривать также как  $a$ -оснащенное пространство  $(V; v)$  (подпространство  $(V; v)$  в  $R^{n+k}$ ).

$a$ -оснащенные пространства  $(V; v), (\tilde{V}; \tilde{v})$  называются изоморфными, если существует такой изоморфизм  $\varphi: V \rightarrow \tilde{V}$  векторных пространств, что

$$\varphi(v_i) = \tilde{v}_i; i = 1, 2, \dots, n+k.$$

**Предложение 4.** Два  $a$ -оснащенных пространства  $(V; v), (\tilde{V}; \tilde{v})$  изоморфны тогда и только тогда, когда  $(V; v), (\tilde{V}; \tilde{v})$  являются изоморфными строго  $c$ -оснащенными пространствами для некоторого символа  $c \leq a$ . Два  $a$ -оснащенных подпространства  $(V; v), (\tilde{V}; \tilde{v})$  пространства  $R^{n+k}$  изоморфны тогда и только тогда, когда  $V = \tilde{V}$ .

Напомним [1] определение  $a$ -оснащенного расслоения.

Пусть  $\xi = (E, P, X)$  - некоторое  $n$ -мерное векторное расслоение с пространством расслоения  $\pi\xi = E$ , с базой расслоения  $X$ , с проекцией  $P: E \rightarrow X$  и пусть  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$  - некоторый символ Шуберта. Тогда  $a$ -оснащением расслоения  $\xi$  называется такая последовательность  $v$  сечений  $v_1, v_2, \dots, v_{n+k}$  расслоения  $\xi$ , что для любой точки  $x \in X$  последовательность  $v(x)$  векторов  $v_1(x), v_2(x), \dots, v_{n+k}(x)$  задает  $a$ -оснащение векторного пространства  $P^{-1}(x)$ .

Векторное расслоение  $\xi$  вместе с заданным его  $a$ -оснащением  $v$  называется  $a$ -оснащенным расслоением и будет обозначаться символами  $(\xi; v)$  или  $(E, P, X; v)$ .

Если  $b \leq a$ , то всякое  $b$ -оснащенное расслоение  $(\xi; v)$  можно также рассматривать как  $a$ -оснащенное расслоение  $(\xi; v)$ .

Пусть  $\gamma^{n,k}$  - каноническое  $n$ -мерное векторное расслоение на  $G_{n,k}$ . Для данного символа Шуберта  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$  положим  $\gamma(a) = \gamma^{n,k} \Big|_{S(a)}$ . Расслоение  $\gamma(a)$  будем называть каноническим  $n$ -мерным векторным расслоением на псевдомногообразии Шуберта  $S(a)$ . В том частном случае, когда  $a = (a_1, a_2, \dots, k+n; k)$ , имеем  $\gamma(a) = \gamma^{n,k}$ . Для любого  $V \in S(a)$  положим

$$v_i(V) = P_i(e_i); i = 1, 2, \dots, n+k.$$

В силу предложения 1 сечения  $v_1, v_2, \dots, v_{n+k}$  расслоения  $\gamma(a)$  определяют его некоторое  $a$ -оснащение  $v_a = (v_1, v_2, \dots, v_{n+k})$ , которое будем называть каноническим  $a$ -оснащением расслоения  $\gamma(a)$ . Пару  $(\gamma(a); v_a)$  будем называть каноническим  $a$ -оснащенным расслоением на  $S(a)$ .

Морфизмом  $a$ -оснащенного расслоения  $(\xi; v) = (E, P, X; v)$  в  $a$ -оснащенное расслоение  $(\tilde{\xi}; \tilde{v}) = (\tilde{E}, \tilde{P}, \tilde{X}; \tilde{v})$  называется такой морфизм векторных расслоений  $(\varphi; f): \xi \rightarrow \tilde{\xi}; \varphi: E \rightarrow \tilde{E}, f: X \rightarrow \tilde{X}$ , что  $\varphi(v_i(x)) = \tilde{v}_i(f(x)); x \in X, i = 1, 2, \dots, n+k$ .

Возникает категория  $VB(a)$ , объектами которой являются  $a$ -оснащенные расслоения, а морфизмами - морфизмы  $a$ -оснащенных расслоений. Для всякого топологического пространства  $X$  через  $VB_X(a)$  будем обозначать подкатеорию ка-



тегории  $VB(a)$ , состоящую из всех  $a$ -оснащенных расслоений на  $X$  и всех морфизмов в категории  $VB(a)$  вида  $(\varphi, l, \cdot): (\xi; \nu) \rightarrow (\tilde{\xi}; \tilde{\nu})$ .

Два  $a$ -оснащенных расслоения  $(E, P, X; \nu), (\tilde{E}, \tilde{P}, X; \tilde{\nu})$  называются изоморфными, если они изоморфны как объекты категории  $VB_X(a)$ , т.е. существует такой изоморфизм векторных расслоений  $\varphi: (E, P, X) \rightarrow (\tilde{E}, \tilde{P}, X)$ , что

$$\varphi(v_i(x)) = \tilde{v}_i(x), \quad x \in X, \quad i = 1, 2, \dots, n+k.$$

**Предложение 5.** Если  $(\varphi, f): (E, P, X; \nu) \rightarrow (\tilde{E}, \tilde{P}, \tilde{X}; \tilde{\nu})$ - морфизм  $a$ -оснащенных расслоений, то для любой точки  $x \in X$  ограничение отображения  $\varphi: E \rightarrow \tilde{E}$  на  $P^{-1}(x)$  определяет изоморфизм  $(P^{-1}(x); \nu(x)) \rightarrow (\tilde{P}^{-1}(f(x)); \tilde{\nu}(f(x)))$   $a$ -оснащенных пространств.

Пусть  $(\xi; \nu) = (E, P, X; \nu)$ -произвольное  $a$ -оснащенное расслоение и  $c = (c_1, c_2, \dots, c_n; k)$ ,  $c \leq a$ - некоторый символ Шуберта. Пусть  $U(\xi, \nu; c)$  - подмножество из всех таких точек  $x \in X$ , что векторы  $\nu_{c_1}(x), \nu_{c_2}(x), \dots, \nu_{c_n}(x)$  линейно независимы.

**Предложение 6.** Для данного  $a$ -оснащенного расслоения  $(\xi; \nu) = (E, P, X; \nu)$  совокупность всех подмножеств  $U(\xi, \nu; c)$  образует открытое покрытие пространства  $X$ .

**Предложение 7.** Для того чтобы  $a$ -оснащенные расслоения  $(\xi; \nu) = (E, P, X; \nu)$ ,  $(\tilde{\xi}; \tilde{\nu}) = (\tilde{E}, \tilde{P}, X; \tilde{\nu})$  были изоморфны, необходимо и достаточно, чтобы для любой точки  $x \in X$  были изоморфны  $a$ -оснащенные пространства

$$(P^{-1}(x); \nu(x)), (\tilde{P}^{-1}(x); \tilde{\nu}(x)).$$

*Доказательство.* Необходимость условия следует из предложения 5, проверим достаточность. Пусть  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$ . Рассмотрим произвольную точку

$y \in E; P(y) = x$  и некоторое разложение  $y = \sum_{i=1}^{n+k} \lambda_i(y) \cdot \nu_i(x)$ . Определим отображение

$\varphi: E \rightarrow \tilde{E}$  формулой  $\varphi(y) = \sum_{i=1}^{n+k} \lambda_i(y) \tilde{\nu}_i(x)$ . Корректность определения отображения  $\varphi$  следует из изоморфности  $(P^{-1}(x); \nu(x))$  и  $(\tilde{P}^{-1}(x); \tilde{\nu}(x))$ . Ясно, что

$\varphi(v_i(x)) = \tilde{v}_i(x); x \in X, i = 1, 2, \dots, n+k$ , и ограничение отображения  $\varphi$  на  $P^{-1}(x)$

определяет изоморфизм  $a$ -оснащенных пространств  $(P^{-1}(x); \nu(x)) \rightarrow (\tilde{P}^{-1}(x); \tilde{\nu}(x))$ . Покажем, что  $\varphi$  непрерывно. Для любого подмножества  $U(\xi, \nu; c) \subset X$  обозначим

через  $\varphi|_{U(\xi, \nu; c)}$  ограничение отображения  $\varphi$  на  $P^{-1}(U(\xi, \nu; c))$ . Ограничения сечений

$\nu_{c_1}, \nu_{c_2}, \dots, \nu_{c_n}$  на  $U(\xi, \nu; c)$  определяют тривиализацию расслоения  $\xi|_{U(\xi, \nu; c)}$ . Оп-

ределим канонический гомеоморфизм  $\Psi_{(\xi, v; c)}: P^{-1}(U(\xi, v; c)) \rightarrow R^n \times U(\xi, v; c)$  формулой: если  $y \in P^{-1}(U(\xi, v; c))$ ,  $P(y) = x$ , то  $y = \sum \lambda_i(y) v_{c_i}(x)$ , положим  $\Psi_{(\xi, v; c)}(y) = ((\lambda_1(y), \lambda_2(y), \dots, \lambda_n(y)), P(y))$ . Легко видеть, что  $\Psi_{(\xi, v; c)} = \Psi_{(\tilde{\xi}, v; c)} \cdot \varphi_{(\xi, v; c)}$ , значит,  $\varphi_{(\xi, v; c)}$  - гомеоморфизм. Из предложения 6 следует, что семейство всех подмножеств  $P^{-1}(U(\xi, v; c))$  образует открытое покрытие пространства  $E$ . Следовательно, отображение  $\varphi$  непрерывно, и  $(\varphi; 1_v): (E, P, X; v) \rightarrow (\tilde{E}, \tilde{P}, X; \tilde{v})$  - изоморфизм.

Как следствие из предложений 5 и 7 получаем

**Предложение 8.** В категории  $VB_1(a)$  всякий морфизм  $a$ -оснащенных расслоений есть изоморфизм.

Пусть  $\xi = (E, P, X)$  - векторное расслоение,  $f: Y \rightarrow X$  - непрерывное отображение и пусть  $f^* \xi = (\tilde{E}, \tilde{P}, Y)$  - векторное расслоение, индуцированное отображением  $f$ . Рассмотрим канонический морфизм  $(\varphi, f): f^* \xi \rightarrow \xi$ . Ограничение отображения  $\varphi: E \rightarrow \tilde{E}$  на каждом слое есть изоморфизм векторных пространств. Поэтому, если имеется  $a$ -оснащение  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{n+k})$  расслоения  $\xi$ , то можно определить  $a$ -оснащение  $f^* v = (\tilde{v}_1, \tilde{v}_2, \dots, \tilde{v}_{n+k})$  расслоения  $f^* \xi$  формулой  $\varphi(\tilde{v}_i(y)) = v_i(f(y))$ ,  $y \in Y$ ,  $i = 1, 2, \dots, n+k$ . Оснащение  $f^* v$  будем называть индуцированным  $a$ -оснащением, а расслоение  $(f^* \xi; f^* v)$  - индуцированным  $a$ -оснащенным расслоением.

**Предложение 9.** Пусть  $(\xi; v) = (E, P, X; v)$ ,  $(\xi'; v') = (E', P', X'; v')$  - некоторые  $a$ -оснащенные расслоения и  $(\Psi; f): (E, P, X; v) \rightarrow (E', P', X'; v')$  - некоторый морфизм. Тогда расслоения  $(\xi; v)$  и  $(f^* \xi'; f^* v')$  изоморфны.

Доказательство непосредственно следует из предложений 5 и 7.

Пусть  $(\gamma(a); v_a)$  - каноническое  $a$ -оснащенное расслоение на псевдомногообразии Шуберта  $S(a)$ .

**Предложение 10.** Если  $f, g: X \rightarrow S(a)$  - различные непрерывные отображения, то расслоения  $(f^* \gamma(a); f^* v_a)$  и  $(g^* \gamma(a); g^* v_a)$  не изоморфны.

Пусть  $(\xi; v) = (E, P, X; v)$  - произвольное  $a$ -оснащенное расслоение. Пусть  $c = (c_1, c_2, \dots, c_n; k)$ ,  $c \leq a$ , и для всякой точки  $x \in U(\xi, v; c)$  рассмотрим разложение  $v_i(x) = \sum_{j=1}^n \lambda_j^i(x) v_{c_j}(x)$ ;  $i = 1, 2, \dots, n+k$ . Возникают непрерывные отображения  $\lambda_j^i: U(\xi, v; c) \rightarrow R$ . Для любой точки  $x_n \in U(\xi, v; c)$  и для любой последовательности  $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{n+k})$  положительных чисел  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{n+k}$  обозначим через  $U_{\text{чл}}^\varepsilon(\xi, v; c)$  подмножество всех точек  $x \in U(\xi, v; c)$ , для которых

$$|\lambda_j^i(x) - \lambda_j^i(x_0)| < \varepsilon_j; \quad i = 1, 2, \dots, n+k, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Подмножество  $U_{x_0}^\varepsilon(\xi, \nu; c)$  открыто в  $U(\xi, \nu; c)$ , а значит и в  $X$ .

**Предложение 11.** Пусть  $(\xi; \nu) = (E, P, X; \nu)$ ,  $(\tilde{\xi}; \tilde{\nu}) = (\tilde{E}, \tilde{P}, \tilde{X}; \tilde{\nu})$  -  $a$ -оснащенные расслоения, и отображения  $\varphi: E \rightarrow \tilde{E}$ ,  $f: X \rightarrow \tilde{X}$  такие, что

а) для любой точки  $x \in X$  ограничение  $\varphi$  на  $P^{-1}(x)$  определяет изоморфизм  $(P^{-1}(x); \nu(x)) \rightarrow (\tilde{P}^{-1}(x); \tilde{\nu}(f(x)))$   $a$ -оснащенных пространств,

б) для любой точки  $\tilde{x} \in \tilde{X}$  подмножества  $U_{\tilde{x}}^\varepsilon(\tilde{\xi}, \tilde{\nu}; c)$  составляют фундаментальную систему окрестностей точки  $\tilde{x}$  в  $\tilde{X}$ .

Тогда отображения  $f$  и  $\varphi$  непрерывны.

Теперь каждому  $a$ -оснащенному расслоению  $(\xi; \nu) = (E, P, X; \nu)$  сопоставим некоторое непрерывное (гауссово) отображение  $f_{(\xi; \nu)}: X \rightarrow S(a)$ . Если  $x \in X$ , то существует единственный символ Шуберта  $c = c(x)$ ,  $c \leq a$ , такой, что  $(P^{-1}(x); \nu(x))$  является строго  $c$ -оснащенным пространством. Пусть  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$ . Из предложения 3 следует, что существует единственное строго  $c$ -оснащенное подпространство  $(V_c; w(x))$  пространства  $R^{n+k}$ , такое, что  $(P^{-1}(x); \nu(x)) \simeq (V_c; w(x))$ . Возникающий изоморфизм  $(P^{-1}(x); \nu(x)) \rightarrow (V_c; w(x))$  обозначим через  $\varphi_x$ . Сопоставление  $x \mapsto V_c$  определяет некоторое отображение  $f_{(\xi; \nu)}: X \rightarrow S(a)$ , а совокупность отображений  $\{\varphi_x; x \in X\}$  определяет некоторое отображение

$$\varphi_{(\xi; \nu)}: E \rightarrow t\gamma(a).$$

**Предложение 12.** Отображения  $f_{(\xi; \nu)}, \varphi_{(\xi; \nu)}$  непрерывны.

**Теорема 1.** Множество классов изоморфности всех  $a$ -оснащенных расслоений на произвольном топологическом пространстве  $X$  находится во взаимно однозначном соответствии с множеством всех непрерывных отображений из  $X$  в  $S(a)$ .

*Доказательство.* Пусть  $(\xi; \nu) = (E, P, X; \nu)$  - произвольное  $a$ -оснащенное расслоение, рассмотрим цепочку сопоставлений  $(\xi; \nu) \mapsto f_{(\xi; \nu)} \mapsto (f_{(\xi; \nu)}^* \gamma(a); f_{(\xi; \nu)}^* \nu_a)$ .

Согласно предложению 9 расслоения  $(\xi; \nu)$  и  $(f_{(\xi; \nu)}^* \gamma(a); f_{(\xi; \nu)}^* \nu_a)$  изоморфны.

Пусть теперь  $f: X \rightarrow S(a)$ -непрерывное отображение, положим  $(\xi; \nu) = (f^* \gamma(a); f^* \nu_a)$ . Рассмотрим цепочку сопоставлений  $f \mapsto (\xi; \nu) \mapsto f_{(\xi; \nu)}$ .

Согласно предложению 9 расслоения  $(\xi; \nu)$  и  $(f_{(\xi; \nu)}^* \gamma(a); f_{(\xi; \nu)}^* \nu_a)$  изоморфны.

Тогда из предложения 10 следует, что отображения  $f$  и  $f_{(\xi; \nu)}$  совпадают.

Таким образом, сопоставления  $f \mapsto (f^* \gamma(a); f^* \nu_a), (\xi; \nu) \mapsto f_{(\xi; \nu)}$  взаимно обратны, теорема 1 доказана.

Пусть  $\xi = (E, P, X)$  - некоторое  $n$ -мерное векторное расслоение. Счетную последовательность  $v = (v_1, v_2, \dots)$  сечений  $v_i$  расслоения  $\xi$  будем называть счетным оснащением для  $\xi$ , если для всякой точки  $x \in X$  существует такой номер  $t = t(x)$ , что  $v_i(x) = 0$  при  $i > t$  и ранг системы  $v_1(x), v_2(x), \dots, v_t(x)$  равен  $n$ . Пару  $(\xi; v)$  будем называть счетно-оснащенным расслоением.

Пусть  $(E, P, X; v)$  - некоторое  $a$ -оснащенное расслоение, где  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n; k)$ ,  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{n+k})$ . Положим  $\bar{v}_i = v_i$ , если  $i \leq n+k$  и  $\bar{v}_i = 0$ , если  $i > n+k$ . Тогда расслоение  $(E, P, X; \bar{v})$ ,  $\bar{v} = (\bar{v}_1, \bar{v}_2, \dots)$  будет счетно-оснащенным расслоением.

Каноническое расслоение  $\gamma^n = \lim_{k \rightarrow \infty} \gamma^{n,k}$  на  $G_{n,\infty} = \lim_{k \rightarrow \infty} G_{n,k}$  снабжается каноническим счетным оснащением, оно возникает из канонических счетных оснащений  $\bar{v}_{n,k}$  расслоений  $\gamma^{n,k}$  путем предельного перехода.

Понятия морфизма и изоморфизма счетно-оснащенных расслоений определяются аналогично соответствующим понятием для  $a$ -оснащенных расслоений. Аналогично вводится также понятие индуцированного счетно-оснащенного расслоения.

Если  $(\xi; v) = (E, P, X; v)$  счетно-оснащенное расслоение, то для любой точки  $x \in X$  слой  $(P^{-1}(x); v(x))$  является строго  $a$ -оснащенным пространством для некоторого однозначно определенного символа Шуберта  $a = a(x)$ .

На основании этого формулируются и доказываются утверждения, аналогичные предложениям 5-12. Наконец, аналогично теореме 1 доказывается следующая теорема о топологической классификации счетно-оснащенных расслоений.

**Теорема 2.** Множество классов изоморфности всех счетно-оснащенных  $n$ -мерных векторных расслоений на топологическом пространстве  $X$  находится во взаимно однозначном соответствии с множеством всех непрерывных отображений из  $X$  в  $G_{n,\infty}$ .

*Кафедра алгебры и геометрии*

*Поступило 2.12.1996*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Огникян А.А. Об одном обобщении оснащенного бордизма. - ДАН Арм. ССР. 1984, т.79, № 5.
2. Милнор Дж., Станеф Дж. Характеристические классы. - М.: Мир, 1979.

**ա -ՀԱԳԵՑՎԱԾ ՇԵՐՏԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՂ  
ՏԱՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ**

**Ա մ փ ո փ ո մ**

Հուլիսի 1-ին նվիրված է [1]-ում ձևակերպված հիմնական արդյունքի (թեորեմ 1) մանրամասն շարադրմանը: Առաջարկվում է Շուբերտի վանդակների նոր (դասակարգման տարբեր) նկարագրում, որի հիման վրա ներմուծվում է  $a$  -հագեցված շերտավորման հասկացությունը, որտեղ  $a$  -ն Շուբերտի սիմվոլ է: Այդ հասկացությունը, հագեցված (ըստ Պոնտյագինի) շերտավորման բնական բնութագրումն է: Ապացուցվում է թեորեմ այդպիսի շերտավորումների տուրլովիական դասակարգման մասին, որն անհրաժեշտ է բոլորիզմների համապատասխան կատեգորիայի հետագա կառուցման համար:

УДК 532.516

Ր.Ջ. ՄՈՒՇԱԿԱՆՅԱՆ

**НЕСТАЦИОНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В ПОРИСТОМ КАНАЛЕ С ДВИЖУЩЕЙСЯ СТЕНКОЙ**

Рассматривается нестационарное течение вязкой жидкости в пористом канале с движущейся стенкой под действием постоянной массовой силы. Получены законы изменения продольной скорости и мгновенного массового расхода, а также построены соответствующие графики при разных значениях чисел Рейнольдса.

1. Движение в пористом канале имеет важное значение в процессах испарительного охлаждения и химической технологии. Такие течения относятся к малоизученному классу задач в теории движения вязкой жидкости [1-5].

Рассмотрим движение жидкости, обусловленное постоянной массовой силой  $X$  и скоростью  $U$  верхней стенки канала, между двумя пористыми стенками при  $y = h$  и  $y = -h$ . Так, под действием силы  $X$ , приложенной в момент  $t = 0$ , начинает двигаться жидкость в пористом канале с движущейся стенкой. Принимается, что составляющая скорости в направлении  $y$  (скорость отсасывания) - везде постоянная и равна  $V$ , а продольная скорость не зависит от координаты  $x$ . Тогда уравнения Навье-Стокса сводятся к виду

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + V \frac{\partial v_x}{\partial y} = X + \nu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}, \tag{1.1}$$

здесь  $v_x$  - компонента скорости жидкости по оси  $Ox$ ,  $\nu$  - кинематический коэффициент вязкости жидкости.

Граничные условия для поставленной задачи будут иметь вид

$$\begin{aligned} \text{при } t = 0 \quad v_x &= 0; \\ \text{при } t > 0 \quad y = h, \quad v_x &= U; \\ \text{при } t > 0 \quad y = -h, \quad v_x &= 0, \end{aligned} \tag{1.2}$$

где  $2h$  - ширина канала.

Приступая к решению задачи, введем новые переменные, полагая

$$\xi = \frac{y}{h}, \quad u = \frac{v_x}{V}, \quad T = \frac{Vt}{h}, \quad X_1 = \frac{Xh}{V^2}.$$

Тогда уравнение (1.1) и граничные условия (1.2) примут следующий вид:

$$\frac{\partial u}{\partial T} + \frac{\partial u}{\partial \xi} = X_1 + \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2}, \tag{1.3}$$

$$\text{при } T = 0 \quad u = 0,$$

$$\text{при } T > 0 \quad \xi = 1 \quad u = \frac{U}{V}, \tag{1.4}$$

при  $T > 0$   $\xi = -1$ ,  $u = 0$ ,

где  $Re = \frac{Vh}{\nu}$  - число Рейнольдса.

2. Уравнение (1.3) при граничных условиях (1.4) решаем с помощью интегрального преобразования Лапласа [6]. Применяя к уравнению (1.3) и к граничным условиям (1.4) преобразования Лапласа, получим

$$\lambda \bar{u} + \frac{d\bar{u}}{d\xi} = \frac{X_1}{\lambda} + \frac{1}{Re} \frac{d^2 \bar{u}}{d\xi^2}, \quad (2.1)$$

$$\text{при } \xi = 1 \quad \bar{u} = \frac{U}{\lambda V}, \quad (2.2)$$

$$\text{при } \xi = -1 \quad \bar{u} = 0.$$

Решение уравнения (2.1) с учетом граничных условий (2.2) будет

$$\begin{aligned} \bar{u} = & -\frac{X_1 \exp\left(\frac{Re\xi}{2}\right)}{\lambda^2} \left( \frac{chk\xi}{chk} ch \frac{Re}{2} - \frac{shk\xi}{shk} sh \frac{Re}{2} \right) + \\ & + \frac{X_1}{\lambda^2} + \frac{U \exp\left[\frac{Re(\xi-1)}{2}\right]}{V} \cdot \frac{shk(\xi+1)}{\lambda sh 2k}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

где  $k = \frac{1}{2} \sqrt{4\lambda Re + Re^2}$ .

Теперь, применяя обратное преобразование Лапласа к выражению (2.3) и переходя к старым переменным, для продольной скорости окончательно получим

$$\begin{aligned} v_x = & e^{\frac{Re}{4h}(2y-h)} \left[ \frac{4}{V} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\pi(-1)^n \sin \pi n y / h}{4\pi^2 n^2 + Re^2} \left( v U e^{-\frac{Re}{2}} - \frac{8\lambda h^2 sh Re / 2}{4\pi^2 n^2 + Re^2} \right) e^{-\frac{v\pi^2 n^2}{h^2}} - \frac{2}{V} \right. \\ & \left. \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\pi(2n+1)(-1)^n \cos \pi(2n+1)y / 2h}{\pi^2(2n+1)^2 + Re^2} \left( v U e^{-\frac{Re}{2}} + \frac{8\lambda h^2 ch Re / 2}{\pi^2(2n+1)^2 + Re^2} \right) e^{-\frac{v\pi^2(2n+1)^2}{4h^2}} \right] + \\ & + \frac{U sh Re(y+h) / 2h}{sh Re} e^{Re(y-h) / 2h} + \frac{\lambda h}{V} e^{\frac{Re}{2h}y} \left( \frac{y}{h} e^{-\frac{Re}{2h}y} + th \frac{Re}{2} ch \frac{Re}{2h} y - cth \frac{Re}{2} sh \frac{Re}{2h} y \right). \end{aligned} \quad (2.4)$$

Мгновенный массовый расход  $Q$  можно получить интегрированием (2.4) по сечению канала

$$\begin{aligned} Q = & e^{-\frac{vRe}{4h}} \left[ \frac{32h}{V} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\pi^2 n^2 sh Re / 2}{(4\pi^2 n^2 + Re^2)^2} \left( \frac{8\lambda h^2 sh Re / 2}{4\pi^2 n^2 + Re^2} - v U e^{-\frac{Re}{2}} \right) e^{-\frac{v\pi^2 n^2}{h^2}} - \right. \\ & \left. - \frac{8h}{V} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\pi^2(2n+1)^2 ch Re / 2}{(\pi^2(2n+1)^2 + Re^2)^2} \left( \frac{8\lambda h^2 ch Re / 2}{\pi^2(2n+1)^2 + Re^2} + v U e^{-\frac{Re}{2}} \right) e^{-\frac{v\pi^2(2n+1)^2}{4h^2}} \right] + \\ & + U h \left( \frac{1}{Re} - \frac{e^{-Re}}{sh Re} \right) + \frac{2\lambda h^2}{V} \left( cth Re - \frac{1}{Re} \right). \end{aligned} \quad (2.5)$$

Если в решении (2.4)  $t \rightarrow \infty$ , то получим решение стационарной задачи, т.е.

$$v_x = \frac{UshRe(y+h)/2h}{shRe} e^{Re(y-h)/2h} + \frac{Xh}{V} e^{\frac{Re}{2h}y} \left( \frac{y}{h} e^{-\frac{Re}{2h}y} + th \frac{Re}{2} ch \frac{Re}{2h} y - cth \frac{Re}{2} sh \frac{Re}{2h} y \right). \quad (2.6)$$

Соответственно для  $Q$  получим

$$Q = \frac{2Xh^3}{V} \left( \frac{cthRe}{Re} - \frac{1}{Re^2} \right) + Uh \left( \frac{1}{Re} - \frac{e^{-Re}}{shRe} \right). \quad (2.7)$$

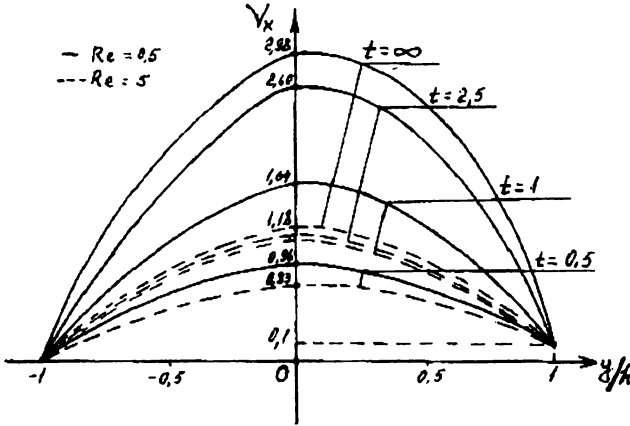


Рис. 1.

Из (2.6) видно, что если  $U = 0$  и число  $Re$  мало ( $Re \rightarrow 0$ ), то профиль продольных скоростей параболический, т.е.

$$v_x = \frac{Xh^2}{2\nu} \left( 1 - \frac{y^2}{h^2} \right) \text{ и максимальная скорость будет равна } v_x = \frac{Xh^2}{2\nu}. \text{ И еще надо}$$

отметить, что при  $U = 0$  и  $Re \rightarrow 0$ , т.е. при отсутствии отсасывания жидкости решение (2.4) совпадает с решением, приведенным в [6]. Из (2.4) также видно, что при больших значениях  $Re$ ,  $Re \rightarrow \infty$ ,  $v_x \rightarrow 0$ .

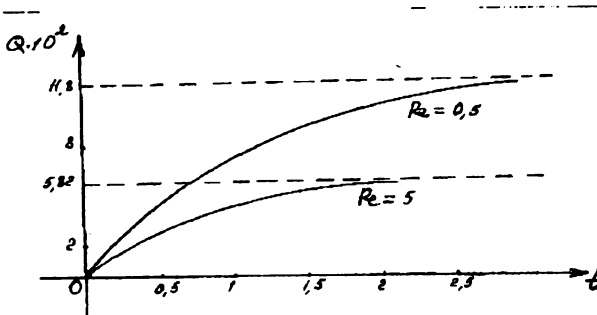


Рис. 2.



3. Для конкретной задачи, например,  $v=3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{сек}$ ,  $h=3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ,  $U=0,1 \text{ м}/\text{сек}$ ,  $X=2 \text{ м}/\text{сек}^2$ , по формулам (2.4) и (2.5) при разных значениях  $Re$  ( $Re=0,5$ ;  $Re=5$ ) построим законы изменения  $v_x$  и  $Q$  с первой приближенностью (рис. 1,2) т.е. в соответствующих суммах выражений (2.4) и (2.5), сохраняя лишь первые два слагаемых.

Из рис. 1 видно, что увеличение  $Re$  приводит к уменьшению скорости  $v_x$  и с возрастанием времени профили мгновенной скорости переходят в пределе почти в параболический профиль, в частности при  $U=0$  они переходят в пределе точно в параболический профиль.

Из рис. 2 видно, что с увеличением числа  $Re$  величина массового расхода уменьшается и - наоборот. Видно также, что для конкретного числа  $Re$  с возрастанием  $t$  величина массового расхода возрастает, стремясь к определенному значению.

*Кафедра теоретической механики*

*Поступила 1.07.1996.*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974, 711 с.
2. Тарг С.М. Основные задачи теории ламинарных течений. М.: Госизд-во технико-теоретич. лит., 1951, 420 с.
3. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гостехиздат, 1955, 519 с.
4. Бабаджанян Г.А. Течение вязкой жидкости в прямоугольном канале с пористыми стенками. - Изв. АН Арм. ССР, 1965, т. XVIII, № 2.
5. Бабаджанян Г.А., Мпачакян Р.Ж. Течение жидкости в канале с движущейся пористой стенкой. - Изв. АН Арм. ССР, 1989, т. 42, № 4.
6. Карслоу Х.С., Егер Д.К. Операционные методы в прикладной математике. М.: Изд-во ИЛ, 1948, 290 с.

Ռ.Ժ. ՄՆԱԿԱԿԱՆՅԱՆ

### ՄԱԾՈՒՑԻԿ ԼԵՂՈՒԿԻ ՈՉ ՍՏԱՑԻՈՆԱՐ ՀՈՍՔԸ ԸԱՐԺՎՈՂ ՊԱՏՈՎ ԾԱԿՈՏԿԵՆ ՀԱՐԹ ԽՈՂՈՎԱԿՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրված են շարժվող պատով ծակոտկեն հարթ խողովակում զանգվածային ուժի ազդեցությամբ մածուցիկ հեղուկի ոչ ստացիոնար հոսքի փոփոխման օրենքները տարբեր ռեյնոլդսների համար:

Ստացված արդյունքներից հետևում է, որ ժամանակը մեծացնելիս ակնթարթային արագության փոփոխման օրենքը հարթ խողովակի վերին պատի արագության արժեքի ճշտությամբ ձգտում է պարաբոլային օրենքի, իսկ շարժման քանակը Ռեյնոլդսի քվի յուաքանչյուր արժեքի դեպքում ընդունում է որոշակի սահմանային արժեք:

УДК 532.535

А.А. ГЕВОРГЯН, Ж.О. НИНОЯН

**ОСОБЕННОСТИ АЗИМУТАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОВОРОТА  
ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА В ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ  
ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ ПРИ НАЛИЧИИ ВОЛНЫ,  
МОДУЛИРУЮЩЕЙ ПАРАМЕТРЫ СРЕДЫ**

Рассматривается возможность получения желаемого значения коэффициента усиления поворота плоскости поляризации в желаемой области изменения азимута падающей волны  $\varphi$  путем варьирования параметров волны, модулирующей параметры среды. Изучена также зависимость максимального значения коэффициента усиления от длины волны.

1. Особенности азимутальной зависимости поворота плоскости поляризации света в холестерических жидких кристаллах (ХЖК) рассмотрены в ряде работ [1-4]. В [2] изучены особенности азимутальной зависимости в ХЖК. Показано, что в ХЖК зависимость азимута поляризации  $\Psi$ , прошедшего через слой ХЖК света, от азимута поляризации  $\varphi$  падающего света имеет нелинейный характер. Такой результат констатирован и в более ранних работах других авторов [1]. Однако в этих работах оставалось незатронутым следующее обстоятельство, являющееся предметом исследований настоящей работы и [2-4], а именно: нелинейная зависимость поворота плоскости поляризации прошедшей волны от азимута поляризации падающей волны, являющаяся результатом неэквивалентности азимутов в плоскости фронта волны [5], означает, что имеются области изменения  $\varphi$ , в которых величины  $f = |d\Psi / d\varphi| > 1$  (усиление поворота плоскости поляризации), а также области изменения  $\varphi$ , в которых  $|d\Psi / d\varphi| < 1$  (стабилизация азимута поляризации). В [3] рассматриваются эффекты азимутальной зависимости поворота плоскости поляризации в ХЖК при наличии внешнего магнитного поля, а в [4] - влияние поглощения и дисперсии на эффекты азимутальной зависимости поворота плоскости поляризации в ХЖК.

В настоящей работе изучаются особенности азимутальной зависимости поворота плоскости поляризации в ХЖК при наличии волны, модулирующей параметры среды. В [6,7] изучены оптические свойства ХЖК при наличии модулирующей его параметры продольной гиперзвуковой волны. Используя результаты этих работ, ниже мы вычислили зависимость коэффициента усиления  $f$  от  $\varphi$  при прохождении света через слой ХЖК, который находится в поле волны, модулирующей параметры среды. Результаты вычислений представлены в виде графиков. В подписях под рисунками указаны те параметры, которыми описывается модуляция параметров среды.

На рис. 1 представлена зависимость  $f$  от  $\varphi$ . Сплошная линия соответствует зависимости  $f$  от  $\varphi$  при наличии в ХЖК волны, модулирующей параметры среды.

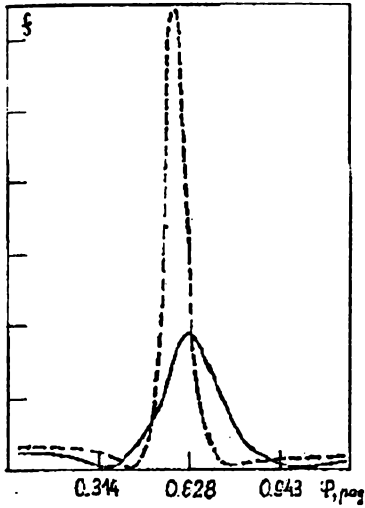


Рис. 1. Зависимость коэффициента усиления от азимута при отсутствии (штриховая кривая) и при наличии (сплошная кривая) волны, модулирующей параметры среды. Обратный шаг спирали  $a$  и компоненты  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  тензора диэлектрической проницаемости заданы в виде

$$a = a_0 + a_1 \cdot \cos(b \cdot z),$$

$$\epsilon_{1,2} = \epsilon_{1,2}^0 + \epsilon_{1,2}^1 \cdot \cos(b \cdot z), a_0 = 2 \cdot \pi / \sigma_0,$$

$\sigma_0 = 0,42 \cdot \text{мкм}$  - шаг невозмущенной спирали,

$$\text{Re} \epsilon_1^0 = 2,29, \text{Re} \epsilon_2^0 = 21,43, \text{Im} \epsilon_1^0 = \text{Im} \epsilon_2^0 = \text{Im} \epsilon_1^1 = \text{Im} \epsilon_2^1 = 0,$$

$\text{Re} \epsilon_1^1 = \text{Re} \epsilon_2^1 = 10^{-7}, a_1 = -0,001 \cdot a_0, b = 2 \cdot \pi / d, d = 30 \cdot \sigma_0$  - толщина слоя ХЖК,  $\lambda = 0,615 \cdot \text{мкм}$  - длина волны падающего на слой ХЖК света.

Штриховая линия представляет ту же зависимость в отсутствие модуляции. Как видно из графиков, модуляция приводит как к изменению значения максимума величины  $f$ , так и к его смещению по оси  $\varphi$ . Вычисления показывают, что варьированием параметров модуляции можно получить заданное значение максимального усиления и в желаемой области изменения  $\varphi$ .

2. Представляет большой интерес изучение влияния пограничного слоя на прохождение света через слой ХЖК и в частности на коэффициент усиления  $f$ . Для этой цели может быть применена развитая в [6,7] (см. также [8]) теория распространения света в ХЖК с модулированными внешней волной (а не однородными полями) параметрами, конечно, при некоторых аппроксимациях координатной зависимости параметров среды, обусловленных присутствием пограничного слоя, а именно при таких аппроксимациях, выражаемая которыми координатная зависимость параметров среды может быть создана так же внешней волной, модулирующей эти параметры.

Рассмотрим аппроксимацию [9]:

$$a(z) = a_0 + a_1 \cdot \cos(b \cdot z), \quad b \cdot d = 2 \cdot \pi, \quad (1)$$

где  $b = 2 \cdot \pi / l$ ,  $l$  - длина волны модуляции,  $d$  - толщина слоя ХЖК,

$a_0 = 2 \cdot \pi / \sigma_0, \sigma_0$  - шаг невозмущенной спирали.

Аппроксимация (1) соответствует следующая ситуация, которая может имитировать влияние пограничного слоя: обратный шаг спирали монотонно увеличивается (или уменьшается в зависимости от знаков  $a_0$  и  $a_1$ ) при удалении от границ, стремясь к постоянному значению в середине слоя. Варьированием параметров модуляции можно получить различные формы изменения спирали.

На рис. 2 представлена зависимость  $\Delta S = S_m - S$  от длины волны, где  $S = \ln |f_{\text{max}}|$ ,  $f_{\text{max}}$  - максимальное значение модуля коэффициента усиления при изменении  $\varphi$  от 0 до  $\pi$ , а  $S_m$  - логарифм максимального усиления при наличии модуляции. Боковые максимумы величины  $\Delta S$  связаны с появлением областей селективного отражения (ОСО), которые при данных параметрах находятся вблизи гра-

ниц ОСО: на этих границах применимость теории возмущений, примененной в [6,7,9] для расчета прохождения света через ХЖК, нарушается.

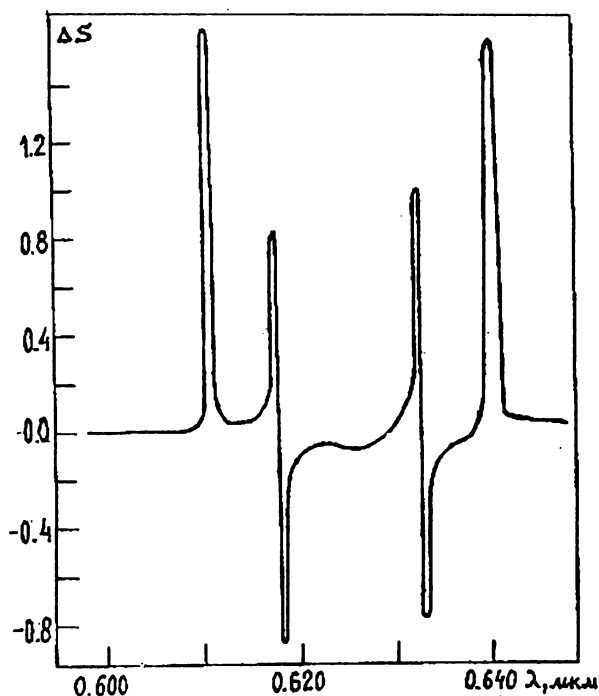


Рис. 2. Зависимость максимального значения коэффициента усиления от длины волны. Параметры те же, что и в подписи к рис. 1.

Из рисунков следует, что на ХЖК можно получить усиление в желаемой области длины волны путем изменения параметров модуляции. Изучение зависимости  $\Delta S$  от  $\varphi$  дает также возможность изучать параметры пограничного слоя, когда координатная зависимость шага спирали обусловлена присутствием такого слоя. Модуляция приводит также к смещению ОСО. Это выражается в том, что величина  $\Delta S$  претерпевает скачкообразные изменения на границах ОСО.

Отметим, что, как указано в [4] и как следует из приведенных графиков, параметры  $f$  и  $S$  являются величинами, чувствительными к изменениям параметров среды, и, следовательно, могут служить хорошими характеристиками сред.

Выражаем благодарность Г.А. Варданяну и О.С. Ерицяну за ценное обсуждение.

Кафедра общей физики

Поступила 4.10.1995

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков В.А., Соник А.С. Оптика холестерических жидких кристаллов. М.: Наука, 1982, 360 с.
2. Геворгян А.А. Уч. записки ЕГУ, №3(163), 1986, с. 47-55.
3. Геворгян А.А. Уч. записки ЕГУ, №2(165), 1987, с. 65-73.
4. Геворгян А.А. Уч. записки ЕГУ, №3(169), 1988, с. 62-69.
5. Ерицян О.С. Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1984, т. 19, с.70-73.

6. Ерицян О.С. Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1976, т. 11, с. 344-350.
7. Геворгян А.А., Ерицян О.С. Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1984, т. 19, с. 135-142.
8. Зельдович Б.Я., Табириян Н.В. ЖЭТФ, 1982, т. 82, с. 167-176.
9. Ерицян О.С., Нипоян Ж.О., Геворгян А.А. Уч. записки ЕГУ, №3(157), 1984, с. 61-64.

Ա.Հ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ժ.Հ. ՆԻՆՈՅԱՆ

**ԼՈՒՅՍԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՀԱՐԹՈՒԹՅԱՆ ՊՏՈՒՅՏԻ ԱԶԻՄՈՒՏԱԼ  
ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԽՈԼԵՍՏԵՐԻՆԱՅԻՆ  
ՀԵՂՈՒԿ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ ՄՈԴՈՒԼԱՑՆՈՂ  
ԱԼԻՔԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՄԲ**

**Ա մ փ ո փ ու մ**

Աշխատանքում ուսումնասիրված են բևեռացման հարթության պտույտի ուժեղացման առանձնահատկությունները խոլեստերինային հեղուկ բյուրեղներում միջավայրի պարամետրերը մոդուլացնող ալիքի առկայությամբ: Ցույց է տրված, որ միջավայրի պարամետրերը մոդուլացնող ալիքի պարամետրերի փոփոխության շնորհիվ կարելի է ստանալ ուժեղացման գործակցի տրված արժեքը  $\varphi$  ազիմուտի փոփոխության ցանկալի տիրույթում: Ուսումնասիրված է նաև ուժեղացման գործակցի առավելագույն արժեքի կախվածությունը ալիքի երկարությունից:

УДК 541.63:541.49:546.742:547.466.43:547.4665

А.С. САГИЯН, А.Э. АВЕТИСЯН, С.М. ДЖАМГАРЯН, Л.Р. ДЖИЛАВЯН,  
Э.А. ГОЛУМЯН, В.И. ТАРАРОВ, С.К. ГРИГОРЯН, Н.Ю. БЕЛОКОНЬ

### АСИММЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ L- $\beta$ -(N-МЕТИЛАМИНО) АЛАНИНА ЧЕРЕЗ ХИРАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЕГИДРОАЛАНИНА С ИОНОМ Ni(II)

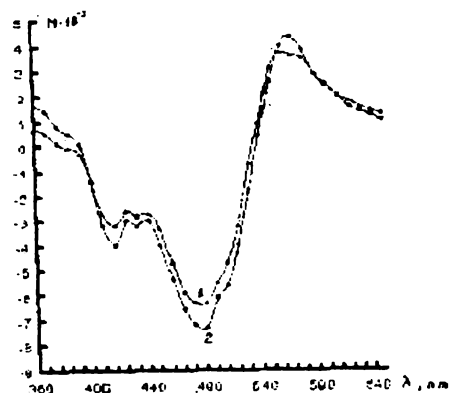
Разработан метод асимметрического синтеза L- $\beta$ -(N-метиламино)аланина из дегидроаланина в их Ni(II) комплексах основания Шиффа с хиральным реагентом L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном путем присоединения метиламина к двойной C=C связи фрагмента дегидроаланина. После разложения комплекса выделяют целевую аминокислоту L- $\beta$ -(N-метиламино)аланин с 67%-ным химическим выходом и с более чем 98%-ной оптической чистотой.

В последние годы большой интерес вызывают оптически чистые небелковые аминокислоты, которые достаточно широко распространены в природе[1,2]. Небелковые аминокислоты успешно применяются в синтезе пептидов, антибиотиков и других лекарственных препаратов[3,4]. К числу таких соединений относятся также  $\beta$ -аминозамещенные производные аминокислот. Ранее нами разработаны методы синтеза ряда  $\beta$ -аминозамещенных аминокислот ( $\beta$ -имидазолилаланина,  $\beta$ -(N,N-диметиламино)-аланина,  $\beta$ -(N-бензиламино)аланина) путем присоединения соответствующих аминов к двойной связи C=C дегидроаланина в комплексе Ni(II) основания Шиффа с хиральным реагентом L-2-N(N'-бензилпролил)аминобензофеноном[5].

В настоящей работе сообщается о асимметрическом синтезе оптически активного L- $\beta$ -(N-метиламино)аланина присоединением метиламина к связи C=C дегидроаланина в Ni(II) комплексах основания Шиффа с хиральным реагентом L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном (комплекс I).

**Обсуждение результатов.** Присоединение метиламина к двойной связи C=C фрагмента дегидроаланина комплекса I в ацетонитриле в присутствии  $K_2CO_3$  приводит к образованию смеси двух диастереоизомеров (L,L и L,D) комплекса Ni(II) основания Шиффа  $\beta$ -(N-метиламино)аланина с хиральным реагентом L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном (комплекс II) (см. схему 1). За ходом присоединения можно следить методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на  $SiO_2$  в системе растворителей  $CHCl_3$ -( $CH_3$ )<sub>2</sub>CO (3:1) по исчезновению пятна исходного комплекса I. Соотношение диастереомеров определялось спектрофотометрическим методом после их разделения на силикагеле препаративной хроматографией, а также в реакционной среде методом <sup>1</sup>H-ЯМР высокого разрешения. Выявлено, что в избытке образуется диастереомер с меньшим значением  $R_f$  (L,L), их соотношение L,L: L,D=95:5.

Для определения абсолютной конфигурации диастереомеров снимали кривую ДОВ смеси и сравнивали с кривой ДОВ аналогично построенного известного Ni(II)



Кривые ДОВ комплексов в метаноле ( $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ): 1. комплекса II; 2. аналогичного комплекса L- $\beta$ -имидазолпаланина с хиральным реагентом L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном [5].

Образование диастереомера L,L-абсолютной конфигурации в избытке обусловлено наличием высоких энантиоселективных эффектов в этих комплексах, что связано с экранированием аминокислотного фрагмента только с одной стороны прохирального карбонильного (со стороны Re). При этом в начале реакции ( $\sim$  через 20 минут после добавления амина) избыток L,L-диастереомера, вследствие кинетических факторов, составляет примерно 25%, а затем его количество постепенно увеличивается вследствие установления термодинамического равновесия между диастереомерами и через 70 часов после начала реакции соотношение L,L и L,D составляет 94% : 6%.

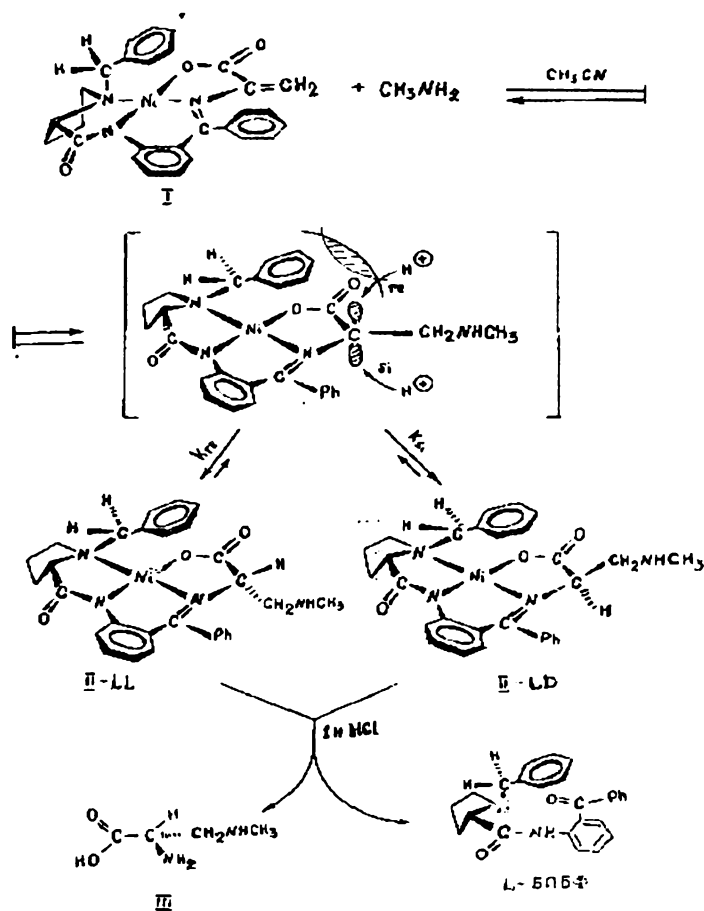
После разложения комплекса II (смесь L,L и L,D) под действием 1н HCl в среде метилового или этилового спирта выделяют исходный хиральный реагент L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофенон (L-БПБФ) и целевую аминокислоту L- $\beta$ -(N-метиламино)аланин (III) (см. схему). При этом исходный хиральный реагент L-БПБФ регенерируется с полным сохранением исходной хиральности и его можно использовать повторно без дополнительной очистки.

Строение и абсолютная конфигурация аминокислоты III и комплекса II установлены физико-химическими методами анализа (см. экспериментальную часть).

**Экспериментальная часть.** В работе были использованы следующие химреактивы: аминокислоты - "Reanal" (Будапешт); силикагель 40/100 - "Chemapol" (Прага); пластинки ТСХ "Silufol UV-254" - "Chemapol" (Прага); ионообменная смола Ky-2-8,  $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{HCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$  - "Реахим" (СССР).

Ацетонитрил перед использованием очищали согласно [6]. Спектры  $^1\text{H-NMR}$  снимали на спектрометре "Bruker WP 200SY (200 MHz). Удельное оптическое вращение получали на поляриметре "Perkin - Elmer - 241", кривые ДОВ снимали на спектрополяриметре Jasco- ORD/UV-5".

ТСХ - хроматографический анализ проводили на пластинках  $\text{SiO}_2$  марки "Silufol UV-254". Комплекс Ni(II) основания Шиффа дегидроаланина с хиральным реагентом L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном (I) был синтезирован согласно методике [5].



**Получение комплекса II:** 5г ( $9,8 \cdot 10^{-3}$  моля) комплекса I растворяют в 12 мл  $\text{CH}_3\text{CN}$ , добавляют 2,79 г ( $2 \cdot 10^{-2}$  моля)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и 1,35г ( $2 \cdot 10^{-2}$  моля)  $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{HCl}$  и реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 48-52 ч. За ходом реакции присоединения следят методом ТСХ на пластинках  $\text{SiO}_2$  в системе растворителей  $\text{CHCl}_3-(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  (3:1) по исчезновению пятна исходного комплекса. Затем реакционную смесь фильтруют, фильтрат упаривают досуха, осадок растворяют в 30 мл хлороформа, промывают водой (3 раза по 20 мл), упаривают досуха и сушат под вакуумом.

Соотношение диастереоизомеров в смеси было установлено методами ТСХ и  $^1\text{H}$ -ЯМР высокого разрешения: оно составляет L,L : L,D=95:5%. Получено 4,56 г ( $8,42 \cdot 10^{-3}$  моля) комплекса II, что соответствует 86%-ному выходу на стадии.

**Комплекс II.** Элементный анализ для  $\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_4\text{Ni}$  (%): найдено С 64,26; Н5,48; N 10,49, вычислено С 64,36; Н 5,58; N 10,35.  $^1\text{H}$ -ЯМР в  $\text{CDCl}_3$  (b, м.д.): 2,05(с.,  $\text{CH}_3$  аминокислоты, 3H); 1,86-2,15(м.,  $\beta$ -и  $\gamma$ -H пролина, 4H); 2,35-2,65(м.,  $\delta$ -H пролина, 2H); 2,62-2,82(м.,  $\delta$ - $\text{CH}_2$  аминокислоты, 2H); 3,52 и 4,35(д., АВ,  $J_{\text{AB}}=12,6\text{Hz}$ ,  $\text{CH}_2$ -бензилпролина, 2H); 3,60-3,82(м.,  $\alpha$ -H пролина, 1H); 3,93-4,15(м.,  $\alpha$ -H аминокислоты, 1H); 6,52-8,12(м., ароматика, 14H).

Удельное вращение  $-\left[\alpha\right]_{\text{D}}^{25} + 2318,2$  (с=0,004;  $\text{CH}_3\text{OH}$ ).



Разложение комплекса II и выделение аминокислоты III: 4,4г (8,13  $10^{-3}$  моль) комплекса II растворяют в 20 мл  $\text{CH}_3\text{OH}$  и при перемешивании добавляют к нагретому до 45-50°C 1н раствору  $\text{HCl}$ . После исчезновения характерной для комплексов окраски реакционную смесь упаривают досуха, добавляют 40мл воды и экстрагируют исходный хиральный реагент L-БПБФ хлороформом при pH=5. Из водного слоя выделяют аминокислоту ионообменными методами путем пропускания раствора через колонку со смолой Ку-2-8 в H' форме. Аминокислоту элюируют с помощью 5%-ного раствора аммиака, упаривают досуха и кристаллизуют из растворов в HCl-вода-этанол. Получено 0,98г (6,34  $10^{-3}$  моля) аминокислоты III  $\cdot \text{HCl}$  (в виде хлоргидрата), что соответствует 78%-ному выходу на стадии.

**Аминокислота III.** Элементный анализ для  $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_2\text{ClO}_2$ (%): найдено С 30,87; Н 7,24; N 17,94, вычислено С 31,07; Н 7,18; N 18,12.  $^1\text{H}$ -ЯМР в  $\text{D}_2\text{O}$  (b, м.д.): 2,76 (с.,  $\delta$ -H( $\text{CH}_2$ -), 3H); 3,39 (2д.,  $\beta$ -H<sub>A</sub>, J=12,4Hz и 5,9Hz, 1H); 3,46 (2д.,  $\beta$ -H<sub>B</sub>, J=12,4Hz и 7,8 Hz, 1H); 4,03(2д.,  $\alpha$ -H, J=5,9Hz и 7,8Hz, 1H). Удельное оптическое вращение -  $[\alpha]^{25}_{\text{D}}=+23,20$  (с=1; 6N HCl).

НПО "Армбиотехнология", ЕГУ

Поступила 13.03.1996

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fowden L., Lea P. Adv. Enzymol., 1979, v. 50, p. 117.
2. Wagner I., Musso N. Angew. Chem., Int.Ed. Engl., 1983, v.22, p.816.
3. Yoshioka H., Aoki T., Goko H., Nakatsu K. Tetrahedron Lett., 1971, p. 2043; Takita T., Muraoka Y., Yoshioka A., Fuji A. J.Antibiot., 1972, v.25, p.755.
4. Spatola A., Chemistry and Biochemistry of Amino Acids, Peptides and Proteins, ed. B. Weinstein, Marcel Dekker, New York and Basel, 1983, v. 7, p. 267.
5. Belokon Yu.N., Sagyan A.S., Djangaryan S.M., Bakhmutov V.I., Belikov V.M. Tetrahedron, 1988, v. 44, №17, pp. 5507-5514.
6. Walter H., Ramaley L. Analyt. chem., 1973, v. 45, №1, p. 165.

Ա.Ս.ՍԱԴՅԱՆ, Ա.Է.ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Ս.Մ.ԺԱՄՆԱՐՅԱՆ, Լ.Ռ.ՋՈՒՆՎՅԱՆ, Է.Ա.ԳՅՈՒՈՒՄՅԱՆ,  
Վ.Ի.ՏԱՐԱՐՈՎ, Ս.Կ.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Յ.Ն.ԲԵԼԻՈՎՈՎ

L-β-(N-ՄԵԹԻԼԱՄԻՆԱ)ԱԼԱՆԻՆԻ ԱՍԻՄԵՏԻԿ ՍԻՆԹԵԶԸ Ni(II) ԻՈՆԻ ՀԵՏ  
ԳԵՀԻԴՐՈՍԱԼԱՆԻՆԻ ԱՈԱԶՍՅՐԱԾ ԽԻՐԱ Լ ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

#### Ա մ փ ո փ ու մ

Իրականացվել է L-β-(N-մեթիլամինա) ալանինի ասիմետրիկ սինթեզը Ni(II) լու-  
նի խիլոպ կոմպլեքսում դեհիլոյուալանինի կրկնակի C=C կապին մեթիլամին միացնելու  
եղանակով:

Ստացված կոմպլեքսի քալքսայումից հետո անջատվել է L-β-(N-մեթիլամինա)  
ալանին ամինաթթուս քլիմիական և օպտիկական բարձր մաքրությամբ:

УДК 577.155.3

Մ.Ա. ԴԱՎՅԱՆ, Մ.Լ. ԳԵՎՈՐԿՅԱՆ

## ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РОЛИ НЕКОТОРЫХ АМИНОКИСЛОТНЫХ ОСТАТКОВ АРГИНАЗЫ

Исследована роль остатков триптофана, тирозина, гистидина, цистина и свободных SH-групп в проявлении активности аргиназы. Методами химической модификации N-бромсукцинимидом и тетраэтилометаном, а также с помощью изучения влияния ультрафиолетового облучения на растворы аргиназы показано, что остатки триптофана и тирозина не входят в состав активного центра фермента, но участвуют, по-видимому, в поддержании нативной конформации аргиназы. Свободные SH-группы и дисульфидные связи не существенны для проявления активности фермента. Результаты изучения сенсibilизированного метиленовым синим фотоокисления аргиназы, а также ее модификация диэтилпироксикарбонатом позволяют заключить, что один из остатков гистидина, по-видимому, участвует в формировании активного центра аргиназы, возможно, играя определенную роль в процессах связывания субстрата.

Аргиназа – широко распространенный в живых организмах фермент, играющий важную роль во многих процессах метаболизма. Основной функцией ее считается участие в орнитинном цикле мочевины. Однако в ряде работ была обнаружена важная роль аргиназы во многих других процессах, происходящих в организме [1-3]. Аргиназы, выделенные из многих органов и тканей различных организмов, широко исследуются [4-6]. Однако имеющиеся на сегодня данные не дают представления о механизме действия этого фермента и строении его активного центра. Антиопухолевая активность аргиназы, обнаруженная некоторыми авторами [7,8], делает ее исследование особенно актуальным.

В настоящей работе сделана попытка ближе подойти к пониманию особенностей функционирования и строения активного центра аргиназы на примере фермента, выделенного из печени крупного рогатого скота. С этой целью мы исследовали роль ряда аминокислотных остатков (триптофана, тирозина, цистина, гистидина) в проявлении активности и поддержании нативной конформации аргиназы с помощью методов химической модификации, сенсibilизированного фотоокисления и изучения влияния ультрафиолетового (УФ) облучения.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводились на препарате аргиназы печени крупного рогатого скота фирмы Reanal (Венгрия), подвергнутом дополнительной очистке методом гель-фильтрации на колонке с сефадексом G - 200, уравновешенной 0,05 М глициновым буфером (рН 9,5). Элюирование проводилось тем же буфером при 4°C. Аргиназную активность определяли методом Ратнер [9] с некоторыми изменениями. Аргиназу инкубировали с L-аргинином в течение часа в присутствии 5 мкмоль  $MnCl_2$  при 37°C при постоянном перемешивании. Образовавшаяся в ходе реакции мочевины определялась далее уреазным методом с последующим определением аммиака микродиффузионным методом Зелигсона в модификации Силаковой и согр. [10].

Измерение спектров флуоресценции (ФЛ) растворов аргиназы проводили на спектрофлуориметре MPF -2A (HITACHI) при длине волны возбуждения 297 нм.

Свободные SH-группы определяли путем спектрофотометрического титрования по методу Бойера [11].

Облучение УФ светом проводили в открытой термостатированной кювете при постоянном перемешивании растворов с помощью магнитной мешалки. Растворы аргиназы (5 мл,  $6 \cdot 10^{-6} M$ ) в 0,05M глициновом буфере (рН 9,5) облучали ртутной лампой ПРК-4 на расстоянии 4 см от основания кюветы с помощью облучателя ОКУФ -5. Модификацию растворов аргиназы N-бромсукцинимидом (БСИ) проводили при комнатной температуре (20°C) при постоянном перемешивании растворов. Измеряли оптическую плотность растворов аргиназы при 280 нм до и после реакции, интенсивность флуоресценции и остаточную активность модифицированного фермента. Число модифицированных остатков триптофана определяли по формуле, приведенной в работе [12]. Обработку аргиназы тетранитрометаном (ТНМ) проводили при рН 8 (0,05 M фосфатный буфер). К раствору белка (2,8 мл,  $4,2 \cdot 10^{-6} M$ ) добавляли 0,05 мл ТНМ, приготовленного перед употреблением на 100% этаноле. Смесь инкубировали при 20°C в течение часа, затем определяли активность и изменение оптической плотности при 428 нм, т.к. образующийся в ходе реакции 3-нитротирозин поглощает в этой области [13].

Фотоинактивация аргиназы в присутствии метиленового синего проводилась с помощью лампы накаливания (150 Вт) в термостатированной кювете при постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки. Присутствие красителя в растворе без облучения не влияло на активность аргиназы. Модификацию растворов аргиназы диэтилпиروкарбонатом проводили также при комнатной температуре в течение 30 минут. По изменению оптической плотности растворов при 240 нм определяли количество модифицированных остатков гистидина, принимая молярный коэффициент поглощения карбтоксигистидина равным  $3,2 \cdot 10^3 M^{-1} cm^{-1}$  [14].

В работе использовали препараты парахлормеркурибензоата (ПХМБ), (Chemapol), тетранитрометана (Serva), диэтилпирокарбоната (ДПК), (Fluka), дитиотрептола ( $\beta$ -меркаптоэтанола), (Calbiochem), сефадекса G - 200 (Pharmacia), L-аргинина, L-лизина (Reanal). Остальные использованные препараты - отечественного производства с марками ХЧ или ЧДА.

**Результаты и обсуждение.** При облучении растворов аргиназы УФ светом наблюдается инактивация (рис. 1). Активность аргиназы в условиях эксперимента снижается экспоненциально с увеличением времени облучения ( $K = 9,5 \cdot 10^{-5} сек^{-1}$ ). Это указывает на то, что инактивация, по-видимому, вызывается разрушением одного или нескольких однотипных аминокислотных остатков в молекуле фермента, существенных для проявления активности.

Как известно, при облучении растворов белков УФ светом происходит фотолиз остатков триптофана, цистина и в значительно меньшей степени - других ароматических аминокислот [15]. За процессом фотохимического разрушения остатков триптофана следили по изменению спектров ФЛ растворов аргиназы в ходе облучения (рис. 2). Максимум ФЛ растворов аргиназы находится в области 336 - 338 нм, что согласуется с литературными данными [16]. Из рис. 2 видно, что интенсивность ФЛ в растворах аргиназы в результате облучения снижается, а положение максимума остается неизменным. Можно полагать, что в данных условиях фотолиз подвергнутся поверхностные расположенные остатки триптофана аргиназы. Полулогарифмическая зависимость относительной интенсивности ФЛ в максимуме от времени облучения (рис. 1) имеет излом на начальном участке кривой, что характерно для многих белков [17]. Вначале, по-видимому, разрушаются более чувствительные к УФ облучению остатки триптофана, а затем лимитирующим становится более медленный процесс разрушения остатков триптофана с константой скорости  $K_{об} = 9,2 \cdot 10^{-5} сек^{-1}$ , что совпадает со значением константы инактивации фермента. Это указывает на то, что потеря активности при УФ облучении связана с фотолизом сравнительно медленно разрушающихся остатков триптофана.

Присутствие субстрата или конкурентного ингибитора L-лизина в растворе не влияет на скорость снижения интенсивности ФЛ в ходе облучения как и не отра-

жается на инактивации аргиназы в данных условиях (рис. 1). Инактивация, по-видимому, является результатом косвенного влияния, связанного либо со взаимодействием образующихся в ходе облучения активных продуктов фотолиза триптофанов с чувствительными функциональными группами белка, ответственными за проявление активности, либо с нарушением конформации активного центра аргиназы.

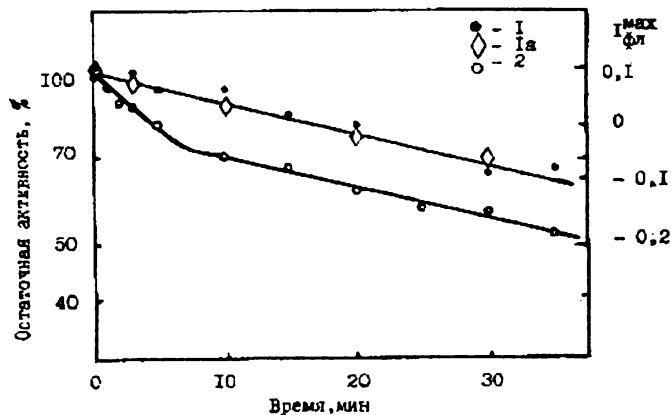


Рис. 1. Полулогарифмическая зависимость инактивации аргиназы (1) и флуоресценции остатков триптофана в максимуме (337 нм), (2) от времени облучения УФ светом (рН 9,5). Концентрация аргиназы в растворе -  $6 \cdot 10^{-4} M$ . (1а) - инактивация аргиназы в присутствии 12 мМ лизина в растворе.

Исследование остатков триптофана в аргиназе проводилось также методом химической модификации N-бромсукцинимидом [12]. Наиболее эффективно этот

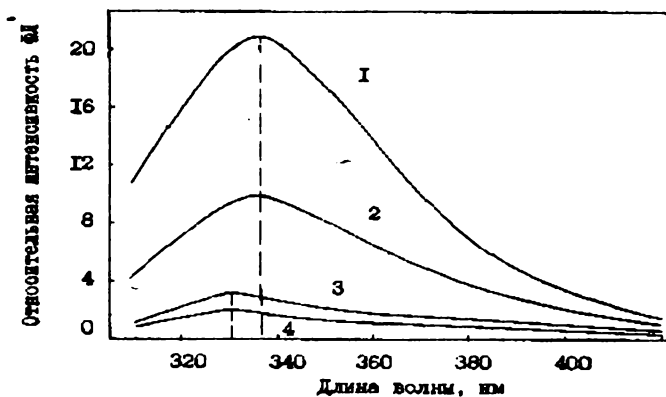


Рис. 2. Спектры флуоресценции растворов аргиназы до (1) и после (2) облучения УФ светом в течение 30 минут, а также после взаимодействия с БСИ. Концентрация БСИ в пробах:  $3 \cdot 1,25 \cdot 10^{-4} M$ ,  $4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} M$ . Длина волны возбуждения 297 нм.

реагент взаимодействует с белком в кислой среде. Однако аргиназа в этих условиях теряет нативную конформацию и активность. Наши эксперименты проводились при рН 9,5. Взаимодействие аргиназы с БСИ в этих условиях приводит к значительному снижению ферментативной активности. Определение числа модифицированных остатков триптофана, проведенное параллельно с определением остаточной актив-

ности аргиназы, показало, что модификация триптофанов происходит в первые 15 минут, что и приводит к снижению активности. Учитывая, что БСИ в используемой концентрации может взаимодействовать и с некоторыми другими функциональными группами в белках [12], следует считать, что инактивация может быть связана с модификацией нескольких типов аминокислотных остатков в аргиназе. Исследование зависимости остаточной активности аргиназы и числа модифицированных остатков от концентрации БСИ показало, что (рис. 3) при модификации примерно 3-х остатков триптофана активность снижается на 50%, а дальнейшее увеличение концентрации БСИ отражается только на активности. В результате этого взаимодействия происходит значительное снижение интенсивности триптофановой ФЛ и смещение положения максимума в коротковолновую область (рис. 2) на 6-7нм. Это свидетельствует о том, что окисляющиеся остатки триптофана являются основными центрами ФЛ аргиназы и расположены в доступных для реагента участках макромолекулы.

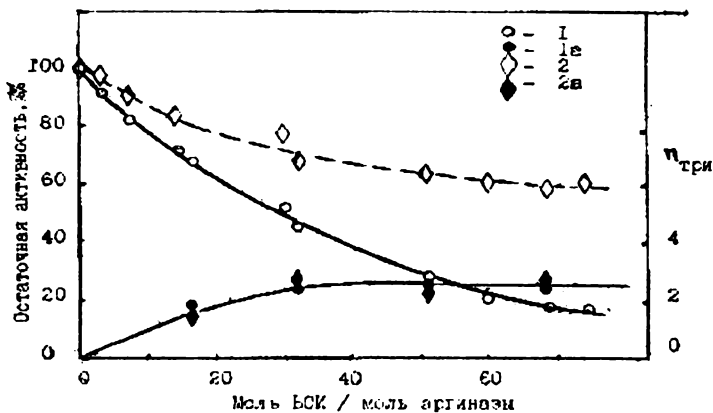


Рис. 3. Зависимость инактивации (1) и модификации остатков триптофана аргиназы (2) от концентрации N-бромсукцинимиды и влияние L-лизина на эти процессы (1а, 2а).

Учитывая, что исследуемый нами фермент содержит 10 остатков триптофана в молекуле [6], можно считать, что основная часть триптофанов слабо флуоресцирует и расположена внутри молекулы аргиназы, оставаясь недоступной для реагента. В присутствии лизина в растворе ( $2,6 \cdot 10^{-2} M$ ) число модифицированных остатков триптофана не меняется, однако наблюдается частичная защита фермента от инактивации (рис. 3). По-видимому, конкурентный ингибитор защищает от окисления другие важные для проявления активности функциональные группы, чувствительные к этому реагенту. Но даже в присутствии конкурентного ингибитора активность снижается на 30-35%. Можно предположить, что это происходит за счет модификации чувствительных к реагенту аминокислотных остатков, не входящих в состав активного центра, но участвующих в поддержании нативной конформации аргиназы.

Среди чувствительных к УФ облучению, а также к БСИ функциональных групп в белках находятся SH-группы и дисульфидные связи. С целью выявить их роль в активности фермента и возможного их вклада в процессы инактивации аргиназы при УФ облучении и взаимодействии с БСИ было проведено изучение влияния некоторых сульфгидрильных реагентов на аргиназу. Модификация SH-групп с помощью ПХМБ показала, что в исследуемом препарате аргиназы при pH 9,5 с этим реагентом взаимодействует около 3 SH-групп на молекулу фермента, а активность снижается только на 5-7%. Очевидно, доступные в данных условиях для реагента SH-группы не играют роли в проявлении активности этого фермента. Добавление дитиотрептола (ДТТ) или  $\beta$ -меркаптоэтанола (МЭ) при pH 9,5 не оказывает влияния

на активность. Отсутствие ингибирующего влияния этих соединений на активность аргиназы свидетельствует о том, что дисульфидные связи также не существенны для проявления активности этого фермента и поддержания его нативной конформации.

Модификация остатков тирозина в аргиназе с помощью тетранитрометана показала, что инактивация происходит только при использовании высоких концентраций реагента. В присутствии 70 мМ ТНМ в растворе при pH 8 в течение 30 мин активность аргиназы снижается на 50% и при этом модифицируется около 14 остатков тирозина. Учитывая, что молекула аргиназы содержит 35 остатков тирозина [6], можно заметить, что основная их часть остается во внутренних участках макромолекулы и недоступна для ТНМ. Снижение активности, по-видимому, является следствием нарушения конформации молекулы аргиназы, и остатки тирозина, очевидно, не участвуют в формировании активного центра этого фермента.

Роль остатков гистидина в проявлении активности аргиназы изучали с помощью метода сенситивизированного фотоокисления в присутствии метиленового синего. Фотоинактивация растворов аргиназы в условиях нашего эксперимента (pH 9,5) при концентрации метиленового синего  $3 \cdot 10^{-5} M$  в растворе и в течение 30 минут облучения видимым светом составляет 90%. Конкурентные ингибиторы - лизин и орнитин в одинаковой мере частично предохраняют фермент от потери активности

*Влияние некоторых аминокислот на инактивацию аргиназы при облучении видимым светом в присутствии метиленового синего ( $1,2 \cdot 10^{-5} M$ ).  
Время облучения - 30 мин. концентрация аргиназы -  $1,8 \cdot 10^{-6} M$ .*

Аминокислота, 6,3 мМ	Остаточная активность, %
-	34
L-аргинин	71
L-лизин	72
L-орнитин	70
L-пролин	52
L-цистеин	50
L-аспарагиновая кислота	31

(табл.). Пролин, который по нашим данным [18] тоже является конкурентным ингибитором этого фермента, имеет более слабый защитный эффект. Отсутствие полной защиты от инактивации в присутствии этих соединений указывает на то, что кроме функциональных групп непосредственно активного центра фотоокислению подвергаются также и аминокислотные остатки, не защищенные ингибиторами, но имеющие определенное значение для проявления активности. С ростом значений pH среды скорость инактивации возрастает. Однако характер кривой этой зависимости отличается от кривых аналогичных зависимостей, полученных для гистидина, а также некоторых ферментов, содержащих гистидин в активном центре [19,20]. В нашем случае при возрастании значений pH выше 8 инактивация также возрастает. Для более детального изучения роли остатков гистидина в аргиназе мы проводили исследование методом химической модификации ДПК. Как известно, этот реагент при pH 6 избирательно взаимодействует с остатками гистидина в белках [14]. Взаимодействие аргиназы с ДПК приводит к инактивации фермента. Однако в течение 30 мин инкубации с реагентом активность снижается только на 50%. Изучение кинетики инактивации аргиназы показало, что снижение активности происходит в основном в первые 5 минут (рис. 4), а дальнейшая инкубация слабо отражается на активности фермента. Остатки гистидина отличаются по скорости взаимодействия с ДПК. Часть из них быстро реагирует - в течение 1-2 минут. Согласно Кошланду [21], такая зависимость логарифма остаточной активности от времени инкубации с реагентом соответствует случаю, при котором молекула фермента не инактивируется полностью - происходит только снижение активности молекул аргиназы по сравне-

нию с нативными в результате модификации остатков гистидина. Зависимость инактивации от концентрации ДПК показала, что полной инактивации аргиназы в присутствии ДПК не происходит (рис. 5). Даже при использовании высоких концентраций реагента ( $1,4 \cdot 10^{-3} M$ ) активность снижается на 50%.

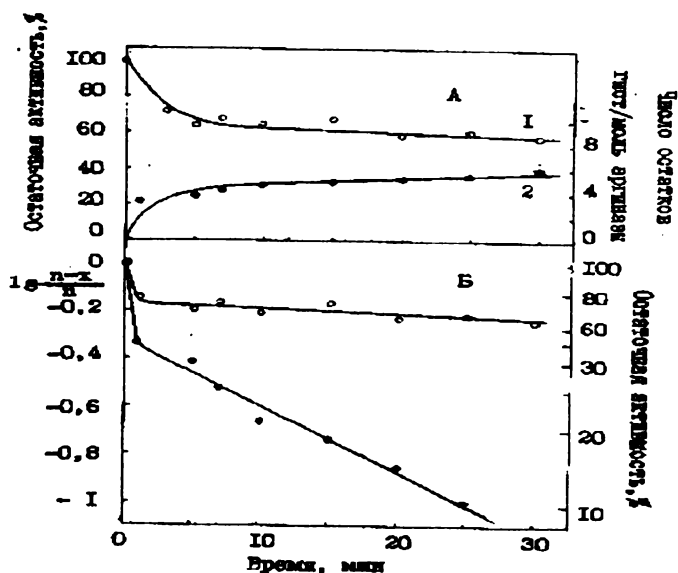


Рис.4. Кинетика инактивации (1) и модификации остатков гистидина (2) аргиназы ( $4,2 \cdot 10^{-6} M$ ) при взаимодействии с ДПК ( $1,45 \cdot 10^{-4} M$ ). Данные рис. А представлены на рис. Б в виде полулогарифмической зависимости остаточной активности и доли непрореагировавших к данному моменту времени остатков гистидина  $\frac{n-x}{n}$ , где  $n$  - максимальное число взаимодействующих с ДПК остатков гистидина, принятое равным 6;  $x$  - число остатков гистидина, модифицированных к моменту времени  $t$ .

Такие данные позволяют предположить, что непосредственно в каталитическом акте реакции эти аминокислотные остатки участия не принимают. С инактивацией, очевидно, связаны только наиболее чувствительные к реагенту остатки гистидина. На рис. 5 Б приведена зависимость между числом модифицированных остатков и остаточной активностью аргиназы. Экстраполяция начального наклона кривой к оси абсцисс показывает, что инактивация связана с образованием двух карбэтоксигистидилов. Остальные взаимодействующие с ДПК остатки гистидина, видимо, удалены от активного центра, так как их модификация не отражается на активности. Конкурентный ингибитор частично защищает фермент от инактивации, уменьшая так же число модифицирующихся остатков. При низких концентрациях ДПК, когда взаимодействуют наиболее реакционноспособные остатки, ингибитор защищает фермент от инактивации почти полностью, и при этом модифицируется около 1,3 остатка гистидина на моль фермента. В свободном ферменте в этих же условиях модифицируется около 2,2 остатка гистидина на моль аргиназы при снижении активности на 45%. По-видимому, ингибитор предохраняет один остаток гистидина от взаимодействия с реагентом. Этот остаток, очевидно, и играет роль в проявлении активности аргиназы, участвуя, возможно, в процессах связывания субстрата. Величина  $K_m$  модифицированного ДПК фермента увеличивается с 5,6 мМ до 12,5 мМ, а величина  $V_{max}$  при этом не меняется, что указывает на конкурентный характер ингибирования аргиназы диэтилпирукарбонатом.

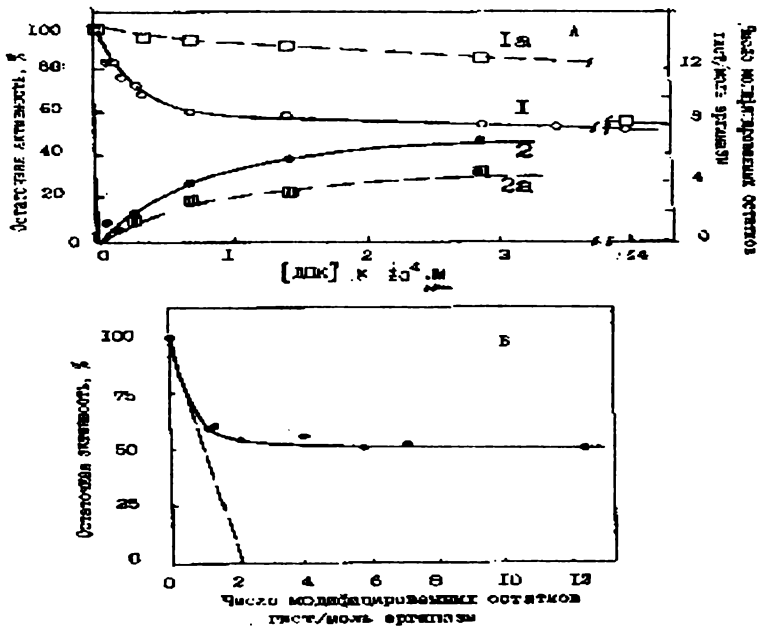


Рис. 5. А. Зависимость инактивации (1) и модификации остатков гистидина аргиназы (2) от концентрации ДПК и влияние лизина на эти процессы (1а, 2а). Б. Зависимость инактивации аргиназы от числа модифицированных остатков гистидина аргиназы.

Таким образом, остаток модифицируемый этим реагентом, принимает участие в формировании активного центра аргиназы или находится в непосредственной близости от него.

Полученные данные позволяют наметить дальнейшие пути в исследовании строения активного центра этого фермента.

Кафедра биохимии, лаборатория  
сравнительной и эволюционной биохимии

Поступила 7.10.1996

## ЛИТЕРАТУРА

1. Grazi E., Sangiorgi G., *Experientia*, 1971, v. 27, N03, p. 255.
2. Yip M.C., Knox W.E., *Biochem. J.*, 1972, v. 127, N05, 893.
3. Kaysen G.A., Strecker H.J., *Biochem. J.*, 1973, v. 133, N04, p. 779.
4. Greenberg D.M., Bagot A.E., Roholt O.A., *Arch. Biochem. Biophys.*, 1956, v. 62, N02, p. 446.
5. Dahlig E., Porembska Z., *Acta biochim. polon.*, 1977, v. 24, N03, p. 187.
6. Harrel D., Sokolovsky M., *Eur. J. Biochem.*, 1972, v. 25, N01, p. 102.
7. Storr J.M., Burton A.F., *Brit. J. Cancer.*, 1974, v. 30, N01, p. 50.
8. Scallan C., Clines M., Jijce P., *Biochem. Soc. Trans.*, 1981, v. 9, N04, p. 317.
9. Ratner S., *Methods in enzymol.*, 1955, v. 2, p. 356.
10. Силакова А.И., Труш Г.П., Являикова А., *Вопр. мед. химии*, 1962, т. 8, N05, с. 538.
11. Boyer P.D., *J. Am. Chem. Soc.*, 1954, v. 76, N017, p. 4331.
12. Spande T.F., Witcop B.W., *Methods in enzymol.*, 1967, v. 11, p. 498.
13. Sokolovsky M., Riordan J.F., Walee B.L., *Biochemistry*, 1966, v. 5, N011, p. 3582.
14. Ovadi J., Libor S., Elödi P., *Acta Biochim. Acad. Sci. Hung.*, 1968, v. 2, N04, p. 455.
15. Владимиров Ю.А., Рошупкин Д.И., Фесенко Е.Е., *Биофизика*, 1970, т. 15, N02, 254.
16. Веденкина Н.С., Бурштейн Э.А., *Молек. биол.*, 1970, т. 4, N05, 743.
17. Калабухова Т.Н., Кондакова Н.В., Эйбус Л.Х., *Молек. биол.*, 1973, т. 7, N06, 829.
18. Давтян М.А., Геноркян М.Л., *Биол. ж. Армении*, 1989, т. 42, N01, 47.
19. Кочетов Г.А. Кобылянская К.Р., *Биохимия*, 1970, т. 35, N01, 3.



20. Danson M.J., Weltzman P., David J., Biochem. J., 1973, v.135, N03, p.513.  
21. Ray W.J., Koshland D.E., J. Biol. Chem., 1961, v. 236, N07, p.1973.

Մ.Ա. ԳԱՎԹՅԱՆ, Մ.Լ. ԳՆՎՈՐԳՅԱՆ

**ԱՐԳԻՆԱՋԻ ՈՐՈՇ ԱՄԻՆԱԹԹՎԱՅԻՆ ՄՆԱՑՈՐԳՆԵՐԻ  
ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ԴԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ա մ փ ո փ ու մ**

Ուսումնասիրվել է տրիպտոֆանի, թիրոզինի, հիստիդինի, ցիստինի և ցլխտեինի դերը արգինազի ակտիվության մեջ: Քլոմիական մոլիֆիկացիայի և ուլտրամանուշակագույն ճառագայթման մեթոդների օգնությամբ ցույց է տրված, որ տրիպտոֆանի և թիրոզինի մնացորդները մասնակցում են, հավանաբար, արգինազի նատիվ կոնֆորմացիայի պահպանման գործին: Ցիստինը և ցլխտեինը դեր չեն խաղում ֆերմենտի ակտիվության մեջ:

Մենսլբիլիզացված ֆոտոօքսիդացման, ինչպես նաև դիէթիլպիրոկարբոնատով քիմիական մոդիֆիկացիայի եղանակներով ցույց է տրված, որ հիստիդինի մնացորդներից մեկը մասնակցում է արգինազի ակտիվ կենտրոնի կազմավորմանը, կարևոր դեր խաղալով, հավանաբար, սուբստրատի և ֆերմենտի կապակցման պլազեսների մեջ:

Կ Ե Ն Ս Ա Ր Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

УДК 632.931.15.595.782

Մ.Ա. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Հ.Լ. ԹԵՐԼԵՍԵՉՅԱՆ,  
Ն.Գ. ԴԱՎԹՅԱՆ, Ա.Մ. ԱՆԱՆՅԱՆ

ԲԱԿՏԵՐԻԱԼ ՊԱՏՐԱՍՏՈՒԿՆԵՐԸ ՈՐՊԵՍ ՊԱՅՔԱՐԻ  
ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՄԻՋՈՑ ԿԱՂԱՄԻ ՅԵՑԻ ԴԵՄ

Վնասատու միջատների դեմ նրանց զանգվածային բազմացման շրջանում առ այսօր կիրառվել են հիմնականում քիմիական պատրաստուկներ, որոնք չնայած օժտված են բարձր միջատասպան հատկությամբ, բայց միաժամանակ վտանգ են ներկայացնում շրջակա միջավայրի համար: Այս տեսանկյունից, այժմ մեծ ուշադրություն է դարձվում բույսերի վնասատուների դեմ բակտերիալ պատրաստուկների կիրառությունը, որոնց օգտագործումը անվտանգ է մարդու, տաքայրում կենդանիների և օգտակար էնտոմոֆաունայի համար: Ելնելով այս: ինչպես նաև բարձր միջատասպան հատկությամբ օժտված բակտերիալ պատրաստուկներ ընտրելու պահանջներից, մեր կողմից լաբորատոր և դաշտային պայմաններում փորձարկվել են դենդրոբացիլին (չոր փոշի, տիտրոլ 100 մլրդ սպոր/գ), գոմելին (քրջվող փոշի, տիտրոլ 90 մլրդ սպոր/գ) և լեպտոդոլ (լուսագված, տիտրոլ 100 մլրդ սպոր/գ) բակտերիալ պատրաստուկները տեղեակներ վնասատուներից կաղամբի ցեցի (*Plutella maculipennis* Curt) դեմ:

Լաբորատոր պայմաններում կաղամբի ցեցի թրթուրների դեմ փորձարկվել են վերախիչյալ պատրաստուկների 0,05; 0,1; 0,15 և 0,2%-ոց ջրային կախույթները: Յուրաքանչյուր տարբերակ ունեցել է 5 կրկնություն, որից ամեն մեկը ընդգրկել է 10-ական թրթուր: Վարակումից 1, 3, և 5 օր անց կատարվել է կենդանի և մահացած թրթուրների հաշվարկ:

Միջատասպան ակտիվությունը որոշվել է մեթոդական ձեռնարկով [1]:

Հետազոտության արդյունքներից պարզվել է, որ ամենաբարձր արդյունավետությունը լաբորատոր պայմաններում դրսևորել են բակտերիալ պատրաստուկների 0,15 և 0,2%-ոց ջրային կախույթները, որոնց ազդեցությունից վնասատուի մահացությունը սրսկումից 5 օր անց տատանվել է 96-98%-ի շահմաններում: Նույն ժամանակահատվածում պատրաստուկների 0,05 և 0,1%-ոց խտությունների ազդեցությունից կաղամբի ցեցի մահացությունը կազմել է մինչև 60%: Ստյոդենտի t-գործակցի օգնությամբ պարզվել է, որ  $n=5$  և  $P_{0,95}$  դեպքում բակտերիալ պատրաստուկների 0,15 և 0,2%-ոց ջրային կախույթների միջատասպան ակտիվությունների միջև չկան էական տարբերություններ, քանի որ տարբերակների հաշվարկային t-գործակիցները (t դենդրոբացիլին=1,96, t գոմելին =2,33, t լեպտոդոլ =2,04) փոքր են եղել Ստյոդենտի ադյուսակային գործակցից, չորս հավասար է 2,57: Ուստի դաշտային պայմաններում կաղամբի ցեցի թրթուրների դեմ սրսկումները կատարվել են պատրաստուկների համեմատաբար ցածր ծախսի նորմայով, այն 0,15%-ոց ջրային կախույթով:

Դաշտային պայմաններում կաղամբի ցեցի երկրորդ սերնդի I-II հասակի թրթուրների դեմ սրսկումները կատարվել են հուլիսի 26-ին (1989թ.) Հրազդանի շրջանի Լեռնանիստի տնտեսությունում: Գոմելինի, լեպտոդոլի և դենդրոբացիլինի վերախիչյալ

փորձանմուշային տարբերակներից յուրաքանչյուր փորձարկվել է առանձին 1.5 կա-  
խ վրա:

Որպես չափանմուշներ (Լուարն) հանդես են եկել դեմոյորացիլինի քրջվող փաշին  
(ք.փ.) (տխտր 60 մրդ սպր. գ) և գլմրուշի (10%-ոց) Լմոյսին կոնցենտրատը (Լ.կ.).  
որոնք համապատասխանաբար ընդգրկել են 0.5 և 3.5 կա: Որպես ստուգիչ հանդես է  
եկել վնասատուով վարակված, բայց չարակված աղամուսը (0.05 կա):

Բակտերիալ պատրաստուկների ծախսի նորմաները առանձին փորձանմուշային  
տարբերակներում կազմել է 1կգ կա. այդ գոցանիչը չափանմուշային տարբերակ  
դեմոյորացիլինի և գլմրուշի համար եղել է համապատասխանաբար 1.5կգ/հա և  
300մգ/հա: Կաղամբի գեցի նախնական հաշվարկ կատարելուց հետո վնասատուով  
վարակված կաղամբի գունդերը սրակվել են պատրաստուկների ջրային կախույքով:  
Սրակումները կատարվել են առափայտ ժամերին Օս(S-1 մակնիշի տրակտորային  
սրակիչով: Աշխատանքային հեղուկի ծախսի նորման կազմել է 600 լ/հա: Հաշվառում-  
ները կատարվել են անկյունագծով. հեկտարում 100 բույսի վրա: Կաղամբի յուրա-  
քանչյուր նոր կազմավորվող գլխում հաշվարկել է կենդանի և մահացած բրդուրների  
թիվը: Հաշվառումները կատարվել են սրակումից 3 և 6 օր հետո:

Սրակման և հաշվառման օրերին աղամուսներ չեն գրանցվել:

Ա Ղ Լ Ո Ւ Ս Ա Կ 1

Պատրաստուկների փորձարկման արդյունքները կաղամբի գեցի I-II հասակի բրդուրների դե-  
ռեմեմբլում. 1989թ.)

Փորձարկվող պատրաստուկները	Պատրաստուկի ծախսի տրամադրություն	Հաշվառման օրերը	Վնասակազմում գրանցվածքը				
			Գոցանի- նիչի քանակ- ը կաղամ- բում մի քանի- սմ քանակը	բուսակազմ- վելու ընթացք	վնասվածքի տեսակները և քանակը	միջին միասը	փորձի միասը %
			$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$	$F = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100$	$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$I^2 = \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \cdot 100$
դեմոյորացիլին (ք.փ. տխր 100 մրդ սպր. գ. փորձանմուշ)	1 կգ կա	3	66.0	35.57	42.00	2.852	4.3
		6	93.8	38.08	37.00	3.508	3.7
գոծկին (ք.փ.) տխր 90 մրդ սպր. գ. փոր- ձանմուշ	1 կգ կա	3	66.0	27.08	38.00	2.508	3.8
		6	92.0	27.37	46.00	4.237	4.6
վեգիտոլի (խտագիտ.) տխր 100 մրդ սպր. գ. փոր- ձանմուշ)	1 կգ կա	3	1.0	31.05	42.00	3.108	4.3
		6	93.6	52.42	56.00	6.242	5.6
դեմոյորացիլին ք.փ. տխր 60 մրդ սպր. գ. սա- փանմուշ)	1.5 կգ կա	3	77.0	38.83	32.00	4.853	5.3
		6	89.6	39.76	44.00	3.916	4.4
գոծկալ (25% ) 1 մոլդախի կոն- ցենտրատ. չա- փանմուշ)	0.5 կգ կա	3	66.0	27.95	34.00	4.890	5.1
		6	93.0	38.76	60.00	5.820	6.0

Նախնական հաշվառման արդյունքներից պարզվել է, որ կադամբի ցանքերի վա-  
րակվածությունը վնասատուով կազմել է 74.1%, որից 17%-ից ավելին բնակեցված են  
եղել կադամբի ցեցի 2-3 բրբուրներով: Այդ ցանքատարածություններում էլ կատարվել  
են սրսկումներ [2]:

Պատրաստուկների արդյունավետությունը հաշվառվել է Ֆրանցի բանաձևով [3]:

Վիճակագրական մշակման արդյունքների կատարվել են ըստ Ի.Պ. Աշմարյանի և  
Ա.Ա. Վարբյուկի [4]:

Փորձարկման արդյունքների գետեղված են աղ. 1-ում:

Ինչպես երևում է աղյուսակ 1-ի արդյունքներից, դենդրաբացիլինի գոմելինի և լե-  
պլիոցիլի փորձանմուշային տարբերակների կադամբի ցեցի բրբուրների դեմ ցուցա-  
բերել են բարձր արդյունավետություն և նշված հատկանիշով չեն զիջել չափանմուշա-  
յին տարբերակ դենդրաբացիլինի բրբուր փոշուն (տիտր 60մլ/լ սպոր/գ): Այսպես, եթե  
դենդրաբացիլինի (չ.փ.) գոմելինի և լեպլիոցիլի տարբերակներում հաշվառման 6-րդ  
օրը արդյունավետությունը համապատասխանաբար կազմել է 94,8; 92,1 և 93,6%, ա-  
պա չափանմուշային դենդրաբացիլին (թ.փ.) տարբերակում նշված ցուցանիշը հաշ-  
վառման նույն ժամկետում կազմել է 89,0%, ցիմբուշի տարբերակում այն եղել է 97,0%:  
Փորձարկման արդյունքներից հետևում է, որ կադամբի ցեցի դեմ պայքարի աշխա-  
տանքներում դենդրաբացիլինը (չ.փ.) գոմելինը և լեպլիոցիլը լիովին կարող են փո-  
խարինել դենդրաբացիլինի բրբուր փոշուն: Բերքահավաքի ժամանակ ապրանքային  
կադամբում որոշվել է նաև պատրաստուկների մնացորդային քանակությունները:

Բյուրեղառաջացնող մանրէների քանակությունը որոշվել է Վ. Ի. Մուրգայի կադ-  
մից առաջարկված մեթոդով [5]: Յլմբուշի մնացորդային քանակության հայտնաբե-  
րումը իրագործվել է ԲՊԻ կենսաքիմիայի լաբորատորիայում:

Հետազոտության արդյունքներից պարզվել է, որ սրսկումից 40 օր անց գոմելինի,  
դենդրաբացիլինի և լեպլիոցիլի էնտոմոպարոզեն մանրէների քանակությունը  
սրսկման առաջին օրվա համեմատ նվազել է համապատասխանաբար 83,7; 81,5 և  
82,7% և կազմել 60,0; 70,4 և 68,8 հազար 1գ կադամբում (աղ. 2):

Պարզաբանվել է նաև, որ սրսկումից 2,5 ամիս անց ապրանքային կադամբում չի  
նկատվել ցիմբուշի նույնիսկ աննշան քանակություն:

Աղյուսակ 2

Բյուրեղառաջացնող մանրէների մնացորդային քանակությունը կադամբում բակտերիալ  
պատրաստուկներով սրսկելուց հետո

Փորձարկվող պատրաստուկ- ները	Վիճակագրական ցուցանիշներ				
	բյուրեղառա- ջացնող ման- րէների միջին քանակությու- նը, հազ/գ	քանակության շեղումը	փոփոխա- կանության գործակիցը, %	միջին սխալը	փորձի սխա- լը, %
	$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100$	$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$P = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{X}} \cdot 100$
դենդրաբացի- լին (չ.փ.)*	70,4	16,876	23,97	7,547	10,73
գոմելին (թ.փ.)*	60,0	20,736	34,56	9,274	15,46
լեպլիոցիլ (խտաց.)	68,8	13,535	3,40	3,053	8,80
դենդրաբացի- լին (չ.փ.)**	380,0	82,037	21,59	36,680	9,66
գոմելին (թ.փ.)**	368,2	104,400	28,36	46,691	12,68
լեպլիոցիլ (խտաց.)	397,6	92,070	23,16	41,176	10,36

\* - Բերքահավաքի ժամանակ, \*\* - սրսկման օրը:

Այսպիսով պարզվել է, որ կենսապատրաստկներ դենդրաբացիլինը, գոմելինը և լեպտոցիլը լաբորատոր և դաշտային պայմաններում ցուցաբերում են 92,1-98% ալյալունավետություն:

Սրսկումից 40 օր անց էնտոմոպարիզեն մանրէների քանակությունը ապրանքային կադամբում նվազում է 81,5-83,7%:

ՀՀ ԲՊԻ, ԵՊՀ:

Ստացվել է 24.07.1996

#### Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Методики испытаний биопрепаратов. М.: 1965, 28с.
2. Экономические пороги вредоносности главнейших вредных видов насекомых и клещей. М: 1986, 23с.
3. Методические указания по испытанию биопрепаратов для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. М.: 1973, с. 8.
4. Ашмарин И.П., Воробьев А.А. Статистические методы в микробиологических исследованиях. Л.: 1962.
5. Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среды. М.: 1979, часть IX, с. 261-266.

М.А. САРКИСЯН, Г.Л. ТЕРЛЕМЕЗЯН, Н.Г. ДАВТЯН, А.М. АНАНЯН

### **БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПРЕПАРАТЫ КАК СРЕДСТВО ПРОДУКТИВНОЙ БОРЬБЫ ПРОТИВ КАПУСТНОЙ МОЛИ**

#### **Резюме**

Приводятся данные по энтомоцидному действию бактериальных препаратов, испытанных в лабораторных и полевых условиях.

Исследования выявили высокую энтомоцидную активность бактериальных препаратов по отношению к гусеницам капустной моли. Через 40 дней после опрыскивания количество кристаллообразующих бактерий в капусте снизилось на 81,5-83,7%.

УДК 582.28:634.956.2

Ս.Մ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Ն.Գ. ԳԱՐԻԲՅԱՆ

## МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ МИКОБИОТЫ ПАРКА ЦИЦЕРНАКАБЕРДА г. ЕРЕВАНА

### 1. Макромицеты

В статье приводятся сведения о видовом составе макроскопических грибов, обнаруженных в парке Цицернакаберда. Всего выявлено 29 видов, 25 из которых относятся к подотделу Basidiomycotina, 4 - к подотделу Ascomycotina царства грибов. Отмечены патогенные виды, вызывающие различные типы гнилей древесных пород, проведен анализ трофических групп.

В вопросе сохранения чистоты окружающей среды огромную роль играют природная растительность и зеленые насаждения, которые в борьбе с загрязненным биосферой являются важнейшими помощниками человека. В связи с этим усилия ученых и практических деятелей направлены на охрану природных богатств от воздействия неблагоприятных факторов и на расширение зеленого строительства - создания парков, ботанических садов и дендропарков как с использованием аборигенных древесных, кустарниковых и травянистых растений, так и введением в культуру перспективных иноземных видов. Большое значение имеет также изучение природных комплексов в условиях массового использования территорий естественных ландшафтов и парков для отдыха.

Одним из важных факторов, отрицательно влияющих на жизнедеятельность растений как в природных, так и в искусственных фитоценозах, являются грибные заболевания. Поэтому необходимо знать видовой состав возбудителей этих болезней, определить их вредоносность и организовать защиту растений от грибных патогенов. Не меньший интерес представляет исследование и сапротрофных грибов, играющих важную роль в деструкции мертвых органических материалов и круговороте веществ в природе.

Изучением видового состава грибов парков г. Еревана занимались Дж. Г. Мелик-Хачатрян и М.Г. Таслахчян [1]. В восьми исследованных парках авторами обнаружено 99 видов грибов, из них 79 микромицетов и 20 макромицетов. Микобиота парка Цицернакаберда не была изучена.

Парк был создан в 50-ые годы на берегу реки Раздан. Он находится на высоте 1060 м над уровнем моря и охватывает частично орошаемую территорию более чем в 100 га. В настоящее время парк представляет собой достаточно хорошо развитый лесной массив. Из древесных пород здесь произрастают дуб, ясень, тополь, клен, осина, вяз, сосна, а также плодовые деревья - шелковица, абрикос, яблоня, груша, миндаль и др. Среди кустарников преобладают шиповник, барбарис, боярышник. Травяной ярус характеризуется наличием агрессивных и рудеральных видов - осот огородный, подорожник большой, щавель туполистный, мятлик однолетний, крапива двудомная, а также виды клевера, злаков, сложноцветных, крестоцветных и др.

Довольно хорошо развит и мохово-пшайниковый ярус. Исследуемую территорию можно рассматривать как искусственный фитоценоз, в котором однако произошла постепенная конвергенция с естественными лесами, поскольку человек ограничивался лишь санитарными рубками или рубками ухода, в результате чего здесь стали играть большую роль борьба за существование и естественный отбор.

Материалом для данной работы послужили собственные сборы плодовых тел макромицетов и наблюдения за период с 1982 по 1996гг. Таксономическая принадлежность грибов определялась с помощью ряда монографий и определителей [2-13].

В результате многолетних исследований в парке Цицернакаберда г. Еревана нами выявлено 29 видов макроскопических грибов, относящихся к подотделам Ascomycotina (4 вида) и Basidiomycotina (25 видов). Как показывают данные таблицы, сумчатые грибы (4 вида) относятся к классу Discomycetes поp. Pezizales, семействам Morchellaceae и Sarcosomataceae.

*Количественное распределение макромицетов парка Цицернакаберда по таксонам*

Подотдел, класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	
Ascomycotina Discomycetes	Pezizales	Morchellaceae	Morchella	M. conica	
			Verpa	V. conica V. bohemica	
Basidiomycotina Hymenomyces	Agaricales (s.l)	Sarcosomataceae	Sarcosoma	S. globosum	
		Agaricaceae	Agaricus	Ag. bisporus Ag. silvaticus Ag. xanthodermus	
			Leucogarius	L. <del>truncatus</del>	
		Bolbitiaceae	Agrocybe	A. praecox A. cylindraceae	
			Boletaceae	Suillus	S. luteus
		Coprinaceae		Coprinus	C. comatus C. micaceus C. atramentarius C. cinereus
			Pleurotaceae	Psathyrella	Psathyrella
		Pleurotus			P. ostreatus
		Schizophyllum		Schizophyllum	Sch. commune
				Pholiota	Ph. adiposa Ph. destruens Ph. flammans
		Tricholomataceae	Tricholoma	T. terreum	
			Lepista	L. personata	
Aphylophorales (s.l)	Clavariaceae	Flammulina	F. velutipes		
		Ramaria	R. flava		
		Polyporaceae	Polyporus	P. squamosus P. anisoporus (arcularius)	
			Fomes	F. fomentarius	
		2/2	3	11	18

Из базидиальных макромицетов наибольшим разнообразием отличается порядок Agaricales, охватывающий 21 вид из 12 родов и 7 семейств. Среди них род Coprinus насчитывает 4 вида, Agaricus и Pholiota - по 3 вида каждый, остальные роды включают 1-2 вида. Афиллофоральные грибы представлены родами Polyporus (2 вида), Ramaria (1 вид) и Fomes (1 вид).

В соответствии с трофическими и топическими связями все 29 обнаруженных видов макромицетов можно подразделить на 2 био-экологические группы биотрофов и сапротрофов. К биотрофам мы причисляем патогенные деревообразующие виды - ксилотрофы, обитающие на живых древесных породах и вызывающие различные типы гнилей. Это в первую очередь виды *Pholiota adiposa* и *Pholiota destruens*, поражающие древесину лиственных, реже хвойных пород и образующие темно-коричневую центральную гниль в частности тополя, приводящую к образованию дупла в древесине. Довольно широко распространенные в парке виды *Fomes fomentarius* и *Polyporus squamosus* вызывают белую гниль вяза, ясеня, тополя и дуба. На стволах ослабленных и сухих деревьев развиваются *Pleurotus ostreatus* и *Flammulina velutipes*, которые образуют светло-желтую центральную гниль древесины лиственных пород.

К биотрофам следует причислить также представителя трофической группы симбиотрофов *Suillus luteus*, образующего микоризу с сосной.

Из сапротрофных ксилотрофов, обитающих на мертвой древесине в парке, обитают *Schizophyllum commune*, виды *Pholiota*, *Ramaria flava* и некоторые другие.

Представителями трофической группы подстилочных сапротрофов являются виды родов *Coprinus*, *Psathyrella*, *Agrocybe*.

Гумусовые сапротрофы, обитающие на почве, - это виды родов *Agaricus*, *Tricholoma*, *Lepista*, отдельные виды *Coprinus* и др. *Sarcosoma globosum* относится к трофической группе ксилотрофов, обитающих на песке или песчаной почве.

Среди обнаруженных видов имеются ядовитые и съедобные грибы. Из ядовитых это *Agaricus xanthodermus*. Съедобными являются виды шампиньона - *Agaricus bisporus*, *Ag. silvaticus*, навозник лохматый - *Coprinus comatus*, масленок обыкновенный - *Suillus luteus*, зимний гриб - *Flammulina velutipes*, *Lepista personata* и некоторые виды рядовок (*Tricholoma*).

Как показали сезонные наблюдения, наиболее разнообразный видовой состав отмечается весной (апрель - май) и осенью (октябрь - ноябрь). Весной хорошо плодоносят представители сумчатых грибов - сморчки, шапочки. Зимний гриб *Flammulina velutipes*, который считается хорошим съедобным видом, встречается здесь особенно часто, и при мягкой зиме (1995г.) мы наблюдали плодообразование этого вида круглый год. В июле - августе частота встречаемости видов резко снижается, а осенью, в период дождей, наблюдается возобновление плодообразования.

Физико-географические условия исследуемой территории вполне благоприятны для развития грибов, что указывает на возможность дальнейшего пополнения представленных в таблице видов.

Кафедра ботаники

Поступила 2.09. 1996

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мелик-Хачатрян Дж. Г., Таслахчян М.Г., Обзор микофлоры парков г.Еревана, - Уч. записки ЕГУ, 1976, №3, с 117-126.
2. Васильева Л.Н. Агариковые шляпочные грибы Приморского края. Л.: Наука, 1973.
3. Мелик-Хачатрян Дж. Г. Микофлора Армянской ССР. Агариковые грибы. Изд-во ЕГУ. 1980, т. 5.
4. Мелик-Хачатрян Дж. Г., Мартиросян С., Микофлора Армянской ССР. Гастеромицеты и афиллофоровые грибы. Из-во ЕГУ, 1971, т.2.
5. Самгина Д.И. Флора споровых растений Казахстана, Агариковые грибы, Алма-Ата, 1985, т. 13, кн.2.
6. Серова М.Я. Атлас грибов Украины. Киев: Наукова Думка, 1974.
7. Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы. Киев: Наукова думка, 1987.
8. Визначник грибов Украины. Аскомицеты. Киев: Наукова Думка, 1969, т. 2.
9. Andreas Bresinsky, Helmut Besl. A colour Atlas of poisonous fungi. London, 1990.
10. Roger Phillips. Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe, 1981.
11. Смицкая М.Ф. Флора грибов Украины. Оперкулярные дискомицеты. Киев: Наукова Думка, 1980.
12. Визначник грибов Украины. Базидиомицеты. -Киев: Наукова думка, 1979, т. 5, кн.2.
13. Булах Е.М., Вассер С.П. Низшие растения, грибы и мохообразные советского Дальнего Востока. Базидиомицеты. Л: Наука, 1990, т. 1.



14. Черемиснов Н.А., Негруцкий С.Ф. Грибы и грибные болезни деревьев и кустарников. М.: Лесная промышленность, 1970.
15. Любарский Л.В., Васильева Л.Н. Деревообразующие грибы Дальнего Востока, Новосибирск: Наука, 1975, с. 128-148.
16. Ohkuma T., Tanaka S., Tkekawa T. Augmentation of host's immunity by combined: cryodestruction of sarcoma - 180 and administration of protein-bound polysaccharide E A 6, isolated from *Flammulina velutipes* (Curt ex Fr.) sing. in ICR mice. - *J. Pharm. Dynamics*, 1983, v.6, N02, p. 88-95.
17. Bobek P., Ginter E., Jurcovicova M., Kuniak I.. Cholesterol - lowering effect of the mushroom *Pleurotus ostreatus* in hereditary hypercholesterolemic rats. - *Ann. Nutr. Metabolism*, 1991, v.35., N04, p. 191-195.
18. Kawai G., Ikeda J., Structure of biologically active and inactive cerebrasides prepared from *Schizophyllum commune*. - *J. Lipid Research*, 1985, v. 26, N03, p. 338-343.

Ս. Մ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Ն. Գ. ՂԱՐԻԲՅԱՆ

## ՆՅՈՒԹԵՐ ԵՐԵՎԱՆԻ ԾԻԾԵՆՆԱԿԱԲԵՐԴԻ ԱՅԳՈՒ ՄԻԿՈԲԻՈՏԱՅԻ ՈՒՍՈՒՆԱՍԻՐՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

### 1. ՄԱԿՐՈՍԻՅԵՏՆԵՐ

#### Ա մ փ ո փ ո մ

Հողվածում տրվում են տվյալներ Նյմեոնակաբերդի այգում հայտնաբերված մակրոսկոպիկ սնկերի տեսակային կազմի մասին: Ընդամենը հայտնաբերված է 29 տեսակ, որոնցից 25-ը պատկանում են սկների թագավորության *Bazidiomycotina*, իսկ 4-ը՝ *Ascomycotina* ենթաբաժիններին: Նշված են որոշ պաթոգեն տեսակներ, որոնք առաջացնում են ծառատեսակների տարբեր տիպի փտումներ: Կատարված է նշված տեսակների ըստ տրոֆիկական խմբերի անալիզը:

*Կենսաբանություն*

УДК 595.7+591.9

Ա.Ս. ՀԱՄԱԸՐՉՈՒՄՅԱՆ

ՍԱՐՄԱՐԻԿ ԳԵՏԻ ՀՈՎՏԻ ՄԵՂՈՒՆԵՐԻ ՖԱՄԻՆԱՆ

1. Ընտ. Megachilidae, Anthophoridae, Apidae

Մեղուների հետազոտությունը ունի զիտագործնական մեծ նշանակություն. քանի որ նրանք ծածկասերմ բույսերի անփոխարինելի փոշոտիչներ են: Սակայն Հայաստանում մեղուների ֆաունան թերի է ուսումնասիրված: Կարելի է հիշատակել միայն մի քանի աշխատանքներ [1-8], որտեղ մասամբ ներկայացված է մեր հանրապետության ֆաունան: Այդ բացը լրացնելու համար 1994-1996 թթ. ուսումնասիրել ենք Հայաստանի մի քանի շրջանների ֆաունան: Հետաքրքրություն ներկայացնող գոտիներից մեկը Մարմարիկ գետի հովիտն է՝ լանդշաֆտի ու կենսաավայրի բազմազանությամբ, որն էլ ազատվում է ֆաունայի հարստությունը:

Ներկայացվող ցուցակը ընդգրկում է 63 տեսակներ, որոնք պատկանում են 20 սեռի: Յուրաքանչյուր տեսակի համար տրվում է տարածվածությունը Հայաստանում, լանդշաֆտային-ստացիոն տեղաբաշխումը, թռիչքի ժամկետները, իսկ որոշ տեսակների համար՝ կերաբույսերը:

Հայաստանի համար նոր տեսակները նշված են մեկ աստղանիշով (\*), իսկ Կովկասի համար նոր տեսակները՝ երկու (\*\*):

Ընտանիք Megachilidae

1. *Lithurgys fuscipennis* Lep.

Կոտայքի, Վայքի և Երևանի մարզեր: Հանդիպում է կիսաանապատային և տափաստանային գոտիների մշակովի տարածքներում ու գետերի հովիտներում: Հուլիս - օգոստոս:

2. *Trachusa bissina* Pz.

Կոտայքի մարզ: Գտնվել է լեռնատափաստանային մարգագետիններում, անտառային բացատներում, այգիներում: Հունիս-օգոստոս: *Lotus caucasicus*:

3. *Anthidium cingulatum* Latr.

Կոտայքի և Արմավիրի մարզեր, Խոսրովի արգելանոց: Տարածված է տափաստանային մարգագետիններում, այգիներում և քերոֆիտ մոսր անտառներում: Հունիս-օգոստոս: *Vicia sativa*:

4. *Chelostoma maxillosum* L.

Կոտայքի մարզ: Հանդիպում է տափաստանային մարգագետիններում և անտառային բացատներում: Հունիս-հուլիս: *Ranunculus* sp.:

5. *Ch. proximum* Schlett.

Կոտայքի և Երևանի մարզեր, Խոսրովի արգելանոց: Տարածված է կիսաանապատային գետերի հովիտներում, տափաստանային մարգագետիններում և անտառային բացատներում: Հունիս-հուլիս:

6. *Heriades truncorum* L.

Կոտայքի, Արագածոտնի և Երևանի մարզեր, Խոսրովի արգելանոց: Գտնվել է կիսաանապատային մարգագետիններում, տափաստանային այգիներում, ճանապարհների եզրերին և անտառների բացատներում: Մայիս-օգոստոս: *Senecio vernalis*: 7. *Hoplitis adunca* Pz.

Կոտայքի և Արագածոտնի մարզեր: Հանդիպում է անտառային բացատներում և տափաստանային գետերի հովիտներում: Հունիս-հուլիս: *Echium vulgare*: 8. *Osmia emarginata* Lep.

Կոտայքի և Արագածոտնի մարզեր: Հանդիպում է լեռնատափաստանային գետերի առափնյա մարգագետիններում և կաղնուտի բացատներում: Հունիս: 9. *O. ruf* L.

Կոտայքի մարզ և Խոսրովի արգելանոց: Տարածված է լեռնատափաստանային գետերի հովիտներում, այգիներում և լեռնային քարոփխտ նոսր անտառներում: Մայիս-հունիս: *Ranunculus arvensis*: 10. *Chalicodoma parietinum nestoreum* Brulle'

Կոտայքի, Արարատի, Արագածոտնի, Սյունիքի և Երևանի մարզեր, Խոսրովի արգելանոց: Գտնվել է կիսաանապատային և տափաստանային մարգագետիններում, ճանապարհներին, բլուրների քարոփխտ լանջերին, ժայռերին, բփռտներում և անտառային բացատներում: Մայիս-հուլիս: 11. *Ch. pyrenaicum* Lep.

Կոտայքի մարզ և Խոսրովի արգելանոց: Հանդիպում է տափաստանային բլուրների լանջերին: Մայիս-հուլիս: 12. *Megachile circumincta* Kby.

Կոտայքի մարզ և Խոսրովի արգելանոց: Տարածված է տափաստանային մարգագետիններում, գետերի հովիտներում և լեռնային անտառների բացատներում: Հունիս-հուլիս: *Vicia villosa*: 13. *M. nigriventris* Scherck

Կոտայքի մարզ: Գտնվել է լեռնասնտառային բացատներում: Հունիս: 14. *M. octosignata* Nyl.

Կոտայքի մարզ: Հանդիպում է լեռնասնտառային գետերի առափնյա մարգագետիններում: Սեպտեմբեր-հոկտեմբեր: 15. *M. versicolor* Smith

Կոտայքի մարզ: Հանդիպում է լեռնասնտառային գետերի առափնյա մարգագետիններում: Հուլիս: *Salvia nemorosa*:

Ընտանիք Anthophoridae

16. *Tetralonia dufourii* Per.  
Կոտայքի, Արագածոտնի և Արմավիրի մարզեր: Գտնվել է այգիներում: Հունիս-հուլիս: 17. *Eucera clypeata* Erichson

Կոտայքի, Արագածոտնի և Արմավիրի մարզեր, Խոսրովի արգելանոց: Տարածված է լեռնասնտառային բացատներում և կիսաանապատային մարգագետիններում: Մայիս-հուլիս: *Vicia sativa*: 18. *Eucera longicornis* L.

Կոտայքի, Արագածոտնի մարզեր: Խոսրովի արգելանոց: Գտնվել է լեռնատափաստանային մարգագետիններում և լեռնասնտառային բացատներում: Մայիս-հունիս: *Vicia sativa*, *Trifolium pratense*: 19. *E. nigrilabris* Lep.

Կոտայքի մարզ: Հանդիպում է լեռնատափաստանային մարգագետիններում: Հունիս: 20. *E. nitidiventris* Moes.

Կոտայքի և Արագածոտնի մարզեր: Տարածված է լեռնատափաստանային և ենթալպյան մարգագետիններում, լեռնային անտառների բացատներում: Մայիս-հունիս: *Lotus* sp.:

21. *E. Tuberculata* F.:

Կոտայքի մարզ և Խոսրովի արգելանոց: Հանդիպում է լեռնատափաստանային գետերի առափնյա հովտակտրներում: Հունիս:

22. *Hapropoda zonatula* Smith

Կոտայքի մարզ և Խոսրովի արգելանոց: Գտնվել է տափաստանային մարգագետիններում և գետերի հովտներում: հունիս: *Salvia nemorosa*:

23. *Clisodon furcatus* Pz.:

Կոտայքի Արագածոտնի և Երևանի մարզեր: Տարածված է կիսաանապատային և անապատային գետերի հովտներում, քիտտներում, այգիներում և անտառային բացատներում: Հունիս-սեպտեմբեր: *Echium vulgare*:

24. *Amegilla albigena* Lep.

Կոտայքի, Արարատի, Արմավիրի և Վայոց ձորի մարզեր: Հանդիպում է կիսաանապատային և տափաստանային գետերի հովտներում, այգիներում: Հունիս-սեպտեմբեր: *Trifolium repens*:

25. *Anthophora aestivalis* Pz.

Կոտայքի մարզ և Խոսրովի արգելանոց: Հանդիպում է լեռնային անտառների բացատներում, լեռնատափաստանային մարգագետիններում և գետերի առափնյա հատվածներում: Մայիս-հուլիս: *Inula britannica*, *Trifolium* sp.:

26. *A. parietina* F.:

Կոտայքի մարզ և Խոսրովի արգելանոց: Գտնվել տափաստանային մարգագետիններում, ճանապարհներին և լեռնային անտառների բացատներում: Մայիս-հունիս: *Ononis arvensis*:

27. *A. radoszkowskii* Fedt.

Կոտայքի, Արարատի, Արմավիրի, Գեղարքունիի և Վայոց ձորի մարզեր: Հանդիպում է կիսաանապատային և տափաստանային քերտֆիտ բյուրների լանջերին: Հունիս-օգոստոս:

28. *Eupavlovsikia funeraria* Smith

Կոտայքի և Վայոց ձորի մարզեր: Գտնվել է տափաստանային մարգագետիններում, ճանապարհների եզրերին և գետերի հովտներում: Հունիս-հուլիս:

29. *Xylocopa valga* Gerst.

Կոտայքի, Արարատի, Արմավիրի, Տավուշի, Սյունիքի և Երևանի մարզեր, Խոսրովի արգելանոց: Հանդիպում է կիսաանապատային և տափաստանային մարգագետիններում, ճանապարհների եզրերին, այգիներում, անտառային բացատներում և քերտֆիտ նոսր անտառներում: Մայիս-օգոստոս:

### Ընտանիք Apidae

30. *Bombus agrorum* F.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Արարատի, Երևանի և Տավուշի մարզեր: Տարածված է անտառներում և այգիներում: Մայիս-սեպտեմբեր: *Vicia vilosa*, *Trifolium officinale*:

31. *B. alboluteus* Pall.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Գեղարքունիի և Տավուշի մարզեր: Գտնվել է լեռնատափաստանային և ենթալպյան մարգագետիններում: Մայիս-օգոստոս:

32. *B. albopauperatus* Skor.

Կոտայքի և Տավուշի մարզեր: Տարածված է լեռնային անտառների բացատներում և ենթալպյան մարգագետիններում: Մայիս-օգոստոս: *Trifolium* sp.:

33. *B. alpigenus* F. Mor.

Կոտայքի մարզ: Գտնվել է ենթալպյան մարգագետիններում: Հունիս-սեպտեմբեր:

34. *B. apollineus* Skor.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Գեղարքունիի և Տավուշի մարզեր, Խոտորվի արգելանոց: Հանդիպում է լեռնատափաստանային մարգագետիններում: Մայիս-սեպտեմբեր: 35. *B. argillaceus* Scop.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Սյունիքի և Երևանի մարզեր: Հանդիպում է տափաստանային մարգագետիններում: Մայիս-օգոստոս: *Astragalus erinaecus*: 36. *B. cazurroi* Vogt.

Կոտայքի, Արագածոտնի և Գեղարքունիի մարզեր: Հանդիպում է լեռնատափաստանային և ենրալպյան մարգագետիններում: Հունիս-հուլիս: 37. *B. eriophorus* Klug.

Կոտայքի, Գեղարքունիի և Տավուշի մարզեր: Հանդիպում է լեռնային անտառների բացատներում և ենրալպյան մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս: *Trifolium pratense*:

38. *B. georgicus* Vogt

Կոտայքի մարզ: Տարածված է լեռնային անտառների բացատներում, լեռնատափաստանային և ենրալպյան մարգագետիններում: Հունիս-սեպտեմբեր: *Lotus tenuis*:

39. *B. handlirschianus* Vogt

Կոտայքի, Գեղարքունիի և Վայոց ձորի մարզեր: Հանդիպում է չոր, տափաստանային գետերի հովիտներում, լեռնատափաստանային մարգագետիններում և լեռնային անտառների բացատներում: Մայիս-օգոստոս:

40. *B. hortorum* L.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Արմավիրի, Վանաձորի, Սյունիքի, Տավուշի և Երևանի մարզեր: Գտնվել է կիսաանապատային գետերի առափնյա մարգագետիններում, տափաստանային և ենրալպյան մարգագետիններում, լեռնային անտառների բացատներում, այգիներում: Մայիս-օգոստոս: *Antirrhinum majus*:

41. *B. incertus* F. Mor.

Կոտայքի, Արագածոտնի և Գեղարքունիի մարզեր: Հանդիպում է չոր-տափաստանային, լեռնատափաստանային և ենրալպյան մարգագետիններում: Մայիս-օգոստոս: *Verbascum soongoricum*:

42. *B. jonellus* Kby.

Կոտայքի, Գեղարքունիի և Վայոց ձորի մարզեր, Խոտորվի արգելանոց: Հանդիպում է տափաստանային մարգագետիններում: Մայիս-օգոստոս:

43. *B. laesus* F. Mor.

Կոտայքի, Գեղարքունիի և Շիրակի մարզեր: Տարածված է տափաստանային մարգագետիններում և լեռնային անտառների բացատներում: Ապրիլ-օգոստոս:

44. *B. lucorum* L.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Գեղարքունիի և Տավուշի մարզեր: Գտնվել է լեռնատափաստանային և ենրալպյան մարգագետիններում, այգիներում, լեռնային անտառների բացատներում: Մայիս-սեպտեմբեր: *Helianthus annuus*:

45. *B. melanurus* Lep.

Կոտայքի մարզ: Հանդիպում լեռնատափաստանային և ենրալպյան մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս: *Medicago sativa*:

46. *B. mlokosievitzii* Rad.

Կոտայքի, Գեղարքունիի և Երևանի մարզեր: Գտնվել է տափաստանային գետերի հովիտներում, այգիներում, ենրալպյան մարգագետիններում, լեռնային բացատներում: Մայիս-սեպտեմբեր: *Vicia persica*:

47. *B. muscorum* F.

Կոտայքի, Գեղարքունիի մարզեր: Հանդիպում է լեռնային անտառների բացատներում, լեռնատափաստանային մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս: *Medicago sativa*:

48. *B. niveatus* Kriechb.

Կոտայքի, Գեղարքունիի և Սյունիքի մարզեր: Տարածված է լեռնատափաստանային մարգագետիններում: Մայիս-օգոստոս: *Lotus tenuis*:

49. *B. eversmaniellus* Skor.

Կոտայքի, Գեղարքունիի մարզեր, Խոսրովի արգելանոց: Հանդիպում է լեռնատափաստանային և ենթալպյան մարգագետիններում: Մայիս-սեպտեմբեր:

50. *B. portschinskii* Rad.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Գեղարքունիի մարզեր: Գտնվել է լեռնային անտառների բացատներում, ենթալպյան և ալպյան մարգագետիններում: Հունիս-սեպտեմբեր:

51. *B. pratorum* L.

Կոտայքի, Գեղարքունիի մարզեր: Հանդիպում է տափաստանային մարգագետիններում, լեռնային անտառների բացատներում: Մայիս-օգոստոս: *Pegatum* sp.:

52. *B. simulatilis* Rad.

Կոտայքի, Արագածոտնի, Գեղարքունիի և Վայոց ձորի մարզեր: Հանդիպում է տափաստանային մարգագետիններում: Հունիս-սեպտեմբեր:

53. *B. sorocensis* F.

Կոտայքի, Գեղարքունիի մարզեր: Տարածված է լեռնատափաստանային մարգագետիններում և լեռնային անտառների բացատներում: Մայիս-սեպտեմբեր:

54. *B. subterraneus* L.

Կոտայքի, Գեղարքունիի մարզեր: Հանդիպում է լեռնատափաստանային և ենթալպյան մարգագետիններում: Մայիս- սեպտեմբեր: *Trifolium* sp.:

55. *B. terrestris* L.

Կոտայքի և Վանաձորի մարզեր: Տարածված է լեռնատափաստանային և ենթալպյան մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս:

56. *B. tristis insipidus* Rad.

Կոտայքի, Գեղարքունիի մարզեր: Գտնվել է լեռնատափաստանային և ենթալպյան մարգագետիններում, անտառների բացատներում: Մայիս-օգոստոս:

57. *B. velox* Skor.

Կոտայքի, Գեղարքունիի մարզեր: Հանդիպում է լեռնատափաստանային և ենթալպյան մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս: *Astragalus* sp.:

58. *B. vorticosus* Gerst.

Կոտայքի մարզ: Գտնվել է ենթալպյան մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս:

59. *Psithyrus campestris* Pz.

Կոտայքի մարզ: Հանդիպում է լեռնային անտառների բացատներում: Հունիս:

60. *P. quadricolor* Lep.

Կոտայքի մարզ: Տարածված է լեռնատափաստանային մարգագետիններում: Հունիս-հուլիս:

61. *P. rupestris* F.

Կոտայքի մարզ: Գտնվել է լեռնատափաստանային մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս:

62. *P. silvestris* Lep.

Կոտայքի մարզ: Տարածված է ենթալպյան և ալպյան մարգագետիններում: Հունիս-օգոստոս:

63. *Apis mellifera* L.

Ընտելացված է մարդու կողմից, որի հետևանքով հանդիպում է Հայաստանի բոլոր մարզերում և բոլոր գոտիներում: Ապրիլ-հոկտեմբեր:

Կենդանաբանության ամբիոն

Ստացվել է 16.10.1996

Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Осичнюк А.З., Папфилон Л.Б., Поповырева А.А. Надсемейство Aroidae - пчелиные. - Определитель насекомых европ. ч. СССР: Перепечатокрытые, 1978, т. 3, ч. 1, с. 279-519.

2. Попов В.В. Перепончатокрылые - Нумероптера. - Животный мир СССР, 1958, т. V.
3. Радде Г.И. Коллекция Кавказского Музея: Зоология, 1899, т. 1, с. 444-447.
4. Схиртладзе И.А. Пчелиные Закавказья, 1981, с. 5-147.
5. Схиртладзе И.А. Определитель пчел (Нумероптера, Apidae) Кавказского перешейка, 1988, с. 5-31.
6. Morawitz F.F. Die Bienen Daghestans-Horae Soc. Ent. Ross., 1873, v. 10, p. 129-189.
7. Morawitz F.F. Zur Bienenfauna der Kaukasusländer - Horae Soc. Ent. Ross., 1876, v. 12, p. 3-69.
8. Morawitz F.F. Nachtrag zur Bienenfauna Kaukasiens - Horae Soc. Ent. Ross., 1878, v. 14, p. 1-112.

А. С. АМБАРЦУМЯН

## **ФАУНА ПЧЕЛИНЫХ ДОЛИНЫ РЕКИ МАРМАРИК**

### **1. Сем. Megachilidae, Anthophoridae, Apidae**

#### **Резюме**

Впервые приводится список видов пчелиных (Hymenoptera, Megachilidae, Anthophoridae, Apidae) долины р. Мармарик. Отмечено 63 вида, из них 21 - новые для Армении, а 5 - новые для Кавказа. Для каждого вида указываются распространение в Армении, ландшафтно-стациональное распределение, сроки лёта, а для некоторых - кормовые растения.

Յ. Գ. ԿՐՄՅԱՆ, Մ. Կ. ԱՐՄՅՈՅՅԱՆ

## ИЗУЧЕНИЕ ХРОМОСОМНЫХ НАБОРОВ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО НЕТОПЫРЯ (*PIPISTRELLUS KUHLLI* KUHLL.) И НЕТОПЫРЯ-КАРЛИКА (*P. PIPISTRELLUS SCHREB*)

Впервые описываются кариотипы средиземноморского нетопыря и нетопыря-карлика, встречающихся в Армении. А также рассмотрено влияние экологических условий на хромосомный набор этих видов. Исследования показали, что *Pipistrellus kuhllii* характеризуется постоянным кариотипом, а в кариотипе *P. pipistrellus* наблюдается хромосомный полиморфизм в виде робертсоновских транслокаций.

В настоящее время хромосомный анализ является необходимой частью серьезного систематического изучения современных групп млекопитающих. Особенно важное значение приобрело изучение хромосомных наборов в таксономических, зоогеографических и эволюционных исследованиях. А так как целью наших исследований было изучение биологии, зоогеографии, экологии рукокрылых Армении, то мы сочли необходимым изучить и кариологию этих видов, тем более что в Армении отсутствуют какие-либо данные относительно кариологии этих зверьков. Кроме этого, последнее время большинство отечественных и зарубежных цитогенетиков в той или иной форме признают, что основным лимитирующим фактором, определяющим изменчивость кариотипа млекопитающих, являются ландшафтные условия их обитания [1-4]. Такую изменчивость кариотипа называют географической. При этом разные популяции одного и того же вида в различных частях его ареала закономерно отличаются друг от друга определенными признаками. Все это несомненно должно относиться и к объектам наших исследований, которые занимают самые разнообразные высотные пояса и ландшафты, а соответственно и разнообразные биотопы с различной антропогенной нагрузкой, градиентом высоты местности и соответственно радиацией, сейсмичностью и т.д.

Особый интерес для нас представили два широко распространенных в Армении вида - средиземноморский нетопырь (*Pipistrellus kuhllii* Kuhll.) и нетопырь-карлик (*P. pipistrellus* Schreb.), у которых наблюдается морфологическая изменчивость. Поэтому настоящее исследование имеет целью, во-первых, получить кариотипы этих видов, во-вторых, сравнить их с имеющимися в литературе данными, в-третьих, посмотреть, затрагивают ли морфологические изменения кариотип, и самим убедиться, влияют ли изменения экологических условий на изменчивость кариотипа.

**Материал и методика.** Было поймано 5 особей средиземноморского нетопыря (3♂ и 2♀) и 7 особей нетопыря-карлика (5♂ и 2♀) в Ехегнутском рыболовном хозяйстве Армавирского района (оба вида - доминирующие для этого района).

Хромосомный анализ проводился методикой В.Н. Орлова [5]. В работе использовались микроскопы "р<sup>2</sup>" и "Ортон - 9902".

**Результаты и обсуждения кариологических исследований.** 1. Средиземноморский нетопырь (*Pipistrellus kuhllii* Kuhll.) - кариотип содержит 44 хромосомы. Ау-



тосомы состоят из 3-х пар крупных и одной пары мелких метацентриков, 14-ти пар акроцентрических хромосом, плавно убывающих по величине, и 3-х пар мелких точечных хромосом.  $NFa = 50$ . X-хромосома - средний метацентрик, Y-хромосома - точечная (рис. 1).

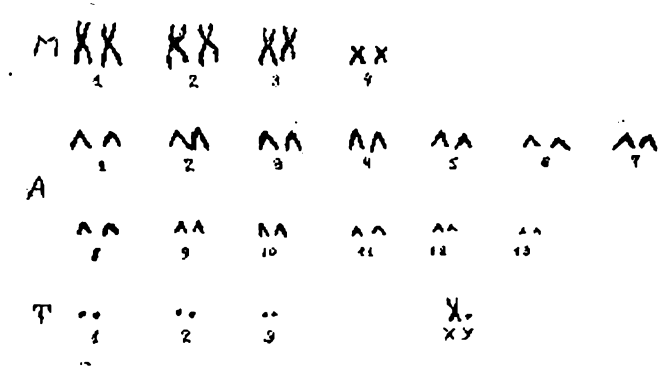


Рис. 1. Кариотип среднепоморского нетопыря. М - метацентрические хромосомы, А - акроцентрики, Т - точечные хромосомы.

Такие же данные встречаются в литературе [6-8]. Такая стабильность кариотипа у этого вида, вероятно, объясняется крайней стабильностью признаков, которую отмечают исследователи этих зверьков в различных регионах [9-13]. Вариации окраски чаще наблюдаются у закавказских представителей. У села Арени Явруянном [12] были пойманы даже 2 экземпляра альбиноса.

Но так как исследованные нами особи по морфометрическим показателям мало отличаются от зверьков других регионов, то полученный кариотип аналогичен описанным в литературе.

2. Совершенно обратная картина получена нами для нетопыря-карлика (*P. ripistrellus* Schreb). Диплоидный набор содержит 44 хромосомы. Аутосомы представлены 3-мя парами крупных метацентрических хромосом, одной парой субметацентрических хромосом средней величины и 17-ю парами акроцентриков, постепенно убывающих по величине. В группе акроцентриков последние 2 пары отнесены к точкообразным хромосомам. X-хромосома - метацентрик средней величины,  $NFa = 50$  (рис. 2).

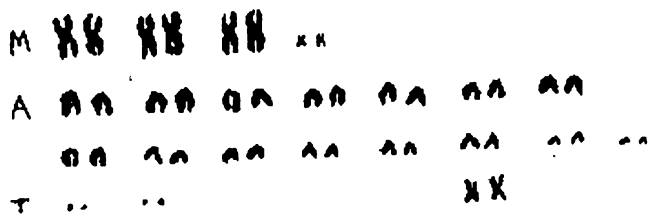


Рис. 2 Кариотип нетопыря-карлика.

В литературе встречаются другие данные. Zima [14] отмечает  $2n = 42$  и  $NFa = 48$ . Фаттаев, Сейфутдинов [15], Фаттаев [7] отмечают  $2n = 42$ , а  $NFa = 50$ . Видно,

что карิโอтип изученного нами нетопыря-карлика существенно отличается не только диплоидным числом, но и по количеству мета-, субмета- и акроцентрических хромосом.

При сравнении карิโอтипов *P. Pipistrellus* из Армении и Азербайджана [7] бросается в глаза постоянство  $NFa = 50$ . Тогда различия  $2n$  могут быть объяснены робертсоновскими слияниями, которые сейчас очень часто встречаются как у *Vespertilionidae*, так и *Rhinolophidae*, что подтверждается данными дифференциальной окраски [5]. Путем слияния двух одноплечих хромосом образуется одна двуплечая. Естественно, что такое слияние хромосом приведет к уменьшению  $2n$ , не затрагивая при этом фундаментальное число ( $NF$ ). В данном случае произошли два слияния, и диплоидное число ( $2n = 44$ ) уменьшилось на 2 ( $2n = 42$ ), на столько же увеличилось число метацентрических хромосом.

Как отмечалось выше, для *P. Pipistrellus* характерна морфологическая изменчивость. Даже в пределах территории Армении между зверьками из северных и южных районов наблюдаются различия в размерах, окраске и т.д. Понятно также, что нетопыри Армении и Азербайджана занимают весьма разнообразные биотопы. Естественно, что все это не может не наложить своего отпечатка на организм животного.

При сравнении двух популяций одного и того же вида наблюдаемые различия можно связать как с генетическими причинами, так и с отражением экзогенных условий. Но сейчас ученые все больше убеждаются в том, что различия комбинируют генетические и экзогенные эффекты.

В заключение, обобщая литературные и полученные нами данные, отметим, что влияние экологии на карิโอтип животного бесспорно. Но несмотря на то, что часто невозможно точно определить конкретное значение происхождения полиморфизма и его поддержания в естественных популяциях, нам кажется правильным, что популяционные карิโอотипы неизменно имеют адаптационное значение и помогают более эффективно использовать экзогенные условия окружающей среды.

*Кафедра зоологии*

*Поступила 17.10.1996*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дуев Р.И. Закономерности хромосомной изменчивости млекопитающих в горах Кавказа: Докторская диссертация, Екатеринбург, 1995.
2. Раджабли С.И., Графодатский А.С. Эволюция кариотипа млекопитающих. М.: Наука, 1977.
3. Сафронова Л.Д., Дамин Ю.С. Цитогенетические аспекты эволюции кариотипа. - Успехи совр. Биол., 1978, т. 86.
4. Clausen J. Stages in the Evolution of Plants Species. Cornell University Press, Ithaca, 1951.
5. Орлов В.Н., Булатова Н.Ш. Сравнительная цитогенетика и кариосистематика млекопитающих. М.: Наука, 1983.
6. Кулиев Г.К., Фаттаев М.Д. Изв. АН АзССР. Сер.- Биол. наук, 1976, №4.
7. Фаттаев М.Д. Сравнительная кариология некоторых рукокрылых Азербайджана: Канд. дисс., Баку, 1978.
8. Саранна В., Civitelli N.V. Cariotype of *Pipistrellus Kuhl.*. - *Cariologia*, 1996, №19.
9. Рахматулина И.К. Размножение, рост и развитие нетопырей-карликов в Азербайджане. - *Экология АН СССР*, 1971, №2.
10. Рахматулина И.К. Экология средиземноморского нетопыря в Азербайджане. - *Бюлл. МОИП*, 1983, т. 88.
11. Шагоян В.А., Явруян Э.Г. К биологии средиземноморского нетопыря в Араратской долине Армении. - Сб. Материалы I Всесоюз. Совещ. по рукокрылым., Л., 1974.
12. Явруян Э.Г. Экология нетопыря-карлика и средиземноморского нетопыря в Армении и Нахичеванской АССР. - *Вопр. биол.*, Ер., 1989.

13. **Aellen V.** Contribution a lecture de la faunde d' Afganistan 9 Chiropteres.- Rev. Suisse Zool., v. 66, №21, 1959.
14. **Zima J.** Chromosomal mutations in natural populations of Mammals.- Folia zool., 1982, №31.
15. **Фаттас И.Д., Сейфутдинов М.** Сравнительное исследование карпотинов трех видов летучих мышей из сем. Vespertilionidae с помощью дифференциальной окраски. - Изв. АН Аз. ССР, 1976, №4.

**Է Պ.ՅԱՎՐՈՒՅԱՆ,Մ Կ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ**

**ՄԻՋԵՐԿՐԱՃՈՎԱՅԻՆ ՓՈՔՐԱՉՂՋԻԿԻ (Pipistrellus kuhlii Kuhli) ԵՎ ԹՁՈՒԿ-  
ՓՈՔՐԱՉՂՋԻԿԻ (P. pipistrellus Schreb) ԲՐՈՍՄՍՈՍԱՅԻՆ  
ՀԱՎԱՔԱԿԱԶՄԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ա մ փ ո փ ո ս մ**

Առաջին անգամ նկարագրվում են Հայաստանում հանդիպող միջերկրածովային փոքրաչղջիկի (*Pipistrellus kuhlii* Kuhli) և բզուկ-փոքրաչղջիկի (*P. pipistrellus* Schreb) կարկոտիպերը: Ինչպես նաև դիտված է այդ տեսակների քրոմոսոմային կազմի վրա էկոլոգիական պայմանների ազդեցությունը: Ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ *Pipistrellus kuhlii*-ը բնորոշվում է հաստատուն կարկոտիպով, իսկ *P. pipistrellus*-ի կարկոտիպում նկատվում է քրոմոսոմային բազմաձևության՝ ռաբերտսոնյան տրանսլուկացիայի տեսքով:

УДК 577.391.591.813.621.311.25

В. С. ПОГОСЯН, Э. А. АГАДЖАНЫН,  
Р. М. АРУТЮНЯН, В. А. ШЕВЧЕНКО

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕМЯН В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ *Plantago*, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ХРОНИЧЕСКОМУ ОБЛУЧЕНИЮ

### Сообщение 1. Действие хронического облучения на начальные стадии онтогенеза в первый и третий годы после аварии на Чернобыльской АЭС

Изучены всхожесть, энергия прорастания семян первой и третьей послеаварийной репродукции и активность деления меристематических клеток их корешков в трех природных популяциях *Plantago* (подорожник). Две из этих популяций росли в 30-километровой зоне контроля аварии на Чернобыльской АЭС, а одна контрольная, - вне пределов зоны в почве, свободной от радиоактивности. Выявлено, что способность семян к прорастанию не коррелирует с  $\beta$ -излучением семян, измеренным после их сбора. Семена двух репродукций достоверно различаются по энергии прорастания.

В собранных через 3 года после аварии семенах выявлено усиление гибели клеток зародыша, вследствие чего повышается процент нежизнеспособных семян.

**Введение.** Опасность возникновения аварийных ситуаций, сопровождающихся ионизирующим излучением, приводит к необходимости своевременной и адекватной оценки воздействия излучения на окружающую среду, особенно на генетическую стабильность и изменчивость природных популяций.

Экстраполяция результатов повреждения генетических структур от более высоких доз облучения к малым не всегда является точной, об этом говорят экспериментальные данные, свидетельствующие о более высокой поражаемости их при воздействии малыми дозами радиации [1]. Кроме того, данные генетической изменчивости некоторых дикорастущих растений в 30-километровой зоне контроля аварии Чернобыльской АЭС в зависимости от поглощенной дозы не однозначны [2,3]. Поэтому необходимо расширить круг исследований природных популяций растений с включением разных стадий их развития.

В настоящей работе представлены результаты анализа хронического облучения семян *Plantago* (подорожник), собранных в 30-километровой зоне контроля на Чернобыльской АЭС в 1986 и 1988 гг.

**Материал и методика.** В качестве объекта исследований была выбрана диплоидная форма ( $2n=12$ ) травянистых растений *Plantago lanceolata* L. (подорожник ланцетолистный) и *Plantago major* L. (подорожник большой).

Сбор семян с трех популяций указанных видов проводился летом 1986 и 1988 гг. При этом две (II и III) популяции находились в 30-километровой зоне контроля аварии Чернобыльской АЭС, а одна (I), служащая контролем, за пределами 30-километровой зоны в чистой от радиоактивных элементов почве. В каждой популяции семена собирались с разных участков (от 1 до 5), различающихся в основном по степени и составу радиоактивного загрязнения. Согласно данным дозиметрии значительный вклад в облучение биологических объектов большинства изучаемых участ-

ков вносили "горячие" частицы, которые являются излучателями  $\alpha$  - и  $\beta$  - частиц и  $\gamma$  - квантов.

До выхода из периода покоя семена хранились в комнатных условиях. Затем перед началом прорастания измерялась радиоактивность собранных семян при помощи радиометра РУП -1, являющегося  $\beta$  -датчиком, реагирующим также и на гамма-излучения. В таблице приведены результаты измерения.

*Радиоактивность семян подорожника перед началом прорастания  
(фон прибора - 20 Бк/мин/см<sup>2</sup>)*

Популяция	Участок	Мощность дозы, Бк/мин/см <sup>2</sup>
семена 1986 года		
I за 30-км зоной (контроль)	1	20
	2	20
	3	20
II в 30-км зоне	1	25
	2	1500
	3	700
	4	250
	5	160
III в 30-км зоне	1	110
	2	110
	3	130
	4	260
семена 1988 года		
I	1	20
II	1	42
III	1	39
	2	100

Для анализов сбора 1986г. было взято 768, 1755 и 1266 семян, а для сбора 1988г. - 678, 888, 926 семян. Опыты по учету всхожести семян и энергии прорастания (прорастание учитывалось в течение 14 суток) ставились в трех повторностях по 100 семян в каждой из них. Определялась также митотическая активность клеток в корневой меристеме прорастающих семян, вступивших в первый митоз. Для учета митотической активности в каждом корешке подсчитывали по 1000 клеток. Корешки длиной 0,5-0,8 см фиксировались в смеси этанола и уксусной кислоты (3:1) и окрашивались ацебокармином. Готовились временные препараты.

**Результаты и обсуждения.** Данные всхожести и энергии прорастания семян показали, что вид *Plantago major* L. более чувствителен к действию радиации, чем *Plantago lanceolata* L. Семена *Plantago major* L. как первого, так и третьего послеаварийного поколения имели очень низкую всхожесть (9-13%), а семена третьего поколения III популяции в основном были невсхожими. Более резистентным к действию радиации оказался вид *Plantago lanceolata* L., в популяции I которого всхожесть семян достигла 34-40% с энергией прорастания 24-29%. Что касается популяций II, III), находящихся в 30-километровой зоне, то в первый послеаварийный год во II популяции имелись участки №1 и №2, где всхожесть семян была выше, достигая 58-86% соответственно, с высокой энергией прорастания (рис. 1). В III популяции они превосходили контроль по всхожести на 16%, а по энергии прорастания - на 9% только семена, собранные с участка №2. Всхожесть семян, собранных с участка №1 популяции III, уступает контролю на 8%, а с участка №4 они оказались на уровне контроля. Аналогичная картина отмечается и при оценке энергии прорастания семян.

В третьем послеаварийном поколении наблюдается снижение как всхожести семян, так и соответственно энергии прорастания и идет в основном формирование нежизнеспособных семян, доля которых в некоторых случаях достигает до 100%.

Необходимо отметить, что у семян *Plantago lanceolata* L. первой и третьей послеаварийных репродукций в 30-километровой зоне нами не обнаружена связь между энергией прорастания, всхожестью семян и вариабельностью  $\beta$ -фона.

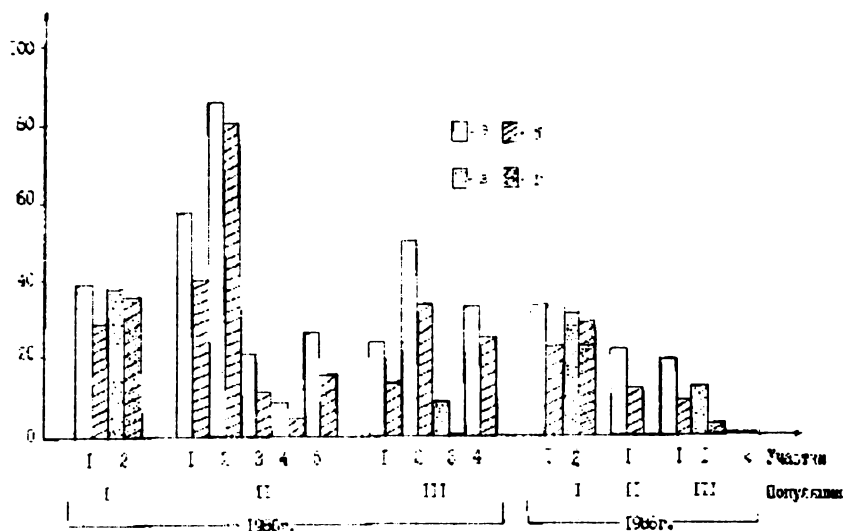


Рис. 1. Всхожесть и энергия прорастания семян двух видов *Plantago*. 1-5- номера участков, I, II, III- популяций; а- всхожесть, б- энергия прорастания вида *P. lanceolata* L., в- всхожесть, г- энергия прорастания вида *P. major* L.

Ранее аналогичное отсутствие корреляции было отмечено и между изменчивостью ряда количественных признаков и вариабельностью  $\gamma$ -фона в местах произрастания материнских растений того же вида первой и второй послеаварийных репродукций в 30-километровой зоне аварии Чернобыльской АЭС [2]. Однако у семян послеаварийной репродукции первого поколения, собранных с некоторых участков, нами наблюдалась как активация процесса прорастания за счет стимуляции действующих факторов, так и нарастания частоты гибели клеток зародыша, приводящей к частичной или полной непрорастаемости семян. Имеются данные [4-6], показывающие, что первым необратимым изменением в гибнущих облученных клетках является упорядоченная межнуклеосомная фрагментация ядерной ДНК, осуществляемая, по-видимому,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  зависимой эндонуклеазой [7]. Отсюда следует, что гибель клеток - это их реакция на повреждающее воздействие. По-видимому, семена с более низкой способностью прорастания при формировании были сильнее повреждены физическими факторами, вследствие чего в них повысилась частота погибших клеток зародыша. Об этом свидетельствуют данные митотической активности клеток корешков (рис. 2).

У обоих изученных видов *Plantago* в контрольных вариантах митотическая активность меристематических клеток корешков достигает 6,0-6,9%. Между тем у семян первой послеаварийной репродукции, где отмечается активация процесса прорастания (II популяция, участки №1 и №2, III популяция, участок №2), митотическая активность меристематических клеток корешков уже достигает 7,1-8,6%. Отмеченная закономерность распространяется и на варианты третьей послеаварийной репродукции (рис. 2). Однако в то время, как в корешках семян первой послеаварийной репродукции стимуляция митотической активности осуществляется в основном за счет увеличения доли клеток, находящихся в профазе и телофазе, в третьей пос-

леаварийной репродукции стимуляция осуществляется за счет клеток, находящихся в мета-, ана- и телофазах.

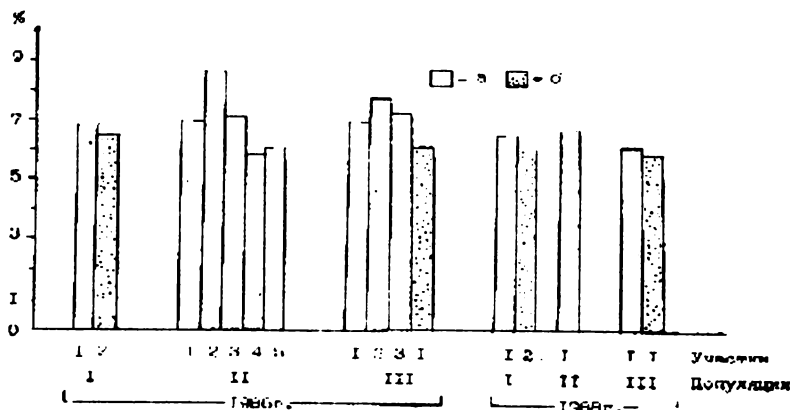


Рис. 2. Митотическая активность клеток корешков двух видов *Plantago*. 1-5- номера участков. I, II, III- популяции; а - *P. lanceolata* L., б - *P. major* L.

Следовательно, качество семян, процессы прорастания и рост корешков зависят от мощности экспозиционной дозы при сборе семян и не зависят от продолжительности обитания растений в условиях хронического облучения. Ранее к подобному же выводу пришли авторы работы [3], проводившие мониторинг природных популяций *Dactylis glomerata* L. в зоне аварии на Чернобыльской АЭС.

Таким образом, всхожесть и энергия прорастания семян двух видов *Plantago*, собранных на различных участках двух популяций в 30-километровой зоне контроля аварии ЧАЭС в зависимости от изученного вида, популяции и участка варьируют от 10 до 85%, причем не наблюдается корреляции между изучаемыми параметрами и мощностью дозы  $\beta$ -облучения семян в момент проращивания.

Научно-исследовательская лаборатория цитогенетики

Поступила 5.12.1996

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Oftedal P. Low dose - radiation effects; abolicistic model. - Тр. Радиобиологического совещания по исследованию механизма радиационно-индуцированного мутагенеза и репарации ДНК. Дубна: 1990, с. 11-31.
2. Фролова Н.П., Попова О.Н. Мониторинг семян хронически облучающихся природных популяций *Plantago lanceolata* L. Изменчивость в потомстве. - Радиобiol., 1990, т. 30, в. 4, с. 446-449.
3. Шерпунова В.И., Зайнуллин В.Г. Мониторинг природных популяций *Dactylis glomerata* L. в зоне аварии ЧАЭС. - Радиобiol., 1995, т.35, в. 5, с. 690-695.
4. Король Б.А., Нелинович П.А., Уманский С.Р. Механизмы деградации хроматина в тимocyтах облученных крыс. Сообщение 1. Характеристика образующихся продуктов. - Радиобiol., 1979, т 19, №6, с. 827-832.

5. Животонский Б.Д., Знобарев Н.Б., Воскобойников Г.В., Хапон К.П. Молекулярные механизмы интерфазной гибели лимфоидных клеток. Сообщение 2. Сравнительная характеристика продуктов пострадиационной деградации нуклеинового переваривания хроматина тимуса крыс. - радиобиол., 1980, т. 20, №4, с. 502-507.
6. Gohen J.J., Duke R.C. Glucocorticoid activation of a Calcium-dependent endonuclease in thymocyte nuclei leads to cell death. - J. Immunol., 1984, v. 132, p. 38-42.
7. Duke R.C., Chervenak R., Cohen J.J. Endogenous endonuclease induced DNA fragmentation: an early event in cell-mediated cytotoxicity. - Proc. Nat. Acad. Sci USA, 1983, v. 80, p. 6361-6365.

Վ.Ս. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Է.Ա. ԱՂԱՋԱՆՅԱՆ,  
Ռ.Ս. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Վ.Ա. ՇԵՂՉԵՆԿՈՒ

**ԽՐՈՆԻԿ ԾԱՌԱԿԱՅԹԱՀԱՐՄԱՆ ԵՆԹԱՐԿՎԱԾ PLANTAGO-Ի ԲՆԱԿԱՆ  
ՊՈՊՈՒԼՅԱՅԻՆՍԵՐԻ ՍԵՐՄԵՐԻ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Հաղորդում 1. Օնտոգենեզի սկզբնական փուլերի վրա խրոնիկ ճառագայթահարման ազդեցությունը Չեռնոբիլի ԱԷԿ-ի վթարից հետո առաջին և երրորդ տարիներին**

**Ամփոփում**

Ուսումնասիրվել են առաջին և երրորդ հետվթարային սերունդների սերմերի ծյունակությունը և ժյւնան արագությունը, ինչպես և նրանց արմատաձայրերի մերիսթեմատիկ բջիջների բաժանման ակտիվությունը Plantago-ի երեք բնական պոպուլյացիաներում, որոնցից երկուսը ռճել են Չեռնոբիլի ԱԷԿ-ի վթարի 30կմ-անոց ստուգիչ գոտում:

Պարզվել է, որ սերմերի ժյւնան ընդունակությունը չի կոռելյացվում հավաքից հետո չափված սերմերի  $\beta$ -ճառագայթահարման հետ: Փորձարկվող երկու սերունդների սերմերը ըստ ժյւնան արագության բավականին տարբերվում են միմյանցից:

Վթարից հետո երրորդ սերնդի սերմերում ակտիվանում է սաղմի բջիջների ոչնչացման պրոցեսը, որի հետևանքով բարձրանում է անկենսունակ սերմերի ձևավորման հաճախականությունը:



УДК 553.535.08

Р.В. АКОНЯН, О.П. ГУЮМДЖЯН

## О ВЯЗКОСТИ БАЗАЛЬТОВ

Впервые изучены вязкостные свойства базальтовых расплавов как технологическая характеристика и как показатель, характеризующий связь и преемственность между "ближним" и "дальним" порядками в расплаве. Показано, что вязкость находится в прямой зависимости от степени сложности элементов "ближнего" порядка в строении расплава. Приведенные характеристики вязкостей расплавов могут быть применены при получении изделий каменного литья, а также сигналов, базальтового стекловолокна и других искусственных материалов.

Все возрастающая потребность в искусственных материалах на основе горных пород и их отходов вынуждает необходимость всестороннего и комплексного их исследования. В настоящей работе приводятся результаты исследования вязкости расплавов халаджского, ашотского, степанаванского базальтов и базальта г. Камо. Вязкость является важнейшей характеристикой, обуславливающей ход технологических процессов и определяющей кристаллизационные возможности расплавов.

Для определения технологических свойств расплава вязкость измерялась в температурном интервале 1125-1500°C через каждые 25°C (табл. 1). Чтобы полнее раскрыть связь и преемственность между "ближним" и "дальним" порядками в расплаве, результаты измерения вязкости рассматривались в связи с температурой ликвидуса: при температуре на 100°C выше температуры ликвидуса и ниже температуры ликвидуса на 50°C (табл. 2). Результаты определения вязкости свидетельствуют о том, что при температуре 1400°C, которая на 175-220°C выше температуры ликвидуса, в строении расплавов наблюдается значительная полимеризация, и можно предположить упорядочение, о чем свидетельствуют значения вязкостей расплавов более 50 П. Расплавы имеют довольно близкие температуры ликвидусов, однако отличаются друг от друга по значениям вязкостей, что обусловлено различной степенью полимеризации в их строении при температуре ликвидуса. При температурах на 100°C выше и на 50°C ниже температуры ликвидусов расплавы характеризуются высокими значениями вязкостей.

Расплав халаджского базальта во всем температурном интервале определения вязкостей отличается меньшими значениями вязкости, чем остальные исследуемые расплавы. В интервале 1400°C-1250°C вязкость расплава возрастает, сохраняя прямую зависимость от температуры.

При дальнейшем понижении температуры до температуры ликвидуса зависимость вязкостей от температуры приобретает более сложный характер. Ниже температуры ликвидуса, когда по всей массе расплава идет интенсивная кристаллизация, наблюдается быстрое нарастание вязкости, а от 1125°C кривая зависимости вязкости от температуры переходит в вертикальную линию.

Вязкость расплавов в зависимости от температуры, пуазы

Температура °С	Б а з а л ь т ы			
	халаджский	г. Камо	степанаванский	ашоцкий
1500	-	30	38	42
1475	-	41	64	74
1450	36	50	78	90
1425	43	58	98	130
1400	50	90	130	160
1375	62	132	180	198
1350	73	170	195	255
1325	90	230	280	330
1300	145	290	320	440
1275	185	370	450	600
1250	225	452	600	800
1225	280	690	810	1200
1200	440	900	900	1600
1175	850	1500	1700	2800
1150	1600	1900	2500	свыше 3000
1125	2600	-	-	-

Таблица 2

Вязкость расплавов относительно температур ликвидуса

База л ь т ы	температура ликвидуса, °С	в я з к о с т ь , П		
		при температуре на 100°С выше ликвидуса	при температуре ликвидуса	при температуре на 50°С ниже ликвидуса
халаджский	1180	180	700	1900
г. Камо	1210	230	780	2100
степанаванский	1200	320	900	2500
ашоцкий	1225	330	1200	2800

Особенно наглядно связь между вязкостью и возможным фазовым составом выступает при сопоставлении значений вязкостей с петрохимическими данными, рассчитанными по методу НИГЛН с коррективами Рашина Г.А. и Четверикова С.Д. [1], характеризующими распределение ведущих силикатообразующих катионов между ожидаемыми для базальтовых расплавов кремне- и алюмосиликатными анионными группировками (табл. 3). Петрохимические характеристики халаджского базальта показывают, что расплав характеризуется небольшой величиной полевошпатового коэффициента "L" и высоким значением коэффициента "M". Значения вязкостей при температуре ликвидуса и температуре, которая на 100°С выше и на 50°С ниже нее, свидетельствуют о заметном развитии в строении расплава халаджского базальта процессов полимеризации и упорядочения, затрудняющих осуществление равновесного минералообразования. Об ощутимых преобразованиях в "ближнем" порядке и относительно высокой кристаллизационной способности расплава халаджского базальта свидетельствуют значения энергии активации вязкого течения, рассчитанные по результатам вязкостей для интервалов от температуры ликвидуса до температуры, которая на 100°С выше /  $E_1^1$  /, и для интервала от температуры ликвидуса до температуры, что на 50°С ниже /  $E_2^1$  / (табл. 4).

Зависимость вязкости от петрохимических характеристик расплавов

Базальты	Петрохимические коэффициенты по НИГТЛН			Относительное распределение кремния между кремне- и алюмокремнекислородными группировками			Нормальный состав плагиоклаза			Вязкость, $\Pi$		
	L	M	Q	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> +AlSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	а:с	при тем. на 100°C выше	при тем. ликвидуса	при тем. на 50°C ниже
халаджский	33,4	40,7	25,9	28,1	19,1	52,8	40,0	60,0	0,66	200	700	1900
г. Камо	39,2	27,9	32,9	5,8	32,4	61,8	43,0	57,0	0,75	210	780	2100
стефанаванский	38,9	28,9	32,2	8,2	30,0	61,8	54,0	46,0	1,18	290	900	2500
ашоцкий	40,9	26,8	32,3	9,8	24,3	65,9	66,4	33,6	1,98	330	1200	2800

Таблица 4

Энергия активации вязкого течения расплавов, ккал/мол

Базальты	Энергия активации вязкого течения расплавов для интервалов		
	от температуры ликвидуса до температуры на 100°C выше $E_2^1$	от температуры ликвидуса до температуры на 50°C ниже $E_2^1$	$E_2^2 - E_2^1$
халаджский	5,13	8,00	2,87
г. Камо	6,91	9,30	2,39
стефанаванский	9,25	11,04	1,98
ашоцкий	10,76	11,92	1,16

Наибольшее значение разности  $E_2^2 - E_2^1$  имеет расплав халаджского базальта, что свидетельствует о большем преобразовании в "ближнем" порядке и более "коротком" характере расплава, обусловленном прежде всего преобладанием в нем оливиновых и пироксеновых анионных группировок.

Расплав базальта г. Камо уже при 1400°C обладает значительной вязкостью равной 90  $\Pi$ . В интервале 1400-1350°C нарастание вязкости на каждые 25°C составляет 40  $\Pi$ , от 1350 до 1300°C - 60  $\Pi$ , от 1300 до температуры 1250°C - 80  $\Pi$ . Начиная с температуры 1250°C до температуры ликвидуса происходит значительное повышение вязкости, свидетельствующее о существенных преобразованиях в "ближнем" порядке расплава. Ниже температуры ликвидуса интенсивная кристаллизация плагиоклаза и пироксена приводит к резкому увеличению вязкости гетерофазной среды. Начиная с температуры 1160°C, кривая температурной зависимости вязкости переходит в прямую линию. Значения разности энергии активации вязкого течения для расплава базальта г. Камо ниже по сравнению с таковой для расплава халаджского базальта, что связано с резким уменьшением содержания группировок SiO<sub>2</sub> и увеличением доли полевошпатовых анионных группировок Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>+AlSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

Значения вязкостей расплавов стефанаванского и ашоцкого базальтов во всем температурном интервале выше, чем в двух других расплавах. Уже при 1400°C значения вязкостей составляют соответственно 130 и 160 пуаз, что в 2 и 2,5 раза боль-

ше вязкости расплава халаджского базальта и почти в 1,4 и 1,7 раза выше величины вязкости расплава базальта г. Камо. Результаты вязкостей расплавов базальтов гг. Степанавана и Ашоцка, рассчитанные относительно температур ликвидусов, так же сильно отличаются от вязкостей расплавов базальта г. Камо и особенно от халаджского базальта. Сопоставление значений вязкостей с петрохимическими данными выявило, что увеличение вязкости связано с усложнением нормативных анионных группировок. Особенно четко повышение вязкости связано с возрастанием нормативной доли полевошпатовых комплексов. Величина коэффициента "L" для степанаванского, ашоцкого базальтов и базальта г. Камо значительно выше этого параметра расплава халаджского базальта. В усложнении, а главное в устойчивости сложных структурных единиц в расплаве главная роль в данном случае отводится катиону натрия, который, благодаря своей способности "натягивать" на себя более сложные анионные группировки "второй главы кристаллохимии силикатов", способствует образованию в расплаве структурных заготовок полевых шпатов [2]. С другой стороны, расплавы базальтов гг. Камо, Степанавана и Ашоцка имеют очень близкие петрохимические характеристики "L", "M" и "Q", однако отличаются вязкостными свойствами. Различие в вязкостях этих расплавов объясняется различным соотношением альбитовой и анортитовой составляющих полевого шпата, что выражено отношением а/с. Согласно данным таблицы 3 вязкость расплава повышается с увеличением количества альбитового минерала. Значения отношения а/с для халаджского базальта и базальта Камо ниже единицы и довольно близки, что составляет соответственно 0,66 и 0,75. Для степанаванского базальта эта величина почти вдвое больше, чем а/с для халаджского базальта. В расплаве ашоцкого базальта количество атомов щелочных металлов резко превышает количество атомов кальция, принимающих участие в построении плагиоклазов; отношение а/с равно 1,98, что почти в три раза больше этого же отношения для халаджского базальта и в 2,6 раза больше а/с для базальта г. Камо. Значения энергии активации вязкого течения  $E_1^1 - E_2^1$  и небольшая их разность  $E_2^2 - E_1^2$  (табл. 4), расплавов степанаванского и ашоцкого базальтов свидетельствуют о сравнительно небольших преобразованиях в "ближнем" порядке расплавов при переходе через температуру ликвидуса, что обусловлено, по-видимому, тем, что степень полимеризации в строении расплавов нарастает быстрее, чем их упорядочение. Вследствие этого расплавы обладают большой склонностью к переохлаждению и низкой кристаллизационной способностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рашид Г.А., Четвериков Д.С. Гетероморфизм и неравновесные состояния минералообразования при кристаллизации базальтовых расплавов. - Изв. АН СССР, сер.геол., 1963, №9.
2. Соболев В.С. Введение в минералогию силикатов. Изд-во Львовского гос. ун-верситета, 1949.

ԲԱԶԱՆՏՆԵՐԻ ՄԱՆՈՒՑԻԿՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ .

Ա մ փ ո փ ո ճ

Առաջին անգամ ուսումնասիրված է Խալաթի, Կամոյի, Ստեփանավանի և Աշոցքի բազալտների մածուցիկությունը նախ որպես տեխնոլոգիական հատկանիշ, ապա հալոցքի ու նրա բյուրեղացման ունակության կապը հալտնաբերելու նպատակով:

Հալտնաբերված է, որ հալոցքի մածուցիկությունը կախված է նրա «մոտակա» կարգի կառուցվածքի էլեմենտների բարդությունից:

Ստեփանավանի և Աշոցքի բազալտների բարձր մածուցիկությունը արդյունք է նրանց կազմում մեծ քանակությամբ դաշտային շպատների բարդ անխոնային խմբավորումների և հատկապես կախված է ալբիտի և անորտիտի մոլեկուլների հարաբերությունից:

Ձեռք բերված տվյալները կարող են օգտագործվել քարեծովածքների, սխալներ բազալտային նրբաբեյեր և այլ արհեստական նյութեր ստանալիս:

УДК 551.42

Օ.Ա. ՏԱՐԿԻՅԱՆ

## СТРАТИГРАФИЯ НЕОГЕНА СЕВАНО-ШИРАКСКОГО СИНКЛИНОРИЯ

В разрезе неогена Севано-Ширакского синклинория выделены отложения верхнего олигоцена - нижнего миоцена (озерно-речные и болотные фашии), верхнего миоцена (морские и пресноводные песчано-глинистые фашии), нижнего плиоцена (вулканогенно-обломочные и болотные фашии), среднего плиоцена (эффузивные и болотные фашии) и верхнего плиоцена (эффузивные и озерные фашии).

Образования неогена в основном развиты в северо-западной и юго-восточной частях Севано-Ширакского синклинория. Приурочены они к неоген-четвертичным наложенным впадинам (Лорийская, Ширакская, Севанская). В центральной части синклинория ограниченное распространение имеют породы верхнего олигоцена - нижнего миоцена (Дилижанская наложенная мульда). Широкое развитие вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород, а также скудность ископаемых остатков значительно затрудняют стратиграфическое расчленение и корреляцию разрезов неогена синклинория. Поэтому некоторые вопросы возраста, стратиграфического положения и взаимоотношения неогеновых свит и горизонтов до сих пор не получили своего окончательного решения или же являются спорными. Но тем не менее обстоятельные исследования [1-9] и др.] и обобщение фактического материала дали возможность разработать стратиграфическую схему неогена синклинория, которая представлена в виде таблицы.

**Верхний олигоцен - нижний миоцен (дилижанская свита).** Отложения этого возраста представлены глинами, глинистыми сланцами, песчаниками, гравелитами, конгломератами с прослоями горючих сланцев, угля и углистого аргиллита. В верхах разреза значительное место занимают пласты и линзы псаммитовых туфов, туфобрекчии и туфопесчаников. Мощность свиты около 500 м. Породы дилижанской свиты залегают несогласно на различных горизонтах эоцена и сохранились от эрозии в преднадвиговых мульдах в осевой части синклинория. Свита наиболее полно представлена в окрестностях г. Дилижана и с. Бандиван (Дилижанское и Бандиванское месторождения горючих сланцев и угля). Небольшие выходы ее нами обнаружены к востоку от с. Башгаох в долине р. Чичкан. Некоторые исследователи (К. Н. Паффенгольд, А.П. Демехин, Т.Б. Гзовский) возраст свиты отнесли к эоцену. Впоследствии работами А.А. Габриеляна [3,4], А.Т. Аслаяна [5] и автора [6,10] был установлен олигоценый возраст свиты. Последующие более детальные исследования дали возможность уточнить возрастные границы свиты, расчленить ее на две подсвиты (нижнедилижанская и верхнедилижанская) и коррелировать последние с разновозрастными отложениями Крымско-Кавказской области.

В различных горизонтах дилижанской свиты встречаются многочисленные остатки ископаемой флоры. Дилижанский фаунистический комплекс отличается

Система	Отдел	Ярус	Свига	Мощность, в м	Литологическая характеристика	
Н С О Т С Н	верхний		лоршская	до 350	долеритовые базальты	
			пахуняцкая	до 300	андезиты, андезит-дациты, липаритодациты	
	средний	киммерийский	дажджурская	ок. 150	г.шны, а.тевролиты, песчанки, ракушечники, бурые угли	
			вохчабердекли	до 800	туфоконг.ломераты, туфобрекчии, туфопесчанки, туфо-а.тевролиты, г.шны, лигниты, пемзово-пепловые породы	
	нижний	сарматский	арцакарская	ок. 600	г.шны, песчанки, известняки, ракушечники	
			конкский	ок. 40-50	конг.ломераты, гравелиты, песчанки, г.шны, ракушечники	
	нижний		дв.шжанская		ок. 500	конг.ломераты, гравелиты, песчанки, г.шны, г.шнстые и горючие сланцы, уг.ш, туфы, туфобрекчии, туфопесчанки
	на геоген	о.пго-псн				

богатством и разнообразием видового состава. Описано около 30 видов этой флоры (наши сборы, определения А.Л. Тахтаджяна, П.А. Мчедlishvili, Т.Е. Арутюнян [3.6.7]). В разрезе свиты установлены два флористических горизонта. Первый приурочен к нижней, а второй - к верхней части разреза [6]. Общий состав нижнего флористического горизонта указывает на средне-верхнеолигоценный возраст вмещающих отложений, а верхнего - на верхнеолигоцен-нижнемиоценовый. В глинистых сланцах, приуроченных к нижней части разреза, найдены остатки пресноводной ихтиофауны, которые, по В.В. Богачеву, характерны для среднего или верхнего олигоцена [3.7].

В низах верхней подсвиты в известковых песчаниках найдены остатки мелких пресноводных гастропод *Hydrobia pseudocornea* Brus., *H. ventrosa* Mont., *H. subulata* Desh., *Melanopsis callosa* A. Br., *Limnaea rollandi* Moullet., *L. caudatus* Echv., *L. michelini* Desh. (наши сборы, определения Т.Т. Маринсона и П.М. Асланяна). *Melanopsis callosa* Braun встречается в отложениях верхнего олигоцена - нижнего миоцена, *Limnaea rollandi* Moullet. известна с верхнего олигоцена, а остальные виды встречаются с олигоцена или верхнего эоцена. В глинах и песчаниках дилижанской свиты встречается небогатая ассоциация фауны остракод: *Kassinia kassini* Mond., *Herpetocypis reptans* (Bron.-st), характерных для олигоцена и миоцена (данные Ю.А. Мартиросян).

Дилижанскую свиту по литологическому составу и стратиграфическому положению можно сопоставить с верхнеолигоцен-нижнемиоценовыми молассовыми отложениями Еревано-Ордубадского синклинория (ацаванская свита) и Ахалцихской депрессии.

**Средний миоцен (конский горизонт).** В пределах Севано-Ширакского синклинория фаунистически охарактеризованные отложения среднего миоцена имеют весьма ограниченное развитие. Небольшие выходы их известны у г. Раздан по левобережью р. Раздан. Представлены они конгломератами, гравелистами, песчаниками, известняками, глинами, ракушечниками и мергелями (40-50 м), которые резко несогласно и почти горизонтально залегают на интенсивно дислоцированных породах верхнего эоцена, а местами и верхнего протерозоя. По данным А.А. Габриеляна [4], рассматриваемые отложения включают в себя ископаемые остатки двустворчатых, брюхоногих и фораминифер, которые в целом указывают на среднемиоценовый возраст вмещающих пород. Некоторые геологи возраст этих отложений относят к эоценовому ярусу.

**Верхний миоцен (сарматский ярус, арцавакарская свита).** Сарматские песчано-глинистые и известняковые отложения развиты в юго-западной части Севанской котловины. Буровыми скважинами они вскрыты также в Ширакской котловине. В первом районе небольшие выходы их известны у с. Арцавакар в ядре антиклинальной складки. Здесь же одна из скважин вскрыла сарматские отложения мощностью более чем 600 м. Эти отложения буровыми скважинами обнаружены также у с. Еранос. Поэтому можно предположить их значительное развитие в самой котловине озера и к юго-западу от него, где они скрыты под покровом новейших вулканических образований. В этих отложениях найдены пресноводные гастроподы, мшанки, остракоды, которые характерны для сарматского яруса [1.4]. По лито-фациальным особенностям рассматриваемые отложения соответствуют пресноводной подсвите разданской свиты Ереванского прогиба.

**Нижний плиоцен (понтический ярус, вохчабердская свита).** У южного подножия Ширакского и в западной оконечности Памбакского хребтов образования эоцена резко несогласно перекрываются мощной (до 800 м) свитой вулканогенно-обломочных и пролювиальных пород, которая к востоку протягивается по гребневой части Цахкуняцкого хребта и далее с небольшими перерывами прослеживается в Приереванском районе, где смыкается с собственно вохчабердской свитой. Значительное распространение имеют эти образования также в юго-восточной части синклинория в Севанском и Вардениском хребтах. Рассматриваемые образования являются частью крупной вулканогенно-обломочной формации, занимающей всю



центральную полосу Армении и южную часть Грузии, известную в литературе под названием вохчабердской и годерзской свит.

В западной части Памбакского хребта и на Ширакском хребте вохчабердская свита представлена туфоконгломератами, туфобрекчиями, туфопесчаниками, туфоалевролитами, глинами и пемзово-пепловыми породами с отдельными потоками лав и пропластками лигнита. Внутри поля развития их фиксирован ряд некков и дайкообразных тел, которые являются корнями излияния вышележащих андезитодацитовых лав [11].

В существующей литературе в определении возраста вохчабердской свиты имеются значительные разногласия (от олигоцена до среднего плиоцена включительно), однако большинство исследователей [4,5,7,11] относят свиты к верхнему миоцену - нижнему плиоцену (мэотис-понт). Нижнезложенный материал скорее всего свидетельствует о понтическом возрасте вохчабердской свиты.

На южных склонах Ширакского хребта в разрезе свиты можно выделить три литологические пачки: нижняя - грубообломочная, средняя - лигнитоносная, верхняя - грубообломочная. В песчано-глинистых породах средней пачки Б. Лейе [12] определен споро-пыльцевой комплекс, который полностью идентичен со споро-пыльцевым комплексом из нижней части угленосных отложений Мегринского района (нораревинская свита), где обнаружена флора понтического яруса [4]. В угленосных глинах у с. Мансян и Мец Сарпар по нашим сборам [7] Л. С. Манукян определил богатый споро-пыльцевой комплекс. Из лигнитоносной части разреза в туфопесчаниках найдены плохо сохранившиеся растительные остатки, среди которых П.Г. Гохтуну удалось определить папоротник *Pteridium sariagicum Gokth* (новый вид), что имеет верхнемиоценовый облик. В глинах и песчаниках были обнаружены обломки раковин *Volvata*, зубы рыб и остракоды. По С.А. Бубикян, в остракодовой фауне присутствуют представители рода *Herpitosyrpis*, который известен из верхнемиоценовых и плиоценовых отложений южных областей бывшего СССР.

Разрез рассматриваемых образований Цахкуняцкого хребта начинается туфоконгломератами, туффитами, пемзово-пепловыми породами, сменяющимися выше кислыми эффузивами и их пирокластолитами. Еще выше залегают туфобрекчии и туфоконгломераты, преимущественно среднего состава. В бассейне оз. Севан у с. Арцакар осадочные породы сарматского яруса несогласно перекрываются вулканогенно-осадочными образованиями нижнего-среднего плиоцена. В породах этого разреза найдены остракоды (6 видов), диатомей (24 вида) (определения Д.М. Халилова, С.Б. Бубикян, А. П. Жуче). Учитывая эти данные, а также стратиграфическое положение, возраст этих отложений Е.Е. Милановский [1] и А.А. Габриелян [4] определили как нижний и частично средний плиоцен, сопоставляя эти отложения с вохчабердской свитой Приереванского района.

Образования нижнего плиоцена имеют значительное развитие также на северных склонах Варденисского хребта. Здесь в районе с. Н.Шоржа разрез начинается белесоватыми кислыми лавами и их пирокластолитами (белесоватая свита), сменяющимися кверху крупнообломочными туфоконгломератами с прослоями и линзами песчаников, вулканических песков и пемзово-пепловых пород (вохчабердская свита) мощностью 300 м. В Варденисском районе имеются фашиально-стратиграфические аналоги мансянской угленосной пачки. Небольшие выходы их известны к СВ от с. Варденис в верховьях р. Угольная. Я.Б. Лейе и А.И. Каракешисян в породах нижней части разреза определили споропыльцевой комплекс, аналогичный комплексу Мансянского и Мегринского угленосных отложений [13].

**Нижний-средний плиоцен (джаджурская угленосная свита).** Выходы отложений этой свиты известны у северного подножия Ширакского хребта в небольшой котловине по правобережью верхнего течения р. Чичкан (Джаджурское месторождение бурого угля). Джаджурская свита представлена в основном чередованием алевролитов и глин, прослаиваемых слабосцементированными песчаниками, ракушечниками, углистыми и известковистыми глинами мощностью около 150 м. Свита включает 6 пластов бурого угля. Угленосные отложения с большим стратиграфическим

и эрозивными перерывом залегают на туфогенных породах и прорывающих их габбро-диоритах среднего эоцена.

Мнения о возрасте джаджурской свиты резко расходятся: верхний олигоцен-нижний миоцен (А.Т. Асланян), сармат (В.В. Богачев, С. М. Григорян), мэотис-понт (А.А. Паффенгольц). Несмотря на довольно детальные исследования, проведенные на джаджурском месторождении за последние годы, возраст свиты до сих пор нельзя считать окончательно установленным ввиду неопределенного стратиграфического положения и отсутствия руководящей фауны и флоры.

Я.Б.Лейе [12] в глинах джаджурской свиты определен споро-пыльцевой комплекс, существенно отличающийся от заведомо олигоценового не только составом, но и обилием представителей травянистой растительности, причем состав трав здесь совершенно иной. Подобный состав трав не встречается даже в миоцене и отмечен в более молодых отложениях плиоцена и постплиоцена. Этот комплекс отличается и от майсианского. Он значительно богаче представителями споровых растений, в его составе на фоне умеренно-теплолюбивых широколиственных форм появляется ряд вечнозеленых субтропических и тропических растений. Подобное явление отмечается и для мергинского споро-пыльцевого комплекса при переходе от понга к киммерию, что связано с потеплением, характерным для киммерия всего Закавказья. В связи с этим джаджурской споро-пыльцевой комплекс обнаруживает больше сходства с комплексом из верхней, собственно угленосной, части нораревикской свиты, возраст которой, по аналогии с Западной Грузией, относится к киммерийскому ярусу. Джаджурская свита отличается от угленосных отложений сс. Мансян и Мец Сарнар также по литологическому составу пород.

По данным М. С. Юзбашева, в песчанках джаджурской свиты были обнаружены остатки млекопитающих. В отложениях свиты пресноводная фауна представлена остатками *Planorbis*, *Volvata*, *Bythinia*, а также остатками рыб, которые имеют значительный диапазон распространения от олигоцена до наших дней. В этой фауне В.В. Богачевым определены *Bythinia gregoria*, *Volvata rupensis*, что, по его мнению, имеет миоценовый облик.

**Средний плиоцен (цахкуняцкая свита).** Образования вохчабердской свиты почти повсеместно несогласно перекрываются вулканогенными породами цахкуняцкой свиты. В северо-западной части синклинория в районе с. Мансян, Кармракар, М. Сарнар цахкуняцкая свита представлена андезитами, андезит-дацитами, дацитами, липарито-дацитами как в эффузивных, так и в экзугивных и субвулканических фациях мощностью до 200 м. Останцы этих пород сохранились на вершинах гор. Эти породы, по сравнению с нижележащими вулканогенно-обломочными образованиями вохчабердской свиты, относительно слабо дислоцированы и налегают на отложениях различных возрастов (от среднего эоцена до нижнего плиоцена включительно), что свидетельствует о наличии стратиграфического перерыва между вохчабердской и цахкуняцкой свитами. Верхний предел возраста цахкуняцкой свиты определяется тем, что по периферии Ширакской котловины она перекрывается долеритовыми базальтами и галечниками верхнего плиоцена и озерно-речными отложениями нижне-го-среднего плейстоцена.

По простиранию к юго-востоку рассматриваемые образования с некоторыми перерывами прослеживаются по гребневой зоне Цахкуняцкого хребта. Здесь в их составе преобладают андезиты, андезит-базальты, реже андезит-дациты, которые несогласно подстилается туфообломочными породами кислого состава. Абсолютный возраст эффузивных образований 5,5 млн. лет.

Среднеплиоценовые эффузивные образования имеют широкое развитие в юго-восточной части синклинория на северных склонах Варденисского хребта. Здесь у с. Н. Шоржа туфобрекчии и туфоконгломераты вохчабердской свиты кверху покрываются андезитами и андезит-дацитами мощностью 300 м. На некоторых участках (левобережье р. Сот) рассматриваемые породы залегают на угленосных отложениях нижнего плиоцена, а на участке с.Норадуз - г. Гавар перекрываются долерито-

товыми базальтами верхнего плиоцена. Радиологический возраст андезито-дацитов 5,0-6,0 млн. лет.

**Верхний плиоцен (лорийская свита).** Образования верхнего плиоцена в северо-западной части синклинория имеют значительное развитие, составляют Лорийское и Гукасянское вулканическое плато. Джавахетский хребет и представлены вулканическими образованиями сложного состава и строения. Во многих местах потоки лав простилаются пачками и линзами палеонтологически нехарактеризованных озерно-речных отложений. Кроме того, стратиграфическое соотношение отдельных групп пород этого сложного комплекса нередко не поддается непосредственному наблюдению.

Стратиграфическое расчленение вулканического комплекса, по данным Э.Х. Харазяна [8], представлена в следующем виде. В основании комплекса залегают липарито-дациты и обсидианы, которые имеют очень ограниченное развитие у с. Енне-л. Выше по разрезу залегают покровные долеритовые базальты, которые бронируют поверхность Лорийского и Гукасянского плато, потоки их спускаются вниз по течению р. Ахурян в Ширакскую котловину, а по ущелью р. Дзорaget - до Куринской депрессии. Мощность долеритового покрова достигает 300-350 м. Покровные долеритовые базальты имеют большое развитие и в других районах РА, повсеместно занимают одинаковое стратиграфическое положение в разрезе новейших вулканических образований и могут служить маркирующим горизонтом. Отсюда и важность точной датировки возраста долеритовых базальтов. В работах многих авторов (Г.М. Заридзе, И.Ф. Татришвили, А.Т. Асланян, Ц.Т. Акопян, П.И. Схиртладзе, А.А. Габриелян, А.К. Векуа, Э.Х. Харазян и др.) приводятся довольно убедительные данные о верхнеплиоценовом возрасте долеритовых базальтов. Долеритовые базальты залегают на размытой эродированной поверхности пород среднего плиоцена и более древних образований и покрываются нижнечетвертичными озерными отложениями Ширакской котловины. Согласно радиологическим данным возраст их равен 3-4 млн. лет. Возраст верхней части новейших вулканических образований (андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты, гиадодациты) Джавахетского хребта Э.Х. Харазяном [8] условно определяется как ниже-среднечетвертичный.

К верхнему плиоцену относятся валунно-галечные отложения обнажающейся по северному борту Ширакской котловины у южного подножия Ширакского хребта. Галечники состоят исключительно из хорошо окатанных обломков андезитов. Мощность их достигает 50-60 м. По данным бурения, озерная толща котловины подстилается также галечниками. Возможно, покров галечников несколько древнее долеритовых базальтов, поскольку, галечники залегают более или менее согласно с вохчабердской свитой, а долеритовые базальты вложены в глубокие ущелья, созданные на фоне этой свиты. К верхнему плиоцену относятся также пресноводно-озерные и пролювиальные отложения (150 м), развитые в юго-западной части бассейна оз. Севан на Сариканском мысу и в районе г. Гавар. Здесь нижняя часть разреза (сариканская свита) представлена туфопесчаниками, диатомитами, диатомитовыми глинами, пеплово-песчаными породами, туфами, туфобрекчиями, туфоконгломератами, а верхняя часть (норадузская свита) - галечниками, песками и пемзово-пепловыми отложениями. Верхнеплиоценовый возраст сариканской свиты определяется на основании содержащейся в ней фауны (диатомей, дрейссенсиды) и стратиграфического положения (она несогласно залегают на вулканогенно-осадочные породы нижнего-среднего плиоцена) [1,4].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Милаповский Е.Е. История формирования впадины оз. Севан. - БМОИП, отд. геол., 1952, т. XXVIII, в.3.
2. Милаповский Е.Е. Новые данные о строении неогеновых и четвертичных отложений бассейна оз. Севан. - Изв. АН СССР, сер. геол., 1952, №4.
3. Габриелян А.А., Тахтаджян А.А., Саркисян О.А. О возрасте угленосных отложений Дилижанского района. - ДАН Арм. ССР, 1958, т. 26, №3.
4. Габриелян А.А. Палеоген и неоген Арм. ССР. Изв-во АН Арм. ССР, 1964.
5. Асланян А.Т. Региональная геология Армении. Ер.: Айпетрат, 1958.
6. Саркисян О.А., Арутюнян М.Е. К вопросу о стратиграфическом расчленении дилижанской свиты. - Уч. зап. ЕГУ, 1970, №3.
7. Саркисян О.А. Геологическое строение и история тектонического развития Севано-Ширакского синклинория. - Автореф. док. диссерт., Ер., 1973.
8. Харазян Э.Х. Геология новейших вулканических образований северо-западной части терр. Арм. ССР. - Автореф. канд. диссерт., Ер.: 1970.
9. Саркисян О.А. Палеоген Севано-Ширакского синклинория. Изд-во Митк., 1966.
10. Асратян В.П., Саркисян О.А., Саядян А.П. Мезозойские формации олигоцен-миоцена Арм. ССР и условия их образования. - Сб. науч. трудов к 50-летию геологического факультета. Изд-во. ЕГУ, 1988.
11. Асратян В.П., Саркисян О.А., Саядян Ю.В., Мовсесян М.А. Строение и условия формирования вохчабердской вулканогенно-осадочной свиты. - Уч. зап. ЕГУ, 1978, №3.
12. Лейс Я.Б., Лейс Ю.А. К вопросу о возрасте третичных вулканогенно-осадочных образования Ширакского хребта. - ДАН Арм. ССР, 1960, т. 31, №2.
13. Меликян Л.С. Возраст и условия формирования верхнетретичных вулканогенно-осадочных толщ Зодского рудного поля. - Изв. АН Арм. ССР: Науки о Земле, 1967, №4.

Հ.Տ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

### ՍԵՎԱՆ-ՇԻՐԱԿԻ ՍԻՆԿԼԻՆՈՐԻՈՒՄԻ ՆԵՈԳԵՆԻ ՇԵՐՏԱԿՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

#### Ա մ փ ո փ ո մ

Սևան-Շիրակի նեոգենի կտրվածքում առանձնացվում են հետևյալ շերտագրական ստորաբաժանումները. վերին օլիգոգեն-ստորին միոգեն (Դիլիջանի շերտախումբ՝ ածխաբխտումակիր նստվածքներ), միջին միոգեն (կոնկի հարկ՝ կոնգլոմերատներ, ավազաքարեր, խեցաքարեր), վերին միոգեն (սարմատյան հարկ, արծվաքարի շերտախումբ՝ կավեր, կրաքարեր), ստորին պլիոգեն (պունտոսի հարկ, Ողջաբերդի շերտախումբ՝ հրաբխաբեկորային ապարներ), միջին պլիոգեն (Ջաջուռի շերտախումբ՝ ածխաբեի նստվածքներ, ծաղկունյաց շերտախումբ՝ անդեզիտադալայտային ապարներ), վերին պլիոգեն (Լոռու շերտախումբ՝ դոլերիտային բազալտներ):

*Աշխարհագրություն*

УДК 551.432

Պ.Գ. ԳԱՎԹՅԱՆ

**ՀԱՎԱՍԵԼԱՎԱՅԻՆ ՄԻՋՈՑԱՌՈՒՄՆԵՐԻ ՍՇԱԿՄԱՆ ՀԱՐՑԵՐԸ ՎԱՅՔ-  
ՋԱՆԳԻՆԻՐԻ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆԻ ՕՐԻՆԱԿՈՎ**

Սելավների գրեթե ամեն տարի մեծ վնաս են հասցնում հանրապետության ժողովրդական տնտեսությանը, այդ թվում գյուղական հողահանդակներին, ավտոճանապարհներին, երկաթուղիներին, ոռոգման համակարգերին: Սելավներից տուժում են քաղաքներ, գյուղեր և գանազան օբյեկտներ: Չնայած դրան մինչև օրս հանրապետությունում գոյություն չունի հակասելավային միջոցառումների իրականացման պլանավորված համակարգ:

Վայք -Զանգեզուրի տարածքում հակասելավային միջոցառումները պետք է կատարվեն ամենայն լրջությամբ, քեև դրանք կարող են պահանջել մեծ ծախսեր: Նկատենք, որ բազմակի պակաս կլինեն այդ ծախսերը, քան միջին սելավաբերության մեկ սելավի հասցրած վնասը:

Միայն Հայաստանի Հանրապետությունում տարեկան պահանջվում է երեք հարյուր հազար ռուբլի սելավներից վնասված երկրագծերի վերականգման համար [1]: Եվ եթե այդ գումարը վերածենք այսօրվա թվերին, ապա կտացվի շատ ավելի, քան 300 հազար դոլարը:

Ակնհայտ է, որ հակասելավային միջոցառումների միայն համալիր իրականացմամբ կարելի է հասնել բնության այդ վնասակար երևույթի կանխմանը և լանդշաֆտների հավասարակշռության պահպանմանը [2]:

Ծանոթանալով մի շարք մասնագետների նմանատիպ աշխատանքներին [3-5], ձեռքի տակ ունենալով քննարկվող տարածքի տարբեր տիպի սելավային օջախների, առանձին սելավային հոսքերի բնութագրերը, հանգեցվածք այն հետևության, որ յուրաքանչյուր սելավային ավազան ունի սելավագոյացման ուրույն պայմանները: Հետևաբար սելավավտանգ իրավիճակների վերլուծությունը պահանջում է հակասելավային միջոցառումների իրականացման անհատական մոտեցում: Եվ որպեսզի հակասելավային միջոցառումները լինեն առավել արդյունավետ, պետք է հաշվի առնել հետևյալը:

1. Սելավային հոսքերի ձևավորման պատճառների և սելավագոյացման մեխանիզմի առանձնահատկությունները:

2. Սելավագոյացման մասշտաբները, որոնք իրենց մեջ ներառում են սելավային հոսքերի ծախսը, գանգվածի կազմն ու հագեցվածությունը:

3. Սելավային ավազանի կառուցվածքը, ջրագրական ցանցի պատկերը, որոնք պայմանավորում են սելավային երևույթների բնույթը:

4. Սելավավտանգ շրջաններում տեղաբաշխված օբյեկտների տեղադիրքը:

Պայքար սելավների դեմ անկախաբար է տանել երկու ուղղությամբ:

ա/ Սելավների ձևավորման կանխում, մասնավորապես Զանգեզուրի տեղագրու-ձևաբանական պայմաններում: Այդպիսիք են լանջերի բուսապատումը և ամրացումը, գյուղատնտեսական աշխատանքների ճիշտ կազմակերպումը, անասնահոտերի արու-

տի պլանավորումը, լանջերի դարավանդավորումը, մացառուտային բուֆերային գոտիների ստեղծումը, սելավային օջախների, բափոնների ամրացումը և այլն:

բ/ Պայքար անմիջապես սելավային հոսքերի դեմ: Այս կարգի միջոցառումների շարքին են պատկանում բերուկավորակ գոգերի ստեղծումը, հունների խորացումն ու ամրացումը, հունների մաքրումը արդյունաբերական և այլ բափոններից, սելավաթուղ կառույցների ստեղծումը, միջսելավային ժամանակահատվածում հունների վտանգավոր տեղամասերի արևեստական փյուզումը և մաքրումը, ճանապարհինների և կամուրջների կարգավորումը:

Վայք-Ջանգեզուրի խաչոր սելավային հոսքերի ավազաններում հակասելավային միջոցառումները խմբավորել ենք հաշվի առնելով վերը նշված երկու ուղղությունները:

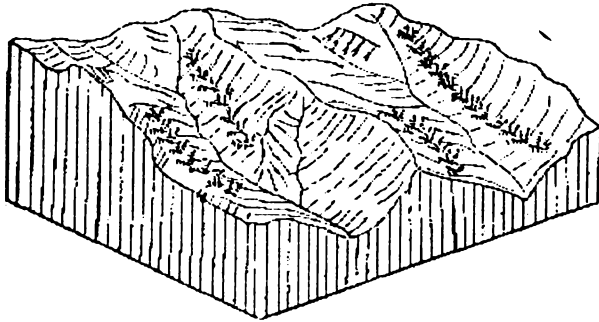
#### Ա ՍԵԼԱՎԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅՅՐՆԵՐԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԿԱՆՈՒՄԸ

Լանջերի բուսապատումը մեծ նշանակություն ունի սելավային հոսքերի պինդ ֆազի բույսացնելու, անգամ բացառելու գործում: Բուսածածկույթը խիտ արմատային ցանցով ամրացնում է լանջերը: Բուսապատման համար պետք է ընտրել այնպիսի բուսատեսակներ, որոնք ունենան զարգացած, խիտ արմատային ցանց: Որպես այդպիսիք կարող են ծառայել բարկոսրուկը և վայրի առփույտը: Ստեղծված բուսածածկույթը պահպանելու համար պետք է որոշ չափով լուծվի նաև ոռոգման հարցը: Վերջինը կարելի է իրականացնել լանջերից հոսող ժամանակավոր հոսքերի ուղղությունը լանջերի երկայնքով շեղելու միջոցով: Գեներակվող տարածքում բուսապատման աշխատանքներ անհրաժեշտ է իրականացնել Շվանիծոր-Նյուվաղի սելավային ենթաշրջանի բոլոր հոսքերի ավազաններում, քանի որ այս հոսքերը զարգացած են, մասնավորապես, հարավսևարյաց բուսագործ լանջերին: Այսպիսի պայմաններում աչքի են ընկնում նաև Աղբյի գետի աջակողմյան, Ջանգեզուրի լեռնաշրջանի բուսագործ լանջերից սկիզբ առնող վտակների ավազանները: Մասնավորապես, բուսապատման աշխատանքներ պետք է իրականացնել Վարդանաձոր, Կալեր, Նորաշենիկ, Նամազու, Գլածոր, Սիսիան գետակների, Գորիսգետի, Ռոջիի վերին հոսանքի մի շարք վտակների ավազաններում: Այս կարգի աշխատանքներ պահանջվում են նաև Հոլա, Աղավնաձոր, Երվին, Հերիեր հոսքերի ավազաններում՝ 2500-3000 մ<sup>2</sup> բարձրություններում, Շղարշիկ հոսքի միջին հոսանքի շրջանում, Մալիշկա, Ագարակաձոր՝ 2300 մ<sup>2</sup> բարձրություններում, Գոմոր, Էռնաշեն, Կավարա, Գեղանուշ հոսքերի վերնազավազաններում:

Հակասելավային հաջորդ միջոցառումը անմիջապես բխում է առաջինից և նպաստում նրա պահպանմանը: Այդպիսին է անասնահատերի արոտի պլանավորումը: Այս միջոցառման կիրառումը կապված հանրապետության տարածքում հողերի սեփականացնումն ունեցող կապուղ է առանձնակի դժվարություններ ունենալ, սակայն այն համարվում է կարևոր միջոցառում, և իրականացմանը պետք է հովանավորեն տեղի իշխանությունները, այսպես իր նշանակությունը կկորցնի նաև բուսապատման միջոցառումը: Անասնահատերի արոտի պլանավորումը կարևոր նշանակություն է ստանում հատկապես սելավային այնպիսի ավազանների համար, որոնցում այս միջոցառման իրականացումը կբացառի սելավների ձևավորումը: Այդպիսի սելավային ենթաշրջան է համարվում Շիվահողի ենթաշրջանը, որտեղ տարածված սելավային հոսքերը աչքի են ընկնում բոլոր սելավաբերությունը և չկան առանձնապես արտահայտված սելավային օջախներ, հետևաբար այդ ավազաններում բավարար է իրագործել միայն վերը նշված հակասելավային միջոցառումները:

Լանջերի դարավանդավորումը նույնպես պայքարի արդյունավետ ձևերից է, որն ամրացնում է հովիտների լանջերը և կանխում պինդ նյութերի ընդգրկմանը սելավի ձևավորմանը: Նվաստենք, որ ստեղծվելիք դարավանդները անշուշտ պահանջում են բուսապատում: Դարավանդավորման առավելապես պետք է իրականացնել Մեղրի գետի աջակողմյան Ջանգեզուրի լեռների արևելահայաց դիրքադրության լանջերից սկսվող հոսքերի ավազաններում: Այս հոսքերի տեղամասով ձգվում է խորքային բեկվածք, որով և պայմանավորված են սվլալ գոտու լանջերի մեծ թեքությունները (20-

30"): Այստեղ կլիման չոր է, որի պատճառով էլ լանջերը գրեթե բուսագուրկ են և էրոզացված: Նմանատիպ աշխատանքներ պետք է իրականացվեն Սալիզետի միջին հոսանքում, Մալիչկա, Արծվանիկ, Ելփին գետակների վերին հոսանքների աջակողմյան լանջերին, Ադավնաձոր, Հորս, Գորիսգետ, Խնամախ, Մալե հոսքերի վերնագավառներում, Շվանիձոր, Հայկաձոր, Նյուվադի գետակների ավազաններում:



Նկ. 1. Մացառուտային գոտի:

Մացառուտային բուֆերային գոտիների ստեղծումը (նկ. 1) ունի կարևոր նշանակություն և վերը նշված միջոցառումների հետ համատեղ նպաստում է սերավային երևույթների կանխմանը: Պայքարի թվարկված ձևերը ըստ էության համարվում են միմյանց օրգանական շարունակությունը:

Մացառուտապատում կարելի է իրականացնել այնպիսի ավազաններում, ուր վերը նշված միջոցառումների կիրառումը անհնար է կամ սակավ արդյունավետ: Մացառուտներն առանձնապես ոռոգում չեն պահանջում և կարելի է ստեղծել ամենուրեք, անգամ մեծ թեքության լանջերին, որտեղ դարավանդափորում անհնար է կիրառել: Մացառուտները կձուռայեն իբրև արգելապատնեշ լանջային թափվածքների և փլվածքների համար: Այսպիսով կբացատեն պինդ նյութի մասնակցությունը սելավների ձևավորմանը:

Անհրաժեշտ է մացառուտապատել Ելփին, Մալիչկա, Գլաձոր, Հերիեր, Ագալակաձոր, Ալլիգետ, Խնձորոտ, Սպիտակաջուր, Քարաշեն, Գեղի սերավային հոսքի ավազանները, ինչպես նաև Ռոջի, Մուրի գետերի ավազանների համակարգը:

Վերը նշված բոլոր միջոցառումները վերաբերում են սելավների դեմ ձեռնարկվող առաջին ուղղությանը, այսինքն մինչև սելավաձևավորումը:

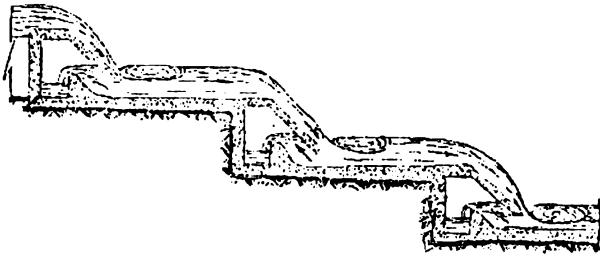
#### ԲՈՒՆՔԱԲԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ԿՈՆՍԵՐՎԱԿԱՆ ՀՈՍՔԵՐԻ ԳԵՄ

Ընդլայնական դարավանդների ստեղծում (նկ. 2): Պայքարի այս միջոցն ունի մեծ արդյունավետություն: Ընդլայնական դարավանդների միջոցով գետի հունում ստեղծվում են աստիճանական ջրանկումներ, որոնց շնորհիվ հոսքի կողմից տեղափոխվող բեյուկների մեծ մասը մնում է դարավանդների վրա և բացառում նրանց հետագա մասնակցությունը սերավային երևույթներին:

Ելնելով ուսումնասիրվող տարածքի սելավային հոսքերի ավազանների տեղագրական առանձնահատկություններից՝ պայքարի տվյալ ձևը ավելի նպատակահարմար ենք գտնում առաջարկել հետևյալ հոսքերի ավազանների համար:

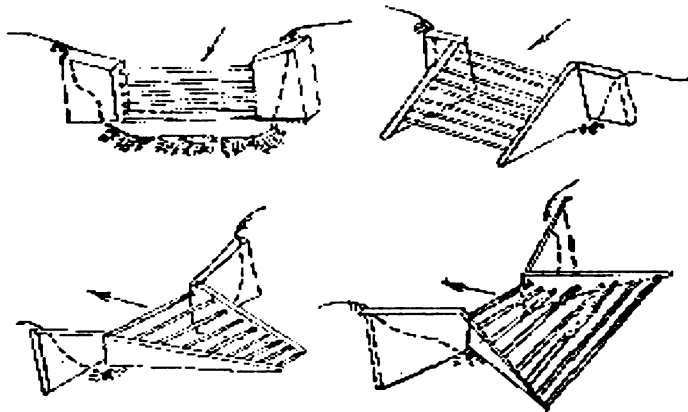
Ճիրանաձոր գետակը սկիզբ է առնում Զանգեզուրի լեռներից և թափվում Ալաքս գետը: Սա մեծ վնաս է հասցնում Երևան - Բաքու երկաթգծի Օրդուբադ - Կարճևան հատվածին: Եվ որպեսզի վտանգավորության աստիճանը թուլացվի, անհրաժեշտ է կիրառել նշված միջոցառումը:

Նմանատիպ միջոցառում անհրաժեշտ է կիրառել նաև Քարազյուխ գետակի հունում, որ մեծ թեքության պատճառով լանջերում գոյանում են խճախուսքեր և հովտի քաղվեզը հաճախ լցված է լինում քեկորային նյութերով:



Նկ. 2- Բնոյայնական դարձանդերով:

Բերուկավորսիչ գոգերի ստեղծումը ևս պայքարի արդյունավետ միջոց է, որի շնորհիվ սելավային հոսքերի ավազաններում գոյացած փխրուն նյութերը (զլաքարեր, փլվածքային նյութեր, մորեններ և այլն) կկուտակվեն բերուկավորսիչ գոգերում: Բերուկավորսիչներ կարելի է ստեղծել Աղավնաձոր, Մալիգետ, Արտավան, Կարբ, Գորիսգետ, Գեղի, Կալեր գետակների հոսքերի վերնագավառներում, ինչպես նաև Մալիչկա, Մալև, Շվանիձոր, Նյուվաղի, Արջաձոր, Խոտանան գետակների հոսքերի միջին հոսանքներում:



Նկ. 3- Սելավաթող շինություններ:

Սելավաթող շինությունների կառուցումը (նկ. 3) բավականին արդյունավետ և դյուրին միջոցառում է: Կարելի է կառուցել սելավային գտնկացած հովտում: Սրանք հոսքի կողմից բերվող կոշտ նյութերի մի մասը արգելակում են և նվազեցնում հոսքի խտությունը: Այս կառույցներն ունեն ևս մի առավելություն՝ գայլոթյուն ունեն սելավաթողների բազմազան ձևեր: Ի դեպ այդպիսիք հեշտ է հարմարեցնել տեղագրական պայմաններին: Այս կառույցները կարելի է իրականացնել երկարյա կամ երկաթ-բետոնե կոնստրուկցիաների և նույնիսկ պողպատյա պարանների միջոցով:



Մանրակրկիտ հետազոտությունները հսնգեցրել են այն եզրակացություն, որ նպատակահարմար է սելավարողեր ստեղծել Դաբ, Գորիսգետ, Վաչագան, Գեղանուշ, Բաղսցքար, Զվարի, Կարճասն, Վարիսվար, Ալջաձոր, Խոտանան, Արծվանիկ, Գլխաթաղ սելավային հոսքերի հուններում:

**Հունների խորացում և ուղղում:** Այս միջոցառումը իրականացնելուց հետո կարելի կլինի լուծել մի քանի հարցեր, որոնք ուղղված կլինեն սելավների ուժի բուլացմանը կամ վնասագեթմանը: Հուների խորացմամբ նախ կնկուսացվեն հունների ափերին կուտակված ալյուվիալ նստվածքները, ապա՝ հուների խորացումը կնպաստի հակասելավային մեկ ուրիշ միջոցառման իրականացնելուն՝ կամուրջների բողոնակություն մեծացմանը: Հուների ուղղում պետք է կատարել իմնականում այն տեղամասերում, որտեղ նրանք գալարում են: Հուների պատերը պետք է ամրացվեն ցանցազամբյուղների միջոցով: Նշված միջոցառումը պետք է իրականացնել Մալիշկա հոսքի ստորին հոսանքում՝ Լոյգնաձոր - Սիսիան ավտոճանապարհի կամուրջի բողոնակությունը մեծացնելու նպատակով: Զանցազամբյուղային միջոցառումներ պետք է իրականացվեն նաև Ալյոզետի, Ողջիի միջին, Կավարտի ստորին, Նորաշենիկի միջին և ստորին հոսանքների հուններում:

Ալջսելավային ժամանակահատվածի ընթացքում պետք է հունամերձ սելավային պոտենցիալ գանգվածների փլուզել, հետագայում դրանք մաքրելու պայմանով:

Կարևոր միջոցառում է նաև սելավային հոսքը շեղող առվափոսերի ստեղծումը, որի շնորհիվ հնարավորություններ են ստեղծվում սելավային հոսքերի մի մասը, երբեմն ամբողջ հոսքը ուղղել հարևան գետավազան թեթևացնելով տվյալ սելավային հունի ծանրաբեռնվածությունը:

**Հուների մաքրումը և թափոնների ամրացումը** յուսցնում են միմյանց, հետևաբար սրանց իրականացումը պետք է քննարկվի միասին: Սրանք անխուսժշտ է իրականացնել հատկապես Ողջի գետի և նրա մի քանի վտակների հուններում: Քաջարանի հանքահարստացուցիչ կոմբինատի րափոնները կուտակված են հուններում րափոնատարների ձևով և համարվում են սելավային պոտենցիալ գանգվածներ: Հուների մաքրումը կնպաստի նյուրի չեզոքացմանը: Իսկ այն տեղամասերում, որտեղ մաքրումը հնարավոր չէ, պետք է ուղղակի րափոնները ամրացվեն բետոնապատմամբ: Այն տեղամասերում, որտեղ սելավները ձևավորվում են սողանքային օջախների ներգործությամբ, կարելի է կիրառել նմանատիպ ամրացում:

Այսպիսի միջոցառման կարիք ունեն Ողջիի միջին հոսանքը, Գևրաճուշի, Փխրուտի, Արծվանիկի, Կավարտի, Ագարակի ավազանների րափոնատարները և րափվածքները:

**Կամուրջների կարգավորումը** ուղղված է նրանց բողոնակության մեծացմանը: Այսպես փոքր բողոնակության կամուրջները սելավի միջոցով կարող են փլվել կամ խցանվել՝ նպաստելով սելավային ավերածությունների մեծացմանը: Անխուսժշտ է իրականացնել Մալիշկա հոսքի վրա գտնվող Լոյգնաձոր-Սիսիան ավտոճանապարհի և Կավարտ, Վաչագան գետակների ստորին հոսանքների կամուրջների բողոնակության մեծացման աշխատանքները: Նման միջոցառումներ են պահանջում նաև Մեղյու կիրճի երկարությամբ և Քաջարան-Մեղյու ավտոճանապարհի մի քանի կամուրջներ: Մանավանդ այժմ երկարգծի ժամանակավոր դաղարի պատճառով լիովին նպաստավոր պայմաններ են ստեղծվել կամուրջների վերակառուցման համար:

**Ճանապարհների կարգավորում:** Հննարկվող տարածքը վերջին ժամանակներս ձեռք է բերել տնտեսական և ուսումնական կարևոր նշանակություն: Ստեղծված քաղաքական իրավիճակում մեծացել է տարածքի նշանակությունը նաև արտաքին տնտեսական կապերի տեսանկյունից: Այն կարևորվում է նրանով, որ տարածքով են անցնում ՀՀ-ը ԷՂՀ-ին և Իրանի Իսլամական Հանրապետությանը կապող ճանապարհները, հետևաբար և սրանց պահպանումը կենսական նշանակություն ունի: Վերջիններս սելավներից կարելի է պաշտպանել խճուղու եզրերով ջրատարներ ստեղծելու միջոցով:

Այսպիսով կարող ենք նշել, որ միջոցառումների միայն համալիր իրականացումը կարող է ունենալ ցանկալի արդյունավետություն:

Միաժամանակ հարկավոր է նշել, որ այս միջոցառումները չեն կարող լիովին բացառել սելավային երևույթները, հետևաբար արաբաբար սելավների դեմ նպատակ ունի գոնե հնարավորին չափ թուլացնելու անգամ բացառելու սելավների ազդերիչ ուժը:

*Ֆիզիկական աշխարհագրության ամբիոն*

*Ստադիա է 13.03.1996*

#### Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. **Ногансон В.Е.** Об ущербе от селей и стоцмость против селевых мероприятий. - В кн. Селевой поток, 1968, с. 79-83.
2. **Назарян Х.Е.** Характеристика отдельных селеопасных бассейнов. - В сб. Вопросы географии, Изд-во ЕГУ, 1984, с. 195.
3. **Херхеуидзе И.Н.** Вопросы регулирования селевых русел сквозным селеуловителем из сборного железобетона. - В кн. Селевые потоки и горные русловые процессы, Изд-во АН Арм. ССР, 1968, с. 35-55.
4. **Сельх Р.В.** и др. Селевашига г.Алма-Ата. - В кн. Селевые потоки и горные русловые процессы, Изд-во АН Арм. ССР, 1968, с. 11-25.
5. **Агаханян Г.К.** Борьба с селями в связи с задачами орошения в Арм. ССР и некоторые вопросы селевашиги г. Еревана. - В кн. Селевые потоки и горные русловые процессы, Изд-во АН Арм. ССР, 1968, с. 25-35.

П.Г. ДАВТЯН

### **ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОСЕЛЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ВАЙК-ЗАНГЕЗУРСКОГО РЕГИОНА**

#### **Резюме**

На примере Вайк-Зангезурского региона отработаны противоселевые мероприятия. Выделяются два направления противоселевых мероприятий. Первое - это действия, направленные против образования селей, в состав которых входят следующие мероприятия: правильный выбор сельскохозяйственных работ, террасирование склонов гор, укрепление селевых очагов, организация фриганоидных буферных зон. Второе - это действия против селевых стоков, в состав которых входят: укрепление русел селей, селепропускные сооружения, очистка русел от твердых частиц, сооружение селеуловителей и т.д..

УДК 517.9

Г.Р. ОГАНЕСЯН, Е.А. ТАРОЯН

**УСТОЙЧИВОСТЬ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ  
СЛАБО ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ  
ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА**

Классическая теория корректности задачи Коши для строго гиперболических дифференциальных уравнений основана на методе энергетических оценок (теория Лере-Горднга). В основе вывода этих оценок лежит обобщение классической формулы энергии, которая применима для строго гиперболических уравнений, однако неприменима для слабо гиперболических уравнений. Для слабо гиперболических уравнений адиабатические инварианты дают обобщение формулы энергии, с помощью которой мы доказываем энергетические оценки. Из этих оценок можно вывести теоремы корректности задачи Коши для слабо гиперболических уравнений.

В настоящей работе мы демонстрируем применение адиабатического инварианта (см. [1]) в изучении задачи Коши для слабо гиперболического уравнения в частных производных IV порядка, имеющего вид

$$Pu = 0, \quad 0 < t \leq T, \quad x \in R, \tag{1}$$

где

$$P = \partial_t^4 - (\omega_1^2 + \omega_2^2) \partial_t^2 \partial_x^2 + \omega_1^2 \omega_2^2 \partial_x^4 + d_{30} \partial_t^3 + d_{21} \partial_t^2 \partial_x + d_{12} \partial_t \partial_x^2 + d_{03} \partial_x^3 + d_{20} \partial_t^2 + d_{11} \partial_t \partial_x + d_{02} \partial_x^2 + d_{10} \partial_t + d_{01} \partial_x + d_{00},$$

все коэффициенты уравнения  $\omega_i, d_{ij}$  зависят только от временной переменной  $t$ , причем функции  $\omega_i$  вещественны и  $\omega_i(0) = 0$  ( $i = 1, 2$ ),

$$u(0, x) = u_0(x), \quad u_t(0, x) = u_1(x), \quad u_{tt}(0, x) = u_2(x), \quad u_{ttt}(0, x) = u_3(x), \tag{2}$$

где  $u_i^{(\alpha-1)} \in L_2(R), \alpha, i = 1, \dots, 4$ .

Слабая гиперболичность уравнения (1), т.е. вещественность корней его характеристического уравнения, следует из вещественности функций  $\omega_{1,2}(t)$ .

**Определение.** Задачу Коши (1), (2) назовем устойчивой с потерей гладкости, если для всех решений  $u = u(t, x)$ , удовлетворяющих условиям

$$\partial_t^\alpha \partial_x^\beta u \in C([0, T] \times R), \quad |\partial_t^\alpha \partial_x^\beta u| \leq g(x) \in L_1(R), \quad \alpha + \beta \leq 4, \tag{3}$$

имеют место энергетические оценки

$$\|\partial_t^{k-1} u(t, x)\| \leq C \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^4 \|u_{j,r}^{(k-1)}(x)\|, \quad k = 1, \dots, 4, \tag{4}$$

где  $\|f(t, x)\| = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t, x)|^2 dx$  есть  $L_2(R, \cdot)$ -норма функции  $f, C$  - абсолютная постоянная.

Задачу Коши назовем корректной, если ее решение класса (3) существует, единственно и выполнено условие устойчивости. Для строго гиперболических уравнений известна корректность задачи Коши в пространствах Соболева (теория Петровского-Лере [2-4]). В случае слабо гиперболических уравнений для корректности задачи Коши, кроме обычных условий гладкости коэффициентов, необходимо накладывать условия на младшие коэффициенты [5]. Для задачи (1), (2) мы находим условия для младших коэффициентов, при выполнении которых эта задача устойчива, а решение единственно.

Введем обозначения:

$$\begin{aligned}
 S_0 &= i\omega_1, \\
 S_1 &= \frac{d_{02} + d_{12}\omega_1 + d_{21}\omega_1^2 + d_{30}\omega_1^3 - \omega_1'(\omega_2^2 - 5\omega_1^2)}{2\omega_1(\omega_2^2 - \omega_1^2)}, \\
 S_2 &= \frac{d_{02} + d_{12}\omega_1 + d_{21}S_1 - iS_0d_{11} - d_{20}S_0^2 - (id_{21} + 3d_{30}S_0)(S_0S_1 + S_1')}{2i\omega_1(\omega_2^2 - \omega_1^2)} - \\
 &\quad - \frac{6S_0S_1^2 + 6S_0(S_0S_1 + 2S_1S_0) + 4S_0S_0'' + 3S_0'^2 + (\omega_1^2 + \omega_2^2)(S_1^2 + S_1')}{2i\omega_1(\omega_2^2 - \omega_1^2)}, \\
 S_3 &= - \frac{id_{01} + d_{10}S_0 + id_{11}S_1 + d_{20}(2S_0S_1 + S_0') - d_{12}S_0 + id_{21}(S_1^2 - 2S_0S_2 + S_1')}{2i\omega_1(\omega_2^2 - \omega_1^2)} - \\
 &\quad - \frac{3d_{30}S_0(S_1^2 + S_0S_2) + 3(S_0S_1 + S_0'') + 4S_0'S_1(S_1^2 + 3S_0S_2) + 4(S_0S_1'' + S_1S_0'')}{2i\omega_1(\omega_2^2 - \omega_1^2)} - \\
 &\quad - \frac{6(S_0^2S_2' + 2S_0S_1 - 1S_1' + S_1^2S_0') + S_0''' + (\omega_1^2 + \omega_2^2)(2S_1S_2 + S_2')}{2i\omega_1(\omega_2^2 - \omega_1^2)}, \\
 M_0 &= -2S_0, \\
 M_1 &= \frac{d_{12} + \omega_1^2d_{30} + 4S_0'S_0' + 2S_1(\omega_1^2 - \omega_2^2)}{\omega_2^2 - \omega_1^2}, \\
 M_2 &= \frac{d_{30}M_1S_0 + M_0' - id_{21}(M_1 + 2S_1) + id_{11} + 2S_0M_1(M_1 + 2S_1)(3M_0M_1 + M_0')}{\omega_2^2 - \omega_1^2} - \\
 &\quad - \frac{6(S_0'M_1 + S_1'M_0) - 4(S_0M_1' + S_1M_0') + (12S_0S_1 + 4S_0')' - 2S_2(7\omega_1^2 + \omega_2^2)}{\omega_2^2 - \omega_1^2}, \\
 N_0 &= i(\omega_1 + \omega_2), \\
 N_1 &= \frac{N_0N_0''(3M_1 + 4S_1) - d_{30}\omega_1 + 6S_0S_1 - 3S_0' + 8(S_1M_0 + S_0M_1) + 12S_0S_1 + id_{21}}{2\omega_1}.
 \end{aligned}$$

Пусть коэффициенты уравнения удовлетворяют следующим условиям: функции  $\omega_1, \omega_2 \in C^6([0, T])$  вещественны,  $\omega_{1,2}(0) = \omega_{1,2}'(0) = \omega_{1,2}''(0) = 0$ , (5)

$$S_1 \in C^5([0, T]), S_2 \in C^4([0, T]), S_3, M_1, M_2, N_1 \in C^3([0, T]). \quad (6)$$

*Теорема.* Пусть условия (5), (6) выполнены. Тогда задача Коши (1), (2) устойчива с потерей гладкости.

*Доказательство.* Преобразование Фурье решения  $u = u(t, x)$  обозначим через

$$\bar{u} = \int_{-\infty}^{\infty} u(t, x) \exp(-i\lambda x) dx.$$

Функция  $\bar{u} = \bar{u}(\cdot, \lambda) \in C^4([0, T])$  является решением уравнения

$$\hat{P}\bar{u} = 0, \quad 0 < t \leq T, \quad -\infty < \lambda < \infty, \quad (7)$$

где

$$\hat{P} = D_t^4 + \lambda^2(\omega_1^2 + \omega_2^2)D_t^2 + \lambda^4\omega_1^2\omega_2^2 + d_{30}D_t^3 + i\lambda d_{21}D_t^2 + d_{20}D_t^2 - \\ - \lambda^2 d_{12}D_t + i\lambda d_{11}D_t + d_{10}D_t - i\lambda^3 d_{03} - \lambda^2 d_{02} + i\lambda d_{01} + d_{00},$$

с данными Коши

$$D_t^i \bar{u}(0, \lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} u_i(x) \exp(-i\lambda x) dx, \quad i = 0, \dots, 3.$$

Решение  $\hat{u} = \bar{u}(t, \lambda)$  можно представить в виде линейной комбинации фундаментальной системы решений уравнения (7). Возьмем вместо точной фундаментальной системы решений приближенные решения и представим решение  $\hat{u}$  в виде

$$D_t^{k-1} \bar{u} = \sum_{i=1}^4 u^i D_t^{k-1} \varphi_i, \quad i, k = 1, \dots, 4, \quad (8)$$

где  $u^i$  - неизвестные функции, а функции  $\varphi_i$  при  $|\lambda| > 1$  определим следующим образом:

$$\varphi_1 = \exp \int_0^t \left( \lambda S_0 + S_1 + \frac{S_2}{\lambda} + \frac{S_3}{\lambda^2} \right) dt, \quad \varphi_2 = \varphi_1 \int_0^t \varphi_{21} dt,$$

$$\varphi_3 = \varphi_1 \int_0^t \varphi_{31} dt, \quad \varphi_4 = \varphi_1 \int_0^t \varphi_{41} dt,$$

где

$$\varphi_{31} = \varphi_{21} \int_0^t \varphi_{32} dt, \quad \varphi_{41} = \varphi_{21} \int_0^t \varphi_{42} dt, \quad \varphi_{42} = \varphi_{32} \int_0^t \varphi_{43} dt,$$

$$\varphi_{21} = \exp \int_0^t \left( \lambda M_0 + M_1 + \frac{M_2}{\lambda} \right) dt, \quad \varphi_{32} = \exp \int_0^t (\lambda N_0 + N_1) dt, \quad \varphi_{43} = \frac{1}{\varphi_1^4 \varphi_{21}^3 \varphi_{32}^2}.$$

Прямыми вычислениями получим

$$W(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4) = \varphi_1^4 W(\varphi_{21}, \varphi_{31}, \varphi_{41}) = \varphi_1^4 \varphi_{21}^3 W(\varphi_{32}, \varphi_{42}) = \varphi_1^4 \varphi_{21}^3 \varphi_{32}^2 \varphi_{43} = 1.$$

При  $|\lambda| \leq 1$  определим

$$\varphi_1 = 1, \quad \varphi_2 = t, \quad \varphi_3 = \frac{t^2}{2}, \quad \varphi_4 = \frac{t^3}{6}.$$

Из (8) дифференцированием получим систему уравнений

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^4 D_t^k \varphi_i D_t u^i = 0, \\ \sum_{i=1}^4 D_t^3 \varphi_i D_t u^i = -\sum_{i=1}^4 u^i \hat{P} \varphi_i \end{cases} \quad k = 0, 1, 2,$$

откуда имеем

$$D_t u^i = -\frac{\Phi_{4i} \sum_{k=1}^4 u^k \hat{P} \varphi_k}{W(\varphi_1, \dots, \varphi_4)} = -\Phi_{4i} \sum_{k=1}^4 u^k \hat{P} \varphi_k.$$

Умножив полученное выражение на  $\bar{u}'$  с обеих сторон и суммируя по индексам  $i = 1, \dots, 4$ , получим

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 D_i |u'|^2 &\leq C \sum_{i,k} |\Phi_{4i}| \left( |u^k|^2 + |u'^k|^2 \right) |\bar{P}\varphi_k| = \\ &= C \sum_{i,k} |\Phi_{4k}| \bar{P}\varphi_i \|u'\|^2 + C \sum_{i,k} |\Phi_{4i}| \bar{P}\varphi_k \|u'\|^2 \leq C \max_{1 \leq i,k \leq 4} \{|\Phi_{4i}| \bar{P}\varphi_k\} \sum_{i=1}^4 |u'|^2. \end{aligned}$$

Обозначив  $E = \sum_{i=1}^4 |u'|^2$  и интегрируя полученное неравенство по  $t$ , получим

$$E \leq E(0, \lambda) \exp C \int_0^t \max_{1 \leq i,k \leq 4} \{|\Phi_{4i}| \bar{P}\varphi_k\} dt.$$

Рассмотрим случай  $|\lambda| > 1$ . Имеем

$$\begin{aligned} \Phi_{41} &= W(\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4) = \varphi_1^3 \begin{vmatrix} \int_0^t \varphi_{21} dt & \int_0^t \varphi_{31} dt & \int_0^t \varphi_{41} dt \\ \varphi_{21} & \varphi_{31} & \varphi_{41} \\ D_t \varphi_{21} & D_t \varphi_{31} & D_t \varphi_{41} \end{vmatrix} = \\ &= \varphi_1^3 \varphi_{21}^2 \int_0^t \varphi_{21} dt \left( \varphi_{42} \int_0^t \varphi_{32} dt - \varphi_{32} \int_0^t \varphi_{42} dt \right) - \varphi_1^3 \varphi_{21}^2 \varphi_{42} \int_0^t \varphi_{31} dt + \varphi_1^3 \varphi_{21}^2 \varphi_{32} \int_0^t \varphi_{41} dt, \\ \Phi_{42} &= \varphi_1^3 \varphi_{21}^2 \left( \varphi_{42} \int_0^t \varphi_{32} dt - \varphi_{32} \int_0^t \varphi_{42} dt \right), \\ \Phi_{43} &= \varphi_1^3 \varphi_{21}^2 \varphi_{41}, \quad \Phi_{44} = \varphi_1^3 \varphi_{21}^2 \varphi_{32}, \end{aligned}$$

так что  $|\Phi_{4i}| \leq C$ ,  $i = 1, \dots, 4$ . Прямыми вычислениями также можно проверить, что  $|\bar{P}\varphi_k| \leq C$ ,  $k = 1, \dots, 4$ . Следовательно,

$$E(t, \lambda) \leq CE(0, \lambda), \quad t \in [0, T], \quad |\lambda| > 1.$$

Очевидно, это неравенство выполнено также при  $|\lambda| \leq 1$ . Из (8) также имеем

$$\begin{aligned} u^1 &= \frac{W(\bar{u}, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)}{W(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)}, & u^2 &= \frac{W(\varphi_1, \bar{u}, \varphi_3, \varphi_4)}{W(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)}, \\ u^3 &= \frac{W(\varphi_1, \varphi_2, \bar{u}, \varphi_4)}{W(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)}, & u^4 &= \frac{W(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \bar{u})}{W(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)}. \end{aligned}$$

Так как  $\omega_i(0) = \omega_i'(0) = \omega_i''(0) = 0$ ,  $i = 1, 2$ , то

$$E(0, \lambda) = \sum_{i=1}^4 |u'(0, \lambda)|^2 \leq C \sum_{i=1}^4 |D_i^{i-1} \bar{u}(0, \lambda)|^2.$$

Итак,

$$E(t, \lambda) \leq C \sum_{i=1}^4 |D_i^{i-1} \bar{u}(0, \lambda)|^2, \quad t \in [0, T], \quad \lambda \in R. \quad (9)$$

Если в качестве функций  $\varphi_i$ ,  $i = 1, \dots, 4$ , взять асимптотические решения уравнения (7) при  $\lambda \rightarrow 0$  и  $\lambda \rightarrow \infty$  (это можно сделать, наложив дополнительные усло-

վրա նա կոէֆֆիցիենտները (1)), քանի որ արտահայտությունները  $|u^i|^2, i = 1, \dots, 4$ , կ'ընդունեն անփոփոխական հատկություններ (7) (տես [1]). Ենթադրելով (8) և (9) արտահայտությունները, կարելի է ստանալ հետևյալ գնահատականը:

$$\left| D_i^{k-1} \tilde{u} \right|^2 = \left| \sum_{i=1}^4 u^i D_i^{k-1} \varphi_i \right|^2 \leq C E \sum_{i=1}^4 |\lambda^{i-1}|^2 \leq C \sum_{i=1}^4 |\lambda^{i-1}|^2 \sum_{i=1}^4 |D_i^{k-1} \tilde{u}(0, \lambda)|^2$$

Իստիքային այս գնահատականը և Պլանշերելի թեորեմը կ'ապահովեն հետևյալ գնահատականները:

$$\begin{aligned} \|u(t, x)\| &= \|\tilde{u}(t, \lambda)\| \leq C \sum_{i=1}^4 \|D_i^{i-1} u(0, \lambda)\| = C \sum_{i=1}^4 \|\partial_i^{i-1} u(0, x)\|, \\ \|D_i u(t, x)\| &= \|D_i \tilde{u}(t, \lambda)\| \leq C \sum_{i=1}^4 \|D_i^{i-1} u(0, \lambda)\| + C \sum_{i=1}^4 \|\lambda D_i^{i-1} u(0, \lambda)\| = \\ &= C \sum_{i=1}^4 \|\partial_i^{i-1} u(0, x)\| + C \sum_{i=1}^4 \|u_{i-1}'(x)\|. \end{aligned}$$

Վերջապես ստանալով գնահատականները (4).

### ԼԻՏԵՐԱՏՄՐԱ

- 1. Novhannisyan G.R., Taroyan Y.A. Adiabatic invariants for N connected linear oscillators - Journal of Contemp. Math. Analysis, 1996, v. 32, No 6, pp. 47-58.
- 2. Гордин Л. Задача Коши для гиперболических уравнений. М.: Мир, 1961.
- 3. Лере Ж. Гиперболические дифференциальные уравнения. М.: Наука, 1984.
- 4. Петровский И.Г. Системы уравнений с частными производными. М.: Наука, 1986.
- 5. Иврий В.Я., Петков В.М. Необходимые условия корректности задачи Коши для нестрого гиперболических уравнений. - УМН, 1974, т. 29, № 5, с. 3-70.

Գ.Ռ. ՆՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ ԵՎ ՍԱՐՅԱՆ

### ՉՈՐՐՈՐԴ ԿԱՐԳԻ ՀԻՊԵՐԲՈԼԻՍՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ ԿՈՇՏԻ ԽՆԴԻՐԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

#### Ա մ փ ո փ ո ս մ

Խիստ հիպերբոլական հավասարումների համար Կոշու խնդրի կոռեկտության դասական տեսությունը հիմնված է էներգետիկ գնահատականների մեթոդի վրա (Լեռն-Գորդինի տեսություն): Այդ գնահատականների դուրս բերման հիմքում ընկած է էներգիայի դասական բանաձևի ընդհանրացումը, որը կիրառելի է խիստ հիպերբոլական հավասարումների համար, սակայն ոչ կիրառելի թույլ հիպերբոլական հավասարումների համար:

Վերջիններիս համար աղիարատիկ ինվարիանտները տալիս են էներգիայի բանաձևի ընդհանրացում, որի օգնությամբ մենք ապացուցում ենք էներգետիկ գնահատականներ: Այդ գնահատականներից կարելի է դուրս բերել թույլ հիպերբոլական հավասարումների համար Կոշու խնդրի կոռեկտության թեորեմներ:

УДК 512.57

Մ.Ս. ՄՈՎՏԻՍՅԱՆ

## ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ДИСТРИБУТИВНЫЕ КВАЗИГРУППЫ

В сообщении на языке топологических луп Муфанг и их топологических автоморфизмов характеризуются топологические дистрибутивные квазигруппы.

Предварительные сведения о топологических пространствах, квазигруппах и лупах см. в [1-3].

Квазигруппа (лупа)  $Q(A)$  называется топологической, если  $Q$  - топологическое пространство, а операции  $A, A^{-1}$  и  ${}^{-1}A$  непрерывны в  $Q$ , где  $A^{-1}$  и  ${}^{-1}A$  - соответственно правая и левая обратные для  $A$ , т.е.

$$A(x, A^{-1}(x, y)) = A^{-1}(x, A(x, y)) = y,$$

$$A({}^{-1}A(y, x), x) = {}^{-1}A(A(y, x), x) = y$$

для любых  $x, y \in Q$ . В частности, если  $Q(\cdot)$  - группа, то приходим к классическому понятию топологической группы [1].

Каждая топологическая квазигруппа изотопна топологической лупе. Топологическое пространство  $Q$  топологической квазигруппы  $Q(A)$  однородно.

Квазигруппа  $Q(\cdot)$  называется дистрибутивной, если в ней выполняются тождества дистрибутивности:

$$x(yz) = (xy)(xz),$$

$$(xy)z = (xz)(yz).$$

Например, множество всех действительных чисел, наделенное интервальной топологией (т.е. такой топологией, в которой открытыми множествами являются всевозможные объединения интервалов и только они), образует топологическую дистрибутивную квазигруппу относительно операции среднего арифметического:

$$x * y = \frac{x + y}{2}.$$

Лупа  $Q(\cdot)$  называется лупой Муфанг, если в ней выполняется одно из следующих эквивалентных [3] тождеств:

$$x(y \cdot xz) = (xy \cdot x)z,$$

$$(zx \cdot y)x = z(x \cdot yx),$$

\* Т.е. группа всех гомеоморфизмов пространства  $Q$  транзитивна.



$$yx \cdot zy = y(xz \cdot y),$$

$$yz \cdot xy = (y \cdot zx)y.$$

Пусть  $Q(\cdot)$  - произвольная лупа. Левым (правым, средним) ядром лупы  $Q(\cdot)$  называется совокупность всех элементов  $a \in Q$ , для которых  $ax \cdot y = a \cdot xy$  (соответственно  $xy \cdot a = x \cdot ya$ ,  $xa \cdot y = x \cdot ay$ ) при любых  $x, y \in Q$ . Ядром лупы  $Q(\cdot)$  называется пересечение всех трех ее ядер, и обозначается оно через  $K_Q$ . Известно [4], что в лупах Муфанг все три ядра совпадают.

Коммутативные лупы Муфанг характеризуются одним тождеством:

$$x^2 \cdot yz = xy \cdot xz.$$

Известно также, что в любой коммутативной лупе Муфанг  $Q(\cdot)$  имеет место  $x^3 \in K_Q$  для любого  $x \in Q$  [4].

При доказательстве основного результата используется следующая классическая теорема Муфанг.

*Теорема Муфанг* [5]. Если в лупе Муфанг для некоторых ее элементов  $a, b, c$  выполняется соотношение  $a \cdot bc = ab \cdot c$ , тогда в ее подлупе  $(a, b, c)$ , порожденной элементами  $a, b, c$ , выполняется тождество ассоциативности. В частности в лупе Муфанг подлупа, порожденная любыми двумя ее элементами, будет группой.

Описание топологических дистрибутивных квазигрупп дается с помощью топологических луп Муфанг и их топологических автоморфизмов.

*Теорема.*  $Q(\cdot)$  превращается в топологическую дистрибутивную квазигруппу тогда и только тогда, когда существует топологическая коммутативная лупа Муфанг  $Q(o)$  такая, что операция  $(\cdot)$  определяется по правилу

$$x \cdot y = \varphi(x) o \Psi(y),$$

где  $\varphi, \Psi$  - топологические автоморфизмы  $Q(o)$  и автоморфизмы  $Q(\cdot)$ .  $\varphi(x) o \Psi(x) = x, x o \varphi(x) \in K_Q$  (ядро лупы  $Q(o)$ ) для всех  $x \in Q$ .

Этот результат распространяется и на топологические обратимые дистрибутивные алгебры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Понтрягин Л.С., Непрерывные группы. М.: Наука, 1973.
2. Куроп А.Г. Общая алгебра. М.: Наука, 1974.
3. Белоусов В.Д. Основы теории квазигрупп и луп. М.: Наука, 1967.
4. Bruck R.H. A survey of binary systems (Third printing, corrected). Springer Verlag: Berlin-Neidelberg-New York, 1971.
5. Moufang R., Zur structure von Alternativ Körpern. - Math. Ann., 1935, v. 110, p. 416-430.

## ՏՈՊՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԲԱՇԽԱԿԱՆ ԶՎԱԶԻԽՄԲԵՐ

## Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում բնութագրվում են տոպոլոգիական բաշխման թվագիտմբերը, այսինքն այն  $Q(\cdot)$  տոպոլոգիական թվագիտմբերը, որոնք բավարարում են բաշխական նույնություններին.

$$x(yz) = (xy)(xz),$$

$$(xy)z = (xz)(yz):$$

Համապատասխան նկարագրի տրվում է Մուֆանգի տոպոլոգիական լուսաների և նրանց տոպոլոգիական ավտոմորֆիզմների օգնությամբ: Ձևակերպենք հիմնական աղյուցքը:

Թեորեմ: Ուլայեսգի  $Q(\cdot)$ -ն վերածվի տոպոլոգիական բաշխական թվագիտմբի, անհրաժեշտ է և բավարար, որ գոյություն ունենա  $Q(o)$  տոպոլոգիական տեղավորիչի Մուֆանգի լուսա այնպիսին, որ

$$x \cdot y = \varphi(x) \circ \Psi(y),$$

որտեղ  $\varphi$ -ն և  $\Psi$ -ն  $Q(o)$ -ի տոպոլոգիական ավտոմորֆիզմներ են, իսկ  $Q(\cdot)$ -ի համար՝ ավտոմորֆիզմներ,  $\varphi(x) \circ \Psi(x) = x$ ,  $x \circ \varphi(x) \in K_Q$  ցանկացած  $x \in Q$  տարրի համար ( $K_Q$ -ն  $Q(o)$  Մուֆանգի լուսայի միջուկն է):

Այս աղյուցքը տարածվում է նաև տոպոլոգիական հակադարձելի բաշխական հանրահաշիվների վրա:

УДК 691.215.5+661.494+678.744

Մ.Բ. ՄԻՆԱՏՅԱՆ, Մ.Լ. ԱԿՕՅԱՆ, Ա.Գ. ԴՅՐՅԱՆ, Լ.Ա. ԱԿՕՅԱՆ

## ВЛИЯНИЕ МЕЛА НА РАСПАД ПЕРСУЛЬФАТА КАЛИЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

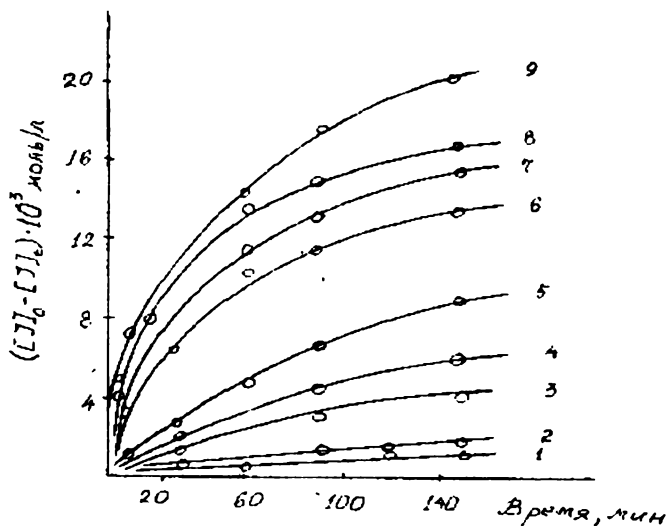
Ранее была разработана методика полимерной модификации мела в водной среде. С целью объяснения механизма процесса нами сделана попытка качественно оценить зависимость суммарной скорости распада персульфата калия (ПК) в водной среде от концентрации поливинилового спирта (ПВС) в присутствии дисперсного наполнителя - мела.

Ранее было показано, что при полимеризационной модификации мела (полимеризационном наполнении, когда наполнитель на порядок и более преобладает над полимером) полихлоропреном (ПХП) в вододисперсионной системе, стабилизированной ПВС в присутствии ПК, повышение концентрации ПВС до  $0,16 \text{ моль/л}$  приводит к образованию полимера с возрастающей скоростью (причем практически только на поверхности мела). При полимеризации хлоропрена в отсутствие мела при прочих равных условиях не нарушается эта закономерность, однако кинетическая кривая зависимости выхода полимера от концентрации ПВС пересекается с таковой при наличии мела (при  $C_{\text{ПК}} = 0,045 \text{ моль/л}$ ), причем в области до пересечения кривых выхода полимера больше в случае полимеризации в присутствии мела [1]. Из литературы известно также, что в данном концентрационном интервале зависимость равновесной концентрации ПВС в системе водный раствор ПВС - мел проходит через максимум, что обусловлено внутри- и межмолекулярными водородными связями [2].

Для понимания процесса полимеризационной модификации наполнителей, в частности мела, в данной работе сделана попытка качественно оценить зависимость суммарной скорости распада ПК в водной среде от концентрации ПВС в присутствии дисперсного наполнителя - мела.

В стеклянный реактор, термостатированный при  $60^\circ\text{C}$ , вводили раствор ПВС в воде ( $30 \text{ мл}$ ), прибавляли 5г природного обогащенного мела и перемешивали 60 минут, после прибавляли водный раствор двукратно перекристаллизованного ПК ( $0,27\text{г}$  ПК в  $20 \text{ мл}$  воды). Процесс проводили в токе азота при интенсивном перемешивании. Через определенные промежутки времени отбирали пробы, фильтровали раствор, мел на фильтре промывали дистиллированной водой, соединяли с фильтратом и определяли содержание ПК йодометрическим методом [3]. Результаты опытов приведены на рисунке.

Из результатов эксперимента следует, что в отсутствие ПВС мел практически не влияет на скорость распада ПК. Добавление ПВС приводит к существенному возрастанию скорости распада, что объясняется, как известно, тем, что ПВС, взаимодействуя по цепному механизму с ПК, вызывает его индуцированный распад [4,5]. С повышением концентрации ПВС при прочих равных условиях имеет место монотонное увеличение скорости распада ПК, причем безэкстремальных явлений. Искрощение мела при том же количестве ПВС приводит к возрастанию скорости распада, поскольку в присутствии мела часть ПВС бывает адсорбирована на его по-



Кинетические кривые распада ПК в водном растворе: 1 - в отсутствие ПВС и мела; 2 - в присутствии мела без ПВС, в остальных случаях присутствуют как мел в количестве 100 г/л, так и ПВС при концентрациях в моль/л, 3 - 0,012; 4 - 0,023; 5 - 0,057; 6 - 0,110; 7 - 0,170; 8 - 0,230; 9 - 0,230 без мела. [ПК] = 0,02 моль/л.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что пересечение кривых зависимости выхода ПХП от концентрации ПВС в присутствии мела и без него [1] не является результатом экстремальной зависимости скорости распада ПК от концентрации ПВС. По всей вероятности, пересечение кривых выходов ПХП можно объяснить тем, что мел, чьи свойства стабилизировать дисперсии гораздо слабее выражены, чем у классических поверхностно активных веществ и полимерных защитных коллоидов [8], во взятом количестве лучше диспергирует систему, чем ПВС при концентрациях ниже 0,045 моль/л.

Работа выполнена в рамках научной темы под шифром 92-176, финансируемой из государственных централизованных источников РА.

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступило 4.04.1997

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетян С.М., Амбарцумян А.Ф., Даниелян В.А., Акопян Л.А., ДАН АрмССР, 1988, т. 87, с. 174.
2. Ильичев И.Е., Нечасев А.Ф., Паус К.Ф. Изв. ВУЗов. Сер: Химия и хим. технология, 1985, т. 28, с. 116.
3. Шапиро С.А., Шапиро М.А. Аналитическая химия. М.: изд-во Высшая школа, 1963, с. 288.
4. Самвелян А.Л., Чалтыкян О.А., Бейлерян Н.М. ДАН АрмССР, 1966, т. 43, с. 32.
5. Бейлерян Н.М., Самвелян А.Л., Чалтыкян О.А. Арм. хим. ж., 1967, т. 20, с. 338.
6. Акопян Л.А., Покрикий Э.В., Сардарян А.Е., Цатурян И.С., Айрапетян С.М., Макоян С.Г. Арм. хим. ж., 1983, т. 36, с. 262.
7. Покрикий Э.В., Цатурян И.С., Айрапетян С.М., Акопян Л.А., Макоян С.Г. Арм. хим. ж., 1984, т. 37, с. 525.
8. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1984.

**ԿԱՎՃԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱԼԻՈՒՄԻ ՊԵՐՍՈՒԼՖԱՏԻ ՔԱՅՔԱՅՄԱՆ  
ՎՐԱ ՊՈԼԻՎԻՆԻԼԱՅԻՆ ՍՊԻՐՏԻ ԶՐԱՅԻՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹՈՒՄ**

**Ա մ փ ո փ ո ս մ**

Նախկինում մշակված է ջրային միջավայրում կավճի պոլիմերացման ձևափոխման եղանակ: Գոյծրնրացի մեխանիզմի պարզաբանման նպատակով ուսումնասիրվել է պոլիմերային պաշտպանիչ կոլոիդի պոլիվինիլային սպիրտի (ՊՎՍ) ազդեցությունը հարուցիչի՝ կալիումի պերսուլֆատի (ԿՊ) քայքայման գոմարային արագության վրա ձևափոխմանը համանման պայմաններում: Ցույց է տրված, որ ՊՎՍ-ի կոնցենտրացիայի ավելացումը բերում է ԿՊ-ի քայքայման արագության մոնոտոն մեծացման, էքստրեմալ երևույթներ չկան:

УДК 556.5

Ա.Թ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Թ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԵՐԿՐՆԵՐԻ ԳԵՏԵՐԻ ՋՐԻ ՕՐԱԿԱՆ ՄԻՋԻՆ ՋԵՐՍԱՍՏԻՃԱՆԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԱՍԻՆ, (ՀՀ ՕՐԻՆԱԿՈՎ)

Գետերի ջրի օրական ջերմաստիճանների դիտարկումների վրա են հենվում ջերմաստացային ռեժիմի բոլոր հաշվարկները, որոնք ունեն ինչպես գիտական, այնպես էլ կիրառական կատար նշանակություն: Մակայն այդ դիտարկումների (որոնք կատարվում են օրական 2 անգամ՝ ժամը 8-ին և 20-ին [1]) միջին արժեքը, մեր կարծիքով, չի կարող արտահայտել գետի ջրի իրական ջերմաստիճանը: Դա պայմանավորված է դիտարկումների ժամերի ճիշտ բնությունով: Ինչպես նաև հաճախականությամբ: Բնական է, որքան դիտարկումների շարքը երկար լինի, այնքան միջին արժեքի հավաստիությունը մեծ կլինի և ավելի մոտ կլինի նորմային: Մակայն դիտարկումները օրական երկու անգամ են (8 և 20) և բացի այդ ժամերը նույնպես հարմար չեն ընտրված (մասնավորապես, ձմռանը, երբ նշված ժամերին դիտարկումներ կատարելը, այն էլ բարձր լեռնային շրջաններում, դառնում է գրեթե անհնար):

Այս խնդրին որոշակի լուծում տալու համար առաջարկում ենք մի մեթոդ, որի կիրառումը բնկած է մեր կողմից կատարված դաշտային կարճաժամկետ (յուրաքանչյուր գետի համար մինչև 5 օր տևողությամբ) ջրի ջերմաստիճանի դիտարկումները ՀՀ տարբեր գետային ավազաններում (ընդամենը 63 դեպք):

Դիտարկումները կատարվել են տարվա տաք սեզոնին, հետևյալ գետ-դիտակետերում՝ Ախուրյան-Կապա, Գասաղ-Հարրավան, Մանրաշ-Մեծ Մանրաշ, Փամբակ-Վանաձոր, Փամբակ-Թոմանյան, Զոյազետ-Ստեփանավան, Տաշիր-Ստեփանավան, Դեբեդ-Թոմանյան, Դեբեդ-Ալավերդի, Հսխտոմ-Պառավաքար, Տավուշ-Թովուզ, Այստե-Իջևան, Արփա-Կեչուտ, Արփա-Գետավի, Ռոտուն-Ռոտուն, Ողջի-Կապան:

Գետերի ջրի ջերմաստիճանի չափումները կատարվել են ժամը 6-ից մինչև 24-ը ներառյալ՝ ժամը մեկ անգամ հաճախականությամբ, իսկ օրական միջին ջերմաստիճանը որոշվել է դիտարկումների միջին րվաքանական արժեքով:

Ուսումնասիրություններն ու հաշվարկները ցույց տվեցին, որ գետի փաստացի դիտարկված ջրի օրական միջին ջերմաստիճանը ( $t_{\text{օր}}$ ) կախված է ժամը 18-ին ( $t_{18}$ ) դիտված ջրի ջերմաստիճանից.

$$t_{\text{օր}} = a t_{18},$$

որտեղ  $a$ -ն հաստատուն մեծություն է՝  $a = \frac{t_{\text{օր}}}{t_{18}}$ , որի միջին արժեքը կախատար է.

0,88-ի: Այսպիսով, չափելով գետի ջրի ջերմաստիճանը միայն մեկ անգամ՝ ժամը 18-ին, կարող ենք անցումային գործակցի միջոցով ( $a$ ) որոշել օրական միջին ջերմաստիճանը:

Ամփոփելով նշենք, որ այս մեթոդը ոչ միայն կրճատում է դիտարկումների քանակն ու ֆինանսական ծախսերը, այլև ավանդական մեթոդի համեմատ բարձրագնում է հուսալիության աստիճանը: Վերջինիս երաշխիքը մեր կողմից ստացված օրական

միջին ջերմաստիճանն է, որը մեկժամյա հստահականությւ մբ չափված ջերմաստի-  
ճանային արժեքների միջին քվարանտիլանն է:

*Ֆիզիկական աշխարհագրության ամբիոն*

*Ստացվել է 27.06.1997*

## Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. 1957, вып. 2, ч. 2. Л.: Гидрометеоиздат.

Ա. Դ. ԳՐԻՕՐՅԱՆ, Կ. Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

### ՕԲ ՕՓՐԵԴԵԼԵՆԻԻ ՏՐԵԴՆԵՍՍՄՈՒՇՆՈՒԹՅԱՆ ԿՈԵՖԻՑԻԵՆՏԻ ՎՈԴ ԳՈՐՆՅԱՆ ՏՐԱՆ (ՈՒ ԱՐԻՄԵՐԵ ԲԱ)

#### Ր Ե Յ Յ Մ Ե

Վ սոօբշեննի քրեդադադեթսյա լաՅվիյ մեթոդ ճյա օքրեդեղեննի սրեդնեսսոՅոՅնոյ տեմ-  
քերաթուրսյա ըրեՅնի ճոճ, կոթորիյ օսլոՅոճ ըս թեղեՅի ըսօղեղեննիս. ԻՅմերյա տեմքերա-  
թուրսյա ըրեՅնի ճոճ լիՅի ըս ճյա (քրեդե ճճաճճս ճյա ճյաճկի - ճ 8<sup>00</sup> և 20<sup>00</sup> ճոճոճ), քոս-  
քրեդսթճոճ թերեղոճոճոյ կոօփիցիենթս, մոճոճ օքրեդեղեննի սրեդնեսսոՅոՅնոյ տեմքերա-  
թուրսյա ճոճ.

УДК 512.57

А.Ю. ОГАНЕСЯН

### СВЕРХТОЖДЕСТВА МУФАНГ В L-АЛГЕБРАХ

В настоящем сообщении дается классификация нетривиальных сверхтождеств Муфанг в алгебрах с луповой операцией (называемых L-алгебрами). Предварительные сведения о лупах Муфанг см. в [1,2].

В работе [3] дано описание нетривиальных сверхтождеств Муфанг в обратимых алгебрах, содержащих хотя бы одну луповую операцию (см. также [4]). В настоящем сообщении усиливаются результаты из [3].

Назовем L-алгеброй бинарную алгебру  $(Q, \Sigma)$ , в которой существует операция  $A \in \Sigma$  такая, что  $Q(A)$  - лупа. Легко доказать, что в нетривиальном сверхтождестве Муфанг каждый символ операции должен повторяться хотя бы два раза, если оно выполняется в нетривиальной L-алгебре (вытекает также из [4]). На основе этого факта из тождества Муфанг  $x(y \cdot xz) = (xy \cdot x)z$  возникают 40 нетривиальных сверхтождеств Муфанг.

*Теорема.* В классе всех нетривиальных L-алгебр каждое нетривиальное сверхтождество Муфанг (определенное по равенству  $x(y \cdot xz) = (xy \cdot x)z$ ) эквивалентно (в смысле выполнимости) одному из следующих сверхтождеств:

- |   |            |
|---|------------|
| $X/x, X/y, Y(x,z) // = Y/X/X(x,y), x, z] .$ | $(M_1)$    |
| $X/x, Y/y, X(x,z) // = X/Y/X(x,y), x, z] .$ | $(M_2)$    |
| $Y/x, X/y, X(x,z) // = X/X/Y(x,y), x, z] .$ | $(M_3)$    |
| $Y/x, X/y, X(x,z) // = Y/X/X(x,y), x, z] .$ | $(M_4)$    |
| $X/x, X/y, Y(x,z) // = X/Y/X(x,y), x, z] .$ | $(M_5)$    |
| $X/x, X/y, Y(x,z) // = X/X/Y(x,y), x, z] .$ | $(M_6)$    |
| $X/x, X/y, Y(x,z) // = Y/Y/Y(x,y), x, z] .$ | $(M_7)$    |
| $X/x, Y/y, X(x,z) // = Y/Y/Y(x,y), x, z] .$ | $(M_8)$    |
| $X/x, X/y, X(x,z) // = Y/Y/Y(x,y), x, z] .$ | $(M_9)$    |
| $X/x, Y/y, X(x,z) // = Y/Y/X(x,y), x, z] .$ | $(M_{10})$ |
| $X/x, Y/y, X(x,z) // = Y/X/Y(x,y), x, z] .$ | $(M_{11})$ |
| $X/x, X/y, X(x,z) // = X/Y/Y(x,y), x, z] .$ | $(M_{12})$ |



## ЛИТЕРАТУРА

1. R. Bruck A survey of binary systems... Berlin - Heidelberg - Gottingen, Spinger Verlag, 1958.
2. Белоусов В.Д. Основы теории квазигрупп и дуп. М.: Наука, 1967.
3. Мовсисян Ю.М., Оганесян А.Ю. О сверхтождествах Муфанга. Сб. ст. ЕГУ. Математика, 1985, №3, с. 27-47.
4. Мовсисян Ю.М. Введение в теорию алгебр со сверхтождествами. Изд-во ЕГУ, 1986.

Ա. Յու. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

### ՄՈՒՖԱՆԳԻ ԳԵՐՆՈՒՅՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ L-ՀԱՆՐԱՀԱՇԻՎՆԵՐՈՒՄ

#### Ա ճ փ ո փ ո լ ը

Այս աշխատանքում ուժեղացված են [3]-ում ստացված արդյունքները: Տրված է  $x(y \cdot xz) = (xy \cdot x)z$  նույնության հիմուն վրա կառուցված Մուֆանգի ոչ ակնհայտ գերնույնությունների դասակարգումը L-հանրահաշիվների դասում՝ ըստ իրացնելության:

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

- Е.А. Тароян** - Адиабатические инварианты системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений .....
- Г.А.Саргсян** - Построение бесконечной совокупности нетривиальных решений задачи Дирихле для систем дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в круге .....
- А.А. Огникян** - О классифицирующих пространствах  $\alpha$ -освоенных расщеплений .....

## МЕХАНИКА

- Р.Ж. Минацакяни** - Неслабовязкое течение вязкой жидкости в пористом канале с движущейся стенкой .....

## ФИЗИКА

- А.А. Геворгян, Ж.О. Нишоян** - Особенности асимптотической зависимости поворота плоскости поляризации света в холестерических жидких кристаллах при наличии волны, модулирующей параметры среды .....

## ХИМИЯ

- А. С. Сагиян, А. Э. Аветисян, С. М. Джамигарин, Л. Р. Джилалян, Э.А. Гюлумян, В.И. Тараров, С.К. Григорян, Ю.Н. Белокош** - Асимметрический синтез  $1-\beta$ -(N-метилламино)аланина через хиральный комплекс дегидро-вишны с помошью Ni(II) .....

## БИОЛОГИЯ

- М.А. Давтян, М.Л. Геворкян** - Изучение функциональной роли некоторых аминокислотных остатков аргиназы .....
- М.А. Саркисян, Г.Л. Терлемезян, Н.Г. Давтян, А.М. Апанян** - Бактериальные препараты как средство продуктивной борьбы против капустной мушкетеры .....
- С.М. Бадалян, Н.Г. Гарибян** - Материалы к изучению микобактериальной флоры Циреракаберда г. Еревана. I. Макромицеты .....
- А.С. Амбарцумян** - Фауна пчелиных поллины реки Мармарик. I. Сем. Megachilidae, Anthophoridae, Apidae .....
- Г.Г. Янусян, М.К. Арутюнян** - Изучение хромосомных наборов среди земноморского неготыря (*Pipistrellus kuhlii* Kuhl) и неготыря-карлика (*P. pipistrellus* Schreb) .....
- В.С. Погосян, Э.А. Агаджанян, Р.М. Арутюнян, В.А. Шенченко** - Изменчивость семян в природных популяциях *Plantago*, подвергнувшихся хроническому облучению. Сообщение I. Действие хронического облучения на начальные стадии онтогенеза в первый и третий годы анари на Чернобыльской АЭС .....

## ГЕОЛОГИЯ

- Р. В. Акопян, О. П. Гуюмджян** - О вязкости бакалитоно .....
- О.А. Саркисян** - Стратиграфия неогена Севано-Ширакского циклиория .....

## ГЕОГРАФИЯ

**П.Г. Дантян** - Вопросы разработки противоселевых мероприятий на примере Вайк-Занге (урекского региона) .....

## СООБЩЕНИЯ

**Г.Р. Оганесян, Е.А. Тароян** - Устойчивость задачи Коши для слабо гиперболических уравнений

**М.Ю. Монисян** - Топологические дистрибутивные квазигруппы

**П.Г. Мипасян, М.Л. Акоюн, А.Г. Гзырян, Л.А. Акоюн** - Влияние мела на распад персульфата калия в водном растворе подвинилового спирта

**А.Т. Григорян, Т.Г. Варламян** - Об определении среднесуточной температуры речных вод горных стран (на примере РА) .....

## ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

**А.Ю. Оганесян** - Сверхтождества Муфани в  $L$ -алгебрах

# CONTENTS

## MATHEMATICS

- Y.A. Taroyan** - Adiabatic invariants for a system of linear ordinary differential equations .....
- G.A. Sarkissian** - The infinite non-trivial solution set - construction for a system of differential equations with constant coefficients for Dirichlet's problem in circle .....
- H.H. Ohnikyan** - On the classifying spaces of  $\alpha$  - framed bundles .....

## MECHANICS

- R.Zh. Mnatsakanian** - Unsteady flow viscous liquid in the porous channel with moving wall .....

## PHYSICS

- A.H. Gevorkian, J.H. Ninoyan** - Peculiarities of azimuthal dependence of light polarization plane rotation in cholesteric liquid crystals in the presence of modulating wave medium parameters. ....

## CHEMISTRY

- A.S. Sagian, A.E. Avetissian, S.M. Djambarian, L.R. Djilavian, E.A. Gjulumanian, V.I. Tararov, S.K. Grigorian, Yu.N. Belokon'** - Asymmetric synthesis of L- $\beta$  - (methylamino)alanine via dehydroalanine chiral Ni(II) complex .....

## BIOLOGY

- M.A. Davtian, M.L. Gevorkian** - Study of the functional role of some arginase aminoacid residues .....
- M.A. Sarkissian, H.L. Terlemezian, N.G. Davtian, A.M. Ananian** - Bacterial preparations as an effective control measure against the cabbage moth .....
- S.M. Badalian, N.G. Gharibian** - Study of the mycobiota of Tsitsernakaberd park of Yerevan. I. Macro-mycetes .....
- A.S. Hambartsumian** - The bees fauna of Marmarik river valley. I. Fam. Megachilidae, Anthophoridae, Apidae .....
- E.G. Yavruyan, M.K. Harutyunyan** - Study of Mediterranean sea bat karyo-type (*Pipistrellus kuhli* Kuhl) and of dwarf bat (*P. pipistrellus* Schreb) .....
- V.S. Poghosian, E.A. Aghadjanian, R.M. Harutyunian, V.A. Shevchenko** - Seeds mutability in chronically irradiated natural populations of *Plantago*. Communication I. Action of chronic irradiation on the primary stages of ontogenesis in the first and third years after Chernobyl accident .....

## GEOLOGY

- R.V. Hakopian, H.P. Gouyoumdjian** - On basalts viscosity .....
- H.H. Sarkissian** - The neogen stratigraphy of Sevan - Shirak synclinatorium .....

## GEOGRAPHY

- P.G. Davtian** - The problems of the anti mud flow measures working out on the pattern of Vaik - Zangezour area .....

## COMMUNICATIONS

<b>G.R. Hovhannisian, Y.A. Taroyan</b> - The stability of Cauchy problem for forth order weakly hiperbolic equations .....	89
<b>M.Yu. Movsisian</b> - Topological distributive quasi - groups	94
<b>P.G. Minassian, M.L. Hakopjan, A.G. Gzirian, L.A. Hakopian</b> - Chalk action of potassium persulphate decomposition in polyvinyl alcohol water solution .....	97
<b>A.T. Grigorian, T.G. Vardanian</b> - On the determination of mean diurnal temperature of mountain lands rivers water (on the pattern of Republic of Armenia)	100

## LETTER TO THE EDITOR

<b>A.Yu. Hovhannisian</b> - Hyperidentities Moufang in L-algebras .....	102
---	-----

## ՎԱՆՈՆՆԵՐ ԼԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ԿԱՄԱՐ

1. «Գիտական տեղեկագիր» ամսագրում հրատարակվում են Երևանի պետական համալսարանում կատարված օրիգինալ հոդվածներ, հաղորդումներ ու ճամակներ տեսական ու էքսպերիմենտալ բնույթի՝ մաթեմատիկայի, մեխանիկայի, ֆիզիկայի, ռադիոֆիզիկայի, քիմիայի, երկրաբանության, կենսաբանության և ֆիզ. աշխարհագրության բնագավառներին:

2. Ընդունվում են նաև ԵՊՀ-ի մասնակցությամբ Հայաստանի Հանրապետությունում կայացած կոնֆերանսների, գիտաժողովների և գիտական դպրոցների մասին նյութեր:

3. Բնագրերը ներկայացվում են երկու օրինակով, մեքենագրված երկու ինտերվալը մեկ, հայերեն կամ ռուսերեն լեզվով, ռուսերեն կամ հայերեն ամփոփումներով: ՄՀԼԻ-ից (վերևի ձախ անկյունում), հեղինակի անվանատերից ու ազգանունից և հոդվածի վերնագրից հետո բերվում է կարճ անոտագիտ: Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, հաղորդմանը՝ 4, ճամակինը՝ 2:

4. Հոդվածի հետ առանձին էջով ներկայացվում է հեղինակի ազգանունը, հոդվածի վերնագիրը և ամփոփումը աճյերեն լեզվով, արձանագրության քաղվածքը այն ամբիոնից, որտեղ կատարվել է քննարկվել է աշխատանքը, և հանձնաժողովի ակտը:

5. Թուլատրվում է 5-ից աչ ավելի նկար երկու օրինակից (հստակ լուսանկար կամ գծագրեր՝ արված սև տուշով առանձին սպիտակ թղթի վրա): Ցուրաքանչյուր նկարի հակառակ կողմի վրա գրվում է կարգային համարը, հոդվածի վերնագիրը և հեղինակների ազգանունները: Տեքստի լուսանցքներում ճշվում են նկարների և աղյուսակների տեղերը: Նկարների քաջատրությունները անհրաժեշտ է ներկայացնել առանձին էջի վրա ըստ հերթականության:

6. Միևնույն նյութը աղյուսակի և նկարի ձևով ներկայացնել չի թույլատրվում:

7. Բանաձևերը գրվում են պարզ և ազատ սև տուշով կամ թանաքով: Անհրաժեշտ է մաստիտով ճշել իրար նմանվող մեծատառերը և փոքրատառերը ( $S$ ,  $\bar{s}$ ,  $V$ ,  $\bar{v}$ ) ինդեքսները և ցուցիչները ( $A^2$   $B^{-}$ ): Կարմիր մատիտով ընդգծել հունական տառերը:

8. Բերվող գրականության մասին հոդվածում ճշվում է միայն կարգային համարը քառակուսի փակագծերում ([1], [2—5]) ըստ հանդիպման հերթականության: Հոդվածի վերջում նույն հաջորդականությամբ բերվում է գրականության ցուցակը. կարգային համարը, հեղինակների ազգանուններն ու անվանատառերը, գրքի կամ հոդվածի վերնագիրը: Պարբերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրճատ անվանումը առանց չակերտների, թվականը, հատորի ու թողարկման համարները, հերթական համարը և էջը: Գրքերի դեպքում՝ հրատարակման վայրը, հրատարակչությունը, թվականը և էջը: Չհրատարակված աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիսերտացիայից) գրականության մեջ ճշել չի թույլատրվում: Արտասահմանյան գրականությունը տեքստում ճշվում է հոդվածի լեզվով, իսկ գրականության մեջ՝ օրիգինալով (մեքենագրված կամ գրված սև թանաքով պարզ և ազատ):

9. Հոդվածի տեքստի վերջում ձախ կողմում ճշվում է այն ամբիոնը կամ լաբորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:

10. Հոդվածը ստորագրվում է թուր հեղինակների կողմից:

11. Խմբագրությունը հեղինակին տալիս է առաջին սրբագրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են միայն տպագրության սխալները:

