

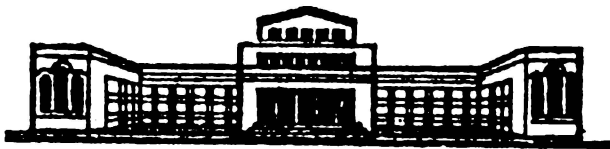
ISSN 0132-0173

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

2  
1997



ԵՐԵՎԱՆ  
ЕРЕВАН



## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

### Մ Ա Թ Ե Մ Ա Տ Ի Կ Ա

- Ս.Մ. Նարինյան - Հաշվելի խմբերի վրա պատահական թափառումների հարմոնիկ ֆունկցիաների միակության մասին ..... 3
- Մ.Լ. Աղալովյան - Մի դիֆերենցիալ օպերատորի սեփական արժեքների և սեփական ֆունկցիաների մասին ..... 8

### Մ Ե Խ Ա Ն Ի Կ Ա

- Ս.Գ. Ծաֆինյան, Ս.Ռ. Համբարձումյան - Ըստ ազդող ուժի կայունության մասին կրիտիկական դեպքում ..... 15
- Վ.Ռ. Բարսեղյան, Վ.Վ. Հայրապետյան - Մեմբրանի դեկավարվող տատանողական շարժման դիտման խնդրի մասին ..... 21

### Ք Ի Մ Ի Ա

- Մ.Լ. Երիցյան, Խ.Գ. Գյուլումյան, Կ.Մ. Երիցյան, Ս.Ի. Հովհաննիսյան, Ս. Կ. Գրիգորյան - Կոռպուտի ակրիլամիդային կոմպլեքսի պոլիմերացման ուսումնասիրությունը զանգվածում ..... 27
- Փ.Մ. Առստամյան - Բրոմի էքստրակցիոն-Ֆոտոմետրիկ որոշումը տրիմեթիլթիոնիցով արտադրական հոսող ջրերում, հողում և քույների մեջ ..... 32
- Հ.Հ. Դարբինյան, Գ.Ն. Շապոշնիկովա, Հ.Գ. Խայատրյան - Հիմնային օրգանական ներկայությունը որպես ամպերաչափական ռեագենտներ: XII. Pd-ի ամպերաչափական որոշումը տոլուիդինային կապույտով մեկ և երկու բևեռացված էլեկտրոդների օգնությամբ ..... 36
- Լ.Վ. Աղամյան, Զ.Գ. Կարով, **Ֆ.Գ. Փայան** ] -  $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$  համակարգը  $35^\circ C$  ջերմաստիճանում ..... 40

### Կ Ե Ն Ս Ա Բ Ա Ն ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

- Մ.Ա. Դավթյան, Զ.Հ. Վարդանյան - Ազատ ամինաթթուների պարունակությունը ոլորի ծիլերում և շաքիլներում սերմերի ծվան ընթացքում ..... 47
- Մ.Լ. Գևորգյան, Մ.Ա. Դավթյան - Երկվայեռո կատիոնների ազդեցությունը խոշոր եղջերավոր անասունների լյարդի արգինազի ակտիվության վրա ..... 51
- Վ.Ս. Պողոսյան, Է.Ա. Աղաջանյան, Ռ.Մ. Հարությունյան, Վ.Ա. Օւչեմկո - Խրոնիկ ճառագայթա-հարման ենթարկված *Plantago*-ի բնական պոպուլյացիաների սերմերի փոփոխականության ուսումնասիրությունը: Հաղորդում 2.Բրոմոսոմային խախտումների հաճախականության անալիզը Չեռնոբիլի ԱԷԿ-ի վթարից հետո առաջին և երրորդ տարիներին ..... 55

**Ս.Գ. Նանագյուլյան, Մ.Գ. Քասախչյան, Ռ.Կ. Քոբոսյան** - Նոր տեղեկություններ Հայաստանի կուպրոտրոֆային սնկերի մասին ..... 59

**Ս.Մ. Բաղայան, Ն.Գ. Ղարիբյան** - Նյութեր Հայաստանի թունավոր մակրոմիցետների ֆլորայի ուսումնասիրման վերաբերյալ ..... 63

**ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

**Գ.Գ. Սիմոնյան** - Հայաստանի Հանրապետության տարածքի սեյսմիկ շրջանացման քարտեզների համառոտ պատմական ակնարկ ..... 67

**ԱՇԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ**

**Ա.Վ. Խոյեցյան, Ք. Յու. Հակոբյան** - Արիղ լանդշաֆտների ֆիտո-էկոլոգիական առանձնահատկությունները (Արարատյան միջլեռնային գոգավորության կիսաանապատային գոտու օրինակով) ..... 74

**Ա.Ռ. Ավագյան** - Ընդերքի հարստությունների կոմպլեքսային օգտագործման հիմնախնդիրը ..... 79

1

**ՀԱՂՈՐԳՈՒՄՆԵՐ**

**Վ.Ռ. Բարսեղյան, Ա.Գ. Սարգսյան** - Ֆիքսված միջանկյալ ֆազային վիճակների առկայությամբ եռօղակ էլեկտրամեխանիկական մանիպուլյատորի օպտիմալ ղեկավարումը ..... 83

**Ա.Ն. Առաքելյան, Վ.Հ. Գրիգորյան, Հ.Ռ. Աղաբաբյան** - Ուսանողների սիրտ-անոթային համակարգի գործառական վիճակը համակարգչի վրա տեսողական-տարածական խնդրի կատարման ժամանակ ..... 86

**Ս.Ս. Զամինյան, Ռ.Է. Ավայան** - Եզիպտացորենի գեներատիվ օրգանների մորֆոզների առաջացումը մուտագենների ազդեցության տակ ..... 89

**Ա.Ս. Համբարձումյան** - Հայաստանի մի քանի մարգերի մեղուների (Hymenoptera; Megachilidae, Anthophoridae, Apidae) ցուցակ ..... 92

Վլադիմիր Վլադիմիրի Պապոյան (ծննդյան (ճ)-ամյակի առթիվ) ..... 94

УДК 519.217

С.М. НАРИМАНЯН

## О ЕДИНСТВЕННОСТИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ СЛУЧАЙНЫХ БЛУЖДАНИЙ НА СЧЕТНЫХ ГРУППАХ

В настоящей работе получен ряд достаточных условий, обеспечивающих единственность гармонических функций для случайных блужданий на некоторых счетных группах.

Пусть  $X_n$  - однородная марковская цепь со значениями в фазовом пространстве  $(E, B)$ , где  $E$  - счетное множество,  $B$  - класс всех подмножеств пространства  $E$ , с переходными вероятностями  $p(n, x, y)$ ,  $x, y \in E$ . Предположим, что цепь  $X_n$  неприводима и непериодическая. Тогда, как известно, существует  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{p(n, x, y)}$  и не зависит от  $x$  и  $y$  (см., напр., [1]). Обратную величину этого предела обозначим через  $\rho$  и назовем спектральным радиусом цепи  $X_n$ . Интегральный оператор  $P$ , связанный с цепью  $X_n$ , действует в пространстве  $B$ -измеримых функций по формуле

$$Pf(x) = \sum_{y \in E} p(x, y) f(y).$$

*Определение.* Функция  $f \geq 0$  называется гармонической для  $X_n$ , если  $Pf = f$ .

Множество гармонических функций образует выпуклый конус, крайние точки которого называются минимальными гармоническими функциями.

В дальнейшем будем считать, что  $E$ - группа с единицей  $e$ . Если переходные вероятности удовлетворяют условию  $p(x, y) = p(e, x^{-1}y)$  (тогда, конечно,  $p(gx, gy) = p(x, y)$  для любого  $g \in E$ ), то говорят, что цепь  $X_n$  инвариантна слева. Инвариантные марковские цепи в  $E$  будем называть случайными блужданиями на группе  $E$ . Случайное блуждание на  $E$  называется симметричным, если  $p(e, x^{-1}) = p(e, x)$  для любого  $x \in E$ .

*Определение.* Группу  $E$  назовем лиувиллевой, если для любого симметричного случайного блуждания на  $E$  все ограниченные гармонические функции постоянны, и сильно лиувиллевой, если все гармонические функции постоянны.

Примеры лиувиллевых групп дают следующий результат, доказанный Аве [2]: группа с неэкспоненциальным ростом лиувиллева. В частности лиувиллевыми являются абелевы и нильпотентные группы. Мы докажем, что такие группы не только лиувиллевы, но и сильно лиувиллевы. Фактически будут доказаны даже более сильные утверждения.

*Теорема 1.* Если спектральный радиус некоторого случайного блуждания  $X_n$ , не обязательно симметричного, на абелевой группе  $E$  равен 1, то все гармонические функции для  $X_n$  постоянны.

*Доказательство.* В силу теоремы Шоке об интегральном представлении гармонических функций через минимальные функции достаточно доказать, что все минимальные гармонические функции постоянны.

Пусть  $p(x, y)$  - переходные вероятности блуждания  $X_n$ , а  $\varphi(x)$  - минимальная гармоническая функция для  $X_n$ , не равная константе. Введем новые переходные вероятности

$$q(x, y) = \frac{p(x, y)\varphi(y)}{\varphi(x)}.$$

В [3] доказывается, что  $\varphi(xy) = \varphi(x)\varphi(y)$ , и потому

$$q(x, y) = \frac{p(e, x^{-1}y)\varphi(x^{-1}y)}{\varphi(x^{-1})\varphi(x)} = \frac{p(e, x^{-1}y)\varphi(x^{-1}y)}{\varphi(e)} = q(e, x^{-1}y).$$

Значит,  $q(x, y)$  есть случайное блуждание на  $E$ , и, кроме того, его спектральный радиус равен 1. Последнее следует из того, что  $n$  - шаговые переходные вероятности

$$q(n, x, y) = \frac{p(n, x, y)\varphi(y)}{\varphi(x)},$$

а спектральный радиус для  $X_n$  равен 1. Далее, в [1] доказано, что если для случайного блуждания на абелевой группе  $\rho = 1$ , то для любых  $x, y \in E$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p(n, e, x)}{p(n, e, y)} = 1.$$

Применим этот результат к цепям  $p(x, y)$  и  $q(x, y)$ , которые удовлетворяют условиям упомянутой теоремы. Будем иметь

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p(n, x, y)}{p(n, x, x)} = 1, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{q(n, x, y)}{q(n, x, x)} = 1.$$

Из этих соотношений и определения  $q(x, y)$  немедленно следует, что  $\varphi(x) = \varphi(y)$ . Теорема доказана.

*Теорема 2.* Если спектральный радиус случайного блуждания  $X_n$  на нильпотентной группе  $E$  равен 1, то все гармонические функции для  $X_n$  постоянны.

*Доказательство.* Пусть  $E'$  - коммутант группы  $E$ . Случайное блуждание  $X_n$  с переходными вероятностями  $p(x, y)$  на  $E$  индуцирует случайное блуждание  $\tilde{X}_n$  на факторгруппе  $E|E'$  с переходными вероятностями  $\tilde{p}(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sum_{y \in \tilde{y}} p(x, y)$ , где  $\tilde{x}$  - смежный класс, содержащий элемент  $x$ . Заметим, что если  $f(x)$  является гармонической функцией для  $X_n$ , то функция  $\tilde{f}$  на  $E|E'$ , определяемая равенством  $\tilde{f}(\tilde{x}) = f(x)$ , является гармонической функцией для  $\tilde{X}_n$ . Действительно, по теореме Маргулиса [3], любая гармоническая функция на  $E$  постоянна на классах смежности по  $E'$ . Поэтому

$$\begin{aligned}\tilde{f}(\tilde{x}) &= f(x) = \sum_{y \in E} p(x, y) f(y) = \sum_{\tilde{y} \in E/E'} \sum_{y \in E} p(x, y) f(y) = \\ &= \sum_{\tilde{y} \in E/E'} \tilde{f}(\tilde{y}) \sum_{y \in \tilde{y}} p(x, y) = \sum_{\tilde{y} \in E/E'} \tilde{p}(\tilde{x}, \tilde{y}) \tilde{f}(\tilde{y}).\end{aligned}$$

Далее, так как

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{P(n, e, E')} \geq \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{p(n, e, e)} = 1,$$

то спектральный радиус цепи  $\tilde{X}_n$  равен 1. Следовательно, учитывая, что  $E|E'$  - абелева группа, в силу теоремы 1 имеем  $\tilde{f}(\tilde{x}) = \text{const}$ . Пусть теперь  $x, y \in E$ . Если  $x, y \in \tilde{x}$ , то  $f(x) = f(y)$  по теореме Маргулиса. А если  $x \in \tilde{x}$ ,  $y \in \tilde{y}$ , то  $f(x) = \tilde{f}(\tilde{x}) = \tilde{f}(\tilde{y}) = f(y)$ . Таким образом,  $f(x) = f(y)$  для любых  $x, y \in E$ . Теорема доказана.

Приведем еще ряд результатов, характеризующих в какой-то степени свойства лиувиллевости и сильной лиувиллевости. Следующая важная теорема принадлежит Геварчу [см. 4]: если счетная группа лиувиллева, то она аменабельна (на вероятностном языке аменабельность группы означает, что для любого симметричного случайного блуждания на ней его спектральный радиус равен 1). Обратное, вообще говоря, неверно: существуют аменабельные, но не лиувиллевые и тем самым не сильно лиувиллевы группы.

**Теорема 3.** Если группа  $E$  допускает сильно лиувиллевый нормальный делитель  $H$  конечного индекса, то  $E$  сильно лиувиллева.

*Доказательство.* Если симметричное случайное блуждание на  $E$  возвратно, то для него существует единственная гармоническая функция - постоянная. Пусть  $X_n$  - невозвратное симметричное случайное блуждание на  $E$ ,  $\Gamma(x, y)$  - соответствующая функция Грина. Образует ядро Мартина

$$K_{x_0}(x, y) = \frac{\Gamma(x, y)}{\Gamma(x_0, y)},$$

и пусть  $y_n \rightarrow y$ ,  $n \rightarrow \infty$ . Обозначим через  $H = H_n, H_1, \dots, H_n$  классы смежности факторгруппы  $E|H$ . Выбирая, если требуется, подпоследовательность, можно считать, что все  $y_n \in H_i$ ,  $i$  фиксированы. Переходя от функции Грина  $\Gamma(x, y)$  к  $\Gamma(gx, gy)$  (инвариантность), можно считать, что все  $y_n \in H$ . Кроме того, в силу произвольности  $x_0$  можно положить  $x_0 = e \in H$ .

Заметим теперь, что  $\Gamma(x, y), x, y \in H$  - это в то же самое время функция Грина случайного блуждания  $X_n^{(0)}$  на  $H$ , индуцированного цепью  $X_n$ , которое, очевидно, симметрично. Поэтому

$$\lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ y_n \in H}} \frac{\Gamma(x, y_n)}{\Gamma(e, y_n)} = 1, \quad x \in H.$$

Тем самым все минимальные гармонические функции для  $X_n$ , стало быть, и все гармонические функции постоянны на  $H$ . Замечая теперь, что для всякой гармонической функции  $f(x)$  для  $X_n$  и любого  $g \in E$  функция  $f_g(x) = f(x) - f(gx)$  гармоническая для  $X_n$ , получаем  $f(gx) = \text{const}, x \in H$ . Итак,  $f(x)$  постоянна на классах смежности факторгруппы  $E|H$ , и потому функция  $\tilde{f}$  - гармоническая для

случайного блуждания  $\tilde{X}_n$  на  $E|H$  (см. теорему 2). А поскольку цепь  $X_n$  конечна, то, наконец, получаем  $f(x) = const$ ,  $x \in E$ . Теорема доказана.

**Теорема 4.** Прямое произведение лиувиллевых (сильно лиувиллевых) групп лиувиллево (сильно лиувиллево).

**Доказательство.** Пусть  $E_1$  и  $E_2$  - счетные сильно лиувиллевы группы, а  $X_n$  и  $Y_n$  - симметричные случайные блуждания соответственно на  $E_1$  и  $E_2$ . По теореме Геварча, упомянутой выше, для каждого из них спектральный радиус равен 1. Стало быть, спектральный радиус цепи  $X_n \times Y_n$  тоже равен 1. Далее, по теореме о факторизации (см. [5]), всякая минимальная гармоническая функция  $f(x, y)$ ,  $x \in E_1, y \in E_2$ , для цепи  $X_n \times Y_n$  представима в виде  $f(x, y) = \varphi(x)\Psi(y)$ , где  $\varphi(x) - \alpha$  гармонична для  $X_n$  (т.е.  $\alpha P\varphi = \varphi$ , где  $P$  - интегральный оператор, связанный с цепью  $X_n$ ), а  $\Psi(y) - \alpha^{-1}$  гармонична для  $Y_n$ . Но так как спектральный радиус и для  $X_n$  и для  $Y_n$  равен 1, то для них могут существовать  $\beta$ -гармонические функции только при  $\beta \leq 1$ . Поэтому обязательно  $\alpha = \alpha^{-1} = 1$ . Но по определению сильной лиувиллевости для цепей  $X_n$  и  $Y_n$  единственные гармонические функции суть константы. Поэтому  $f(x, y) = const$ . Теорема доказана.

**Теорема 5.** Если группа  $E$  имеет лиувиллевый нормальный делитель  $H$ , причем факторгруппа  $E|H$  изоморфна  $Z^v, v = 1, 2$ , то всякое финитное симметричное блуждание  $X_n$  на  $E$  не допускает ограниченных гармонических функций, кроме констант.

**Доказательство.** Поскольку индуцированное на  $E|H$  случайное блуждание  $X_n$  изоморфно финитному симметричному блужданию на  $Z^v, v = 1, 2$ , то оно возвратно. Поэтому почти наверно  $\tau_H < \infty$ , где  $\tau_H$  - момент первого попадания в  $H$ . Пусть  $f(x)$  - гармоническая функция для  $X_n$ . Если  $x \in H$ , то в силу строго марковского свойства и ограниченности  $f$  имеем  $M_x f(X_{\tau_H}) = f(x)$ . Для неограниченных  $f$  можно априори гарантировать лишь неравенство  $M_x f(X_{\tau_H}) \leq f(x)$ . Поэтому при  $x \in H$   $f(x)$  - гармоническая функция для индуцированного на  $H$  случайного блуждания, и в силу лиувиллевости  $H$  имеем  $f(x) = const$  на  $H$ . Теперь с учетом возвратности цепи  $\tilde{X}_n$  рассуждения завершаются так, как в теореме 3.

В конце работы приведем один пример. Финитное симметричное случайное блуждание на разрешимой группе матриц  $E$  с двумя образующими

$$g_1 = \begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad g_2 = \begin{pmatrix} 1 & b \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad a, b \in R^1, \quad a \neq 0,$$

имеет только постоянные ограниченные гармонические функции.

Действительно, группа  $E$  имеет нормальный делитель  $H$ , изоморфный некоторой подгруппе абелевой группы матриц вида  $\begin{pmatrix} 1 & c \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ , и факторгруппа  $E|H$  изоморфна  $Z^1$ .

Отметим, что группа  $E$  имеет экспоненциальный рост, и поэтому упомянутая выше теорема Аве заведомо не приложима. По-видимому, эта группа лиувиллева, то есть ограничение финитности на блуждание может быть отброшено. За-



метим, однако, что случайные блуждания на этой группе имеют некоторую специфику по сравнению с абелевыми и нильпотентными случаями. В частности, для некоторых несимметричных блужданий на этой группе могут существовать ограниченные непостоянные гармонические функции.

*Кафедра теории вероятностей  
и математической статистики*

*Поступила 18.02.1997*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нариманян С.М. Предельная теорема об отношениях для случайного блуждания на группах. - Вестник МГУ, Математика, Механика, 1975, №6, с. 17-24.
2. Aves A. Harmonic functions on groups. - Diff. Geometry and Relativity, Pordrecht - Boston, 1976, p. 27-32.
3. Маргулис Г.А. Положительные гармонические функции на нильпотентных группах. - ДАН СССР, 1966, №5, с. 1054-1057.
4. Aves A. Limite de quotients pour des marches aleatoires sur des groups. - Comptes Rendus, 1973, v. 276, №4, p. 317-320.
5. Молчанов С.А. Граница Мартина прямого произведения марковских процессов. - Сиб.матем. журн., 1970, т. XI, №2, с. 370-380.

Ս.Մ. ՆԱՐԻՄԱՆՅԱՆ

ՀԱՇՎԵԼԻ ԽՄԲԵՐԻ ՎՐԱ ՊԱՏԱՀԱԿԱՆ ԹԱՓԱՌՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՐՄՈՆԻԿ  
ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՄԻԱԿՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա ն փ ո փ ու մ

Աշխատանքում ստացված են մի շարք բավարար պայմաններ, որոնք ապահովում են որոշ հաշվելի խմբերի վրա պատահական թափառումների համար հարմոնիկ ֆունկցիաների միակությունը:

УДК 517.958

М.Л. АГАЛОВЯН

О СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ И СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЯХ ОДНОГО  
 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА

На основе динамических уравнений математической теории упругости определены собственные значения и собственные функции, соответствующие собственным колебаниям полосы с общей анизотропией. Доказана ортогональность собственных функций.

1. Определение частот и форм собственных колебаний ряда анизотропных тел приводит к решению следующей задачи на собственные значения: найти ненулевое решение однородных динамических уравнений математической теории упругости [1]

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2},$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = a_{11} \sigma_x + a_{12} \sigma_y + a_{16} \sigma_{xy}, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = a_{12} \sigma_x + a_{22} \sigma_y + a_{26} \sigma_{xy}, \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = a_{16} \sigma_x + a_{26} \sigma_y + a_{66} \sigma_{xy}$$

в полосе  $\Omega = \{x, y: x \in [0; l], |y| \leq h; h \ll l\}$  при граничных условиях

$$\sigma_{xy}(h) = \sigma_y(h) = 0, \quad u(-h) = v(-h) = 0, \quad (1.2)$$

где  $\sigma_{ik}$  - компоненты тензора напряжений,  $u, v$  - компоненты вектора перемещения,  $a_{ij}$  - упругие постоянные,  $\rho$  - плотность среды. Помимо условий (1.2), должны быть удовлетворены начальные условия и условия при  $x = 0, l$ . Последними условиями обусловлен пограничный слой, т.е. быстрозатухающие при удалении от торцов собственные колебания [2], которые пока не будем рассматривать, поскольку они не влияют на основные частоты. Решение краевой задачи (1.1), (1.2) будем искать в виде

$$Q_{\alpha\beta}(x; y; t) = Q_{jk}(x; y) \exp(i\alpha x), \quad \alpha; \beta = x; y; j; k = 1; 2, \quad (1.3)$$

т.е.

$$\sigma_{xy} = \sigma_{12}(x, y) e^{i\alpha x}, \quad \sigma_x = \sigma_{11}(x, y) e^{i\alpha x}, \quad \sigma_y = \sigma_{22}(x, y) e^{i\alpha x},$$

$$u(x, y, t) = u_1(x, y) e^{i\alpha x}, \quad v(x, y, t) = v_1(x, y) e^{i\alpha x}. \quad (1.4)$$

После подстановки (1.4) в (1.1) в получающейся новой системе перейдем к безразмерным переменным и величинам:

$$\xi = x/l, \quad \zeta = y/h, \quad U_1 = u_1/l, \quad V_1 = v_1/l.$$

В результате получим сингулярно возмущенную малым параметром  $\varepsilon = h/l$  систему

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial \xi} + \varepsilon^{-1} \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial \zeta} + \omega_*^2 \varepsilon^{-2} U_1 = 0, \quad \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial \xi} + \varepsilon^{-1} \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial \zeta} + \omega_*^2 \varepsilon^{-2} V_1 = 0, \\ \frac{\partial U_1}{\partial \xi} = a_{11} \sigma_{11} + a_{12} \sigma_{22} + a_{16} \sigma_{12}, \quad \varepsilon^{-1} \frac{\partial V_1}{\partial \zeta} = a_{12} \sigma_{11} + a_{22} \sigma_{22} + a_{26} \sigma_{12}, \quad (1.5) \\ \varepsilon^{-1} \frac{\partial U_1}{\partial \zeta} + \frac{\partial V_1}{\partial \xi} = a_{16} \sigma_{11} + a_{26} \sigma_{22} + a_{66} \sigma_{12}, \quad \omega_*^2 = \rho \omega^2 h^2. \end{aligned}$$

Решение этой системы отыщем в виде [2-4]

$$Q_{jk}(\xi, \zeta) = \varepsilon^{x_{jk+s}} Q_{jk,s}(\xi, \zeta), \quad s = \overline{0; N}, \quad (1.6)$$

где  $Q_{jk}$  - любая из искоемых величин.  $x_{jk}$  характеризует порядок соответствующей величины. Их правильное установление является наиболее сложным моментом в любой физической задаче. Они должны быть определены таким образом, чтобы получить непротиворечивую рекуррентную систему относительно коэффициентов разложения  $Q_{jk,s}$ . В нашем случае эта цель достигается, если

$$\begin{aligned} \sigma_{11} = \varepsilon^{-1+s} \sigma_{11,s}, \quad \sigma_{12} = \varepsilon^{-1+s} \sigma_{12,s}, \quad \sigma_{22} = \varepsilon^{-1+s} \sigma_{22,s}, \\ U_1 = \varepsilon^s U_{1,s}, \quad V_1 = \varepsilon^s V_{1,s}, \quad s = \overline{0; N}. \quad (1.7) \end{aligned}$$

Для определения  $Q_{jk,s}$  из системы (1.5), с учетом (1.6), (1.7), вытекает

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{11,s-1}}{\partial \xi} + \frac{\partial \sigma_{12,s}}{\partial \zeta} + \omega_*^2 U_{1,s} = 0, \quad \frac{\partial \sigma_{12,s-1}}{\partial \xi} + \frac{\partial \sigma_{22,s}}{\partial \zeta} + \omega_*^2 V_{1,s} = 0, \\ \frac{\partial U_{1,s-1}}{\partial \xi} = a_{11} \sigma_{11,s} + a_{12} \sigma_{22,s} + a_{16} \sigma_{12,s}, \quad \frac{\partial V_{1,s}}{\partial \zeta} = a_{12} \sigma_{11,s} + a_{22} \sigma_{22,s} + a_{26} \sigma_{12,s}, \quad (1.8) \\ \frac{\partial U_{1,s}}{\partial \zeta} + \frac{\partial V_{1,s-1}}{\partial \xi} = a_{16} \sigma_{11,s} + a_{26} \sigma_{22,s} + a_{66} \sigma_{12,s}, \end{aligned}$$

где  $Q_{jk,m} \equiv 0$ , если  $m < 0$ .

В системе (1.8) все величины можно выразить через  $U_{1,s}$  и  $V_{1,s}$  по формулам

$$\begin{aligned} \sigma_{11,s} = -\frac{a_{12}}{a_{11}} \sigma_{22,s} - \frac{a_{16}}{a_{11}} \sigma_{12,s} + \frac{1}{a_{11}} \frac{\partial U_{1,s-1}}{\partial \xi}, \\ \sigma_{12,s} = \frac{A_{11}}{\Delta} \frac{\partial U_{1,s}}{\partial \zeta} - \frac{A_{16}}{\Delta} \frac{\partial V_{1,s}}{\partial \zeta} - \frac{A_{11}}{\Delta} \left( \frac{a_{16}}{a_{11}} \frac{\partial U_{1,s-1}}{\partial \xi} - \frac{\partial V_{1,s-1}}{\partial \xi} \right) - \frac{A_{16}}{\Delta} \frac{a_{12}}{a_{11}} \frac{\partial U_{1,s-1}}{\partial \xi}, \\ \sigma_{22,s} = \frac{A_{66}}{\Delta} \frac{\partial V_{1,s}}{\partial \zeta} - \frac{A_{16}}{\Delta} \frac{\partial U_{1,s}}{\partial \zeta} - \frac{A_{66}}{\Delta} \frac{a_{12}}{a_{11}} \frac{\partial U_{1,s-1}}{\partial \xi} - \frac{A_{16}}{\Delta} \left( \frac{a_{16}}{a_{11}} \frac{\partial U_{1,s-1}}{\partial \xi} - \frac{\partial V_{1,s-1}}{\partial \xi} \right), \quad (1.9) \\ A_{11} = \frac{a_{11} a_{22} - a_{12}^2}{a_{11}}, \quad A_{66} = \frac{a_{11} a_{66} - a_{16}^2}{a_{11}}, \quad A_{16} = \frac{a_{11} a_{26} - a_{12} a_{16}}{a_{11}}, \quad \Delta = A_{11} A_{66} - A_{16}^2, \end{aligned}$$

а  $U_{1,s}$  и  $V_{1,s}$  определяются из системы уравнений

$$\begin{aligned} \left( A_{11} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} + \Delta \omega_*^2 \right) U_{1,s} - A_{16} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} V_{1,s} = f_{1,s-1}, \\ \left( A_{66} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} + \Delta \omega_*^2 \right) V_{1,s} - A_{16} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} U_{1,s} = f_{2,s-1}, \quad (1.10) \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
f_{1,s-1} &= A_{11} \left( \frac{a_{16}}{a_{11}} \frac{\partial^2 U_{1,s-1}}{\partial \xi \partial \zeta} - \frac{\partial^2 V_{1,s-1}}{\partial \xi \partial \zeta} \right) - A_{16} \frac{a_{12}}{a_{11}} \frac{\partial^2 U_{1,s-1}}{\partial \xi \partial \zeta} - \Delta \frac{\partial \sigma_{11,s-1}}{\partial \xi}, \\
f_{2,s-1} &= A_{66} \frac{a_{12}}{a_{11}} \frac{\partial^2 U_{1,s-1}}{\partial \xi \partial \zeta} - A_{16} \left( \frac{a_{16}}{a_{11}} \frac{\partial^2 U_{1,s-1}}{\partial \xi \partial \zeta} - \frac{\partial^2 V_{1,s-1}}{\partial \xi \partial \zeta} \right) - \Delta \frac{\partial \sigma_{12,s-1}}{\partial \xi}.
\end{aligned} \quad (1.11)$$

2. Рассмотрим решение этой системы при  $s = 0$ . Тогда  $f_{1,-1} = f_{2,-1} = 0$ .

Считая, что  $A_{16} \neq 0$  и принимая

$$\begin{aligned}
V_{1,0} &= \left( A_{11} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} + \Delta \omega_*^2 \right) \Phi_0, \\
U_{1,0} &= A_{16} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} \Phi_0,
\end{aligned} \quad (2.1)$$

решение системы приводим к определению функции  $\Phi_0$  из уравнения

$$\frac{\partial^4 \Phi_0}{\partial \zeta^4} + \omega_*^2 (A_{11} + A_{66}) \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial \zeta^2} + \Delta \omega_*^4 \Phi_0 = 0. \quad (2.2)$$

В свою очередь, приняв, что  $\Phi_0(\xi, \zeta) = \varphi_0(\xi) \Psi_0(\zeta)$ , из (2.2) получим

$$\Phi_0 = \varphi_0(\xi) \left[ C_{1,0} \sin \beta_1 \omega_* \zeta + C_{2,0} \cos \beta_1 \omega_* \zeta + C_{3,0} \sin \beta_2 \omega_* \zeta + C_{4,0} \cos \beta_2 \omega_* \zeta \right], \quad (2.3)$$

где

$$\begin{aligned}
\beta_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{A_{11} + A_{66} - \sqrt{(A_{11} - A_{66})^2 + 4A_{16}^2}}, \\
\beta_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{A_{11} + A_{66} + \sqrt{(A_{11} - A_{66})^2 + 4A_{16}^2}}.
\end{aligned} \quad (2.4)$$

Вычислив по формулам (1.9), (2.1), (2.3) величины  $\sigma_{12,0}, \sigma_{22,0}, U_{1,0}, V_{1,0}$  и удовлетворив граничным условиям (1.2), получим две однородные алгебраические независимые системы относительно постоянных  $C_{1,0}, C_{2,0}$  и  $C_{3,0}, C_{4,0}$  соответственно. Из условия существования ненулевого решения следуют

$$\cos 2\beta_1 \omega_* = 0, \quad (2.5)$$

$$\cos 2\beta_2 \omega_* = 0. \quad (2.6)$$

Откуда получаются две группы собственных значений

$$\omega_{I^*n} = \frac{\pi(2n+1)}{4\beta_1} \quad \text{или} \quad \omega_{In} = \frac{\pi(2n+1)}{4h\beta_1\sqrt{\rho}}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.7)$$

$$\text{и} \quad \omega_{II^*n} = \frac{\pi(2n+1)}{4\beta_2} \quad \text{или} \quad \omega_{IIn} = \frac{\pi(2n+1)}{4h\beta_2\sqrt{\rho}}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.8)$$

В частном случае, когда  $A_{16} = 0$  (ортотропные и изотропные тела), из (1.10) следуют независимые уравнения для  $U_{1,0}$  и  $V_{1,0}$ . Тогда частотам (2.7), (2.8) соответствуют частоты продольных и сдвиговых собственных колебаний, которые, в свою очередь, выражаются через скорости сдвиговых и продольных сейсмических волн по формулам

$$\omega_n = \frac{\pi}{4h\sqrt{\rho a_{66}}} (2n+1) = \frac{\pi}{4h} \sqrt{\frac{G_{12}}{\rho}} (2n+1), \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

где  $G_{12} = \frac{1}{a_{66}}$  - модуль сдвига, а величина  $V_s = \sqrt{\frac{G_{12}}{\rho}}$  - хорошо известная в теории

упругости и сейсмологии скорость распространения в бесконечной среде сдвиговых или  $S$ -волн

$$\text{и} \quad \omega_n = \frac{\pi}{4h\sqrt{\rho A_{11}}}(2n+1), \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

где  $V_p = \frac{1}{\sqrt{\rho A_{11}}} = \sqrt{\frac{E_2}{\rho(1-\nu_{12}\nu_{21})}}$  - хорошо известная в сейсмологии скорость распространения продольных волн [5].

Как следует из (2.4), (2.7) и (2.8), в случае общей анизотропии собственные колебания, в отличие от изотропных тел, не разделяются на сдвиговые и продольные.

Собственными функциями, соответствующими собственным значениям (2.7), будут

$$\begin{aligned} U'_{1,0} &= -\varphi_0(\xi)A_{16}C'_{2,0}\omega_{I*}^2\beta_1^2 [tg\beta_1\omega_{I*}\sin\beta_1\omega_{I*}\zeta + \cos\beta_1\omega_{I*}\zeta] = \\ &= -\varphi_0(\xi)A_{16}C'_{2,0n} \left[ \frac{\pi}{4}(2n+1) \right]^2 \left[ tg\frac{\pi}{4}(2n+1)\sin\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta + \cos\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta \right], \\ V'_{1,0} &= \varphi_0(\xi)C'_{2,0}\omega_{I*}^2(\Delta - A_{11}\beta_1^2) [tg\beta_1\omega_{I*}\sin\beta_1\omega_{I*}\zeta + \cos\beta_1\omega_{I*}\zeta] = \\ &= \varphi_0(\xi)C'_{2,0n} \left[ \frac{\pi}{4\beta_1}(2n+1) \right]^2 (\Delta - A_{11}\beta_1^2) \left[ tg\frac{\pi}{4}(2n+1)\sin\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta + \cos\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta \right], \end{aligned} \quad (2.9)$$

а собственным значениям (2.8) соответствуют

$$\begin{aligned} U''_{1,0} &= -\varphi_0(\xi)A_{16}C''_{4,0}\omega_{II*}^2\beta_2^2 [tg\beta_2\omega_{II*}\sin\beta_2\omega_{II*}\zeta + \cos\beta_2\omega_{II*}\zeta] = \\ &= -\varphi_0(\xi)A_{16}C''_{4,0n} \left[ \frac{\pi}{4}(2n+1) \right]^2 \left[ tg\frac{\pi}{4}(2n+1)\sin\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta + \cos\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta \right], \\ V''_{1,0} &= \varphi_0(\xi)C''_{4,0}\omega_{II*}^2(\Delta - A_{11}\beta_2^2) [tg\beta_2\omega_{II*}\sin\beta_2\omega_{II*}\zeta + \cos\beta_2\omega_{II*}\zeta] = \\ &= \varphi_0(\xi)C''_{4,0n} \left[ \frac{\pi}{4\beta_2}(2n+1) \right]^2 (\Delta - A_{11}\beta_2^2) \left[ tg\frac{\pi}{4}(2n+1)\sin\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta + \cos\frac{\pi}{4}(2n+1)\zeta \right]. \end{aligned} \quad (2.10)$$

В общем случае любая из искоемых величин будет иметь вид

$$Q = Q^I + Q^{II}, \quad (2.11)$$

где  $Q^I$  соответствует собственному значению  $\omega_{I*}$ ,  $Q^{II}$  - собственному значению  $\omega_{II*}$ .

При использовании (2.9), (2.10) нетрудно убедиться, что собственные функции, соответствующие собственным значениям (2.7), (2.8), составляют ортогональную систему в интервале  $-1 \leq \zeta \leq 1$ . Это свойство, как всегда, используется при удовлетворении начальным условиям [6].

3. Рассмотрим случай  $s > 0$ . Введем обозначения

$$\begin{aligned} U_{1,s} &= A_{16} \frac{\partial^2 \Phi_s}{\partial \zeta^2}, \\ V_{1,s} &= \left( A_{11} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} + \Delta \omega^2 \right) \Phi_s - \frac{1}{A_{16}} \int_0^\zeta d\zeta \int_0^\zeta f_{1,s-1} d\zeta. \end{aligned} \quad (3.1)$$

С подставкой (3.1) в (1.10) первое уравнение превратится в тождество, а второе примет вид

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^4 \Phi_s}{\partial \zeta^4} + \omega_*^2 (A_{11} + A_{66}) \frac{\partial^2 \Phi_s}{\partial \zeta^2} + \Delta \omega_*^4 \Phi_s = \\ & = \frac{1}{\Delta} \frac{A_{66}}{A_{16}} f_{1,s-1} + \frac{\omega_*^2}{A_{16}} \int_0^\zeta d\zeta \int_0^\zeta f_{1,s-1} d\zeta + \frac{1}{\Delta} f_{2,s-1}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Уравнение (3.2) должно быть решено для двух классов собственных значений, соответствующих (2.7) и (2.8).

В результате будем иметь

$$\begin{aligned} \Phi_s^j = & C_{1,s}^j(\xi) \sin \beta_1 \omega_{j,*} \zeta + C_{2,s}^j(\xi) \cos \beta_1 \omega_{j,*} \zeta + \\ & + C_{3,s}^j(\xi) \sin \beta_2 \omega_{j,*} \zeta + C_{4,s}^j(\xi) \cos \beta_2 \omega_{j,*} \zeta + \tilde{\Phi}_s^j, \quad j = I, II, \end{aligned} \quad (3.3)$$

где  $\tilde{\Phi}_s^j$  - частные решения соответствующих неоднородных уравнений.

Из (3.1), (3.3), (3.4), (1.9) с учетом (2.11), найдя  $U_{1,s}, V_{1,s}, \sigma_{12,s}, \sigma_{22,s}$  и удовлетворив граничным условиям (1.2), учитывая (2.5) и (2.6), получим неоднородные алгебраические системы относительно неопределенных коэффициентов интегрирования  $C_{3,s}^I, C_{4,s}^I, C_{1,s}^{II}, C_{2,s}^{II}$ , которые однозначно определятся из этих систем, так как их определители отличны от нуля.

Для произвольного  $s$  окончательно будем иметь

$$\begin{aligned} U_{1,s} = & -A_{16} C_{2,s}^I(\xi) \omega_{I,*}^2 \beta_1^2 [\operatorname{tg} \beta_1 \omega_{I,*} \sin \beta_1 \omega_{I,*} \zeta + \cos \beta_1 \omega_{I,*} \zeta] - \\ & - A_{16} C_{4,s}^{II}(\xi) \omega_{II,*}^2 \beta_2^2 [\operatorname{tg} \beta_2 \omega_{II,*} \sin \beta_2 \omega_{II,*} \zeta + \cos \beta_2 \omega_{II,*} \zeta] + \tilde{U}_{1,s}, \\ V_{1,s} = & C_{2,s}^I(\xi) \omega_{I,*}^2 (\Delta - A_{11} \beta_1^2) [\operatorname{tg} \beta_1 \omega_{I,*} \sin \beta_1 \omega_{I,*} \zeta + \cos \beta_1 \omega_{I,*} \zeta] + \\ & + C_{4,s}^{II}(\xi) \omega_{II,*}^2 (\Delta - A_{11} \beta_2^2) [\operatorname{tg} \beta_2 \omega_{II,*} \sin \beta_2 \omega_{II,*} \zeta + \cos \beta_2 \omega_{II,*} \zeta] + \tilde{V}_{1,s}. \end{aligned}$$

Итак, построение произвольного приближения  $s$  не приводит к появлению принципиально новых групп постоянных интегрирования. Собственные же значения

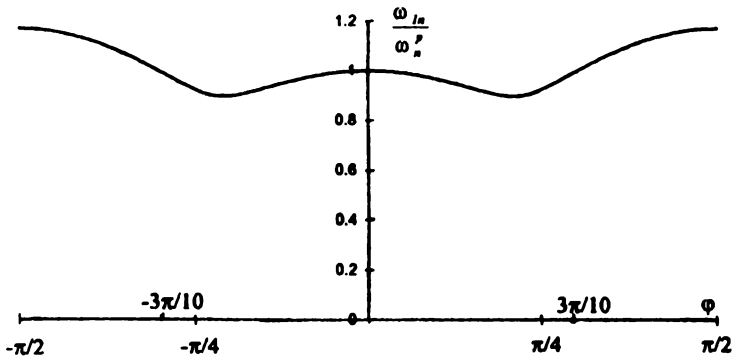


Рис. 1. Зависимость отношения собственной частоты ( $\omega_{in}$ ) анизотропной полосы к частоте продольных колебаний ( $\omega_n^p$ ) соответствующей ортотропной полосы из ортогонально армированного 2:1 стеклопластика от угла  $\varphi$ .

(частоты собственных колебаний) определяются из уравнений для исходного приближения.

Оставшиеся неопределенными произвольные от  $\xi$  функции определяются известным способом из начальных условий [6].

Приведем графики отношений частот некоторых анизотропных материалов, получающихся изменением ориентации координатных осей относительно главных ( $\varphi$ ), к частотам соответствующих ортотропных материалов (рис. 1-4).

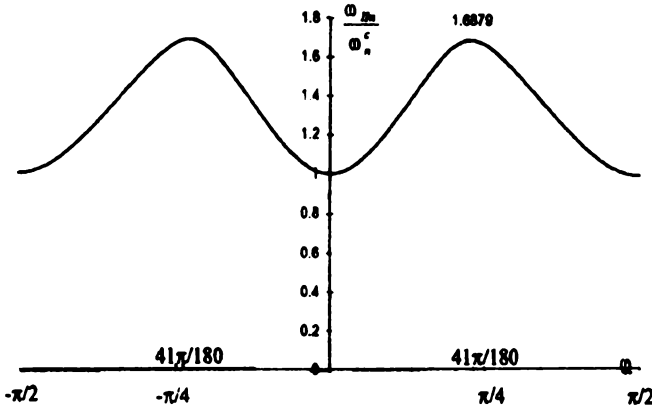


Рис. 2. Зависимость отношения собственной частоты ( $\omega_{ln}$ ) анизотропной полосы к частоте сдвиговых колебаний ( $\omega_n^c$ ) соответствующей ортотропной полосы из ортогонально армированного 2:1 стеклопластика от угла  $\varphi$ .

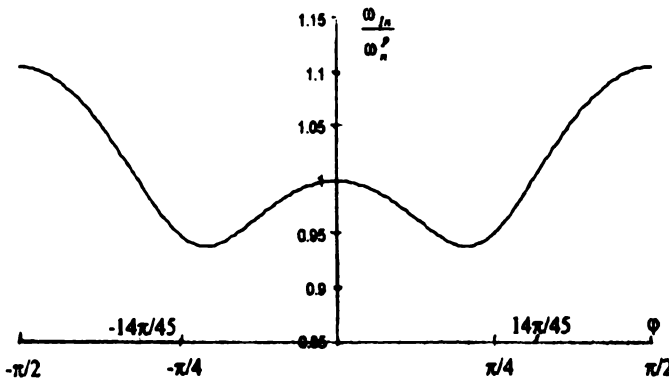


Рис. 3. Зависимость отношения собственной частоты ( $\omega_{ln}$ ) анизотропной полосы к частоте продольных колебаний ( $\omega_n^p$ ) соответствующей ортотропной полосы из композитного материала СТЭТ от угла  $\varphi$ .

Из приведенных графиков следует, что если оси координат не совпадают с главными осями анизотропии, то частоты (собственные значения), соответствующие

сдвиговым колебаниям, увеличиваются, а частоты, соответствующие продольным колебаниям, в зависимости от угла  $\varphi$  могут и увеличиваться, и уменьшаться.

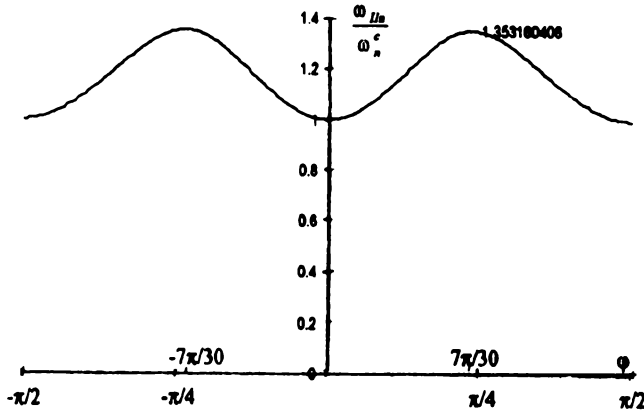


Рис. 4. Зависимость отношения собственной частоты ( $\omega_{11n}$ ) анизотропной полосы к частоте сдвиговых колебаний ( $\omega_n^c$ ) соответствующей ортотропной полосы из композитного материала СТЭТ от угла  $\varphi$ .

Институт математики НАН РА

Поступила 21.03.1997

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977.
2. Вазов В. Асимптотические разложения решения дифференциальных уравнений. М.: Мир, 1968.
3. Васильева А.Б., Бутузов В.Ф. Асимптотические разложения решений сингулярно возмущенных уравнений. М.: Наука, 1973.
4. Найфэ А. Введение в методы возмущений. М.: Мир, 1984.
5. Агаловян М.Л. ДНАН Армении, 1996, т. 96, №2-4, с. 23-28.
6. Коллатц Л. Задачи на собственные значения. М.: Наука, 1968.

#### Մ.Լ. ԱՂԱԼՈՎՅԱՆ

#### ՄԻ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՕՊԵՐԱՏՈՐԻ ՍԵՓԱԿԱՆ ԱՐԺԵՔՆԵՐԻ ԵՎ ՍԵՓԱԿԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

#### Ա մ փ ո փ ու մ

Ելակետ ընդունելով մաթեմատիկական առաձգականության տեսության դինամիկական հավասարումները և խառը եզրային պայմանների առկայությունը, որոշել ենք ընդհանուր անիզոտրոպիայով օժտված շերտի սեփական տատանումներին համապատասխանող սեփական արժեքները և սեփական ֆունկցիաները: Օգտագործված է սինգուլյար զրգոված դիֆերենցիալ հավասարումների լուծումների որոշման ասիմպտոտիկ մեթոդը:

Ապացուցված է, որ սեփական ֆունկցիաները կազմում են օրթոգոնալ համակարգ:



УДК 531.36

Տ.Գ. ՏԱԳԻՆՅԱՆ, Տ.Ր. ԱՄԲԱՐՇՄՅԱՆ

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИЛЕ В КРИТИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ

Рассматривается задача устойчивости по действующей силе системы нелинейных дифференциальных уравнений в критическом случае, когда характеристическое уравнение соответствующего линейного приближения системы имеет один нулевой корень.

Получены достаточные условия, накладываемые на нелинейные члены, при которых тривиальное решение асимптотически устойчиво или неустойчиво по действующей силе.

1. Пусть имеем систему дифференциальных уравнений

$$\dot{y}_i = \Phi_i(y_1, \dots, y_n) \quad (i = 1, \dots, n), \tag{1.1}$$

где  $\Phi_i(y_1, \dots, y_n): R^n \rightarrow R^1$  - аналитические функции в  $R^n$  и  $\Phi_i(0, \dots, 0) = 0$  ( $i = 1, \dots, n$ ).

Известно [1] (стр. 57), что в этом случае систему (1.1) можно привести к виду

$$\dot{y}_i = \sum_{k=1}^n p_{ik} y_k + Y_i(y_1, \dots, y_n) \quad (i = 1, \dots, n), \tag{1.2}$$

линейное приближение которого будет

$$\dot{y}_i = \sum_{k=1}^n p_{ik} y_k \quad (i = 1, \dots, n). \tag{1.3}$$

Пусть корни характеристического уравнения системы (1.3) удовлетворяют условиям

$$\lambda_1 = 0, \quad \text{Re } \lambda_j < 0 \quad (j = 2, \dots, n). \tag{1.4}$$

Известно [1] (стр. 74), что в этом случае только с помощью линейного приближения (1.3) невозможно решить задачу устойчивости системы (1.2), т.е. имеем критический случай.

Известно также, что при условии (1.4) с помощью неособого преобразования

$$x = Cy \tag{1.5}$$

( $\det C \neq 0$ ) систему (1.3) можно привести к виду [1] (стр. 90), [2] (стр. 141)

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 0, \\ \dot{x}_i = a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \quad (i = 2, \dots, n), \end{cases} \tag{1.6}$$

а систему (1.2) - к виду

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = X_1(x_1, \dots, x_n), \\ \dot{x}_i = a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n + X_i(x_1, \dots, x_n) \quad (i = 2, \dots, n), \end{cases} \tag{1.7}$$

где вектор-функция  $X(x_1, \dots, x_n)$  содержит члены не ниже второго порядка переменных  $x_1, \dots, x_n$ .

Известно также [1] (стр. 101), что в зависимости от функции  $X_1(x_1, \dots, x_n)$  тривиальное решение системы дифференциальных уравнений (1.7) может быть устойчивым, неустойчивым или асимптотически устойчивым по Ляпунову.

Попытаемся получить условия, накладываемые на функции  $X_i(x_1, \dots, x_n)$  ( $i = 1, \dots, n$ ), при которых тривиальное решение системы (1.7) будет устойчивым, неустойчивым или асимптотически устойчивым по действующей силе.

2. Сначала рассмотрим следующий частный случай. Исследуем только первое уравнение системы (1.7), принимая, что  $n = 1$ . В этом случае система (1.7) примет следующий вид:

$$\dot{x}_1 = X_1(x_1). \quad (2.1)$$

Обозначая в (2.1)  $x = x_1$  и  $X = X_1$ , получим

$$\dot{x} = X(x), \quad (2.2)$$

что можно представить в виде

$$\dot{x} = g_0 x^m + g_1 x^{m+1} + \dots, \quad (2.3)$$

где  $g_0, g_1, \dots$  - некоторые постоянные, а  $m \geq 2$ .

В этом случае вопрос устойчивости по действующей силе рассматриваемой задачи решается следующим образом:

1) если  $m$  - четное число ( $m = 2k$ ) или  $m$  - нечетное число ( $m = 2k + 1$ ) и  $g_0 > 0$ , то тривиальное решение уравнений (2.2) неустойчиво по Ляпунову [1] (стр. 92), следовательно, оно будет неустойчивым и по действующей силе [3];

2) если  $m$  - нечетное число ( $m = 2k + 1$ ) и  $g_0 < 0$ , то тривиальное решение уравнений (2.2) асимптотически устойчиво по Ляпунову [1] (стр. 92). А если нелинейная система асимптотически устойчива по Ляпунову, то она может быть как устойчива, так и неустойчива по действующей силе [4]. Очевидно, что если тривиальное решение уравнения (2.2) асимптотически устойчиво в целом, то оно будет асимптотически устойчивым по действующей силе. Но когда тривиальное решение уравнения (2.2) асимптотически устойчиво только в некоторой области  $|x| \leq h$  ( $h < \infty$ ), то оно может быть неустойчивым по действующей силе [4].

Докажем следующие теоремы.

**Теорема 2.1.** Если разложение функции  $X(x)$ , входящей в уравнение (2.2), содержит только нечетные степени переменной  $x$  с неположительными коэффициентами, хотя бы один из которых отличен от нуля, то тривиальное решение уравнения (2.2) асимптотически устойчиво по действующей силе.

*Доказательство.* Пусть уравнение (2.3) имеет следующий вид:

$$\dot{x} = g_0 x^m + g_2 x^{m+2} + \dots, \quad (2.4)$$

где  $g_{2i} \leq 0$  ( $i = 0, 1, 2, \dots$ ), а  $m = 2k + 1$ , причем существует  $g_k \neq 0$ .

Рассмотрим определенно-положительную функцию

$$V = \frac{1}{2} x^2. \quad (2.5)$$

В этом случае

$$\dot{V}|_{(2.4)} = x(g_0 x^m + g_2 x^{m+2} + \dots) = \sum_{p=k+1}^{\infty} g_{2(p-k-1)} x^{2p}.$$

Так как  $g_{2i} \leq 0$  ( $i = 0, 1, 2, \dots$ ) и существует  $g_k \neq 0$ , то функция  $\dot{V}|_{(2.4)}$  будет определенно-отрицательной при  $|x| < \infty$ . Очевидно, что для функции (2.5) выполняется также условие

$$\lim_{x \rightarrow \infty} V(x) = \infty,$$

т.е. в данном случае для уравнений (2.4) удовлетворяются все условия теоремы Барбашина-Красовского об асимптотической устойчивости в целом [5]. Следовательно, тривиальное решение уравнения (2.4) асимптотически устойчиво в целом. В этом случае оно будет асимптотически устойчивым по действующей силе.

Теорема 2.1 доказана.

**Теорема 2.2.** Если разложение функции  $X(x)$ , входящей в уравнение (2.2), содержит только нечетные степени переменной  $x$ , коэффициент первого члена которого отрицателен, а остальные - неотрицательны, хотя бы один из которых отличен от нуля, то тривиальное решение уравнения (2.2) неустойчиво по действующей силе.

*Доказательство.* Пусть уравнение (2.3) имеет вид (2.4), где  $g_0 < 0$ ,  $g_{2i} \geq 0$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ), а  $m = 2k + 1$ , причем существует  $g_k \neq 0$ .

Рассмотрим снова определенно-положительную функцию (2.5).

Ее производная в силу системы (2.4) будет

$$\dot{V}|_{(2.4)} = x^{m+1} (g_0 + g_2 x^2 + \dots).$$

Обозначим

$$W(x) = g_2 x^2 + \dots$$

В этом случае

$$\dot{V}|_{(2.4)} = x^{m+1} (g_0 + W(x)).$$

Очевидно, что функция  $W(x)$  определенно-положительная. Поскольку  $g_0 < 0$ , а функция  $W(x)$  и  $x^{m+1}$  определенно-положительные ( $m + 1$  - четное число) при  $|x| < \infty$ , то существует  $x_*$  такое, что

$$W(x_*) = -g_0.$$

Следовательно,

$$\dot{V} < 0 \text{ при } |x| < |x_*| \equiv h$$

и

$$\dot{V} > 0 \text{ при } |x| > h.$$

Поскольку функция (2.5) определенно-положительная и тривиальное решение уравнения (2.4) асимптотически устойчиво по Ляпунову только в области  $|x| < h$  ( $h < \infty$ ), а  $\dot{V}|_{(2.4)} > 0$  при  $|x| > h$ , то для уравнения (2.4) выполняются все условия теоремы о неустойчивости по действующей силе [4].

Следовательно, тривиальное решение уравнения (2.4) неустойчиво по действующей силе.

Теорема 2.2. доказана.

3. Рассмотрим систему (1.7) в общем случае. Известно [1] (стр. 93), что систему (1.7) можем записать в виде

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = g_0 x_1^m + g_1 x_1^{m+1} + \dots + X_1'(x_1, \dots, x_n) \\ \dot{x}_i = a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n + X_i(x_1, \dots, x_n), \quad (i = 2, \dots, n), \end{cases} \quad (3.1)$$

где  $g_0, g_1, \dots$  - некоторые постоянные и  $m \geq 2$ .

В этом случае также:

1) если  $m$  - четное число ( $m = 2k$ ) или  $m$  - нечетное число ( $m = 2k + 1$ ) и  $g_0 > 0$ , то тривиальное решение системы (3.1) неустойчиво по Ляпунову [1] (стр. 101), тогда оно будет неустойчивым по действующей силе [3];

2) если  $m$  - нечетное число ( $m = 2k + 1$ ) и  $g_0 < 0$ , то в этом случае тривиальное решение системы (3.1) асимптотически устойчиво по Ляпунову.

Пусть тривиальное решение уравнения

$$\dot{x}_1 = g_0 x_1^m + g_1 x_1^{m+1} + \dots = X_1(x_1, 0, \dots, 0) \quad (3.2)$$

асимптотически устойчиво в целом. В этом случае для уравнения (3.2) существует определенно-положительная функция  $V_1(x_1)$  [6] (стр. 37) такая, что ее производная в силу системы (3.2) - определенно-отрицательная функция, и выполняется условие

$$\lim_{x_1 \rightarrow \infty} V_1(x_1) = \infty.$$

Для системы (3.1) в качестве функции Ляпунова принимаем

$$V(x_1, \dots, x_n) = V_1(x_1) + \frac{1}{2} \sum_{i=2}^n \sum_{j=2}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (3.3)$$

где коэффициенты  $b_{ij}$  - неизвестные пока постоянные.

Так как система

$$\dot{x}_i = a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n \quad (i = 2, \dots, n) \quad (3.4)$$

асимптотически устойчива, то при любой определенно-отрицательной квадратичной форме  $W(x_2, \dots, x_n)$  коэффициенты  $b_{ij}$  определяются из условия

$$\left. \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} \sum_{i=2}^n \sum_{j=2}^n b_{ij} x_i x_j \right) \right|_{(3.4)} = W(x_2, \dots, x_n)$$

единственным образом.

Предположим, что

$$\frac{dV_1(x_1)}{dx_1} X_1'(x_1, \dots, x_n) + \sum_{i=2}^n \sum_{j=2}^n b_{ij} x_j X_i(x_1, \dots, x_n) \quad (3.5)$$

- отрицательная знакопостоянная функция при  $\|x\| < \infty$ .

Составим полную производную функции  $V(x_1, \dots, x_n)$  вдоль решений системы (3.1), получим

$$\begin{aligned} \dot{V}(x_1, \dots, x_n) \Big|_{(3.1)} &= \frac{dV_1(x_1)}{dx_1} \cdot X_1(x_1, 0, \dots, 0) + \frac{dV_1(x_1)}{dx_1} \cdot X_1'(x_1, \dots, x_n) + \\ &+ W(x_2, \dots, x_n) + \sum_{i=2}^n \sum_{j=2}^n b_{ij} x_j X_i(x_1, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (3.6)$$

Производная  $\dot{V}(x_1, \dots, x_n) \Big|_{(3.1)}$  при условии (3.5) определенно-отрицательная при  $\|x\| < \infty$ , откуда следует, что тривиальное решение системы (3.1) асимптотически устойчиво по действующей силе.

Итак, доказана следующая теорема.

**Теорема 3.1.** Если система (1.7) имеет вид (3.1), уравнение (3.2) асимптотически устойчиво в целом и выполняется условие (3.5), то тривиальное решение системы (1.7) асимптотически устойчиво по действующей силе.

4. Рассмотрим конкретный пример.

Пусть имеем материальную точку массой  $m$ , которая движется на плоскости  $z = 0$  под действием упругой силы и силы сопротивления.

Будем считать, что  $F_{\text{упр.}} = -cy$ , а  $R_x = -a_1\dot{x}^3$ ,  $R_y = -a_2\dot{y}$ .

Предположим, что на точку действует также гироскопическая сила  $\overline{G}$  с проекциями

$$G_x = -b_1\dot{x}\dot{y}^4; \quad G_y = b_1\dot{x}^2\dot{y}^3; (b_1 > 0).$$

В этом случае дифференциальные уравнения точки будут

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -a_1\dot{x}^3 - b_1\dot{x}\dot{y}^4 \\ m\ddot{y} = -cy - a_2\dot{y} + b_1\dot{x}^2\dot{y}^3, \end{cases}$$

что можем привести к виду:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -a_3x_1^3 - bx_1x_3^4 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dot{x}_3 = -k^2x_2 - a_4x_3 + bx_1^2x_3^3, \end{cases} \quad (4.1)$$

где  $x_1 = \dot{x}$ ;  $x_2 = y$ ;  $x_3 = \dot{y}$ ;  $a_3 = \frac{a_1}{m}$ ;  $b = \frac{b_1}{m}$ ;  $a_4 = \frac{a_2}{m}$ ;  $k^2 = \frac{c}{m}$ .

Очевидно, что система (4.1) имеет вид (3.1), а тривиальное решение уравнения

$$\dot{x}_1 = -a_3x_1^3 \quad (4.2)$$

асимптотически устойчиво в целом.

Если для линейного приближения последних двух уравнений системы (4.1)

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = x_3 \\ \dot{x}_3 = -k^2x_2 - a_4x_3 \end{cases}$$

возьмем функцию Ляпунова в виде

$$V_2(x_2, x_3) = \frac{1}{2}(x_2^2 + \frac{1}{k^2}x_3^2),$$

то условие (3.5) примет вид

$$-(1 - \frac{1}{k^2})bx_1^2x_3^4,$$

что представляет собой знакопостоянную отрицательную функцию при  $k \geq 1(\frac{c}{m} \geq 1)$ , т.е. в данном примере для системы (4.1) при  $k \geq 1(\frac{c}{m} \geq 1)$  удовлетворяются все условия теоремы 3.1, следовательно, тривиальное решение системы (4.1) асимптотически устойчиво по действующей силе.

Работа выполнена в рамках научной темы под грифом 96-862, которая финансируется из государственных централизованных источников РА.

Кафедра теоретической механики

Поступила 25.02.1997

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966, 530 с.
2. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука, 1988, 548 с.
3. Габриелян М.С., Шагинян С.Г. О построении функции Ляпунова. - Уч. записки ЕГУ, 1987, №1, с. 39-45.
4. Шагинян С.Г., Амбарцумян С.Р. О неустойчивости по действующей силе. - Уч. записки ЕГУ, 1996, №2, с. 30-36.
5. Барбашин Е.А., Красовский Н.Н. О существовании функции Ляпунова в случае асимптотической устойчивости в целом. - ПММ, 1954, т. 18, в. 3, с. 345-350.
6. Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. М.: Физматгиз, 1959, 211 с.

### Ս.Գ. ՇԱՀԻՆՅԱՆ, Ս.Ռ. ՀԱՄԲԱՐՇՈՒՄՅԱՆ

### ԸՍՏ ԱԶԴՈՂ ՈՒԺԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ ԿՐԻՏԻԿԱԿԱՆ ԴԵՊԸՈՒՄ

#### Ա մ փ ո փ ու մ

Դիտարկվում է ոչ գծային դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի ըստ ազդող ուժի կայունության խնդիրը կրիտիկական դեպքում, երբ համակարգի գծային մոտավորության համապատասխան բնութագրիչ հավասարումն չունի մեկ զրոյական արմատ:

Ստացված են բավարար պայմաններ, որոնց դեպքում դիտարկվող համակարգի զրոյական լուծումը կլինի ասիմպտոտիկ կայուն կամ անկայուն ըստ ազդող ուժի:

В.Р. БАРСЕГЯН, В.В. АЙРАПЕТЯН

К ЗАДАЧЕ НАБЛЮДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ  
 МЕМБРАНЫ

Исследована задача оптимального наблюдения управляемых движений мембраны. Предполагается, что из некоторых областей мембраны, которые характеризуются функциями из класса  $L_2[0,b] \times [0,c]$ , поступает сигнал. При помощи некоторой предыстории поступающего сигнала, построена универсальная оптимальная операция, позволяющая определить прогиб и скорость всех точек мембраны в любой момент времени.

**1. Постановка задачи.** Рассмотрим однородную, упругую, прямоугольную мембрану, края которой закреплены. Пусть на мембрану действуют распределенные силы с плотностью  $u(x, y, t)$ , перпендикулярные поверхности мембраны. Ограничимся рассмотрением малых колебаний мембраны и предположим, что область, на которую действуют распределенные силы, имеет положительную меру по Лебегу.

Пусть прогиб мембраны будет  $Q(x, y, t), 0 \leq x \leq b, 0 \leq y \leq c, t \geq 0$ , подчиненный при  $0 < x < b, 0 < y < c$  и  $t > 0$  уравнению [1]

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial t^2} = a^2 \left( \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} \right) + u(x, y, t) \tag{1.1}$$

и граничным условиям

$$\begin{aligned} Q(x, 0, t) = 0, \quad Q(x, c, t) = 0, \\ Q(0, y, t) = 0, \quad Q(b, y, t) = 0. \end{aligned} \quad t > 0 \tag{1.2}$$

В правой части уравнения (1.1) функция  $u(x, y, t)$  - плотность внешней силы, рассчитанная на единицу массы мембраны,  $a^2 = \frac{T_0}{\rho}$ , где  $T_0$  - натяжение, а  $\rho$  - плотность мембраны.

При рассмотрении задачи об управлении колебаниями мембраны по принципу обратной связи возникает необходимость в вычислении текущего состояния  $Q(x, y, t)$  и скорости  $\dot{Q}(x, y, t)$  мембраны для любой точки  $x \in [0, b], y \in [0, c]$ , каким бы не было реализовавшееся в процессе (1.1) значение  $Q(x, y, t)$ .

Допустим есть возможность с помощью измерительных устройств на некоторых областях положительной меры мембраны измерить некоторую величину, определенную на промежутке времени  $t - \theta \leq \tau \leq t$ , где  $\theta > 0$ , постоянное число, учитывает некоторую предысторию поступающего сигнала. Число  $\theta$  определяется из дополнительных требований, сопровождающих задачу о наблюдении, и зависит от физических возможностей измерительных устройств. Но так как наблюдаемый

объект подвержен управляющему воздействию  $u(x, y, t)$ , нужна еще информация о предыстории управляющей силы.

В отличие от поступающего сигнала, который известен в пределах отрезка  $t - \vartheta \leq \tau \leq t$ , значение управляющего воздействия в момент времени  $t$  в учитываемую предысторию не включается. Для функции  $u(x, y, t)$  аргумент заключен в пределах полуинтервала  $t - \vartheta \leq \tau < t$ , так как значение состояния мембраны  $Q(x, y, t)$  в момент  $t$  необходимо как раз для того, чтобы выработать управление в этот же момент времени.

Предполагается, что области мембраны, подлежащие измерению, характеризуются функциями  $f(x, y)$  и  $g(x, y)$  из класса  $L_2[0, b] \times [0, c]$ . В частном случае они могут быть характеристическими функциями измеримых областей.

Требуется по поступающему сигналу вычислить функцию состояния  $Q(x, y, t)$  и скорость  $\dot{Q}(x, y, t)$  мембраны для любой точки  $(x, y) \in [0, b] \times [0, c]$ , каковым бы не было реализовавшееся в процессе (1.1) значение  $Q(x, y, t)$ .

Известно, что решение уравнения (1.1) имеет следующий вид

$$Q(x, y, t) = \sum_{k, m=1}^{\infty} Q_{km}(t) \sin \frac{\pi k}{b} x \sin \frac{\pi m}{c} y, \quad (1.3)$$

где функции  $Q_{km}(t)$  удовлетворяют системе бесконечных уравнений

$$\ddot{Q}_{km}(t) = -\lambda_{km}^2(t) Q_{km}(t) + u_{km}(t), \quad (1.4)$$

$$\lambda_{km}^2 = a^2 \left[ \left( \frac{\pi k}{b} \right)^2 + \left( \frac{\pi m}{c} \right)^2 \right], \quad k, m = 1, 2, \dots$$

Здесь функции  $u_{km}(t)$  являются коэффициентами Фурье  $u(x, y, t)$  в области  $[0, b] \times [0, c]$

$$u_{km}(t) = \frac{4}{bc} \int_0^b \int_0^c u(x, y, t) \sin \frac{\pi k}{b} x \sin \frac{\pi m}{c} y dx dy, \quad (1.5)$$

которые для каждой пары индексов  $k, m$  отличны от нуля.

Введя обозначения

$$Q_{km}^{(1)}(t) = Q_{km}(t), \quad Q_{km}^{(2)}(t) = \frac{1}{\lambda_{km}} \dot{Q}_{km}(t), \quad (1.6)$$

уравнение (1.4) запишем в нормальной форме

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{km}^{(1)}(t) &= \lambda_{km} Q_{km}^{(2)}(t), \\ \dot{Q}_{km}^{(2)}(t) &= -\lambda_{km} Q_{km}^{(1)}(t) + \frac{1}{\lambda_{km}} u_{km}(t), \quad k, m = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (1.7)$$

Обозначим коэффициенты рядов Фурье функций  $f(x, y)$  и  $g(x, y)$  в вышеупомянутом базисе следующим образом

$$\begin{aligned} f_{km} &= \frac{4}{bc} \int_0^b \int_0^c f(x, y) \sin \frac{\pi k}{b} x \sin \frac{\pi m}{c} y dx dy, \\ g_{km} &= \frac{4}{bc} \int_0^b \int_0^c g(x, y) \sin \frac{\pi k}{b} x \sin \frac{\pi m}{c} y dx dy. \end{aligned} \quad (1.8)$$



Коэффициенты  $f_{km}$  и  $g_{km}$  известны заранее, так как известны функции  $f(x, y)$  и  $g(x, y)$ . Предполагается, что  $f_{km}^2 + g_{km}^2 \neq 0$  [2] для каждого  $k, m = 1, 2, \dots$ .

Предполагается, что для каждого  $k, m = 1, 2, \dots$  через измерительное устройство поступает сигнал

$$f_{km} Q_{km}^{(1)}(\tau) + g_{km} Q_{km}^{(2)}(\tau), \quad t - \vartheta \leq \tau \leq t. \quad (1.9)$$

Вообще, поступающие сигналы могут быть различными. Целесообразность выбора такого сигнала обусловлена содержанием достаточного количества информации и несложной реализацией. Для каждого  $k, m = 1, 2, \dots$  рассмотрим по отношению к (1.9) "усиленный сигнал"

$$y_{km}(\tau) = \lambda_{km}^\alpha f_{km} Q_{km}^{(1)}(\tau) + \lambda_{km}^\alpha g_{km} Q_{km}^{(2)}(\tau), \quad t - \vartheta \leq \tau \leq t, \quad (1.10)$$

реализация которого также нетрудна. Здесь  $\alpha = 1 + \varepsilon$ ,  $\varepsilon > 0$  - малое число.

Таким образом, для каждой пары индексов  $k, m = 1, 2, \dots$  имеем следующую задачу наблюдения.

Требуется найти линейную операцию  $\varphi_{kmi} [t, \{y_{km}(\tau), u_{km}(\tau)\}]$  так, чтобы выполнялось равенство

$$\varphi_{kmi} [t, \{y_{km}(\tau), u_{km}(\tau)\}] = Q_{km}^{(i)}(t), \quad i = 1, 2, \quad (1.11)$$

каким бы ни было реализовавшееся в системе (1.7) значение  $Q_{km}^{(i)}(t)$  и каким бы ни был сигнал (1.10).

Операции  $\varphi_{kmi}$ , удовлетворяющие условию (1.11) назовем разрешающими операциями.

Отметим, что выражение

$$\frac{bc}{4} \sum_{k,m=1}^{\infty} (f_{km} Q_{km}(\tau) + g_{km} \dot{Q}_{km}(\tau)),$$

общим членом которого является выбранный сигнал (1.9), после подстановки значений  $f_{km}$  и  $g_{km}$  из (1.8) с учетом (1.3) приводится к виду

$$\int_0^b \int_0^c [f(x, y) Q(x, y, \tau) + g(x, y) \dot{Q}(x, y, \tau)] dx dy.$$

**2. Приведение задачи наблюдения к проблеме моментов и ее решение.** Разрешающие операции  $\varphi_{kmi} [t, \{y_{km}(\tau), u_{km}(\tau)\}]$  составим следующим образом [3,4]:

$$\varphi_{kmi} [t, \{y_{km}(\tau), u_{km}(\tau)\}] = \bar{\varphi}_{kmi} [t, y_{km}(\tau)] - \bar{\varphi}_{kmi} \left[ t, G_{km} \int_0^\zeta H_{km}(\zeta, \tau) u_{km}(\tau) d\tau \right], \quad (2.1)$$

где  $\bar{\varphi}_{kmi}$  - разрешающая операция при условии  $u_{km} \equiv 0$ , т. е.

$$\bar{\varphi}_{kmi} [t, y_{km}(\tau)] = Q_{km}^{(i)}(t) \quad (2.2)$$

и приняты следующие обозначения

$$G_{km} = (\lambda_{km}^\alpha f_{km}, \lambda_{km}^\alpha g_{km}), \quad H_{km}(\zeta, \tau) = X_{km}(\zeta, \tau) B_{km},$$

где  $X_{km}(\zeta, \tau)$  - нормированная фундаментальная матрица однородной части системы (1.7) и имеет вид

$$X_{km}(\zeta, \tau) = \begin{pmatrix} \cos \lambda_{km}(\zeta - \tau) & \sin \lambda_{km}(\zeta - \tau) \\ -\sin \lambda_{km}(\zeta - \tau) & \cos \lambda_{km}(\zeta - \tau) \end{pmatrix}, \quad B_{km} = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1}{\lambda_{km}} \end{pmatrix}. \quad (2.3)$$

Для построения операции  $\varphi_{kmi} [t, \{y_{km}(\tau), u_{km}(\tau)\}]$  достаточно построить разрешающие операции  $\bar{\varphi}_{kmi} [t, y_{km}(\tau)]$  для системы

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{kmi}^{(1)}(\tau) &= \lambda_{kmi} Q_{kmi}^{(2)}(\tau), \\ \dot{Q}_{kmi}^{(2)}(\tau) &= -\lambda_{kmi} Q_{kmi}^{(1)}(\tau), \quad k, m = 1, 2, \dots, \end{aligned} \quad (2.4)$$

удовлетворяющей условию (2.2) [3].

Решение системы (2.4) для каждого  $k, m = 1, 2, \dots$ , согласно формуле Коши, запишется в следующем виде:

$$\bar{Q}_{kmi}(\tau) = X_{kmi}(\tau, t) \bar{Q}_{kmi}(t), \quad (2.5)$$

где

$$\bar{Q}_{kmi}(\tau) = \begin{pmatrix} Q_{kmi}^{(1)}(\tau) \\ Q_{kmi}^{(2)}(\tau) \end{pmatrix}.$$

Из (1.10) и (2.5) получаем

$$y_{kmi}(\tau) = G_{kmi} X_{kmi}(\tau, t) \bar{Q}_{kmi}(t), \quad t - \vartheta \leq \tau \leq t. \quad (2.6)$$

Операции, вычисляющие функции  $Q_{kmi}^{(1)}(t)$  и  $Q_{kmi}^{(2)}(t)$  по сигналу (2.6), будем искать в виде

$$\int_{t-\vartheta}^t y_{kmi}(\tau) \bar{V}_{kmi}(t, \tau) d\tau = Q_{kmi}^{(i)}(t), \quad i = 1, 2; \quad k, m = 1, 2, \dots \quad (2.7)$$

Подставляя  $y_{kmi}(\tau)$  из (2.6) в (2.7), выполняя замену переменного  $\tau - t = \xi$  и введя обозначение  $\bar{V}_{kmi}(t, t + \xi) = V_{kmi}(\xi)$ ,  $i = 1, 2$ , будем иметь

$$\begin{aligned} \int_{-\vartheta}^0 (f_{kmi} \cos \lambda_{kmi} \xi - g_{kmi} \sin \lambda_{kmi} \xi) V_{kmi}(\xi) d\xi &= \frac{1}{\lambda_{kmi}^\alpha}, \\ \int_{-\vartheta}^0 (f_{kmi} \sin \lambda_{kmi} \xi + g_{kmi} \cos \lambda_{kmi} \xi) V_{kmi}(\xi) d\xi &= 0, \\ \int_{-\vartheta}^0 (f_{kmi} \cos \lambda_{kmi} \xi - g_{kmi} \sin \lambda_{kmi} \xi) V_{kmi2}(\xi) d\xi &= 0, \\ \int_{-\vartheta}^0 (f_{kmi} \sin \lambda_{kmi} \xi + g_{kmi} \cos \lambda_{kmi} \xi) V_{kmi2}(\xi) d\xi &= \frac{1}{\lambda_{kmi}^\alpha}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Для каждого  $k, m = 1, 2, \dots$  найдем функции  $V_{kmi}(\xi)$  и  $V_{kmi2}(\xi)$ , удовлетворяющие условиям (2.8) и являющиеся оптимальными в смысле

$$\int_{-\vartheta}^0 [V_{kmi}^2(\xi) + V_{kmi2}^2(\xi)] d\xi \rightarrow \min. \quad (2.9)$$

Решая полученную вариационную задачу (2.8), (2.9) с помощью проблемы моментов [3] для оптимальных функций  $V_{kmi}^0(\xi)$ ,  $V_{kmi2}^0(\xi)$ , получим

$$\begin{aligned} V_{kmi}^0(\xi) &= A_{kmi} \left\{ (g_{kmi}^2 \sigma_{kmi1} + 2f_{kmi} g_{kmi} \sigma_{kmi3} + f_{kmi}^2 \sigma_{kmi2}) (f_{kmi} \cos \lambda_{kmi} \xi - g_{kmi} \sin \lambda_{kmi} \xi) - \right. \\ &\left. - [f_{kmi} g_{kmi} (\sigma_{kmi1} - \sigma_{kmi2}) + (f_{kmi}^2 - g_{kmi}^2) \sigma_{kmi3}] (f_{kmi} \sin \lambda_{kmi} \xi + g_{kmi} \cos \lambda_{kmi} \xi) \right\}, \end{aligned} \quad (2.10)$$

$$V_{km2}^0(\xi) = A_{km} \left\{ [f_{km} g_{km} (\sigma_{km1} - \sigma_{km2}) + (f_{km}^2 - g_{km}^2) \sigma_{km3}] f_{km} \cos \lambda_{km} \xi - \right. \\ \left. - g_{km} \sin \lambda_{km} \xi + (f_{km}^2 \sigma_{km1} - 2f_{km} g_{km} \sigma_{km3} + g_{km}^2 \sigma_{km2}) f_{km} \sin \lambda_{km} \xi + g_{km} \cos \lambda_{km} \xi \right\} \\ \text{где} \quad (2.11)$$

$$A_{km} = 2 \left[ \lambda_{km}^\alpha (\sigma_{km1} \sigma_{km2} - \sigma_{km3}^2) (f_{km}^2 + g_{km}^2) \right]^{-1}, \\ \sigma_{km1} = \vartheta + \frac{\sin 2\lambda_{km} \vartheta}{2\lambda_{km}}, \quad \sigma_{km2} = \vartheta - \frac{\sin 2\lambda_{km} \vartheta}{2\lambda_{km}}, \quad \sigma_{km3} = -\frac{\sin^2 \lambda_{km} \vartheta}{\lambda_{km}}.$$

Чтобы показать ограниченность нормы бесконечномерного вектора, компонентами которого являются найденные универсальные функции  $V_{km1}^0(\xi)$ ,  $V_{km2}^0(\xi)$ , составим квадрат выражения нормы

$$\|V^0\|^2 = \int_{-\vartheta}^0 \left\{ \sum_{k,m=1}^{\infty} \left[ (V_{km1}^0(\xi))^2 + (V_{km2}^0(\xi))^2 \right] \right\} d\xi.$$

Проведя соответствующие вычисления, получим

$$\|V^0\|^2 = \sum_{k,m=1}^{\infty} \frac{4}{\theta \lambda_{km}^{2\alpha} \left( 1 - \frac{\sin^2 \lambda_{km} \theta}{\lambda_{km}^2 \theta^2} \right) (f_{km}^2 + g_{km}^2)}. \quad (2.12)$$

Из (2.12) видно, что выбором функций  $f(x, y), g(x, y)$  можно улучшить сходимость этого ряда.

Таким образом построили оптимальные операции  $\bar{\varphi}_{kmi}^0$ ,  $i = 1, 2$  в виде

$$\bar{\varphi}_{kmi}^0 [t, y_{km}(t + \xi)] = \int_{-\vartheta}^0 V_{kmi}^0(\xi) y_{km}(t + \xi) d\xi. \quad (2.13)$$

(2.13) является первым слагаемым правой части выражения (2.1).

Операции, разрешающие задачу наблюдения системы (1.7) по сигналу (1.10), согласно (2.1), будут

$$\bar{\varphi}_{kmi}^0 = [t, \{y_{km}(t + \xi), u_{km}(t + \xi)\}] = \bar{\varphi}_{kmi}^0 [t, y_{km}(t + \xi)] - \\ - \bar{\varphi}_{kmi}^0 \left[ t, G_{km} \int_0^\eta H_{km}(t + \eta s + \xi) u_{km}(t + \xi) d\xi \right], \quad (2.14)$$

где

$$H_{km}(t + \eta s + \xi) = \begin{pmatrix} \sin \lambda_{km} (\eta - \xi) \\ \cos \lambda_{km} (\eta - \xi) \end{pmatrix}.$$

Для второго слагаемого выражения (2.14) с учетом (2.13) и (1.10) после соответствующих вычислений получим

$$\bar{\varphi}_{kmi}^0 \left[ t, G_{km} \int_0^\eta H_{km}(\eta + \xi, \eta + \xi) u_{km}(t + \xi) d\xi \right] = \\ = \int_{-\vartheta}^0 V_{kmi}^0(\xi) \lambda_{km}^{\alpha-1} u_{km}(t + \xi) [f_{km} \sin \lambda_{km} \xi + g_{km} (\cos \lambda_{km} \xi - 1)] d\xi. \quad (2.15)$$

Итак, с учетом оптимальных функций  $V_{km1}^0(\xi)$ ,  $V_{km2}^0(\xi)$  из (2.10), (2.11), значения измерения  $y_{km}(\tau)$  из (1.10) и формул (2.13) и (2.15) функции  $Q_{kmi}^{(i)}(\tau)$ ,  $i = 1, 2$ , определяются по формуле

$$Q_{km}^{(i)}(t) = \int_{t-\vartheta}^t y_{km} \bar{V}_{kmi}^0(t, \tau) d\tau - \int_{t-\vartheta}^t \bar{V}_{kmi}^0(t, \tau) \lambda_{km}^{\alpha-1} u_{km}(\tau) \times \\ \times \left[ f_{km} \sin \lambda_{km}(\tau - t) + g_{km} (\cos \lambda_{km}(\tau - t) - 1) \right] d\tau. \quad (216)$$

Подставляя значение функции  $Q_{km}(t) \equiv Q_{km}^{(1)}(t)$  из (2.16) в выражение (1.3), будем иметь функцию состояния  $Q(x, y, t)$  мембраны в момент времени  $t$  (аналогичным образом и  $\dot{Q}(x, y, t)$ ) для любой точки  $x \in (0, b)$ ,  $y \in (0, c)$ .

Кафедра теоретической механики

Поступила 23.06.1997

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов А. Н., Самарский А. А., Уравнения математической физики. 1977.
2. Габриелян М. С. О стабилизации неустойчивых движений механических систем. Прикладная математика и механика. 1964, т.28, вып.3.
3. Красовский Н. Н. Теория управления движением. М.: Наука, 1968.
4. Куржанский А. Б. Управление и наблюдение в условиях неопределенности. М.: Наука, 1977.

Վ.Ռ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ, Վ.Վ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՄԵՄԲՐԱՆԻ ՂԵԿԱՎԱՐՎՈՂ ՏՍՏԱՆՈՂԱԿԱՆ ԸԱՐԺՄԱՆ ԴԻՏՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հետազոտված է արտաքին ուժերի միջոցով դեկավարվող մեմբրանի տատանողական շարժման օպտիմալ դիտման խնդիրը: Ենթադրվում է, որ մեմբրանի որոշ դրական չափի տիրույթներից, որոնք նկարագրվում են  $L_2[0; b] \times [0; c]$  դասի ֆունկցիաներով, ստացվում է ազդակ: Հաշվի առնելով յուրաքանչյուր հարմոնիկի համար ստացվող որոշ նախապատմություն, կառուցվում է օպտիմալ գործողություն, որի միջոցով որոշվում է մեմբրանի բոլոր կետերի ճկվածքը և արագությունը ժամանակի ցանկացած պահին:

Մ.Լ. ԵՐԻՇՅԱՆ, Խ.Գ. ԳՅՈՒՄՅԱՆ, Կ.Մ. ԵՐԻՇՅԱՆ,  
Տ.Ի. ՕԳԱՆԵՅԱՆ, Տ.Կ. ԳՐԻԳՐՅԱՆ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АКРИЛАМИДНОГО КОМПЛЕКСА КОБАЛЬТА В МАССЕ

Исследованы полимеризация акриламидного комплекса кобальта и ее сополимеризация с 1,3-диаллилизоциануратом в массе в присутствии нитратов металлов  $Cr^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  и  $Zn^{2+}$  соответственно. Изучена также полимеризация акриламидного комплекса кобальта в присутствии минеральных кислот  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$  и  $HClO_4$ . Предложен активный центр гомо- и сополимеризации указанных мономеров.

Поиск новых более приемлемых и относительно экологически чистых приемов и методов полимеризации металлосодержащих мономеров является перспективным и актуальным. Это связано с тем, что металлополимеры по сравнению с их аналогами, не содержащими атомов металлов, отличаются высокими физико-механическими свойствами, и композиционные материалы на их основе находят применение в самых различных областях техники и приборостроения [1,2]. Следует отметить также, что ряд металлополимеров на основе виниловых мономеров применяется в качестве носителей каталитических систем и инициаторов при полимеризации олефинов в препаративном и промышленном органическом синтезе [3].

В силу вышеизложенного поиск усовершенствованных методов получения металлополимеров с заданными свойствами является вполне целесообразным и обоснованным.

Нами поставлена задача проводить исследования полимеризации комплекса акриламида кобальта в массе в присутствии нитратов ряда металлов, минеральных кислот и активаторов неорганического и органического происхождения. В наших исследованиях использован акриламидный комплекс нитрата кобальта формулы  $Co(CH_2 = CH - CO - NH_2)_4(NO_3)_2$ . Для удобства этот комплекс обозначен  $Co(AAm)_4(NO_3)_2$ .

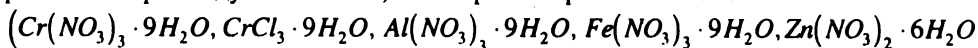
Для полимеризации  $AAm$  комплекса кобальта были использованы каталитические системы, приведенные в табл. 1.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, дает основание утверждать о влиянии воды на активность полимеризационных систем. Процессу реакции полимеризации способствует также введение в реакционную смесь смеси воды с ацетоном.

Из указанной таблицы нетрудно заметить отрицательное влияние органических неполярных растворителей на процесс полимеризации. Здесь не только значительно повышается время полимеризации, но и существенно понижается выход полученного полимера, и система целиком становится гетерогенной.

Учитывая активность рассматриваемых систем, полимеризацию  $AAm$  кобальта проводили также в присутствии графита как наполнителя. Как показано в табл. 1,

с повышением массового содержания графита падает степень превращения мономера в полимер. Следует отметить, что из рассматриваемых солей



при полимеризации ААм кобальта каталитическую активность проявляют их кристаллогидраты. Соли без кристаллогидратов и при отсутствии следов воды такими каталитическими свойствами не обладают.

Таблица 1

Условия полимеризации  $Co(AAm)_4(NO_3)_2$  при  $20 \pm 0,5^\circ C$

№ № п/п	Каталитическая система	Моль- ное соотно- шение, $\frac{K_T}{M}$	Цвет смеси	Вре- мя поли- мери- зации, ч	Выход полиме- ра по мономе- ру, %
1	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2$	1,17	фиол.	24	62,5
2	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 14,28\% H_2O$	-	св.-фиол.	3,1	69,2
3	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 15\% \text{ ац}$	1,33	св.-фиол.	16	63,8
4	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 17\% \text{ бз}$	1,33	фиол.	29-30	70,2
5	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 10\% H_2O + 22\% \text{ ац}$	1,4	серый	6	93,2
6	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 18\% \text{ гп (система гетероген.)}$	1,4	серо-фиол.	64	21,2
7	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 5\% \text{ графит} + 11,4\% H_2O$	-	черн.	5	94,5
8	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 10\% \text{ графит} + 11\% H_2O$	-	черн.	24	73,5
9	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 28\% \text{ графит} + 10,22\% H_2O$	-	черн.	42	62,8
10	$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 10\% \text{ гп}$	1,33	св.-фиол.	42	58,5
11	$CrCl_3 \cdot 6H_2O + Co(AAm)_4(NO_3)_2 + 15\% H_2O$	1,5	тем.-фиол.	5,0	70,5
12	$Co(AAm)_4(NO_3)_2 + H_2SO_4$	1,2	розов.	0,05	85,2
13	$Co(AAm)_4(NO_3)_2 + H_3PO_4$	1,2	-	0,05	87,1
14	$Co(AAm)_4(NO_3)_2 + HClO_4$	1,2	-	0,05	76,8

Примечания:  $K_T$  - нитрат (хлорид) хрома, кислоты ( $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HClO_4$ );  $M$  -  $Co(AAm)_4(NO_3)_2$ , бз - бензол, гп - гептан, ац - ацетон, % - в смеси по массе.

Уместно отметить также тот факт, что при приготовлении реакционной массы в агатовой ступке наблюдается значительное выделение воды, что, по-видимому, является необходимым процессом активации реакционной смеси.

Для выяснения природы активного центра роста полимерной цепи изучена полимеризация ААм комплекса кобальта в присутствии минеральных кислот. Эти данные отражены в табл. 1. Резкое понижение времени полимеризации ААм комплекса кобальта и повышение выхода полимера в присутствии минеральных кислот говорит в пользу предположения о катионной природе первичных центров полимеризации.

В табл. 2 отражены данные полимеризации ААм комплекса кобальта на различных каталитических системах в разных температурных режимах. С повышением температуры реакционной массы существенно понижается время полимеризации и повышается выход полученного полимера.

Исходя из вышеизложенного, в каталитических системах  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ;  $CrCl_3 \cdot 9H_2O$ ;  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ;  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  и  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  как в присутствии, так и в отсутствие  $H_2O$  или других добавок при их растирании в агатовой ступке с ААм комплекса кобальта, по-видимому, идет их полный или частичный гидролиз, и в результате образовавшаяся кислота  $HNO_3$  или  $HCl$  инициирует процесс полимеризации. В пользу этого предположения также говорят факты отсутствия полимеризации ААм комплекса кобальта в присутствии вышеуказанных безводных солей. Вопрос механизма формирования активных центров полимеризации не рассматривается в данной статье и является объектом дальнейшего исследования. Здесь же рассматриваются возможности сополимеризации ААм комплекса кобальта в присутствии этих каталитических систем с такими пассивными мономерами, каким является 1,3-диаллил-изоцианурат (ДАИЦ).

Влияние температуры на полимеризационную активность реакционной массы

№№ п/п	Каталитическая система	Мольное соотношение: $\frac{K_T}{M}$	Цвет смеси	Время полимеризации, мин	Температура полимеризации, °С	Выход полимера по мономеру, %
1	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$	1,17	фюл.	50	$60 \pm 0,5$	63,9
2	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +15% $H_2O$	1,2	"	25	$60 \pm 0,5$	71,5
3	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +14% ац.	1,33	св. - фюл.	35	$50 \pm 0,5$	61,4
4	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +10,4% $H_2O$ +18% ац.	1,4	св. - фюл.	30	$50 \pm 0,5$	78,5
5	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +11% графит+11,5% $H_2O$	1,4	черн.	60	$50 \pm 0,5$	67,5
6	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +20% графит+9,6% $H_2O$	1,4	черн.	70	$50 \pm 0,5$	56,2
7	$Al(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$	1,5	розов.	40	$80 \pm 0,5$	63,2
8	$Al(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +14,5% $H_2O$	1,5	розов.	20	$80 \pm 0,5$	72,1
9	$Fe(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +14% $H_2O$	1,35	тем.-роз.	20	$80 \pm 0,5$	81,2
10	$Zn(NO_3)_2$ ; $6H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +14,5% $H_2O$	1,9	розов.	25	$50 \pm 0,5$	60,1

Примечания:  $K_T$  -  $Cr(NO_3)_3$ ;  $9H_2O$ ;  $Al(NO_3)_3$ ;  $9H_2O$ ;  $Zn(NO_3)_2$ ;  $6H_2O$ ;  $M$  -  $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ ; % - в смеси по массе.

Условия совместной полимеризации  $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$  и ДАИЦ

№ п/п	Каталитическая система	Цвет смеси	Мольное соотношение: $\frac{C(0,1)_3 \cdot 9H_2O}{Co(AlAm)_4(NO_3)_2}$	Мольное соотношение: $\frac{K_T}{M_1}$	Мольное соотношение: $\frac{M_1}{M_2}$	Температура полимеризации, °С	Время полимеризации, мин.	Выход полимера, %
1	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +ДАИЦ	тем. - фюл.	1,4	-	1,45	$20 \pm 0,5$	450	19,5
2	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +ДАИЦ+15% $H_2O$	"	1,4	-	1,45	$20 \pm 0,5$	300	25,3
3	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +ДАИЦ+15% $H_2O$	"	"	-	"	$50 \pm 0,5$	70	48,1
4	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +ДАИЦ+15% $H_2O$	"	1,0	-	1,0	$50 \pm 0,5$	90	34,2
5	$Cr(NO_3)_3$ ; $9H_2O$ - $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ +ДАИЦ+15% ац.	тем. - розов.	1,2	-	1,0	$55 \pm 0,5$	60	38,1
6	$Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ + $H_2SO_4$ +ДАИЦ	"	-	1,2	1,5	$20 \pm 0,5$	10	63,2
7	$Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ + $H_2PO_4$ +ДАИЦ	фюл.	-	1,35	1,46	$20 \pm 0,5$	12	64,0
8	$Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ + $HClO_4$ +ДАИЦ	тем. - фюл.	-	1,4	1,5	$20 \pm 0,5$	12	55,0

Примечания:  $K_T$  - кислоты ( $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HClO_4$ );  $M_1$  -  $Co(AlAm)_4(NO_3)_2$ ;  $M_2$  - ДАИЦ; % - в смеси по массе.

Нами установлено, что ДАИЦ без ААм комплекса кобальта на указанных каталитических системах и в присутствии неорганических кислот с водой и без воды не полимеризуется. Однако с введением в реакционную систему значительного количества ААм комплекса кобальта наблюдается образование полимера. Эти данные дают основание полагать, что первоначально активные центры в виде карбокатионов образуются на ААм комплексном кобальтовом мономере, которые в дальнейшем, взаимодействуя с ДАИЦ, приводят к процессу совместной полимеризации этих мономеров.

Результаты сополимеризации ААм комплекса кобальта с ДАИЦ представляются в табл. 3.

Полученные гомо- и сополимеры исследовались методом ИК-спектроскопии. В ИК-спектрах ААм комплексного кобальтового полимера обнаружена полоса поглощения в областях 1285, 1580, 1640-1680  $\text{см}^{-1}$ , соответствующих C-N; N-H и  $\overset{\text{H}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}^{I/O}$  группам валентных колебаний.

В спектрах сополимеров ААм комплекса кобальта с ДАИЦ валентные колебания 763, 932, 1280, 1580, 1640, 1675, 1695  $\text{см}^{-1}$  соответствуют симметричным тризиг-

новым группам -  $\overset{\text{H}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}^{I/O}$ , C-N, N-H,  $-\overset{\text{H}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}^{I/O}$  и  $\text{C}=\text{O}$ .

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК-спектры пленки гомо- и сополимеров сняты на спектрофотометре UR-20, полученные на призме  $\text{CaF}_2$  из глицериновых растворов полимеров.

$\text{Co}(\text{ААм})_4(\text{NO}_3)_2$  получен и очищен согласно [4]. Использованы  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CrCl}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  марок "ч.д.а.",  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $d^{20}$  1,834;  $\text{H}_3\text{PO}_4$   $d^{20}$  1,834;  $\text{HClO}_4$   $d^{20}$  1,768.

Диаллилизацианурат получен и очищен согласно [5], т.пл. 144°C.

**Приготовление реакционной массы.** Реагирующие компоненты в расчетных количествах (мономеры, катализаторы и в отдельных случаях соответствующие добавки) в агатовой ступке интенсивно растирают до их полной гомогенизации, а затем всю массу количественно переносят в стеклянный реактор и ставят в термостат для полимеризации.

**Выделение полиакриламида из смеси.** После завершения реакции содержимое реактора переносят в колбу с водой, нагретой до 65°C. Хорошо перемешивают и фильтруют на фильтре Шотта. После этого из фильтрата выпариванием отделяют воду и образовавшуюся массу растворяют в 10%-ном водном растворе NaOH, нагретом до 55-60°C. Осадок фильтруют на фильтре Шотта. Из фильтрата выпариванием отделяют воду, а остаток растворяют в формамиде и фильтруют. Из фильтрата отгонкой удаляют формамид. После отгонки оставшуюся массу неоднократно промывают метанолом или этанолом, а затем ацетоном. Полимер высушивают в термошкафу при температуре 85-90°C до постоянной массы.

**Выделение сополимера акриламида с ДАИЦ.** После реакции реакционную массу переносят в колбу, содержащую 10%-ный водный раствор NaOH, нагретый до 60-65°C. Интенсивно перемешивают, дают 20-25 мин. выдержки и фильтруют на фильтре Шотта. Фильтрат подкисляют до нейтральной реакции (pH 6,5-7,0). Раствору дают выдержку и через 5-7 мин. сополимер начинает выделяться в виде белых хлопьев. Полное осаждение сополимера происходит в течение 1,5-2 часов. Водный раствор с сополимером перемешивают и фильтруют на фильтре Шотта. Выделившийся сополимер неоднократно промывают водой, а затем этиловым спиртом и ацетоном. Сополимер сушат в термошкафу при температуре 85-90°C до постоянной массы.



## ЛИТЕРАТУРА

1. А.С.(СССР), №2130622 (1976). Хелатные полимеры 1,3-диаллилглюконоуровой кислоты. М.Л. Ерицяи, А.В. Агасарян.
2. Хапанашвили Л.М., Андрианов К.А. Технология элементоорганических мономеров и полимеров. М.: изд-во Химия, 1983, с. 416.
3. Саркисян С.А. Автореф. докт. дисс.: Электрохимическая полимеризация азотсодержащих гетероциклических мономеров. Ер., 1996.
4. Баринюк М.С., Машков Л.В. Ж. неорг. химии, 1978, т. 23, №7, с. 1843.
5. Погосян Г.М., Павкратов В.А., Заплатинский В.Н., Мацюян С.Г. Политрипыны. Ер., 1987.

Մ.Լ. ԵՐԻՅԱՆ, Խ.Վ. ԳՅՈՒԼՈՒՄՅԱՆ, Կ.Մ. ԵՐԻՅԱՆ,  
Ս.Բ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Կ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

### ԿՈՐԱՆՏԻ ԱԿՐԻԼԱՄԻԴԱՅԻՆ ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ՊՈԼԻՄԵՐԱՑՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶԱՆԳՎԱԾՈՒՄ

#### Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրված է կորալտի ակրիլամիդային կոմպլեքսի պոլիմերացումը և նրա համապոլիմերացումը 1,3-դիալիլիզոցիանուրատի հետ զանգվածում  $Cr^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  և  $Zr^{2+}$  ճիտրատների ներկայությամբ: Հետազոտված է նաև կորալտի ակրիլամիդային կոմպլեքսի պոլիմերացումը հանքային թթուների ( $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HClO_4$ ) ներկայությամբ: Առաջարկված են տվյալ մոնոմերների հոմո- և համապոլիմերացման ակտիվ կենտրոնները:

УДК 543.4+546.766+547.869+543.3+666.3

Ж.М. АРСТАМЯН

## ЭКСТРАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА ТРИМЕТИЛТИОНИНОМ В ПРОМСТОКАХ, ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ

Изучено взаимодействие хрома (VI) с основным красителем тиазинового ряда - триметилтионином. Образующийся ионный ассоциат извлекается хлороформом. Установлены оптимальные условия экстракции: кислотность водной фазы, концентрация красителя, диапазон определяемых концентраций хрома, состав ионного ассоциата и др. Метод применен для определения хрома (VI) в промстоках гальванического производства, в почве на территории завода и в фасоли.

Повышенное содержание токсичных металлов в промстоках приводит к загрязнению окружающей среды. Следовательно, методы их анализа должны быть унифицированы с учетом разнообразия контролируемых объектов. Хром (VI) также относится к особенно вредным веществам.

Для определения микрограммовых количеств хрома (VI) предложен целый ряд физических и физико-химических методов с низким пределом обнаружения. Однако они требуют сложную аппаратуру [1]. С этой точки зрения экстракционно-фотометрический метод определения с применением основных красителей отличается чувствительностью, простотой и доступностью для производственных лабораторий.

Для определения микроколичеств хрома в промстоках, почвах и растениях ранее нами были применены красители трифенилметанового [2-4], родаминового [1,5], диазинового [6] рядов.

Настоящее сообщение посвящено изучению возможности применения красителя тиазинового ряда - триметилтионина (ТМТ) для определения хрома в объектах окружающей среды.

**Экспериментальная часть.** Стандартный раствор хрома (VI) готовили растворением точной навески  $K_2Cr_2O_7$  (высушенного при  $140^\circ C$ ) в воде. Навески препарата красителя растворяли в воде. Оптическую плотность (ОП) экстрактов измеряли на спектрофотометре СФ-16, а рН растворов - на потенциометре ЛПУ-01 со стеклянным электродом.

Предварительными опытами было установлено, что хром (VI) с ТМТ образует ионный ассоциат (ИА) синего цвета.

Были сняты спектры поглощения ИА и самого красителя. Максимум поглощения наблюдается при длине волны  $\lambda = 645-660$  нм. Далее измерения проводили при  $\lambda = 650$  нм.

С целью выбора наиболее подходящего экстрагента были испробованы различные органические растворители, а также их бинарные смеси. Опыты показали, что бензол и его гомологи, уксуснокислые эфиры не экстрагируют ни простую соль красителя, ни ИА. А бинарные смеси хлороформа с вышеуказанными растворителями экстрагируют мало. Поэтому экстракцию проводили хлороформом, при котором получается максимальное значение дифференциальной ОП. Хром (VI) практически полностью извлекается однократной экстракцией из рН 1 до 1,0 М по HCl растворов

(рис. 1). Далее экстракцию хрома (VI) проводили из 0,5 М по HCl растворов. Оптимальная концентрация красителя составляет  $4,5 \cdot 10^{-4}$  до  $5,8 \cdot 10^{-4}$  М. Увеличение концентрации красителя приводит к понижению ОП ионного ассоциата. Экстракционное равновесие создается за 0,5 мин. Методом повторной экстракции был определен фактор извлечения ( $R=0,92$ ). Окраска ИА сохраняется без изменения 24 ч.

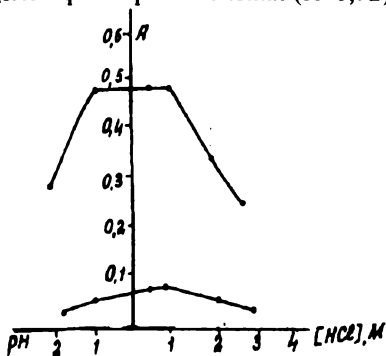


Рис. 1. Зависимость ОП ионного ассоциата хрома (VI) от концентрации соляной кислоты:  $[Cr(VI)]=3,84 \cdot 10^{-5}$  М,  $b=0,3$  см,  $\lambda=650$  нм. 1. "хол." 2. ИА.

представить так:  $[TMT]^+ [HCrO_4]^-$ . Разработанная нами методика применена для определения хрома в промстоках гальванического производства, а также в почве на территории завода микроэлектроники и в фасоли.

В промстоках проводится контроль оставшегося хрома (VI), после очищения сбросных вод от хрома (VI) - восстановлением до хрома (III) бисульфитом натрия. В почве и в фасоли определяли суммарное содержание хрома в виде хрома (VI) после предварительного окисления его перекисью водорода [7].

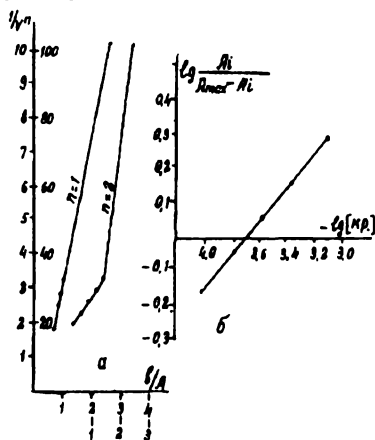


Рис. 2. Определение мольного отношения хрома (VI) и катиона красителя в ионном ассоциате: А. Методом прямой линии Асмуса. Б. Методом сдвига равновесия.

К аликвотной части раствора (10 мл, колба 1) приливают 1 М NaOH до pH 7-8, затем еще 5-7 мл 1,0 М NaOH, 2-3 мл 3% раствора  $H_2O_2$ . Раствор нагревают до 70-

Диапазон определяемых концентраций хрома составляет 0,2-6,0 мкг/мл. На основании данных калибровочного графика рассчитано среднее значение коэффициента молярного погашения:  $\bar{\xi}_{650} = 39000 \pm 500$ . Рассчитанная по  $3\sigma$ -критерию нижняя граница определяемых содержаний  $C_{min}$  равна 0,584 мкг/мл. Определению 2,0 мкг хрома не мешают  $1,6 \cdot 10^5$ -кратные количества Mg,  $1,1 \cdot 10^5$ -кратные Ca, Co,  $1,1 \cdot 10^4$ -кратные Al,  $9,0 \cdot 10^4$ -кратные Zn,  $1,5 \cdot 10^4$ -кратные Fe,  $2,2 \cdot 10^3$ -кратные Cu, Ni и т.д. Мешают Au, Pb, и Cd. В присутствии свинца наблюдается флотация.

Методом прямой линии Асмуса (рис. 2,А) и сдвигом равновесия (рис. 2,Б) установлено, что мольное отношение хрома (VI) к катиону красителя в ИА равно 1:1. Состав ИА можно

**Определение хрома в промстоках.** Пробу воды (25 мл) упаривают досуха, остаток растворяют в 0,5 М HCl, переливают в мерную колбу емкостью 25 мл и доливают до метки 0,5 М HCl.

В делительной воронке к аликвотной части раствора (2 мл) добавляют 2,5 мл 0,5 М HCl, 0,7 мл 0,1% раствора ТМТ, 5 мл хлороформа, после минутного встряхивания отделяют и измеряют ОП экстракта при  $\lambda=650$  нм,  $b=0,3$  см. Результаты приведены в таблице.

**Определение хрома в почве.** Навеску почвы (3г) прокалывают в муфельной печи 1-2ч при температуре красного каления (500-600°C) в фарфоровой чашке. После охлаждения приливают по 5 мл концентрированных растворов HCl и  $HNO_3$ . Раствор выпаривают на водяной бане досуха. Остаток растворяют в 0,5 М, HCl, переливают в 25 мл мерную колбу и доливают до метки 0,5 М HCl (колба 1).

80°C, оставляют на водяной бане 10-15 мин<sup>\*</sup>. Для удаления избытка окислителя H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> раствор упаривают досуха, приливают 5-7 мл воды, снова выпаривают досуха (полноту удаления H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> проверяют KMnO<sub>4</sub>). Сухой остаток растворяют в 0,5 М HCl, переливают в мерную колбу (25 мл) и доливают до метки 0,5 М HCl (колба 2).

*Определение хрома в промстоках, почве и фасоли. Правильность результатов анализа. Проверка методом добавок (P=0,95; n=6)*

Объект	Хром, мкг		$\bar{C}_x$ , мкг	$S_r \cdot 10^{-2}$	$\bar{C}_x \pm t_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}}$ , мкг
	введено	найдено			
промстоки	-	2,25	5,15 10,10	1,12 0,62	5,15 ± 0,012 10,10 ± 0,066
	5,0	7,40			
	10	12,35			
почва	-	4,81	5,29 10,32	0,71 0,33	5,29 ± 0,039 10,32 ± 0,036
	5,0	10,10			
	10	15,13			
фасоль	-	-	5,04 10,12	1,10 0,72	5,04 ± 0,061 10,12 ± 0,077
	5,0	5,04			
	10	10,12			

В делительной воронке к аликвотной части раствора (2,мл) приливают 2,5 мл 0,5 М HCl и продолжают определение хрома по вышеописанной методике. Результаты приведены в таблице.

**Определение хрома в фасоли.** Навеску пробы (0,5г) помещают в кварцевой или корундовой чашке в сушильном шкафу при 500 °С. После охлаждения остаток смачивают водой, приливают 2,0 мл HNO<sub>3</sub> (d=1,4). Раствор выпаривают досуха, затем сухой остаток оставляют в слабонакаленном муфеле на 10 мин, охлаждают, приливают 3-4 мл 1,0 М NaOH и продолжают определение суммарного содержания хрома по вышеописанной методике. Результаты приведены в таблице.

Работанный таким методом определения хрома триметилтиоцианом отличается избирательностью, однако по чувствительности уступает красителям трифенилметанового и роданинтового рядов.

*Кафедра аналитической химии*

*Поступила 25.03. 1997*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арстамян Ж.М. Экстракционно-фотометрическое определение хрома роданином 6Ж в промстоках, почвах и растениях. - Уч. зап. ЕГУ, 1989, №2, с. 77.
2. Арстамян Ж.М., Акопян С.В. Экстракционно-абсорбциометрическое определение хрома малахитовым зеленым. - Химия и химическая технология: Межвуз. сб. ЕГУ, 1983, вып.2, с. 64.
3. Арстамян Ж.М. Экстракционно-абсорбциометрическое определение хрома кристаллическим фиолетовым в промстоках. - Уч. зап. ЕГУ, 1985, №1, с. 86.
4. Арстамян Ж.М. Экстракционно-абсорбциометрическое определение хрома бриллиантовым зеленым в промстоках. - Уч. зап. ЕГУ, 1986, №1, с.101.
5. Арстамян Ж.М., Каришян Р.С. Экстракционно-фотометрическое определение хрома роданином С в промстоках, почвах и растениях. - Арм.хим. ж., 1990, т.43, №7, с. 442.
6. Арстамян Ж.М. Экстракционно-фотометрическое определение хрома сафранином Т в промстоках, почвах и растениях. - Уч. зап. ЕГУ, 1994, №1, с. 75.
7. Арстамян Ж.М., Шамялян К.А. Экстракционно-фотометрическое определение хрома в почвах и растениях основными красителями. - Уч. зап. ЕГУ, 1988, №1, с. 83.

\* При образовании осадка раствор фильтруют, осадок промывают 2-3 раза водой, фильтрат выпаривают досуха и продолжают определение по вышеописанной методике.

ՔՐՈՄԻ ԷՔՍՏՐԱԿՑԻՈՆ-ՖՈՏՈՄԵՏՐԻԿ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՏՐԻՄԵԹԻԼԹԻՈՆԻՆՈՎ  
ԱՐՏԱԴՐԱԿԱՆ ՀՈՍՈՂ ՋՐԵՐՈՒՄ, ՀՈՂՈՒՄ ԵՎ ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՄԵՋ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հետազոտված է քրոմի (VI) փոխազդեցությունը թիազինային շարքի ներկանյութ տրիմեթիլթիոնինի հետ: Առաջացած իոնական ասոցիատը լուծահանվում է քլորոֆորմով:

Հաստատված են իոնական ասոցիատի լուծահանման օպտիմալ պայմանները՝ միջավայրի թթվությունը, ներկանյութի կոնցենտրացիան, ֆոտոմետրիայի հիմնական օրենքին ենթարկվելու սահմանները, ընտրողականությունը և այլն:

Մեթոդը կիրառվել է Միկրոէլեկտրոնիկայի ինստիտուտի զալվանական արտադրամասի հոսող ջրերում, տարածքի հողում և լոբու մեջ քրոմի փոքր քանակների որոշման համար:

Г.Г. ДАРБИНЯН, Г.Н. ШАПОШНИКОВА, А.Г. ХАЧАТРЯН

## ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ КАК АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ

### ХIII. Амперометрическое определение палладия толундиновым голубым с одним и двумя поляризованными электродами

Разработан метод амперометрического титрования палладия (II) толундиновым голубым с одним и двумя поляризованными электродами. Установлены оптимальные концентрации кислоты, бромид-ионов, диапазон определяемых концентраций палладия (II). Метод апробирован на искусственных смесях, содержащих сопутствующие палладию элементы.

Ранее были исследованы реакции взаимодействия палладия (II) с тетра-, три- и диметилтионином [1-3]. Показано, что реакционноспособной формой является бромидный анионный комплекс палладия  $[PdBr_4]^{2-}$ . Настоящая работа посвящена исследованию взаимодействия бромидного анионного комплекса палладия (II) с еще одним представителем тиазинового ряда основных органических красителей - толундиновым голубым (ТГ) амперометрическим методом, а также рассмотрению возможности амперометрического титрования палладия (II) тетраметилтионином (ТМТ) и ТГ с применением двух поляризованных электродов.

**Экспериментальная часть и обсуждение результатов.** Амперометрическое титрование палладия (II) толундиновым голубым проводили на собранной амперометрической установке с применением платинового микроэлектрода. Электрод сравнения - ртутуродидный.

Раствор палладия (II) готовили растворением точной навески металлического палладия (99,99%) в смеси (1:3) концентрированных бромистоводородной и азотной кислот, растворы же красителей ТМТ и ТГ - растворением навески красителей квалификации "чда" в дистиллированной воде с последующим определением титра амперометрическим методом.

Изучены вольт-амперные кривые палладия (II) и ТГ на бромидсодержащих фонах ( $KBr+HNO_3$  или  $KBr+H_2SO_4$ ). Палладий восстанавливается при потенциалах от 0,0 до +0,4В, а ТГ при потенциалах от 0,0 до +0,6В. В анодной области уже при +0,8В волна окисления ТГ перекрывается волной окисления бромид-ионов, что делает невозможным титрование палладия (II) по току окисления ТГ. Дальнейшее титрование проводили по току восстановления палладия (II) и ТГ при наложении напряжения +0,4В.

Кривые амперометрического титрования имеют V-образный вид. Точка перегиба соответствует мольному соотношению  $Pd(II):ТГ=1:2$ .

Установлены оптимальные фоны титрования. Для бромид-ионов - это концентрации 0,01-0,5 моль/л, а для серной кислоты - 0,005-1,0 моль/л.

Экспериментальные данные показывают, что кислотность растворов оказывает существенное влияние на процесс амперометрического титрования. На сернокислотном фоне с концентрацией  $H_2SO_4$  выше 1,0 моль/л наблюдается увеличение затраты ТГ, а при значениях pH 3 бромидный анионный комплекс палладия (II) гидролизуетс, образуя устойчивые гидроксокомплексы.

Прямая пропорциональная зависимость между концентрацией палладия (II) и диффузионным током наблюдается в интервале концентраций палладия (II)  $2,0 \cdot 10^{-4}$  -  $8,0 \cdot 10^{-7}$  моль/л. Математическая обработка результатов амперометрического титрования палладия (II) толуидиновым голубым показала, что относительная погрешность определения не превышает отн. 3,0% (табл. 1).

Таблица 1

Воспроизводимость результатов определения палладия (II) ТГ.  $n=5$ ,  $P=0,95$ ;  $V=25$  мл;  $E=+0,2В$ ; фон  $0,1$  моль/л  $KBr+0,1$  моль/л  $H_2SO_4$

Взято Pd, мг/мл	Найдено Pd, мг/мл, $\bar{x}$	S	$S_r = S / \bar{x}$
0,02128	0,02068	$8,2 \cdot 10^{-4}$	0,03
0,00125	0,00125	$0,2 \cdot 10^{-4}$	0,01
0,00085	0,00083	$0,2 \cdot 10^{-4}$	0,02

Для выяснения избирательности метода титрование палладия (II) проводили в присутствии различных посторонних и сопутствующих элементов. Влияние сопутствующих ионов, связанное с химическими реакциями, можно устранить химическим путем, а влияние, основанное на электродных реакциях, - правильным выбором потенциала амперометрического титрования. Никель (II), свинец (II), алюминий не участвуют в электродной реакции и не взаимодействуют с ТГ. Медь (II) и железо (III) восстанавливаются на платиновом микроэлектроде с увеличением диффузионного тока. Определению мешают золото (III) и платина (IV).

Правильность метода амперометрического титрования палладия (II) толуидиновым голубым проверена на искусственных смесях и на электролите палладирования (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Проверка правильности результатов амперометрического титрования палладия (II) ТГ в искусственных смесях.  $P=0,95$ ;  $n=5$ ;  $t_a=2,571$ ;  $v=25$  мл

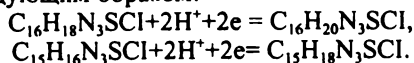
Взято Pd, мг/мл	Найдено Pd, мг/мл, $\bar{x}$	$S = \sqrt{\sum(\bar{x}_i - \bar{x}) / (n-1)}$	$\bar{x} \pm t_a S / \sqrt{n}$
0,06384	0,06634	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$0,06634 \pm 0,00254$
0,01064	0,01048	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$0,01048 \pm 0,00082$

Таблица 3

Проверка правильности результатов амперометрического титрования палладия (II) ТГ в электролите палладирования.  $P=0,95$ ;  $n=5$ ;  $t_a=2,571$ ;  $v=25$  мл

Взято Pd, мг/мл	Найдено Pd, мг/мл, $\bar{x}$	$S = \sqrt{\sum(\bar{x}_i - \bar{x}) / (n-1)}$	$\bar{x} \pm t_a S / \sqrt{n}$
0,00420	0,00434	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$0,00434 - 0,00025$

Метод амперометрического титрования с двумя поляризованными электродами заслуживает большого внимания. Он более чувствителен, что объясняется большей поверхностью электродов (около  $1 \text{ см}^2$ ). Кроме того, отсутствует мешающее влияние ряда ионов, так как количество вещества, восстанавливающегося на катоде, равно количеству вещества, окисляющегося на аноде. С учетом этих преимуществ была исследована возможность "биамперометрического" титрования палладия (II) тетраметилтионином и толуидиновым голубым. Как известно, для появления тока в цепи необходимо одновременное протекание катодного и анодного процессов. Исходя из вольт-амперных кривых палладия (II), ТМТ и ТГ, снятых на бромидсодержащих фонах, "биамперометрическое" титрование возможно при наложении напряжений  $0,8В$ . При этом электродные реакции восстановления ТМТ и ТГ можно представить следующим образом:



Кривая "биамперометрического" титрования палладия (II) тетраметилтионином и толуидиновым голубым имеет V-образный вид. Такой вид кривой обусловлен протеканием следующих электродных процессов.

до точки стехиометричности	на катоде $\text{Pd}^{2+} + 2e = \text{Pd}^0$	на аноде $2\text{Br}^- - 2e = \text{Br}_2$
после точки стехиометричности	восстановление ТМТ, ТГ	на аноде $2\text{Br}^- - 2e = \text{Br}_2$

При титровании палладия (II) ТМТ и ТГ выяснилось, что интервалы определяемых концентраций палладия (II) равны  $1,0 \cdot 10^{-3}$ - $2,0 \cdot 10^{-5}$  и  $1,0 \cdot 10^{-3}$ - $4,0 \cdot 10^{-5}$  моль/л соответственно.

Используя преимущества метода "биамперометрического" титрования, определение палладия (II) проводили в присутствии достаточно большого избытка некоторых ионов. В табл. 4 приведены сравнительные данные, полученные как классическим амперометрическим, так и "биамперометрическим" методами.

Таблица 4

Избирательность определения палладия (II) ТМТ и ТГ

Элемент	ТМТ, Э/Pd		ТГ, Э/Pd	
	амперометр	биамперометр	амперометр	биамперометр
железо (III)	500	1500	500	3500
медь (II)	150	2000	300	2000
кобальт (II)	5000	10000	100	5000
марганец (II)	70	1500	100	1700

Как видно из табл. 4, метод "биамперометрического" титрования, действительно, имеет преимущества по сравнению с обычным.

Проверка правильности результатов "биамперометрического" титрования палладия (II) ТМТ и ТГ была проведена на искусственных смесях, содержащих тысячапятьсоткратные избытки ряда элементов. Соответствующие данные с результатами математической обработки представлены в табл. 5.

Таблица 5

Проверки правильности "биамперометрического" титрования палладия (II) тетраметилтионином и толуидиновым голубым  $r=0,95$ ;  $t_a=2,571$ ;  $n=5$ ;  $v=25\text{мл}$

Элемент	Реагент	Условия определения	Взято Pd, мг/мл	Найдено Pd, мг/мл, $\bar{x}$	$S = \sqrt{\sum(\bar{x}_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$	$\bar{x} \pm t_a S / \sqrt{n}$
железо (III) кобальт (II) медь (II) марганец (II)	ТМТ	pH3,0, 0,1 моль/л KBr.	0,0021	0,0026	0,00027	0,0026-0,00033
		0,1 моль/л H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0,1 моль/л KBr	0,0021	0,0023	0,00024	0,0023-0,00029
железо (III) кобальт (II) медь (II) марганец (II)	ТГ	pH3,0, 0,1 моль/л KBr.	0,0042	0,0039	0,00029	0,0039-0,00036
		0,1 моль/л H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0,1 моль/л KBr	0,0042	0,0039	0,00029	0,0039-0,00036

Таким образом, представитель триазинового ряда красителей толуидиновый голубой может быть рекомендован в качестве реагента для амперометрического определения палладия (II).



## ЛИТЕРАТУРА

1. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. - Сб. материалов юбилейных научных сессий. К 60-летию ЕГУ. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1981, с. 181.
2. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г., Чан Ким Тьен. Органические реагенты в аналитической химии. - Тезисы докл. Всесоюз. конф. по применению органических реагентов. Киев, 1983, ч. 2, с. 164.
3. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. - Межвуз. сб. научных трудов: Химия и химическая технология. Ер. Изд-во ЕГУ, 1987, в. 4, с. 107.

Հ.Հ. ԴԱՐԲԻՆՅԱՆ, Գ.Ն. ՇԱՊՈՇՆԻԿՈՎԱ, Հ.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՀԻՄՆԱՅԻՆ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹԵՐԸ ՈՐՊԵՍ ԱՄՊԵՐԱՉԱՓԱԿԱՆ ՌԵԱԳԵՆՏՆԵՐ

**XIII. Pd-ի ամպերաչափական որոշումը տոլուիդինային կապույտով մեկ և երկու րևեռացված էլեկտրոդների օգնությամբ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Մշակված է Pd-ի ամպերաչափական տիտրման եղանակ: Հաստատված է թթվի, բրոմիդ-իոնների օպտիմալ կոնցենտրացիաները, Pd-ի որոշվող կոնցենտրացիայի ինտերվալը: Եղանակը կիրառված է արհեստական խառնուրդներում Pd-ի որոշման համար:

УДК 541.123.31:546.776.33:546.264.33:532.773

Л.В. АДАМЯН, З.Г. КАРОВ, Փ.Գ.ՔԱՅՈՒՆ

### СИСТЕМА $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$ ПРИ 35°C

Методом изотермического насыщения изучена растворимость в системе  $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$  при 35°C. Показано, что в этой системе эвтонического типа не образуются химические соединения и твердые растворы. Карбонат натрия обладает большим высаливающим действием. Твердыми фазами системы являются  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$  и  $Na_2CO_3 \cdot H_2O$ .

Определены плотность, динамическая вязкость и удельная электропроводность насыщенных растворов системы, рассчитаны молярный объем, кинематическая вязкость, ионная сила, эквивалентная и приведенная электропроводность растворов и кажущийся молярный объем суммы солей в этих растворах. Отклонение этих свойств от аддитивности показывает на взаимноразрыхляющее действие солевых компонентов на структуру их насыщенных водных растворов.

В последнее время все больше внимания привлекает к себе проблема регенерации соды из промышленных автоклавных растворов [1].

В связи с этим нами проводится исследование фазовых равновесий и физико-химических свойств насыщенных растворов в системе



в широком температурном интервале. Изучена растворимость в этой системе при 25°C [2-4]. Результаты этих исследований показывают, что в системе не образуются новые химические соединения и твердые растворы.

В данной работе представлены результаты исследования системы при 35°C.

**Экспериментальная часть.** Для исследования системы брались в качестве исходных веществ дважды перекристаллизованные карбонат и молибдат натрия марки "хч" и дважды дистиллированная вода.

Растворимость в системе изучалась методом изотермического насыщения при  $35 \pm 0,1^\circ C$  в стеклянных реакционных сосудах со стеклянными мешалками и масляным затвором, помещенных в водяной термостат. Температура регулировалась контактным термометром и электромагнитным реле. Равновесие в системе устанавливалось в зависимости от состава в течение 8-20 часов непрерывного перемешивания раствора с осадком.

Анализ жидкой фазы и "остатков" на  $MoO_4^{2-}$  проводился объемным редуктометрическим методом [5], на  $CO_3^{2-}$  - объемным методом - титрованием 0,1 н раствором  $H_2SO_4$  [6] и косвенным гравиметрическим методом по потере массы ( $CO_2$ ) сухого остатка от жидкой фазы или сплавлением смеси "остатка" с  $WO_3$  с дальней-

шим прокаливанием при  $700^{\circ}\text{C}$  в течение одного часа. В некоторых точках определялся состав по  $\text{CO}_2$  прямым гравиметрическим методом [7].

Состав твердых фаз определялся графическим методом Скрейнмакера.

Определение свойств (плотности, вязкости и электропроводности) насыщенных растворов системы проводилось по методике [4].

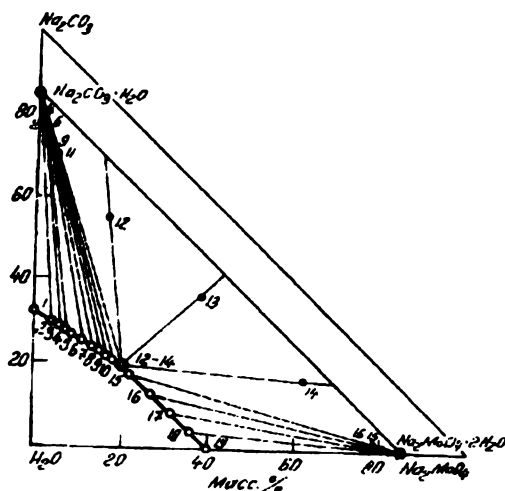
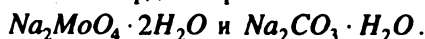


Рис. 1. Изотерма ( $35^{\circ}\text{C}$ ) растворимости в системе  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ .

Результаты исследования растворимости в системе представлены в табл. 1 и на рис. 1, на основании которых видно, что в этой системе не образуются твердые растворы и химические соединения. Твердыми фазами системы являются



Изотерма ( $35^{\circ}\text{C}$ ) растворимости в системе делится эвтонической точкой на две ветви, представляющие слабо отрицательные кривые, очень мало отклоняющиеся от прямых линий:  $x = 40,07 - 1,0107y$  и  $y = 33,09 - 0,6649x$ , где  $x$  - масс.%  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  и  $y$  - масс.%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

В эвтонике насыщенный раствор содержит 19,66 масс.%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и 20,20 масс.%  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ . Более близкое расположение эвтонической точки к  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на изотерме растворимости системы указывает на значительно большее высаливающее действие карбоната натрия. Вероятно, это связано с тем, что при  $35^{\circ}\text{C}$  ионы  $\text{CO}_3^{2-}$ , имеющие меньший радиус, чем радиус ионов  $\text{MoO}_4^{2-}$ , более гидратированы и прочнее связаны с молекулами воды ближайшего окружения, и поэтому они усиливают взаимодействие между ионами  $\text{MoO}_4^{2-}$  и  $\text{Na}^+$  и, следовательно, уменьшают растворимость молибдата натрия. Но так как ионы  $\text{MoO}_4^{2-}$  также обладают положительной гидратацией и достаточно сильно взаимодействуют с молекулами воды ближайшего окружения, то при этом взаимное высаливающее действие солевых компонентов друг на друга в насыщенных растворах становится значительно более слабым. Этим можно, как нам кажется, объяснить положительное отклонение обеих ветвей изотермы растворимости системы от прямой, соединяющей фигуративные точки насыщенных растворов исходных солей.

Экспериментально определены плотность ( $\rho_3$ ), динамическая вязкость ( $\eta$ ) и удельная электропроводность ( $\kappa$ ) насыщенных растворов системы. На основе экспериментальных данных, полученных при исследовании растворимости и указанных свойств растворов, рассчитаны мольный объем ( $V_3$ ), ионная сила ( $J$ ), кинематическая вязкость ( $\gamma$ ), эквивалентная ( $\lambda$ ) и приведенная ( $\lambda\eta$ ) электропроводности растворов и кажущийся мольный объем суммы солей ( $V_{\Sigma_{cp}}$ ) в этих растворах. Кроме того, для качественного определения характера взаимодействия компонентов в системе нами рассчитаны по правилу смешения аддитивные значения плотности ( $\rho_p$ ), мольного объема ( $V_p$ ) растворов и кажущегося мольного объема суммы солей ( $V_{\Sigma_{cp}}$ ). При этом были использованы следующие соотношения величин:

$$V_{ic} = (V_3 - V_{H_2O} X_{H_2O}) / X_{ic}; V_p = \sum V_i X_i; \rho_p = M_{p-p} / V_p = \sum M_i x_i / \sum V_i X_i.$$

$V_{\Sigma_{cp}} = (V_3 - V_{H_2O} X_{H_2O}) / \sum X_{ic}$ , где  $M_{p-p}$  - средняя молекулярная масса раствора,  $M_i, V_i, x_i$  и  $X_i$  - соответственно молекулярная масса, мольный объем, массовые и мольные доли компонентов.

Таблица 1

Растворимость в системе  $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$  при  $35^\circ C$

Номер точки	Состав жидкой фазы, масс. %		Состав "остатка", масс. %		Твердая фаза
	$Na_2CO_3$	$Na_2MoO_4$	$Na_2CO_3$	$Na_2MoO_4$	
1	33,09	-	67,71	-	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$
2	30,86	3,36	70,44	0,73	то же
3	29,44	5,40	67,87	1,41	"-
4	28,43	6,86	78,36	0,81	"-
5	27,49	8,30	68,40	2,38	"-
6	25,81	10,79	77,31	1,35	"-
7	24,14	13,32	66,52	3,97	"-
8	22,95	15,06	69,31	3,82	"-
9	21,87	16,73	75,19	2,45	"-
10	21,06	18,09	76,72	2,29	"-
11	20,05	19,66	70,69	4,27	"-
12	19,61	20,27	55,09	16,52	$Na_2CO_3 \cdot H_2O + Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$
13	19,66	20,20	35,67	38,75	то же
14	19,70	20,13	12,85	64,25	"-
15	17,96	21,89	1,65	79,19	$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$
16	13,43	26,45	2,16	76,12	то же
17	8,43	31,51	0,82	81,08	"-
18	3,96	36,06	0,73	78,35	"-
19	-	40,07	-	82,16	"-

Результаты исследования указанных свойств насыщенных растворов системы, представленные в табл. 2 и выборочно на рис. 2, однозначно подтверждают характер взаимодействия компонентов в системе, установленный методом растворимости. Изотермы всех свойств делятся точкой, отвечающей эвтонической точке на изотерме растворимости, на две ветви, соответствующие областям кристаллизации твердых фаз:



Максимальное относительное отклонение плотности и мольного объема насыщенных растворов системы, достигаемое в эвтонике, не превышает 0,4%. Отрицательное отклонение плотности и положительное отклонение мольного объема насыщенных растворов системы от аддитивности можно объяснить взаимно-разрыхляющим действием  $Na_2CO_3$  и  $Na_2MoO_4$  на структуру их насыщенных водных растворов.

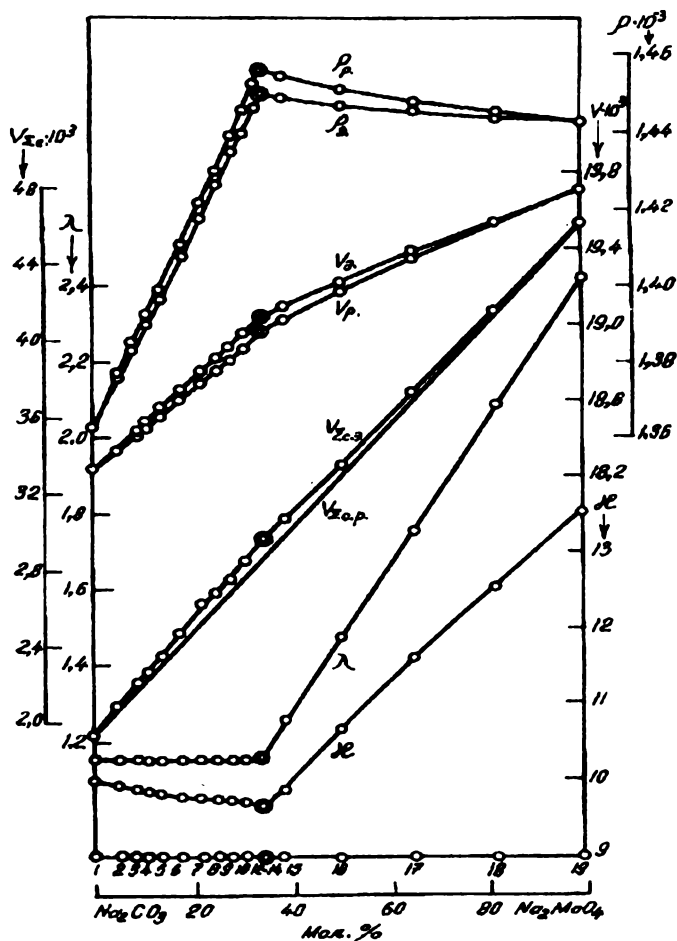


Рис. 2. Изотермы ( $35^\circ C$ ) плотности ( $\rho_s$  и  $\rho_r$ ), мольного объема ( $V_s$  и  $V_r$ ), удельной ( $K$ ) и эквивалентной ( $\lambda$ ) электропроводностей насыщенных растворов и кажущегося мольного объема суммы солей ( $V_{\Sigma c}$  и  $V_{\Sigma cp}$ ) в растворах системы  $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$ .

Вязкость растворов системы уменьшается по мере увеличения содержания в них молибдата натрия вначале от  $Na_2CO_3$  до эвтоники медленно, а после эвтоники довольно резко. Такой характер изменения вязкости указывает на то, что насыщенный раствор  $Na_2CO_3$  имеет более плотную структуру и в нем значительно сильнее, чем в насыщенном растворе  $Na_2MoO_4$ , проявляется ион-дипольное взаимодействие. Это вполне адекватно подтверждается характером изменения ионной силы растворов системы.

Свойства насыщенных растворов в системе  $Na_2MnO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$  при 35°C

Номер точки	Состав солевой массы раствора, мол. %		С в о о й с т в а													J
	$Na_2CO_3$	$Na_2MnO_4$	$\rho_s \cdot 10^{-3}, \frac{K^2}{M^3}$	$\rho_p \cdot 10^{-3}, \frac{K^2}{M^3}$	$V_s \cdot 10^3, \frac{M^3}{KMOLE}$	$V_p \cdot 10^3, \frac{M^3}{KMOLE}$	$V_{\Sigma c} \cdot 10^3, \frac{M^3}{KMOLE}$	$\eta \cdot 10^3, \frac{HC}{M^2}$	$\gamma \cdot 10^4, \frac{M^2}{C}$	$K, \frac{OM^{-1}M^{-1}}{K^2 - экв}$	$\lambda, \frac{OM^{-1}M^2}{K^2 - экв}$	$\lambda \eta \cdot 10^3, \frac{OM^{-1}H}{K^2 - экв}$	J			
1	100,0	-	1,3625	1,3625	18,229	18,229	19,407	8,87	6,51	10,01	1,177	10,32	12,77			
2	94,69	5,31	1,3772	1,3773	18,344	18,340	20,890	8,63	6,27	9,97	1,177	10,7	12,70			
3	91,37	8,63	1,3841	1,3854	18,427	18,409	21,957	8,56	6,19	9,90	1,176	10,07	12,62			
4	88,95	11,05	1,3907	1,3931	18,468	18,460	22,499	8,50	6,11	9,88	1,178	10,01	12,58			
5	86,55	12,45	1,3968	1,3977	18,529	18,509	23,272	8,41	6,02	9,85	1,177	9,89	12,56			
6	82,29	17,71	1,4075	1,4094	18,623	18,598	24,482	8,27	5,88	9,80	1,174	9,71	12,50			
7	77,88	22,18	1,4180	1,4220	18,764	18,692	26,278	8,16	5,75	9,77	1,178	9,62	12,44			
8	74,75	25,25	1,4265	1,4291	18,791	18,756	26,642	8,08	5,76	9,76	1,181	9,55	12,40			
9	71,74	28,26	1,4358	1,4378	18,848	18,821	27,351	8,04	5,60	9,75	1,180	9,49	12,37			
10	69,34	30,66	1,4402	1,4459	18,949	18,874	28,609	7,99	5,55	9,73	1,179	9,42	12,38			
11	66,46	33,54	1,4470	1,4543	19,032	18,937	29,636	7,94	5,49	9,72	1,180	9,37	12,36			
12	65,27	34,73	1,4506	1,4567	19,040	18,961	29,756	7,92	5,46	9,72	1,182	9,36	12,34			
13	65,41	34,59	1,4506	1,4563	19,034	18,958	29,672	7,93	5,47	9,71	1,180	9,36	12,34			
14	65,53	34,47	1,4507	1,4559	19,023	18,955	29,545	7,94	5,41	9,71	1,180	9,37	12,34			
15	61,45	38,55	1,4493	1,4547	19,089	19,018	30,702	7,40	5,10	9,85	1,232	9,11	11,98			
16	49,66	50,34	1,4479	1,4512	19,226	19,182	33,560	5,89	4,07	10,65	1,441	8,49	11,08			
17	34,20	65,80	1,4462	1,4478	19,389	19,367	37,430	4,59	3,18	11,62	1,727	7,94	10,09			
18	17,58	82,42	1,4448	1,4452	19,542	19,536	41,564	3,77	2,61	12,87	2,044	7,71	9,21			
19	-	100,00	1,4426	1,4426	19,686	19,686	46,292	3,11	2,15	13,52	2,408	7,48	8,42			

При переходе от динамической вязкости к кинематической вид изотермы вязкости не изменяется. Изотермы вязкости, ионной силы и приведенной электропроводности имеют одинаковый вид.

Однотипными являются также изотермы удельной и эквивалентной электропроводности растворов. На характер изменения этих свойств, особенно в области кристаллизации  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ , доминирующее влияние оказывает вязкость растворов. В области кристаллизации  $Na_2CO_3 \cdot H_2O$  до эвтоники ионная сила раствора уменьшается незначительно, а вязкость несколько больше, и это мало отражается на удельную электропроводность растворов, которая в этой области системы уменьшается так же мало, как и ионная сила растворов, а эквивалентная электропроводность незначительно повышается. В области кристаллизации  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$  от эвтоники до  $Na_2MoO_4$  резко (в 2,6 раза) уменьшается вязкость растворов; вследствие чего также резко повышается подвижность ионов. В результате этого соответственно сильно увеличиваются удельная (в 1,5 раза) и эквивалентная (в 2,04 раза) электропроводности растворов, несмотря на то, что при этом значительно (в 1,5 раза) уменьшается ионная сила растворов системы.

Гюмрийский образовательный  
комплекс АГИУ, КБГУ, ЕГУ

Поступила 16.10.1995

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Масленицкий Н.Н., Беликов В.В. Химические процессы в технологии переработки трудно-обогатимых руд. М.: Недра, 1986, с. 121.
2. Перельман Ф.М., Зворыкин А.Я. В сб.: Химия редких элементов. М.: Изд-во АН СССР, 1957, вып. 3, с. 100.
3. Каров З.Г., Семенова С.Б., Шорова Ж.И. В сб.: Химия и технология молибдена и вольфрама. Нальчик, 1974, вып. 2, с. 180.
4. Каров А.А., Жилова С.Б., Эльмесова Р.М. В сб.: Химия и технология молибдена и вольфрама. Нальчик, 1984, с. 34.
5. Гиллебранд В.Ф., Лендель Г.Э., Брайт Г.А., Гофман Д.И. Практическое руководство по неорганическому анализу. М.: Химия, 1966, с. 357.
6. Кольтофф И.М., Стенгер В.А. Объемный анализ. М.-Л.: Госхимиздат, 1952, т. 2, с. 166.
7. Пономарев А.И. Методы химического анализа железных, титаномагнетитовых и хромовых руд. М.: Наука, 1966, с. 239.

Լ.Վ. ԱՂԱՄՅԱՆ, Ջ.Գ. ԿԱՐՈՎ, **Ֆ.Գ. ՓԱՅԱՆ**

$Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$  ՀԱՄԱԿԱՐԳՐ 35°C ՁԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆՈՒՄ

#### Ա մ փ ո փ ո ս

Իզոթերմիկ հազեցման եղանակով առաջին անգամ ուսումնասիրված է լուծելիությունը  $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$  համակարգում 35°C ջերմաստիճանում:

Ցույց է տրված, որ այդ էվտոնիկ տիպի համակարգում քիմիական միացություններ և պինդ լուծույթներ չեն առաջանում: Նատրիումի կարբոնատը ունի աղարկող մեծ

հատկություն: Համակարգի պինդ ֆազերն են հանդիսանում  $Na_2CO_3 \cdot H_2O$  և  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ , էվտոնիկ լուծույթը պարունակում է ըստ զանգվածի 19,66 %  $Na_2CO_3$  և 20,20 %  $Na_2MoO_4$  :

Որոշված են համակարգի հազեցած լուծույթի խտությունը, դինամիկ մածուցիկությունը և տեսակարար էլեկտրահաղորդականությունը: Ստացված տվյալների հիման վրա հաշվարկված են լուծույթների մոլային ծավալը, կինեմատիկական մածուցիկությունը, իոնական ուժը, էկվիվալենտ ու քերված էլեկտրահաղորդականությունը, ինչպես նաև այդ լուծույթներում աղերի գումարային թվացող մոլային ծավալը: Տեղաշարժի կանոնով հաշվարկված են լուծույթների խտության և մոլային ծավալների ադիտիվ արժեքները և աղերի գումարի թվացող մոլային ծավալը: Այդ հատկությունների շեղումը ադիտիվությունից ցույց է տալիս աղային բաղադրիչների փոխադարձ ազդեցությունը իրենց հազեցած լուծույթների կառուցվածքի վրա:



М.А. ДАВТЯН, Дж.А. ВАРДАНЯН

## СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПРОРОСТКАХ И СЕМЯДОЛЯХ ПРИ ПРОРАСТАНИИ СЕМЯН ГОРОХА

Изучалось содержание свободных аминокислот в проростках и семядолях при прорастании семян гороха. В различные дни прорастания в составе свободных аминокислот проростков и семядолей гороха наблюдаются заметные сдвиги в количественном соотношении отдельных аминокислот. Вследствие этого значительно изменяется суммарное содержание аминокислот. При прорастании семян в проростках и семядолях обнаружена коррелятивная связь между количеством свободного аргинина и аргиназной активностью.

Значение L-аргинина как запасного азотсодержащего соединения в растениях показано рядом исследователей [1-5]. Когда снабжение внешнего азота не ограничено, излишек азота может запасаться в форме L-аргинина. Аккумулированный аргинин после удаления источника азота доступен для синтеза других аминокислот.

При прорастании семян основным путем дальнейшего катаболизма аргинина, образовавшегося под влиянием протеаз, является гидролитическое расщепление его аргиназой.

Известно, что в процессе прорастания семян тыквы постепенно повышается количество аргинина, причем при прорастании на свету оно достигает максимума на 9-й день, а в темноте - на 15-й [6]. Показано также значительное образование аргинина в семядолях гороха на ранних стадиях прорастания, после чего уровень его быстро падает [4,5]. Причем как у тыквы, так и у гороха динамика активности аргиназы и содержание свободного аргинина при прорастании семян находятся в прямой коррелятивной связи.

Предыдущие наши исследования показали, что в процессе прорастания семян гороха в семядолях и проростках наблюдается повышение аргиназной активности. Образовавшийся при катаболизме белков свободный аргинин, очевидно, индуцирует аргиназу [7].

Целью настоящей работы было изучение содержания свободных аминокислот, в частности аргинина, в семядолях и проростках гороха при прорастании семян.

**Материал и методика.** Объектом исследования служили семена гороха Рамонский 77. Для выделения свободных аминокислот проростки и семядоли гомогенизировались в стеклянном гомогенизаторе типа Поттер-Элведжема при 0-4°C и экстрагировались 80%-ным этиловым спиртом при температуре 80°C в течение одного часа.

Аминокислоты определялись бумажной хроматографией с использованием в качестве растворителя *n*-бутанол - уксусная кислота - вода (4:1:1). Количественное определение аминокислот проводилось по указанию Лисницкого и Лорана [8].

**Результаты и обсуждения.** Полученные данные (табл. 1) показывают, что в проростках гороха при прорастании семян со 2-го до 21-го дня существенных сдвигов в суммарном содержании свободных аминокислот не наблюдается. Разница наб-

людается лишь в соотношении отдельных аминокислот в разные дни прорастания семян. Отметим, что в проростках количественно преобладают лизин-гистидин, треонин, тирозин. При прорастании семян изменяется количество отдельных аминокислот. Так, в проростках на второй и четвертый дни прорастания высоко содержание глутамина и аланина, что в последующие дни резко снижается. Одновременно заметно повышается количество лизин-гистидина, треонина, ГАМК, валин-метионина, лейцин-изолейцина, тирозина.

Определенный интерес для наших дальнейших работ представляет изменение количества свободного аргинина. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что содержание аргинина в первые дни прорастания составляет 7,7%, начиная с 7-го дня уровень его резко падает, достигая 1,7%, и сохраняется во все последующие дни.

Таким образом, в различные дни прорастания в составе свободных аминокислот проростков гороха наблюдаются заметные различия в количественном соотношении отдельных аминокислот.

Таблица 1

Содержание свободных аминокислот в проростках при прорастании семян гороха, в % от абс. сухого веса

Аминокислоты	Дни прорастания					
	II		IV		VII	
	1	2	1	2	1	2
Цис	0,672	6,07	0,775	5,94	0,742	5,41
Лиз-гис	0,414	3,74	0,663	5,08	0,567	4,13
Асп-NH <sub>2</sub>	2,198	19,84	2,684	20,56	3,111	22,68
Арг	0,852	7,70	0,878	6,73	0,246	1,79
Глу-NH <sub>2</sub>	0,531	4,80	0,433	3,32	0,170	1,24
Асп-сер	1,148	10,38	1,086	8,33	1,341	9,78
Гли	0,211	1,91	0,182	1,40	0,254	1,85
Глу	1,516	13,70	1,644	12,60	3,131	22,82
Тре	0,188	1,70	0,457	3,50	0,561	4,16
Ала	1,820	16,45	1,669	12,76	0,329	2,40
Тир	0,195	1,76	0,347	2,66	1,798	13,11
ГАМК	0,195	1,76	0,562	4,30	0,289	2,11
Вал-мет	0,211	1,91	0,534	4,10	0,405	2,95
Фен	0,625	5,65	0,529	4,06	0,528	3,85
Лей-илей	0,285	2,61	0,603	4,63	0,234	1,71
Сумма	11,062	99,98	13,040	100,00	13,716	99,99

Аминокислоты	Дни прорастания							
	IX		XI		XV		XXI	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Цис	0,789	6,08	0,241	2,09	0,552	1,67	0,285	2,17
Лиз-гис	0,451	3,48	1,086	9,43	1,367	9,06	1,465	11,18
Асп-NH <sub>2</sub>	2,387	18,40	1,306	11,34	1,987	13,17	2,109	16,09
Арг	0,293	2,26	0,183	1,59	0,278	1,85	0,232	1,77
Глу-NH <sub>2</sub>	0,203	1,57	0,129	1,12	0,164	1,09	0,123	0,95
Асп-сер	1,327	10,24	1,169	10,15	1,345	8,93	1,079	8,23
Гли	0,628	4,85	0,741	6,43	1,044	6,92	0,811	6,19
Глу	3,124	24,12	3,766	32,69	4,959	32,88	4,114	31,39
Тре	0,789	6,08	0,647	5,62	0,929	6,10	0,671	5,12
Ала	0,346	2,67	0,317	2,75	0,394	2,62	0,337	1,82
Тир	1,289	9,95	0,917	7,96	1,102	7,32	0,702	5,36
ГАМК	0,316	2,44	0,151	1,31	0,234	1,55	0,224	1,72
Вал-мет	0,395	2,05	0,359	3,12	0,398	3,64	0,421	3,22
Фен	0,432	3,34	0,331	2,87	0,319	2,12	0,412	3,14
Лей-илей	0,192	1,48	0,176	1,53	0,314	2,08	0,215	1,64
Сумма	12,961	100,01	11,519	100,00	15,078	99,99	13,100	99,99

1 - аминокислоты, %; 2 - % аминокислоты от суммы.

Содержание свободных аминокислот в семядолях при прорастании семян гороха,  
в % от абс. сухого веса

Аминокислоты	Дни прорастания					
	II		IV		VII	
	1	2	1	2	1	2
Цис	0,044	3,49	0,060	3,92	0,095	2,84
Лиз-гис	0,077	6,12	0,090	5,81	0,194	5,79
Асп-NH <sub>2</sub>	0,245	19,48	0,276	18,05	0,277	8,27
Арг	0,116	9,22	0,101	6,63	0,210	6,27
Глу-NH <sub>2</sub>	0,028	2,23	0,045	2,94	0,214	6,39
Асп-сер	0,075	5,96	0,116	7,59	0,332	9,91
Гли	0,044	3,49	0,058	3,78	0,127	3,79
Глу	0,259	20,59	0,409	26,75	0,978	20,10
Тре	0,039	3,10	0,045	2,94	0,118	3,52
Ала	0,091	7,27	0,101	6,67	0,221	6,60
Тир	0,025	1,99	0,029	1,91	0,041	1,22
ГАМК	0,041	3,26	0,037	2,40	0,105	3,13
Вал-мет	0,041	3,26	0,059	3,79	0,140	4,18
Фен	0,078	6,20	0,058	3,79	0,196	5,85
Лей-нлей	0,055	4,37	0,046	3,00	0,105	3,13
Сумма	1,258	99,96	1,529	99,99	3,350	99,99

Аминокислоты	Дни прорастания							
	IX		XI		XV		XXI	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Цис	0,056	1,95	0,069	2,57	0,068	1,89	0,094	1,93
Лиз-гис	0,159	5,53	0,223	8,30	0,267	7,43	0,307	6,39
Асп-NH <sub>2</sub>	0,239	8,31	0,265	9,87	0,378	10,51	0,483	9,89
Арг	0,249	8,66	0,212	7,89	0,237	6,59	0,454	9,30
Глу-NH <sub>2</sub>	0,189	6,57	0,139	5,17	0,218	6,06	0,172	3,52
Асп-сер	0,344	11,96	0,327	12,17	0,420	11,68	0,742	15,22
Гли	0,119	4,14	0,130	4,84	0,220	6,12	0,323	6,72
Глу	0,664	23,08	0,659	24,53	0,824	22,92	0,965	19,76
Тре	0,126	4,38	0,094	3,50	0,115	3,20	0,124	2,54
Ала	0,198	6,88	0,167	6,29	0,259	7,20	0,321	6,57
Тир	0,043	1,49	0,053	1,97	0,048	1,33	0,099	2,03
ГАМК	0,106	3,68	0,089	3,31	0,112	3,11	0,171	3,50
Вал-мет	0,146	5,07	0,059	2,20	0,145	4,03	0,235	5,28
Фен	0,133	4,62	0,116	4,32	0,152	4,23	0,176	3,60
Лей-нлей	0,106	3,68	0,084	3,13	0,133	3,70	0,189	3,87
Сумма	2,877	100,0	2,086	99,99	3,596	100,0	4,840	100,02

1 - аминокислоты, %; 2 - % аминокислоты от суммы.

Исследовалось также изменение количества свободных аминокислот в семядолях гороха при прорастании семян. Из данных (табл. 2) следует, что в семядолях во все дни прорастания количественно преобладают глутаминовая кислота, аспарагин, аргинин, аланин, лизин-гистидин, аспарагиновая кислота-серин.

В процессе прорастания семян наблюдаются заметные количественные сдвиги в соотношении отдельных аминокислот. Так, на седьмой день прорастания снижается содержание цистеина и аспарагина, повышается содержание глутамин, аспарагиновой кислоты-серина, глицина, валин-метионина. В результате значительно изменяется суммарное содержание свободных аминокислот. Так, если на второй день прорастания сумма аминокислот составляет 1,26%, то на 21-ый день она становится равной 4,88%. Что же касается содержания аргинина, то, начиная со второго дня прорастания, оно постепенно понижается, на девятый день повышается, а к 21-му дню достигает максимума.

Наши предыдущие исследования аргиназной активности в проростках и семядолях при прорастании семян гороха показали почти такую же закономерность. Так, при прорастании семян в темноте в первые два дня прорастания активность фермен-

та повышается, после чего снижается, а с 6-го дня резко повышается, достигая максимального уровня к 9-му дню. В последующие дни она резко падает и к 14-му дню вновь повышается [7].

Таким образом, при прорастании семян гороха в проростках и семядолях существует коррелятивная связь между количеством свободного аргинина и аргиназной активностью. Наши данные совпадают с литературными, полученными в отношении семядолей тыквы [6] и гороха [4,5].

*Катедра биохимии, научно-исследовательская лаборатория  
сравнительной и эволюционной биохимии*

*Поступила 19.09.1997*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Oland K. *Physiol Plantarum*, 1959, v. 12, p. 594.
2. Durzan D.J., Steward E.C. *Can. J. Botany*, 1966, v.45, p. 695.
3. Reinbothe H., Mothes K. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1962, v. 13, p. 129.
4. Lawrence J.M., Grant D.R. *Plant Physiol.*, 1963, v. 38, p.561.
5. Larson L.A., Beevers H. *Plant Physiol.*, 1965, v. 40, p. 424.
6. Splittstoesser W.E. *Phytochemistry*, 1969, v. 8, p. 753.
7. Варданян Дж.А. *Биологический журнал Армении*, 1980, т. 33, №8, с. 853.
8. Lissitsky S., Laurent G. *Bull. Soc. Chin. Biol.*, 1955, v. 47, p. 1177.

Մ.Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ, Ջ.Հ. ՎԱՐՎԱՆՅԱՆ

ԱԶԱՏ ԱՄԻՆԱԹԹՈՒՆԵՐԻ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ՈԼՈՒԻ ԾԻԼԵՐՈՒՄ ԵՎ  
ՇԱՔԻԼՆԵՐՈՒՄ ՍԵՐՍԵՐԻ ԾԼՄԱՆ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրվել է ազատ ամինաթթուների պարունակությունը ոլոռի ծիլերում և շաքիլներում: Սերմերի ծլման ընթացքում ծիլերի և շաքիլների ազատ ամինաթթվային կազմում նկատվել են առանձին ամինաթթուների քանակության զգալի տարբերություններ, որի հետևանքով էլ որոշակի քանակական տեղաշարժեր են դիտվել ամինաթթուների գումարային պարունակության մեջ: Հատկապես նշանակալի է արգինինի քանակության փոփոխությունը սերմերի ծլման ընթացքում: Ծիլերում և շաքիլներում հայտնաբերվել է կոռելյատիվ կապ արգինինի քանակության և արգինազային ակտիվության միջև:

М.Л. ГЕВОРКЯН, М.А. ДАВТЯН

## ВЛИЯНИЕ ДВУХВАЛЕНТНЫХ КАТИОНОВ НА АКТИВНОСТЬ АРГИНАЗЫ ПЕЧЕНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Исследование влияния ряда двухвалентных катионов на активность аргиназы печени крупного рогатого скота показало, что, кроме ионов марганца, активаторами этого фермента являются ионы кобальта и кадмия. Эти катионы также стабилизируют структуру аргиназы. Однако, как показали эксперименты, ионы марганца снижают термостабильность фермента. Небольшой избыток этих катионов в растворе вызывает инактивацию аргиназы даже при незначительном нагревании. Полученные данные свидетельствуют об особой специфичности связывания ионов марганца с аргиназой и подтверждают имеющиеся представления о том, что эти катионы не участвуют непосредственно в каталитической реакции этого фермента.

Важная роль ионов марганца в проявлении активности аргиназы обнаружена уже давно [1]. Многочисленные исследования, проведенные на аргиназе печени разных млекопитающих, позволили установить, что эти катионы активируют аргиназу, регулируют оптимум pH, стабилизируют структуру фермента, участвуют в связывании его субъединиц [2-4]. Удаление этих ионов диализом или в присутствии хелатирующих реагентов приводит к потере активности [5,6]. Мнения большинства исследователей сходятся на том, что присоединение ионов  $Mn^{2+}$  к молекуле аргиназы вызывает конформационные изменения, которые создают благоприятные условия для образования фермент-субстратного комплекса [7-9]. С помощью методов ЭПР и ЯМР показано, что нативная аргиназа печени крыс содержит 4 моля марганца на моль белка [7].

Печеночная аргиназа млекопитающих активируется также и некоторыми другими двухвалентными катионами, причем ферменты, выделенные из печени разных млекопитающих отличаются друг от друга по способности активироваться разными ионами. Так, фермент из печени лошади активируется ионами кобальта и никеля [10]. Ионы кадмия активируют аргиназу печени быка, а на фермент из печени лошади влияния не оказывают [5]. Обнаружено также активирующее влияние на аргиназу печени быка и крыс ионов железа [9].

В настоящей работе проведено изучение влияния ионов  $Mn^{2+}$  и ряда двухвалентных катионов на активность аргиназы печени крупного рогатого скота, а также на ее термостабильность.

**Материал и методика.** Исследования проводились на коммерческом препарате аргиназы печени крупного рогатого скота фирмы Reanal (Венгрия). Аргиназную активность определяли по методу Ратнер, как описано ранее [11]. Мочевину определяли микродиффузионным методом Зелигсона в модификации Силаковой и сотр. [12]. Диализ проводили в течение 24 часов при 4°C и постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки против 5 объемов дистиллированной воды (10 мл водного раствора аргиназы против 1 л  $H_2O$ ). Перед определением активности раствор фермента разбавляли глициновым буфером (0,05M) при pH 9,6.

Термообработку проводили следующим образом: исследуемый раствор нагревали в течение 10 минут на водяной бане при соответствующей температуре, затем

охлаждали до комнатной температуры и определяли остаточную аргиназную активность. Растворы белка готовили на 0,05 M глициновом буфере при pH 9,5. В работе использовали L-аргинин, глицин фирмы Reanal (Венгрия). Остальные реактивы отечественного производства с маркой ЧДА. Катионы металлов использовали в виде хлоридов в концентрации 12,5 мМ.

**Результаты и обсуждение.** Было исследовано влияние двухвалентных катионов на активность аргиназы печени крупного рогатого скота. На рис. 1 показаны результаты этих экспериментов. Из рисунка видно, что добавление 12,5 мМ  $MnCl_2$  к раствору аргиназы приводит к некоторому увеличению активности фермента. Аналогичным действием обладают ионы кобальта. Ионы никеля, кадмия и кальция в используемых концентрациях в данных условиях не влияют на активность аргиназы, а ионы магния и железа несколько снижают ее. В присутствии ионов цинка наблюдается снижение активности фермента на 20%. Увеличение концентрации марганца в 2 раза (25 мМ) приводит к снижению активности аргиназы. Как было отмечено выше, нативная аргиназа содержит определенное количество ионов марганца, необходимое для поддержания ее нативной конформации. Дополнительное количество этих ионов, по-видимому, лишь увеличивает число активных молекул в растворе. Это подтверждают также кинетические данные: после добавления 12,5 мМ  $MnCl_2$  или  $CoCl_2$  величина  $K_M$  аргиназы не изменяется - 6,8 мМ (pH 9,5). При удалении ионов марганца с помощью диализа или в присутствии ЭДТА активность аргиназы снижается. При длительном диализе или достаточной высокой концентрации ЭДТА (25 мМ) наблюдается полная инактивация. Добавление ионов  $Mn^{2+}$  к диализованной аргиназе восстанавливает активность. Аналогичное действие оказывают ионы  $Co^{2+}$  и  $Cd^{2+}$ . В присутствии ионов никеля, магния и железа в той же концентрации остаточная активность диализованной аргиназы уменьшается, а ионы цинка и кальция снижают ее на 50% и 70% соответственно (рис. 1). Можно заметить, что ионы кальция в данном случае оказывают большее ингибирующее влияние, чем ионы цинка, хотя на недиализованый фермент почти влияния не оказывают.

Присутствие двухвалентных катионов в растворе аргиназы влияет и на ее термостабильность. Температура полуинактивации аргиназы при нагревании в течение 10 минут при pH 9,5 равна 70°C (рис. 2). Как видно из рисунка, в присутствии ионов  $Co^{2+}$  и  $Ni^{2+}$  термочувствительность аргиназы не изменяется. Присутствие ионов цинка приводит к резкому снижению активности при нагревании в данных условиях (рис. 2). Возможно, связывание этих ионов в аргиназе происходит в области активного центра, а нагревание делает этот процесс более эффективным. Особый интерес представляет влияние на термостабильность аргиназы ионов марганца. Из рисунка видно, что повышение температуры раствора аргиназы в присутствии 12,5 мМ  $MnCl_2$  приводит к резкому снижению активности. Инактивация при 50°C составляет 40%, как и в присутствии ионов цинка. Таким образом, небольшой избыток ионов марганца в растворе вызывает инактивацию аргиназы при нагревании.

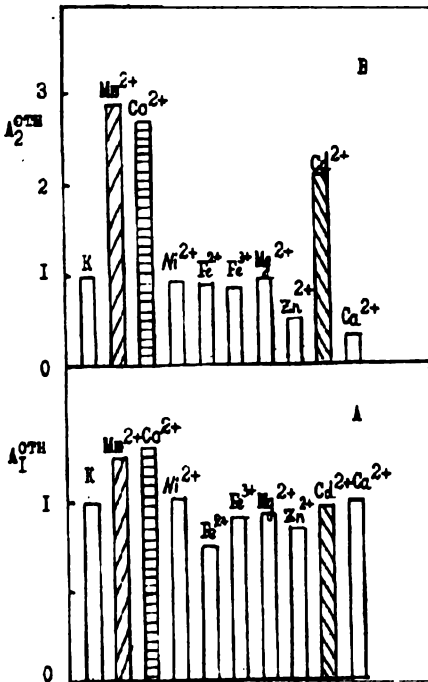


Рис. 1. Влияние двухвалентных катионов на активность аргиназы до (А) и после (В) диализа. Концентрация ионов в растворе - 12,5 мМ.

Термочувствительность диализованного фермента значительно увеличивается. Температура полуинактивации снижается на 5-6°C по сравнению с недиализованным ферментом (рис. 2). В результате диализа молекула аргиназы теряет, кроме марганца, и другие ионы и частицы, а происходящие при этом изменения, очевидно, делают фермент значительно более чувствительным к воздействию повышенных температур. Добавление ионов  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$  стабилизирует фермент, возвращая термочувствительность аргиназы к уровню недиализованного фермента. Ионы никеля не

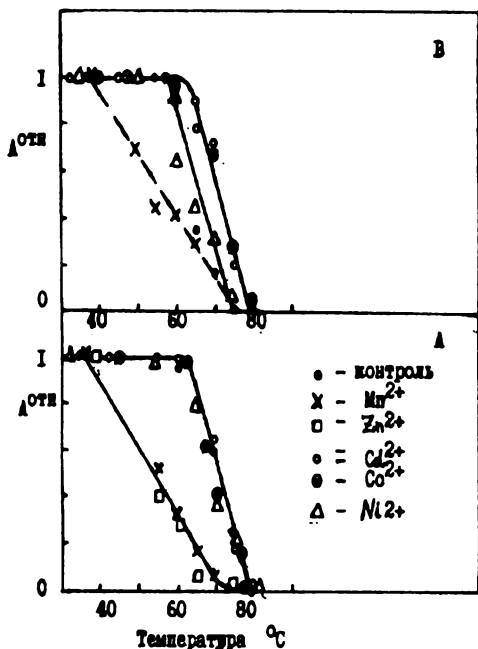


Рис. 2. Термоинактивация аргиназы в присутствии двухвалентных катионов до (А) и после (В) диализа. Концентрация ионов в растворе - 12,5 мМ, концентрация аргиназы -  $4 \cdot 10^{-7}$  М.

Активирование аргиназы печени крупного рогатого скота ионами  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$  подтверждает тот факт, что ионы  $\text{Mn}^{2+}$  не участвуют непосредственно в каталитическом акте реакции, они, как и предполагалось, необходимы для обеспечения нативной конформации аргиназы. Ионы  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$  не только восстанавливают активность диализованного фермента, но и стабилизируют его структуру в отличие от ионов марганца. Очевидно, в ряде случаев катионы кобальта и кадмия можно с успехом использовать в качестве активаторов при определении активности этой аргиназы. Факт повышения чувствительности к нагреванию в присутствии избытка ионов  $\text{Mn}^{2+}$  в растворе указывает на то, что имеется, по-видимому, несколько участков связывания этих ионов с ферментом, участков, специфичных для ионов марганца и недоступных для других катионов. Механизм взаимодействия  $\text{Mn}^{2+}$  с молекулой аргиназы представляет значительный интерес, а определение участков связывания и идентификация лигандов являются задачей наших дальнейших исследований.

1. HELLERMAN L., PERKINS M.E. J. Biol. Chem., 1935, v. 112, № 1, p. 175.
2. Hosoyama Y. Eur. J. Biochem., 1972, v. 27, № 1, p. 48.
3. Baranczyk-Kuzma A., Poremska Z., Mochnaeka I. Acta biochim. polon., 1976, v. 23, № 2-3, p. 151.
4. Dablig E., Poremska Z. Acta biochim. polon., 1977, v. 24, № 3, p. 187.
5. Greenberg D.M. The enzymes. Acad. Press., 1960, v. 4, p. 257.
6. Palacios R., Hulttron C., Soberon C. Biochem. J., 1969, v. 114, № 3, p. 449.
7. Hirsch-Kolb H., Kolb H.J., Greenberg D.M. J. Biol. Chem., 1971, v. 240, № 3, p. 395.
8. Muszynska G., Ber E. Int. J. Biochem., 1978, v. 9, № 10, p. 757.
9. Tarrab R., Rodriques J., Hulttron C., Palacios R. Soberon G. Eur. J. Biochem., 1974, v. 49, № 2, p. 457.
10. Hirsch-Kolb H., Heine J.P., Kolb H.J., Greenberg D.M. Comp. Biochem. Physiol., 1970, v. 37, № 3, p. 345.
11. Геворкян М.Л., Закарян А.Е., Давтян М.А. Биол. ж. Армении, 1974, т. 27, № 9, с. 44.
12. Сялакова А.И., Труш Г.П., Являякова А. Вopr. мед. химии, 1962, т. 8, № 5, с. 538.

Մ.Լ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Մ.Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ

ԵՐԿՎԱԼԵՆՏ ԿԱՏԻՈՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԽՈՇՈՐ ԵՂՋԵՐԱՎՈՐ  
ԱՆՍՈՒՆՆԵՐԻ ԼՅԱՐԴԻ ԱՐԳԻՆԱԶԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Մի շարք երկվալենտ կատիոնների ազդեցության ուսումնասիրությունը խոշոր եղջերավոր անասունների լյարդի արգինազի ակտիվության վրա ցույց տվեց, որ  $Mn^{2+}$  իոններից բացի այդ ֆերմենտի ակտիվատորներ են հանդիսանում նաև  $Co^{2+}$  և  $Cd^{2+}$  իոնները: Վերջինները նաև կայունացնում են արգինազի կառուցվածքը, ապահովելով նրա ջերմակայունությունը: Սակայն  $Mn^{2+}$  իոնների ավելցուկի առկայությունը բերում է ֆերմենտի ակտիվության անկման ջերմաստիճանի անգամ ոչ զգալի բարձրացման դեպքում:

Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ գոյություն ունի որոշ առանձնահատկություն  $Mn^{2+}$  իոնների և արգինազի կապակցման պրոցեսներում: Այդ կատիոնները անմիջականորեն չեն մասնակցում արգինազի կատալիտիկ ռեակցիային, բայց անհրաժեշտ են ֆերմենտի ակտիվ կոնֆորմացիոն վիճակը պահպանելու համար:



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

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

### Сообщение 2. Анализ частоты хромосомных нарушений в первый и третий годы после аварии на Чернобыльской АЭС

Приводятся результаты цитогенетического анализа семян двух видов *Plantago* первой и третьей послеаварийных репродукций, сформировавшиеся в 30-километровой зоне аварии на Чернобыльской АЭС. Обнаружено повышение процента хромосомных перестроек и ряд нарушений хромосом, частота которых на некоторых участках у вида *P. lanceolata* L. превосходит спонтанный уровень в 2 раза, а у *P. major* L. - в 14 раз.

В современных экологических исследованиях широкое развитие приобретают цитогенетические методы анализа природных растительных популяций, произрастающих в условиях различных типов загрязнений, в том числе радиоактивных. Учет хромосомных нарушений в ана-, телофазах митоза позволяет получить сведения о санитарном состоянии территории, загрязнении почвы, о ее мутагенности. В районах аварии атомных электростанций, где происходит выброс радионуклидов в окружающую среду, генетические эффекты хронического облучения исследуются на природных популяциях растений в естественных условиях. Изучается уровень абберраций хромосом в анафазах первого митоза корневой меристемы проростков, а у объектов с малочисленным набором хромосом - и в метафазах первого митоза. Есть данные, что в 30-километровой зоне контроля аварии на Чернобыльской АЭС в природных популяциях *Strepis tectorum* в первый год после аварии при мощности дозы 5-10 мР/ч (по  $\gamma$ -излучению) максимальная частота клеток с абберрациями составляла 10-15%. Во второй год на участках с мощностью дозы облучения от 20 до 0,02-0,03 мР/ч она составила 1,4-2,2% [1].

Возникает необходимость проведения цитогенетических исследований природных популяций также и других видов. С этой целью нами были выбраны в контрольной зоне аварии на Чернобыльской АЭС широко распространенные виды *Plantago*, у которых изучалась частота хромосомных нарушений в меристематических клетках корешков первой и третьей послеаварийных репродукций.

**Материал и методика.** Объектом исследований служила диплоидная форма ( $2n=12$ ) травянистого растения *Plantago lanceolata* L. (подорожник ланцетолистный) и *Plantago major* L. (подорожник большой).

В конце июля - начале августа 1986 и 1988 гг. семена собирали с нескольких участков трех популяций, две из которых (II, III) находились в 30-километровой зоне контроля аварии на Чернобыльской АЭС, а одна (I), служащая контролем, за пределами 30-километровой зоны. Методика работ более подробно описана ранее [2], где представлены данные этих же популяций при учете всхожести семян, энергии прорастания и митотической активности меристематических клеток корешков семян первой и третьей послеаварийных репродукций.

Для цитогенетического анализа семена трех популяций, собранных с разных участков, проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге при 22-24°C в трех повторностях. Корешки длиной 0,5-0,8 см фиксировали в смеси этанола и уксусной кислоты (3:1). Хромосомные нарушения анализировали на давленных ацетокарминовых препаратах, для каждого варианта подсчитывали 500-3545 ана-, телофаз.

**Результаты и обсуждения.** Данные по частоте клеток с перестройками хромосом в корневой меристеме проростков двух видов *Plantago* исследуемых популяций в первый и третий годы после аварии представлены на рис. 1. Цитогенетический анализ контрольной популяции (I) показал, что хромосомные перестройки у вида *P. lanceolata* L. в естественных условиях максимально достигают 0,78±0,12, а у *P. major* L. - 0,1±0,01%. Начиная с первого года после аварии, в зависимости от исследуемых участков у *P. lanceolata* L. во II популяции частота хромосомных перестроек повышается в 1,24-2,09 раз и только на участках №1 и №4 она держится на уровне контроля. На таком же уровне, даже чуть ниже сохраняется частота хромосомных перестроек и в III популяции (рис. 1). Однако в третий послеварийный год у того же вида как во II, так и в III популяциях частота хромосомных перестроек увеличивается, превосходя контроль в 1,1-1,9 раз.

Вид *P. major* L., являясь наиболее чувствительным к действию радиации, начиная с первого года после аварии, имеет наиболее высокий процент отклонений. У данного вида по сравнению со спонтанным уровнем частота хромосомных перестроек в первый год после аварии повышается в 5,7 раз, а в третий год - в 14,1 раз (рис. 1).

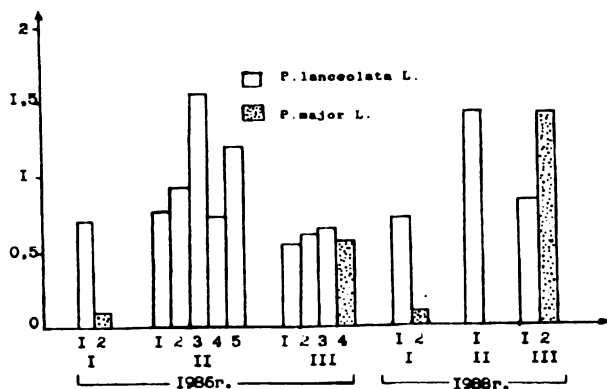


Рис. 1. Частота перестроек хромосом у двух видов *Plantago*. 1-5 - номера участков, I, II, III - популяций.

Во второй популяции у *P. lanceolata* L. в первый год после аварии частота хромосомных перестроек повышается не только за счет увеличения числа тех типов перестроек, которые присущи данному объекту, а также за счет расширения их спектра. Наряду с делециями типа одиночных фрагментов, процент которых среди общих перестроек составляет от 27,3±1,37 до 44,4±5,85, образуются также парные фрагменты 4,34±0,92 - 9,09±0,88%. Среди транслокаций, помимо одиночных мостов, наблюдаются и парные мосты, частота которых достигает от 3,84±0,75 до 11,1±3,70%. В III популяции процент парных фрагментов достигает 6,25±1,56 - 22,2±4,89, а парных мостов - 8,33±2,40 - 12,5±2,13%. Следует указать, что у вида *P. lanceolata* L. особенно во II популяции повышение процента перестроек в зависимости от дозы  $\beta$ -излучений семян происходит не прямолинейно, а имеет как бы волнообразный характер. Между тем у вида *P. major* L. наоборот - прямолинейно, и особенно в III популяции в третий послеварийный год оно коррелирует с дозой  $\beta$ -излучением семян. Возможно, это явление связано с видовой спецификой. Возмож-

но, в этом процессе играют существенную роль также механизмы образования структурных нарушений хромосом.

На данном этапе выяснение молекулярной природы структурных изменений хромосом является одним из основных вопросов радиобиологии, так как это объясняет пусковые механизмы повреждающего действия радиации на клетку. Показано [3], что цитогенетическое повреждение возникает в клетке при одинаковом и достаточно высоком уровне первоначальных повреждений ДНК (47% однонитевой ДНК). Этот уровень повреждения соответствует облучению в дозе 10 Гр. Есть данные [4], показывающие, что при указанной дозе средний выход повреждения ДНК на аберрантную клетку составляет 3500-10000 разрывов. Следовательно, на одну структурную перестройку хромосом в клетке приходится около 100 нерепарируемых повреждений ДНК. Такое несоответствие вытекает из современных представлений о структурной организации хромосом. Нарушение структурной целостности хромосом должно быть связано с нарушением ее каркасной структуры. То есть не с повреждениями ДНК в петлевых участках, а с повреждением ДНК, лежащей в основании петель и связанной с так называемой "якорной" ДНК. Эта ДНК составляет 1-2% от общего количества ядерной ДНК [5]. Пока нет еще достаточных сведений о структурной организации якорной ДНК. На данном этапе такого рода исследования начинают расширяться, они будут способствовать пониманию молекулярных основ действия радиации на клетку, особенно на хромосому.

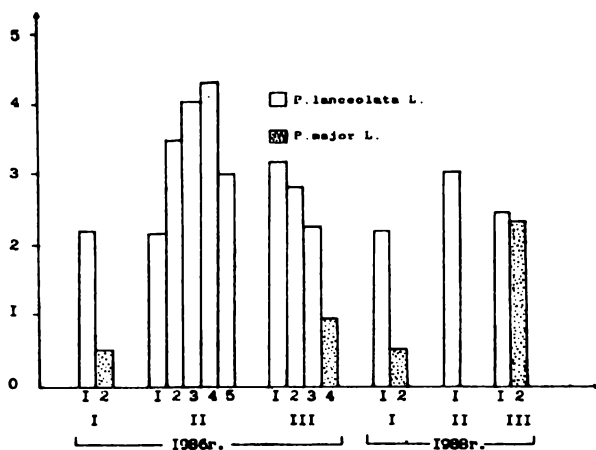


Рис. 2. Частота нарушений хромосом у двух видов *Plantago*. 1-5 - номеров участков, I, II, III - популяций.

Надо указать, что у изучаемых двух видов *Plantago*, растущих в 30-километровой зоне контроля аварии на Чернобыльской АЭС, помимо хромосомных перестроек, в делящихся клетках корешков обнаружен и ряд хромосомных нарушений, среди которых в ана-, телофазах определенный процент составляют отстающие и опережающие хромосомы и мультиполярные клетки. В контрольной популяции (1) также обнаружены хромосомные нарушения в виде отстающих и опережающих хромосом, процент которых у вида *P. lanceolata* L. в среднем достигает  $2,16 \pm 0,2$ , а у вида *P. major* L. -  $0,5 \pm 0,03$  (рис. 2). В популяциях, находящихся в 30-километровой зоне контроля аварии на Чернобыльской АЭС (II, III), за исключением №1 участка II, №3 участка III популяций, в первый год после аварии, по сравнению с I популяцией, частота хромосомных нарушений повышается у вида *P. lanceolata* L. от 1,3 до 2,06 раз, а у вида *P. major* L. - 2,3 раза. Высокая частота хромосомных нарушений сохраняется и в третий год после аварии. При этом у вида *P. lanceolata* L. она превосходит контроль в 1,1-1,4 раза, а у *P. major* L. - 4,5 раз. Как видно на рис. 2, в меристематических клетках корешков частота хромосомных нарушений так же, как и

хромосомных перестроек (рис.1), не коррелирует с мощностью дозы  $\beta$ -излучения семян в момент их проращивания.

Очевидно, на формировавшиеся семена растений двух видов *Plantago*, произрастающих в 30-километровой зоне контроля аварии на Чернобыльской АЭС, действие ионизирующего излучения проявилось непосредственно после острого облучения в год аварии (1986г.), когда поглощенные дозы радиации в зоне достигли ощутимых величин и сохранили свое влияние в последующих поколениях (даже в третьей послеаварийной репродукции).

Научно-исследовательская лаборатория цитогенетики ЕГУ

Поступила 25.03.1997

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко В.В., Гришин Л.И. Цитогенетические эффекты в природных популяциях *Strepis tectorum*, подвергающихся хроническому облучению в районе Чернобыльской АЭС. Индукция аберрации хромосом в течение первых 2 лет после аварии. - Радиобиол., 1990, т. 30, вып. 6, с. 728-733.
2. Погосян В.С., Агаджанян Э.А., Арутюнян Р.М., Шевченко В.А. Изменчивость семян в природных популяциях *Plantago*, подвергающихся хроническому облучению. Сообщение 1. Выявление действия хронического облучения на начальные стадии онтогенеза в первый и третий годы после аварии на Чернобыльской АЭС. - Уч. записки ЕГУ, 1997, №1.
3. Гавасси Е.Э., Завичкина С.И., Розанова О.М. Роль различных повреждений ДНК в формировании радиационных повреждений хромосом. - Радиобиол., 1986, т. 26, в. 5, с. 616-625.
4. Ahnstrom G. DNA repair, chromosome alterations and chromatin Structure. Amsterdam: Elsevier Biomedical, 1982, p. 351-357.
5. Agutter R.C., Richardson J.C.W., J. Cell. Sci., 1980, p. 395-435.

Վ.Ս. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Է.Ա. ԱՂԱԶԱՆՅԱՆ, Ռ.Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Վ.Ա. ՇԵՎՉԵՆԿՈ

### ԽՐՈՆԻԿ ԾԱՌԱԳԱՅԹԱՀԱՐՄԱՆ ԵՆԹԱՐԿՎԱԾ PLANTAGO-Ի ԲՆԱԿԱՆ ՊՈՊՈՒԼՅԱՑԻԱՆԵՐԻ ՍԵՐՍԵՐԻ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հաղորդում 2. Զրոնոսումային խախտումների հաճախականության անալիզը Չեռնոբիլի ԱԷԿ-ի վթարից հետո առաջին և երրորդ տարիներին

#### Ա մ փ ո փ ո մ

Բերված են Չեռնոբիլի ԱԷԿ-ի վթարի 30 կմ-ոց զոտում աճող *Plantago*-ի երկու տեսակների առաջին և երրորդ հետվթարային սերունդների բջջագենետիկական անալիզի տվյալները:

Արձանագրվել է զրոնոսումային խաթարումների և մի շարք զրոնոսումային խախտումների հաճախականության բարձրացում: Դրանք որոշ տեղամասերում գերազանցում են սպունտան մակարդակը. *P. lanceolata* տեսակի դեպքում՝ 2 անգամ, իսկ *P. major*-ի դեպքում՝ 14 անգամ:

УДК 582.28

Биология

С.Г. НАНАГЮЛЯН, М.Г. ТАСЛАХЧЬЯН, Р.К. ТОРОСЯН

## НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОПРОТРОФНЫХ ГРИБАХ АРМЕНИИ

В процессе специального исследования видовой структуры копротрофных грибов Армении выявлено 30 видов мукоральных грибов, относящихся к 7 семействам и 15 родам класса *Zygomycetes* подотдела *Zygomycotina*.

Высокоспециализированная экологическая группа копротрофных грибов, обитающих на экскрементах животных, представляет большой теоретический интерес, в том числе и как удобная модель изучения процессов формирования и развития экосистемы. Исследование этих организмов имеет также практическое значение, поскольку они наравне с другими сапротрофами в природе выполняют роль деструкторов, служат источником питания для микофагов и микофилов.

Помет животных представляет собой переработанный растительный субстрат, содержащий углеводы, белки, аминокислоты, витамины и др., и в силу этого весьма благоприятный для развития сложного комплекса различных организмов.

Развивающиеся на помете животных грибы неоднородны по степени копротрофности. У облигатных копротрофов споры способны прорасти лишь после прохождения через пищеварительный тракт животного; у факультативных копротрофов споры могут прорасти непосредственно после образования, но они не теряют жизнеспособности в пищеварительном тракте; эктокопротрофы характеризуются тем, что их споры погибают в пищеварительном тракте, но развиваются на помете, попадая на него из окружающей среды.

Отдельные сведения о копротрофных грибах Армении встречаются в статьях, посвященных новым для республики таксонам грибов [1-5].

В последние годы нами начаты специальные исследования копротрофных грибов Армении. Образцы помета травоядных животных инкубируются во влажной камере в чашках Петри на фильтровальной бумаге, затем по мере появления плодовых тел грибов последние подвергаются микроскопированию и идентификации. Такая методика определения удобна для миксомицетов, пиреномицетов и дискомицетов, образующих достаточно крупные, легко препарлируемые плодовые тела. Что касается микромицетов, то их необходимо из влажной камеры переносить на агаровую среду для получения чистой культуры, выращенной при оптимальной для них температуре и в условиях чередования освещения и темноты. При этом необходимо иметь 7-, 15-, 30-суточные культуры, что позволяет наблюдать за изменениями морфолого-культуральных признаков гриба в онтогенезе и обеспечивает их безошибочную идентификацию.

Методом инкубирования образцов помета животных во влажной камере нами выявлено около 70 видов миксомицетов, пиреномицетов, дискомицетов и отдельных базидиальных макромицетов, впервые отмеченных на территории Армении [6-9].

В данном сообщении приводятся сведения о 30 новых видах мукоральных грибов, выделенных из экскрементов травоядных животных в чистую культуру на агаризованное пивное сусло и минеральную среду Чапека.

Для каждого вида приводятся латинские названия, литературная ссылка, место и дата сбора образца помета.

Подотдел Zygomycotina  
Класс Zygomycetes  
Порядок Mucorales  
Семейство Mortierellaceae  
Род *Dissophora* Thaxt.

1. *Dissophora decumbens* Thaxt. [10]: 42.

На помете коровы - окрестности Аштарака, 21.IV.1984. Очень редкий вид. Обнаружен совместно с *Ascobolus hawaiiensis*.

Род *Mortierella* Coemans

2. *Mortierella strangulata* v. Tiegh. [10]: 42

На помете коровы и лошади - окрестности Аштарака, 15.III.1984. Обитает совместно с *Ascobolus immersus*.

3. *M. fuispora* v. Tiegh. [10]: 58.

На помете кролика - Анкаван, 29.V.1989. Редко.

4. *M. sclerotiella* Milko [10]: 59.

На помете полевой мыши - Аштаракский район, с. Сагмосаван, 25. IX. 1989.

5. *M. zychae* Linnem. [10]: 59.

На помете коровы - окрестности Спитака, 15.V. 1989.

6. *M. bisporalis* (Thaxt.) Bjoerling [10]: 71.

На помете лошади - Аштаракский район, с. Сагмосаван, 12.IX.1989. Встречается также в почве.

7. *M. biramosa* v. Tiegh. [10]: 73.

На помете полевой мыши - Аштарак, 12.V.1988.

8. *M. oligospora* Bjoerling [10]: 71.

На помете коровы - Веди, пастбище, 14.VI.1990. Встречается также на гниющих растительных остатках и в почве.

9. *M. polycephala* Coemans [10]: 73.

На помете лошади и овцы - окрестности Аштарака, 25.III. 1989. Довольно широко распространенный вид, иногда встречается в почве и на гниющих плодовых телах некоторых базидиомицетов.

Семейство *Pilobolaceae*

Род *Pilaira* v. Tiegh.

10. *Pilaira saccardiana* Morini [10]: 82.

На помете овцы, кролика - Ехегнадзор, 24.VIII.1990. Появляется во влажной камере одновременно с *Sorginus ephemerus*.

11. *P. caucasica* Milko [10]: 83.

На помете полевой мыши - Аштаракский район, с. Сагмосаван, 20.IV.1984.

Род *Pilobolus* Tode

12. *Pilobolus nanus* v. Tiegh. [10]: 86.

На помете кур - Ванадзор, 14.VII.1989.

13. *P. umbronatus* Buller [10]: 86.

На помете лошади и овцы - Апаран, 17.VII. 1990. Совместно с *Saccobolus caesariatus*.

14. *P. roridus* (Bolt.)Pers. [10]: 87.

На помете лошади, осла - Спитак, 10.VIII.1989.

15. *P. kleinii* v. Tiegh. [10]: 86.

На помете полевой мыши и лошади - Аштарак, 12.X.1990.

Семейство Mucoraceae

Род Mucor Mich.: Fr.

16. *Mucor parvisporus* Kanouse [10]: 99.  
На помете лошади - Аштарак, 24.IX.1988.
17. *M. psychrophilus* Milko [11]: 73.  
На помете овцы - Воскеваз, 25.VII. 1984.
18. *M. plasmaticus* v. Tiegh. [10]: 141.  
На помете грызунов - Арапат, 12.V. 1985. Иногда выделяется из почвы.

Род *Circinella* v. Tiegh. et le Monn.

19. *Circinella naumovii* Milko [10]: 152.  
На помете мыши - Ереван, 24.V.1988. Редкий вид.

Род *Absidia* v. Tiegh.

20. *Absidia coerulea* Bain. [10]: 166.  
На помете коровы, лошади и овцы - Аштарак, 24.III.1984. Широко распространенный вид, который обитает также в почве и на гниющих растительных остатках.
21. *A. blakesleeana* Lendn. [10]: 174.  
На экскрементах грызунов - Аштарак, 14.III.1984.

Семейство Thamniaceae

Род *Helicostylum* Cda

22. *Helicostylum piriforme* Bain. [10]: 192.  
На помете овцы - Апаран, 24.X.1990. Совместно с *Podospora fimiseda*. Распространен довольно широко, иногда отмечается также в почве и на гниющих растительных субстратах.

Род *Thamnidium* Lk

23. *Thamnidium elegans* Lk [10]: 196.  
На экскрементах лошади и овцы - Спитак, 24.IV.1991. Совместно с *Podospora laevis*. Широко распространенный вид, реже обитает в почве и на растительных остатках.

Род *Cokeromyces* Poitras

24. *Cokeromyces recurvatus* Poitras [10]: 206.  
На помете козы - Аштарак, 20.III.1984. Очень редкий вид, был выделен лишь однажды.

Семейство Piptocephalidaceae

Род *Syncephalis* v. Tiegh. et le Monn.

25. *Syncephalis fasciculata* v. Tiegh. [10]: 216.  
На помете лошади - окрестности Еревана, 25.VI.1984. Редко.

Род *Piptocephalis* de By

26. *Piptocephalis tieghemiata* Matr. [10]: 223.  
На помете лошади - Ванадзор, 25.V.1989. В культуре развивается на *Mucor* sp.
27. *P. fusispora* v. Tiegh. [10]: 224.  
На помете лошади и коровы - Апаран, 24.VII.1988. В культуре развивается среди других мукоральных грибов.

Семейство Cunningamellaceae

Род *Chaetocladium* Fres.

28. *Chaetocladium brefeldii* v. Tiegh. et le Monn. [10]: 230.

На экскрементах кролика и овцы - Ехегнадзор, 24.V.1987.  
Совместно с *Ascophanus microsporus*.

Семейство Kickxellaceae  
Род *Kickxella* Coemans

29. *Kickxella scorpioidea* (Linder)Milko [10]: 248.

На помете гусей и кур - Спитак, Ванадзор, 24.V.1992. Редко.

Род *Coemansia* v. Tiegh. et le Monn.

30. *Coemansia reversa* v. Tiegh. et le Monn. [10]: 254.

На помете грызунов - Аштарак, 20.IV.1984.

Помимо вышеприведенных видов в культуре из инкубируемых во влажной камере образцов помета животных очень часто выделялись широко распространенные обитатели почвы, торфа, гниющих растительных остатков и других субстратов - такие, как *Mortierella hygrophila*, *M. reticulata*, *Mucor mucedo*, *M. racemosus*, *M. plumbeus*, *M. pusillus*, *M. hiemalis*, *Rhizopus microsporus* и некоторые другие представители мукоральных грибов, которых нельзя считать облигатными копротрофами. Они скорее эктокопротрофы, попавшие на помет животных из окружающей среды.

Кафедра ботаники

Поступила 11.02.1997

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Таслахчян М.Г. Новые для Арм. ССР виды дискомицетов. - Биол. ж. Армении, 1976, №4 (29), с. 37-42.
2. Таслахчян М.Г., Нанагюлян С.Г. Новые для Арм. ССР таксоны сумчатых макромицетов. - Биол. ж. Армении, 1988, №10, (41), с. 821-827.
3. Таслахчян М.Г., Нанагюлян С.Г. Новые для микофлоры Арм. ССР аско- и базидиомицеты. - Биол. ж. Армении, 1989, №12 (42), с. 1081-1090.
4. Таслахчян М.Г., Нанагюлян С.Г. Новые для Армении таксоны грибов. - Биол. ж. Армении, 1990, №7 (43), с. 592-599.
5. Таслахчян М.Г., Нанагюлян С.Г., Киракосян Н.Дж. Новые микологические находки из Армении. - Уч. зап. ЕГУ, 1993, №1, с. 92-95.
6. Прохоров В.П., Таслахчян М.Г. Копротрофные аскомицеты Армении. - Матер. УП Закавказ. конф. по спор. раст., Ереван: 1986, с. 77-78.
7. Прохоров В.П., Таслахчян М.Г. Копротрофные дискомицеты Армении. - Микол. и фитопатол., 1987, т. 21, в. 2, с. 140-148.
8. Таслахчян М.Г., Мартиросян И.А., Нанагюлян С.Г. Последовательные звенья сукцессий копротрофных грибов в условиях Арм. ССР. - Тез.докл. конф.: Антропогенная экология микромицетов, аспекты математического моделир. и охрана окр. среды, Киев, 1990, с. 102-103.
9. Таслахчян М.Г., Нанагюлян С.Г. Микобиота копротрофов республики Армении. - Биол. ж. Армении, 1991, №1 (44), с. 39-46.
10. Милько А.А. Определитель мукоральных грибов. Киев: Наукова думка, 1974, 303с.
11. Пидопличко Н.М., Милько А.А. Атлас мукоральных грибов. Киев: Наукова думка, 1971.

Մ.Գ. ԿԱՆԱԳՅՈՒՅԱՆ, Մ.Գ. ԹԱՍԼԱԽՉՅԱՆ, Ռ.Կ. ԹՈՐՈՍՅԱՆ

ՆՈՐ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԿՈՊՐՈՏՐՈՖԱՅԻՆ  
ՄՆԿԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հողվածում քերվում են տվյալներ խոտակեր կենդանիների կղկղանքներից անջատված մուկորային սնկերի 30 նոր տեսակների մասին, որոնցից ամեն մեկի համար նշվում է լատիներեն անվանումը, գրական աղբյուրի վկայակոչումը, հավաքման վայրը և տարեթիվը:



С.М. БАДАЛЯН, Н.Г. ГАРИБЯН

### МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ФЛОРЫ ЯДОВИТЫХ МАКРОМИЦЕТОВ АРМЕНИИ

Приводятся сведения о ядовитых грибах неисследованной до сих пор территории северной Армении, охватывающей восточную часть Вираайоцских гор. Обнаружены 17 видов, относящиеся к 10 родам, 9 семействам, 7 порядкам подклассов Agaricomycetidae и Gasteromycetidae подотдела Basidiomycotina. Среди них *Boletus rhodoxanthus* (Krombh.) Kall. отмечается для Армении впервые.

Исследования микрофлоры агариковых грибов Армении начаты в 50-х годах. Они проводились в флористическом, экологическом и биохимическом направлениях [1-3]. В Армении в настоящее время обнаружено более 1200 видов макромицетов, из коих 60 - ядовитых. Однако микрофлора макромицетов территории северной Армении, охватывающая восточную часть Вираайоцских гор (северная часть горной цепи Малого Кавказа, по границе Армении и Грузии), до сих пор не была исследована.

Восточные холмы Вираайоцских гор покрыты дубовыми, буково-грабовыми и смешанными лесами. Климатические условия исследуемого региона способствуют развитию не только пышных лесных массивов, но и грибной флоры. Наши наблюдения (1982-1997гг.) выявили большое видовое разнообразие микобиоты исследуемых лесных ценозов. На этой территории среди обнаруженных макромицетов отмечены 17 видов ядовитых грибов, относящихся к 10 родам, 9 семействам, 7 порядкам подклассов Agaricomycetidae и Gasteromycetidae подотдела Basidiomycotina (табл.). Классификация грибов дается по одной из современных систем царства грибов [4].

Из выявленных 17 видов для Армении впервые отмечается *Boletus rhodoxanthus* (Krombh.)Kall. Следует особенно отметить путаницу вокруг номенклатурного названия этого вида и описания внутривидовых форм и вариаций, встречающихся в микологической литературе: *Boletus purpureus* Pers., *B. rhodoxanthus* (Krombh.)Kall [5]; *Boletus sanguineus* var. *rhodoxanthus* Krombh., Schwämme[6]; *Boletus purpureus* var. *legaliae* Pilat [7]; *Boletus rhodopurpureus* f. *xanthopurpureus* Smotl. и *Boletus rubrosanguineus* (Walty) ex Cheyre [8].

По данным Андари [9], *B. rhodoxanthus* (Болетус красно-желтый), *B. rhodopurpureus* Smotl. (Б. пурпуровый) и *B. rubrosanguineus* (Walty) ex Cheyre (Б. кроваво-красный) приводятся как отдельные виды со следующим описанием.

*Boletus rhodoxanthus*. Шляпка 6-15см, выпуклая, шарообразная. Поверхность шелковистая, гладкая, серовато-белая, по краю розовая, в центре коричневая. Поры тонкие, кроваво-красные, при надавливании синеют. Трубочки желтовато-оливковые, на срезе слегка синеют. Ножка 5-15х2-8см, цилиндрическая, сверху желтая, книзу краснеет, с темно-красной сеточкой. Мякоть желтая, на срезе синеет. Споры оливково-коричневые, 10-15х4-6мкм, гладкие, удлиненно-эллипсоидальные. Бази-

дли 30-40×6-10 мкм, четырехспоровые, цистиды 30-50×6-12 мкм, гифы шириной 5-10 мкм, пигментированные.

Систематика ядовитых макромицетов исследуемой территории

Отдел, подотдел, класс	Подкласс	Порядок	Семейство	Род	Вид
Eumycota, Basidiomycotina Homobasidiomycetes	Agaricomycetideae	Agaricales	Agaricaceae	Agaricus	<i>A. xanthodermus</i> . Genev
		Amanitales	Amanitaceae	Amanita	<i>A. pantherina</i> (D.C.:Fr.) Krombh. <i>A. phalloides</i> Link.: Fr. <i>A. gemmata</i> (Fr.) Gill <i>A. citrina</i> (Sch.) Pers. <i>A. muscaria</i> (L.: Fr.) Hook.
		Cortinariales	Strophariaceae	Nematoloma	<i>N. fasciculare</i> (Huds.:Fr.) Karst. <i>N. sublateritium</i> (Fr.) Karst.
			Cortinariaceae	Inocybe	<i>I. godeyi</i> Gill. <i>I. asterospora</i> Quel.
		Tricholomatales	Tricholomataceae	Clitocybe	<i>C. dealbata</i> (Sow.:Fr.) Kumm.
		Russulales	Russulaceae	Russula Lactarius	<i>R. emetica</i> (Sch.:Fr.) Pers. <i>L. torminosus</i> (Sch.:Fr.) Pers.
		Boetales	Boletaceae	Boletus	<i>B. rhodoxanthus</i> (Krombh.) Kall. <i>B. satanas</i> Lenz.
		Paxillaceae	Paxillus	<i>P. involutus</i> (Batsch:Fr.) Fr.	
	Gasteromycetideae	Sclerodermatales	Sclerodermataceae	Scleroderma	<i>S. verrucosum</i> (Bull.: Pers.) Pers.

*V. rhodopurpureus*. Шляпка 5-15 см, выпуклая, шарообразная, поверхность бархатистая, желто-красная, розовая, при надавливании голубеет. Пores мелкие, от желтых до красных, при надавливании синеют. Трубочки желтые, мутно-красные, при прикосновении становятся темно-голубыми. Ножка 5-10×2-6 см, желтая сверху, красная внизу, с красновато-коричневой сеточкой, при надавливании синеет. Мякоть желтая, на срезе синеет. Споры 10-15×4-6 мкм, эллипсоидальные. Гифы 3.5-6 мкм, базидии 30-45×7-12 мкм, четырехспоровые, цистиды 28-50×5-12 мкм.

*V. rubrosanguineus*. Шляпка 5-15 см, выпуклосплюсненная. Поверхность коричневая, цвета кофе с молоком, с возрастом становится кроваво-красной, при надавливании чернеет. Пores тонкие, желтые, затем становятся кроваво-красными, при прикосновении синеют. Трубочки желтые, при надавливании синеют. Ножка 5-9×4-5 см, цилиндрическая, в верхней части желтая, книзу кроваво-красная. Сеточка темно-красная. Мякоть бледно-желтая, на срезе синеет. Споры 11-15×5-5.5 мкм, гифы 5-6 мкм, базидии 25-30×10-12 мкм, четырехспоровые, цистиды 40-50×12-18 мкм.

Таким образом, на основании приведенных описаний можно предположить, что *V. rhodoxanthus* является сложным полиморфным видом. С точки зрения эволюционного процесса видообразования, одним из фундаментальных направлений которого является возникновение вариаций и внутривидовых форм (эко- и биотипы), ве-

роятно, идет процесс расщепления старых и образования новых видов в пределах данного видового комплекса.

Спорным считается также вопрос о ядовитости *B. rhodoxanthus*. Сомнения в его съедобности выразили Васильева [6] и Зерова [5]. По данным немецких ученых [10], *B. rhodoxanthus* ядовит в сыром виде, а после отваривания он может быть употреблен в пищу.

Этот вид легко можно спутать с *Boletus satanas* (Сатанинский гриб). Шляпка у него от светло-серого до слегка зеленоватого цвета. Кроме того, этот вид отличается сильным неприятным запахом, между тем как *B. rhodoxanthus* имеет выраженный грибной запах [10]. Следует отметить, что для разрешения спорного вопроса о съедобности *B. rhodoxanthus* необходимы дальнейшие биохимические и фармакологические исследования.

Подытоживая имеющиеся в литературе данные, а также исходя из принципа соблюдения осторожности в сборе дикорастущих грибов, мы придерживаемся мнения, что *B. rhodoxanthus* относится к числу несъедобных или ядовитых видов.

Выявление не только таксономического состава, но и дальнейшее исследование физиологической активности и биохимии ядовитых грибов имеет большое практическое значение для получения новых биопрепаратов грибного происхождения. Метаболиты этой группы грибов исторически известны как ценные терапевтические средства, в частности в восточной медицине. Они успешно применяются при лечении многих болезней (опухоли, нарушения нервной системы, астма, ревматизм и др.).

*Киевська ботаника*

*Поступила 8.04.1997*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мелик-Хачатрян, Дж.Г. Микофлора Арм. ССР. Агариковые грибы. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1980, т.5, 540с.
2. Навагюлян С.Г., Таслахчян М.Г. Макромицеты Дилижанского и Хосровского заповедников Армении. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1991, 198с.
3. Бадалян С.М. Систематика, био-экология и физиологическая активность серно-желтого опенка. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1993, 193с.
4. Courtecuisse R., Duhem B. Guide des champignons de France et d'Europe. - Ed. Delachaux et Niestle, 1994, 476р.
5. Зерова М.Я., Роженко Г.Л. Визначник грибів України. Базидіоміцети. Київ: Наукова думка, 1979, т.5, кн.2, 565с.
6. Васильева Л.Н. Агариковые шляпочные грибы Приморского края. Л.: Наука, 1973, 327с.
7. Pilat A.. Houby Ceskoslovenska. Praha: Akademia, 1969, 264р.
8. Berteau P., Bon M., Chevassut G. et autr. Noms corrects et synonymes correspondants des champignons presentes habituellement dans les expositions et les ouvrages clessiques. Montpellier, 1989, 127р.
9. Andary C., Courtecuisse R., Bourrier M. - Jo. Atlas microphotographique pour l'expertise et le controle des champignons comestibles et leurs falsifications, 1991, 546р.
10. Bresinsky A., Besl H. A colour atlas of poisonous fungi. London: Wolfe Publ. Ltd, 1990, 295р.
11. Phillips R.. Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe, 1981, 287р.
12. Зерова М.Я. Атлас грибов Украины. Киев: Наукова Думка, 1974, 251с.
13. Сержанова Г.И., Яшкин И.Я. Грибы. Минск: Наука и техника, 1986, 232с.
14. Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы. Киев: Наукова Думка, 1987, 534с.
15. Հայկական ՍՍՀ ֆիզիկական աշխարհագրություն, Երևան, 1971, 470էջ:

ՆՅՈՒԹԵՐ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԹՈՒՆԱՎՈՐ ՄԱԿՐՈՄԻՑԵՏՆԵՐԻ ՖԼՈՐԱՅԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա մ փ ո փ ո մ

Բերվում են տեղեկություններ Վիրահայոց լեռների արևելյան մասը ընդգրկող հյուսիսային Հայաստանի մինչև այժմ չուսումնասիրված տարածքում աճող թունավոր սնկերի մասին: Հայտնաբերված են 17 տեսակներ, որոնք պատկանում են Basidiomycotina ենթաբաժնի Agaricomycetidaeae և Gasteromycetidaeae ենթադասերի 7 կարգի, 9 ընտանիքի, 10 ցեղի: Նրանցից *Boletus rhodoxanthus* (Krombh.) Kall. տեսակը նշվում է. Հայաստանի համար առաջին անգամ:

УДК 550.343.4

Г. П. СИМОНЯН

## КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КАРТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

В статье рассматриваются существующие карты сейсмического районирования территории Армении, выполненные за последние 50 лет, и методические подходы к их составлению, более подробно - последние три карты. Статья касается обзора только лишь нормативных карт СР, утвержденных директивными органами за последние десятилетия в составе очередных карт.

Задачей сейсмического районирования является оценка потенциальной сейсмичности данной территории и слагающих ее частей. Геофизическим отображением сейсмичности и интенсивности сотрясений в баллах в различных максимальных значениях ускорений в долях ( $g$ ), скоростей колебаний грунтов ( $v$ ) являются карты общего (ОСР), детального (ДСР) сейсморайонирования и микросейсморайонирования (МСР), каждая из которых отвечает соответствующему этапу исследований и определенным требованиям. В данной статье рассматриваются карты общего сейсмического районирования (ОСР) территории Армении.

Сейсмическое районирование проводится на основе анализа комплекса геологических, тектонических (в том числе неотектонических), геофизических, сейсмологических (инструментальных и сейсмостатистических) и др. данных. До конца 80-х годов сейсмическое районирование территории Армении проводилось неоднократно в связи с составлением карты ОСР территории СССР, а после - отдельной карты территории Армении, которая была положена в основу республиканских норм по сейсмостойкому строительству.

Первая карта сейсмического районирования всей территории бывшего Союза, в том числе и Армении, была составлена в 1937г. сейсмологическим институтом АН СССР [1]. Она была издана в 1940г. в качестве нормативной карты для строительных организаций. Согласно данной карте, на территории Армении были выделены 8-, 7-, и 6-балльные области (рис. 1). 8-балльная область охватила Ширакскую котловину, западное окончание Араратской котловины и западную половину Южного Зангезура вдоль границы с Нах. АССР - полосу шириной в 30-35 км; 7-балльная область - Араратскую котловину, полосу шириной в 20-25 км к западу от г. Еревана, Северную Армению, Вайкский хребет и Горис-Кафанский район; 6-балльная область - районы, лежащие восточнее гор. Ереван, - Гегамское и Вардениское нагорье. Карта была составлена исключительно на основе сейсмостатистических данных без учета геологических материалов.

Вторая карта сейсмического районирования территории СССР снова была составлена Г.П. Горшковым в 1949г. [2,3] с попыткой учесть имеющуюся геологическую информацию для прогнозирования потенциальной сейсмической опасности. Однако здесь были учтены границы зон различной балльности на основании лишь общих закономерностей связи между геологическими и сейсмическими явлениями. На этой карте, заметно измененной по сравнению с предыдущей, на территории Армении также выделены 8- 7- и 6-балльные области (рис. 2). Увеличилась 8-балльная об-

ласть, которая полосой тянется в северо-западном направлении от г. Мегри на р. Аракс до р. Ахурян, охватывая почти весь Зангезур, Вайк, район южнее оз. Севан, включая Ереван и Ширакскую котловину; к 7-балльной зоне отнесена Араратская котловина, большая часть Северной Армении, Гегамский, Варденисский, Цукский хребты, Северная часть Зангезура; 6-балльная зона выделена только на крайнем северо-востоке территории - восточнее г. Иджевана, т.е. в отличие от прежней карты часть 7- и 6-балльных областей отнесена к 8-балльной зоне без каких-либо обоснований.



Рис. 1. Схематическая карта сейсмического районирования территории Армянской ССР по Г.П. Горшкову, 1937г.



Рис. 2. Карта сейсмического районирования территории Армянской ССР по Г.П. Горшкову, 1951г.

Следующая карта сейсмического районирования территории СССР была составлена Институтом физики земли АН СССР в 1957г. под редакцией С.В. Медведева [4,5]. На ней (рис. 3) Араратская котловина полностью включена в 8-балльную зону, других изменений нет. Обоснования как к первой, так и последним картам СР не приводятся - не видно, на основании каких данных и принципов 6- и 7-балльные зоны включены в 8-балльную, тем более что к тому времени не произошли какие-либо значительные сейсмические события на территории Армении.

Новая карта сейсмического районирования территории СССР была составлена коллективом авторов и опубликована в 1968г. Институтом физики земли АН СССР также под редакцией С.В. Медведева (рис. 4). На этот раз территория Армении представлена уже армянскими специалистами на основании геолого-сейсмологических данных [6,7]. На ней выделены районы с 8- и 7-балльной интенсивностью ожидаемых землетрясений, что расширило границы 8-балльной зоны к северо-востоку по линии Степанаван - Красносельск. Вместе с тем необоснованно выделена 7-балльная зона в равнинной части Араратской котловины, вдоль р. Аракс [6], которая в дальнейшем была снята [7].

В начале 70-х годов в сейсморайонировании наметилась новая тенденция комплексного использования геолого-геофизических данных. Институтом физики Земли АН СССР были подготовлены и опубликованы методические рекомендации по сейсмическому районированию территории СССР [8]. Поэтому при составлении последующих вариантов карты сейсмического районирования территории СССР в значительной степени были привлечены геологические данные. Новая карта сейсмического районирования территории Армении (ОСР - 78) была составлена сотрудниками

Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армении и Ереванского государственного университета в 1978г. с учетом геолого-геофизических данных [9-13].

При составлении карты сейсмостатистические данные были взяты из нового каталога сильных землетрясений на территории СССР [14]. На данной карте в отличие от прежней отражены некоторые новые элементы спецнагрузки: эпицентры сильных землетрясений прошлого, показатели средней частоты сотрясений той или иной интенсивности, зоны ВОЗ - возможного возникновения очагов сильных ( $M=6,1-7,0$ ) землетрясений и, естественно, зоны различной интенсивности (рис. 5).

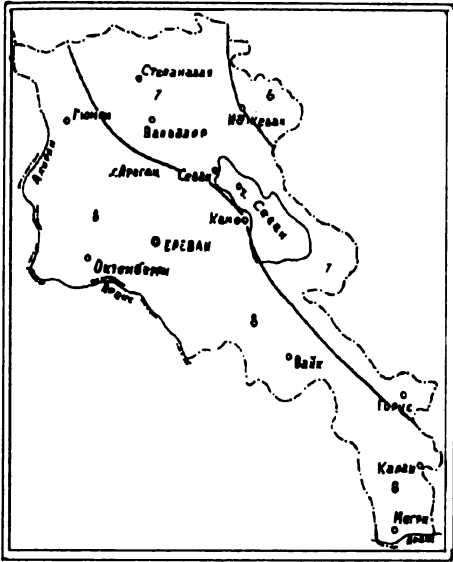


Рис. 3. Карта сейсмического районирования территории Армении по ИФЗ АН СССР, 1969г.



Рис. 4. Карта сейсмического районирования территории Армянской ССР по Н.К. Карапетяну, С.С. Мкртчяну, К.Н. Паффенгольцу, 1969г.

На карте зона ВОЗ (возможное возникновение землетрясения) шириной от 5-10 до 30-40 км охватывает Ширакскую, Верхнеахурянскую, Араратскую и Среднеарпинскую впадины, Урц-Вайский и Зангезурский хребты и Варденисский хребет. По интенсивности ожидаемых землетрясений выделены две зоны: южная - сейсмоактивностью до 8 баллов и северная - 7-балльная. Вместе с тем для второй зоны отмечено, что в неблагоприятных грунтовых условиях могут возникать сейсмические толчки до 8 баллов. Граница между зонами проходит по восточному борту Джавахетского нагорья, через эпицентр Спитакского землетрясения 1988г. до вершины горы Арагац, далее на восток - юго-восток до центральной части оз. Севан, а затем в юго-восточном направлении через вершины гор Варденис и Ишханасар, крепость Давид-бек до р. Аракс.

Зона ВОЗ соответствует полосе высокой сейсмичности, а не определенной сейсмогенной зоне, которая может генерировать сейсмические толчки различной силы. Выделение зон ВОЗ по данной методике становится неприемлемым, так как она не отражает истинную картину сейсмогенеза. Примером может служить Спитакское катастрофическое землетрясение 1988г., происшедшее за пределами выделенной на карте зоны ВОЗ. Спитакское землетрясение показало, что нормативная карта СР-78 не отражает действительную картину сейсмичности РА и нуждается в необходимых изменениях и уточнениях. Поэтому до внесения уточнений и изменений в соответствующих строительных нормах и правилах (СН и П 11-7-81) и для проведения восстановительных работ в зоне бедствия было решено составить временную схему СР территории Армении. Такая схема в масштабе 1:1000 000 была составлена в корот-

кий промежуток времени в 1989г. коллективом сотрудников ИГИС АН Арм. ССР, ЕГУ, ИФЗ АН СССР и утверждена Межведомственным Советом по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при Президиуме АН СССР и Госстроем Арм. ССР [15, 16]. Важно отметить, что при составлении схемы был проведен критический анализ балльности прошлых сильных землетрясений, в результате чего интенсивность некоторых из них (Вайоцзорское, 735г.; Двинское, 893г; Гарнийское, 1679г. и др.) изменена в сторону завышения на 0,5-1 балла, т.к., по общему мнению, при оценке исторических землетрясений их интенсивность была занижена.

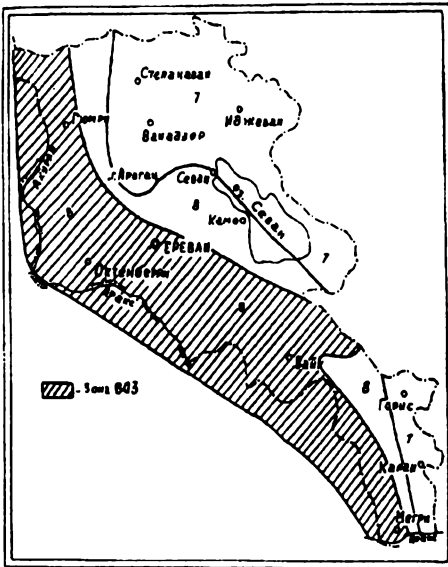


Рис. 5. Карта сейсмического районирования территории Армянской ССР по А.Х. Баграмяну, А.А. Габриеляну, Н.К. Карапетян, С.А. Пирузяну, Г.П. Симоняну, 1978г.

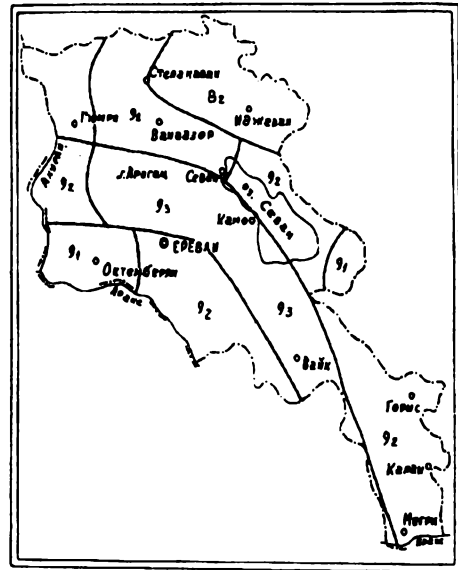


Рис. 6. Временная схема сейсмического районирования территории Армянской ССР по А.А. Габриеляну, Г.П. Симоняну, С.А. Пирузяну, Э.Г. Геодакяну, Н.В. Шебалину, Г.И. Рейснеру, Ю.К. Шукину и др., 1989г.

Исходя из указанных показателей, на схеме (рис. 6) были выделены две зоны ВОЗ общекавказского направления (Базум-Зангезурская и Ереванская), которые могут генерировать землетрясения в диапазоне магнитуд  $M=6,1-7,0$  интенсивностью 9 и 8 баллов. На этой же схеме к 8-балльным отнесен небольшой район сев.-востока республики, а остальная территория Армении - к 9-балльным. Кроме того, интенсивность землетрясений показана индексами (8<sub>2</sub>, 9<sub>2</sub>, 9<sub>3</sub>), что означает повторяемость (вероятность) землетрясений. Индексы 1,2,3 соответствуют числу средней повторяемости - один раз за 100, 1000 и 10 000 лет или вероятности - 0,5, 0,05 и 0,005 в ближайшие 50 лет. Отметим, что временная схема СР территории Армении была составлена в короткое время на основе анализа литературных и фондовых материалов на срок использования 1989-90гг., она же действовала до 1994г., т.е. до появления новой карты СР РА.

Последняя карта СР территории Армении была составлена А.И. Карапетяном, Б.К. Карапетяном, Г.П. Симоняном, Э.Е. Хачияном, С.А. Пирузяном и А.А. Киракосян в течение 1990-1994гг. Сейсмическая активность территории республики определена на основании комплекса сейсмостатистических и инструментальных, тектонических, сеймотектонических и геофизических данных. На основании обобщения и сопоставления имеющихся данных на территории Армении выделены шесть сейсмоактивных районов (очаговые зоны): Ани-Гюмрийский, Спитак-Севанский, Камо-Разданский, Араратский, Вайоцзорский и Зангезурский, которые легли в основу составления новой карты СР территории Армении масштаба 1:500 000 (рис. 7).



На карте на основании анализа комплекса геолого-тектонических, неотектонических, структурно-геоморфологических, геофизических и сейсмологических данных территория Армении подразделена на три зоны различной степени сейсмической активности (умеренная, средняя и высокая), выраженные соответственными максимальными значениями ускорений (в долях  $g$ ), скоростей колебания грунтов ( $v$ ) и соответствующими им баллами по шкале MSK - 1964г. [17-19].

Первая зона охватывает сев.-восточную и юго-восточную части территории республики, соответствует Вирайоц-Кафанской тектонической зоне раннеальпийской складчатости и на новой карте СР РА отнесена к умеренной сейсмической активности. Ожидаемые относительные значения ускорения колебаний грунта -  $0,2 g$ , скорости колебаний грунта -  $16 \text{ см/с}$ , что соответствует 8 баллам по шкале MSK - 1964г.



Рис. 7. Карта сейсмического районирования территории республики Армения по А.И. Карапетяну, Б.К. Карапетяну, Г.П. Симосяну, Э.Е. Хачияну, С.А. Пирузяну, А.А. Киракосян, 1994г.

Вторая зона охватывает Анкаван-Зангезурскую подзону и полосы вдоль северной окраины Севано-Амасийской подзоны Базум-Зангезурской тектонической зоны среднеальпийской складчатости на севере и вдоль южной окраины Урц-Вайского антиклинория гетерогенного строения на юге. Данная зона отнесена к средней сейсмичности с ожидаемыми максимальными значениями ускорений и скоростей колебаний грунта  $0,3 g$  и  $24 \text{ см/с}$ , соответствующими 8-9 баллам по шкале MSK - 1964г.

Третья зона представлена вытянутыми в общекавказском направлении двумя (северной и южной) полосами. Северная полоса охватывает Севано-Амасийскую подзону Базум-Зангезурской тектонической зоны среднеальпийской складчатости, а южная - среднеараксинскую межгорную впадину, Веди-Вайоцдзорское синклинальное и Зангезурское блок-антиклинальное поднятия. На карте СР-94 данная зона в

целом отнесена к высокой сейсмичности с ожидаемыми максимальными значениями ускорения и скорости колебаний грунта 0,4 g и 32 см/с, соответствующими интенсивности 9 баллов по шкале MSK-1964г.

Новая карта СР территории Армении (СР-94) не только существенно отличается от карты СР-78, но имеет определенное сходство с временной схемой СР-89. Она утверждена Госуправлением по архитектуре и строительству (СН РА 11-02-94) [18]. Вместе с тем карта СР-94 представляет собой новый этап сейсмического районирования территории Республики Армения, и работы по ее совершенствованию и детализации следует продолжать.

После того, как в 1994г. коллективом авторов была составлена новая карта сейсмического районирования РА масштаба 1:5000 000 [17], Национальная служба Сейсмической защиты РА (НССЗ) в том же году приступила к составлению карты СР РА того же масштаба и завершила ее в 1995г., т.е. в течение года. В отличие от нормативной карты [18], на которой выделены 8-, 8-9- и 9-балльные пояса, соответствующие ускорениям 0,2 g, 0,3 g и 0,4 g, на карте НССЗ выделены 8-, 9- и 10-балльные пояса, соответствующие ускорениям 0,3 g, 0,4 g и 0,5 g. Выделены в сев.-западном направлении три 10-балльных пояса шириной более 10 км, несколько 8-балльных участков, а остальная часть территории Армении отнесена к 9-балльной зоне. Здесь мы не будем останавливаться на анализе карты, лишь отметим, что она не была принята Комитетом архитектуры и градостроительства РА в качестве нормативной. При обсуждении карты были сделаны критические замечания относительно выделения 10-балльных поясов и 8-балльных участков, их местоположения и указано на несоответствие к тектоническим структурам [20].

После Спитакского разрушительного землетрясения 1988г. в газетных (а не научных) публикациях критиковалась карта сейсмического районирования территории Армянской ССР (СР-78), входящая в карту ОСР СССР (СН и П 11-7-81), выполненную по методическому руководству, составленному ИФЗ АН СССР. Как было указано выше, на определение сейсмической интенсивности района воздействовали объективные и субъективные факторы. Во-первых, к этому времени отсутствовали данные о сильных исторических землетрясениях по району г. Спитак, а во-вторых, при оценке интенсивности сев.-восточной Армении, кроме слабой сейсмичности, исследователи основывались в основном на возрасте складчатости, игнорируя сильно дифференцированный характер неотектонических движений Памбак-Севанской зоны, о чем было отмечено нами десять лет назад [21, 22, стр. 8]. Вместе с тем, как показывают приведенные карты и схемы сейсморайонирования территории Армении, при их составлении ни разу не были выделены зоны выше 8 баллов, хотя для этого были как сейсмологические, так и тектонические предпосылки. Относительно Спитакского землетрясения заметим, что пока наука не в состоянии предсказать катаклизмы подобного масштаба, и от природы можно ожидать много сюрпризов. Примером тому может служить также землетрясение, происшедшее в 1997г. в Ноябрьском районе.

*Кафедра исторической и  
региональной геологии*

*Поступила 17.01.1997*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков Г.П. Сейсмическая карта СССР. Большой Советский Атлас мира (под ред. П.Н.Никофорова). М.: 1937, т.1, к.3.
2. Горшков Г.П. Карта сейсмического районирования СССР (в редакции 1949г.). - В кн.: Технические условия проектирования и строительства зданий и сооружений для сейсмических районов, ТУ-58-48. М.: МСПТИ, 1949, с.32-40.
3. Горшков Г.П. Карта сейсмического районирования территории СССР. - В кн.: Положение по строительству в сейсмических районах (ПСЛ-101-51). М.: Госстройиздат, 1951.

4. Медведев С.В. Карта сейсмического районирования территории СССР. - Тр.ИФЗ СССР, 1957, №1 (168), с.6.
5. Нормы и правила строительства в сейсмических районах (СН-8-57). М.: Госстрой СССР, 1957, 103с.
6. Карапетян Н.К., Мкртчян С.С., Паффенгольд К.Н. Армения. - В кн.: Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968, с. 214-226 (476с.).
7. Строительные нормы и правила (СН и П 11-А, 12-69). М.: Стройиздат, 1970, ч.2, разд. А, гл.12, 47с.
8. Методические рекомендации по сейсмическому районированию территории СССР. М.: Наука, 1974, 195с.
9. Габриелян А.А., Пирузян С.А., Симосян Г.П. Новая схема сейсмического районирования территории Арм. ССР. Докл. АН Арм. ССР, 1976, т.63, №3, с.182-188.
10. Баграмян А.Х., Габриелян А.А., Карапетян Н.К., Пирузян С.А., Симосян Г.П. Армения. - В кн. Сейсмическое районирование СССР. (под ред. В.И. Бунэ, Г.П. Горшкова). М.: Наука, 1980, с.131-137.
11. Габриелян А.А., Сарксян О.А., Симосян Г.П. Сейсмоструктура Арм. ССР. Изд-во ЕГУ, 1981, 270с.
12. Строительные нормы и правила (СН и П 11-7-81). М.: Стройиздат, 1982, 26с.
13. Карта сейсмического районирования СССР. Масштаб 1:5000 000 с объяснительной запиской (под ред. М.А. Садовского). М.: Наука, 1984, 32с.
14. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975г. (ред. Кондорская И.В., Шебалин Н.В.). М.: Наука, 1977, 535с.
15. Габриелян А.А., Симосян Г.П., Пирузян С.А., Геодакян Э.Г. Новая схема сейсмического районирования территории Арм. ССР. - Изв. АН Арм. ССР: Науки о Земле, 1989, №4, с.3-10.
16. Габриелян А.А., Симосян Г.П., Пирузян С.А., Геодакян Э.Г., Шебалин Н.В., Рейснер Г.И., Шукян Ю.К. и др. Временная схема сейсмического районирования территории Арм. ССР. М.-Ер.: 1989.
17. Карапетян А.И., Карапетян Б.К., Симосян Г.П., Хачиян Э.Е. Новая карта сейсмического районирования территории республики Армения. - Изв. НАН РА: Науки о Земле, 1995, №1, с.26-32.
18. Строительные нормы республики Армения (11-2-02-94). Ер., 1994, 37с.
19. Karapetian A.I., Karapetian B.K., Simonian G.P., Khachian E.E. The New Seismic zonation Map of the territory of the Republic of Armenian. Abstracts. Big cities world Conference on National Disaster mitigation in conjunction with the 10 th International seminar on Earthquake prognostics. January, Cairo-Egypt, 5-10th. 1996, p. 57.
20. Balasanian S. Yu., Nazaretian S.N., Avanesian A.S. et al. The New Seismic zonation Map for Territory of Armenia. Proceedings of the Fifth International Conference on Seismic zonation. October 17-19, Nice, France, 1995, VIII, pp.2203-2210.
21. Симосян Г.П. Новейшие геологические структуры и сейсмическое районирование Центральной и Юго-Западной Армении. - В кн.: Сейсмоструктура южных районов СССР. М.: Наука, 1978, с. 36-47.
22. Губин И.Е. и др. Катастрофа в Армении: прогнозы и реальность. - Наука в СССР, 1989, №4, с. 3-11.

Գ.Պ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՏԱՐԱԾՔԻ ՍԵՅՍՄԻԿ ԵՐՋԱՆԱՅՄԱՆ  
ԵԱՐՏԵԶՆԵՐԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ՊԱՏԱԿԱՆ ԱԿՆԱՐԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում դիտարկում ենք վերջին 50 տարիներին Հայաստանի Հանրապետության տարածքի համար գոյություն ունեցող սեյսմիկ շրջանացման նորմատիվ քարտեզները և նրանց կազմման մեթոդական հարցերը՝ ավելի մանրամասն անդրադարձալով վերջին երկու քարտեզներին:

А.В. ХОЕЦЯН, К.Ю. АКОПЯН

ФИТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АРИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ  
(НА ПРИМЕРЕ ПОЛУПУСТЫННОГО ПОЯСА АРАРАТСКОЙ  
МЕЖГОРНОЙ КОТЛОВИНЫ)

В статье показаны экологические особенности фитоценозов аридных ландшафтов. В частности, результаты, полученные на основе количественных данных, показали, что в общей сложности растительный покров полупустынного пояса Араратской котловины разрежен, характеризуется низкой продуктивностью, дает незначительное количество биомассы, а следовательно, и небольшое количество органических веществ, участвующих в биологическом круговороте. А это является результатом дискомфортности (в основном, климатических и эдафических условий), все более возрастающей под воздействием антропогенного фактора.

Днище Араратской котловины (Араратская равнина), низкие предгорные плато на абсолютных высотах 800-1200, а иногда до 1400 м в основном покрыты полупустынной растительностью. Полупустыни в пределах Араратской котловины характеризуются аридным, континентальным климатом, большим отрицательным балансом влажности и высоким показателем радиационного индекса сухости (4,0-4,5): резкое нарушение водно-теплового баланса - выраженная климатическая дискомфортность [1].

Полупустыни Араратской котловины выделяются рядом фито-экологических особенностей. Первая из них заключается в преобладании ксерофитов в растительном покрове. Последние - исключительно многолетние кустарники и полукустарники, большинство из которых для приспособления к условиям недостаточного увлажнения создают мощную, длинную корневую систему. Корни этих растений иногда достигают уровня грунтовых вод или проникают в нижние горизонты почвогрунтов, где сравнительно больше влаги. Благодаря этому эти растения круглый год не испытывают недостатка влаги и остаются физиологически активными. Вследствие мощного развития корневой системы соотношение подземных и надземных частей растения в пустынных и степных ландшафтах в среднем равно 24 [2], а во время господства засушливого периода оно возрастает. Подобное соотношение подземных и надземных частей растения (доля корневой массы - 93,4%, надземной- 6,6%) в общей структуре биомассы является одной из основных особенностей полупустынной (а также пустынной) растительности.

Для приспособления к условиям недостаточного увлажнения ксерофиты также резко сокращают транспирацию (имеют свернутые в трубку узкие или мелкорассеченные, жесткие листья, покрытые густым опушением, либо наблюдается редукция листьев и т.д.), из-за чего в спектре высотной поясности Араратской котловины именно полупустыни характеризуются наименьшим запасом зеленых частей биомассы (9,3 ц/га).

Отметим, что настоящие ксерофиты имеют густую сеть жилок и незначительное число устьиц. Клеточные стенки листовых покровов плотны, часто кутинизированы или одеты волосками. Испарение сквозь клеточные стенки (кроме устьиц) у этих растений сведено к минимуму, а устьица обладают способностью быстро закрываться при недостатке влаги и столь же быстро открываться при ее достаточном

количестве. Хорошо развитые механические ткани не позволяют им завядать при потере влаги. Плазма этих растений хорошо переносит длительное обезвоживание. Таким образом, эти растения приспособлены не столько к недостатку влаги, сколько к ее частым колебаниям. Однако из-за ограничения связи со средой развиваются они очень медленно.

В связи со своеобразным внутригодичным распределением атмосферных осадков полупустынной растительности свойственна сезонная смена аспектов в течение всей вегетации; и наличие растений, как бы "убегающих" от засухи, вследствие чего проходящих все этапы своего развития до начала засушливого периода, является еще одной особенностью полупустынных ландшафтов. Например, ранней весной пышно расцветают эфемеры (однолетние растения), которые уже к концу весны (до начала засушливого периода), завершая свою вегетацию, высыхают и полностью погибают. Летом эфемерные растения чередуются многолетними растениями в виде кустарников и полукустарников, для которых влагообеспечивающим фактором служит мощная корневая система.

Для определенного типа растительности полупустынь характерно наличие циклов двойного покоя или полупокоя (зимой и летом). К ним относятся эфемероиды (многолетние растения), массовая вегетация которых наблюдается весной; с начала июня (начало засушливого периода) переходят в стадию покоя; высыхают, опаливаются, отмирают их надземные части, сохраняя подземную часть (клубни, луковицы, корневища). И только осенние дожди вновь их оживляют. В это время, например, на укороченных кончиках побегов полыни открываются почки, которые образуют новые зеленые ростки. Анализ полученных данных показал, что максимальная величина (13  $\mu/ga$ ) воздушно-сухой массы надземной части полупустынной растительности (полынной ассоциации) наблюдается в конце мая, в период обильных весенних осадков, что весьма закономерно. С половины июня надземная масса растительности постепенно уменьшается (что связано с повышением температуры воздуха и уменьшением атмосферных осадков) и достигает минимума в середине августа (6  $\mu/ga$ ). Увеличение надземной биомассы проявляется с конца сентября (осенние дожди). Максимальная же величина подземной корневой биомассы (121  $\mu/ga$ ) по сравнению с надземной проявляется позднее - в конце вегетации.

Вышеизложенные особенности полупустынной растительности являются результатом дискомфорта климатических (нарушение водно-теплого баланса) и эдафических условий. Вследствие этой дискомфорта растительный покров полупустынного пояса (в частности Арагатской межгорной котловины) в общей сложности разрежен, характеризуется низкой продуктивностью, дает незначительное количество биомассы (в среднем 146  $\mu/ga$  воздушно-сухой массы), а следовательно, и небольшое количество органических веществ, участвующих в биологическом круговороте.

Полупустынный пояс Арагатской котловины в основном представляется полынным сообществом с доминированием душистой полыни. Вместе с ней распространены чистец, василек, ячмень, ромашка и др.

Для определения биопродуктивности, сезонной динамики общей биомассы полынной полупустыни были выбраны разные ключевые участки на территории всей равнины. Соответствующие исследования проведены по методике Родина Л.Е., Ремезова Н.П. и Базилевич Н.И. [3-6]. (Отметим, что в травянистых симбиозах методы определения роста и опадения пока разработаны слабо. Принято, что годичный рост и опад травянистого покрова в основном равны величине надземной массы растений, а рост и опад корней - 1/3 части общей массы подземных органов [5,6]).

Большие колебания величины общей биомассы (128-171  $\mu/ga$ ) в горных районах можно считать закономерным, так как ключевые участки выбираются, как правило, на разных формах микрорельефа с разными микроклиматическими и эдафическими условиями.

Исследования Григорьева А.А. [7] показали, что между величиной радиационного индекса сухости и продуктивностью биокomпонентов ландшафта существует

тесная связь. Продуктивность биокomпонентов ландшафта и особенно естественного растительного покрова выше в том случае, когда величина радиационного индекса сухости близка к единице, т.е. когда между режимом тепла и влаги существует количественная пропорциональность. В случае такой пропорциональности в структуре и динамике географической среды создается такое сопряжение условий, которое во многом определяет высокий уровень продуктивности естественного растительного покрова. При переувлажненных почвогрунтах (тайга, тундра, альпийские, нивальные пояса), когда радиационный индекс сухости меньше единицы, и при недостаточных условиях влажности (степь, пустыня), когда радиационный индекс сухости больше единицы, продуктивность естественного растительного покрова резко уменьшается.

Т.е. основным фактором, ограничивающим продуктивность растительности в полупустынных ландшафтах является недостаток влаги. Однако следует отметить, что немаловажным является также антропогенный фактор - нерациональное использование ландшафтов, приводящее к возникновению антропогенной дискомфортности [1].

Соотношение режима тепла и влаги значительным образом определяет также величину запасов зеленых органов, а по размерам зеленых масс приблизительно можно оценить объем и мощность фотосинтезирующего аппарата растительного симбиоза.

Более тесная корреляционная связь проявляется между климатическими факторами и общей годичной продукцией растительного покрова. Годичное скопление органических веществ, как правило, выше в тех поясах, где проявляется определенная пропорциональность тепла и влаги.

По годичному росту биомассы полупустыни Араратской котловины по десятибалльной шкале оценки продуктивности растительных симбиозов земного шара, предложенной Родиным Л.Е. и Базилович Н.И. [5], классифицируются как низкопродуктивные симбиозы и оцениваются 4 баллами.

В разных растительных симбиозах важным показателем аккумуляции вещества и энергии является величина растительного опада в общей структуре биомассы. По этому показателю в общем спектре ландшафтов Араратской котловины полупустынный пояс также занимает последнее место, величина опада - 54,5 ц/га.

Но только по величине опада невозможно оценить интенсивность биологического круговорота органических веществ, так как в системе круговорота растительность - почва - растительность опад является лишь одним звеном. В этой системе важную роль играет разложение опада, от интенсивности которого зависит скорость круговорота вещества.

В растительных симбиозах типичным показателем скорости разложения опада служит коэффициент, полученный от соотношения подстилки и опада зеленых масс [3]. Насколько он больше, настолько медленнее осуществляется биологический круговорот органических веществ. Величина этого коэффициента в полупустынном поясе Араратской котловины равна 0,3, в горно-степном поясе - 0,5, субальпийском - 0,6, альпийском - 0,9 [8]. Различия этого коэффициента в разных поясах свидетельствуют о том, что чем выше местоположение ландшафта, тем медленнее происходит биологический круговорот органических веществ. Максимальная интенсивность проявляется в полупустынном поясе, минимальная в альпийском, т.е. можем сказать, что скорость биологического круговорота органических веществ находится в тесной связи с абсолютной высотой местности, а последнее обстоятельство объясняется коротким вегетационным периодом и сравнительно низкой температурой воздуха в высокогорном поясе.

Полупустынные ландшафты характеризуются небольшим количеством подстилки (3,5 ц/га). В бурых почвах этого пояса содержание гумуса незначительно (1,5-2,5), что связано, с одной стороны, с небольшим количеством опада, а с другой - с характером разложения растительного остатка. В аэробных условиях растительные остатки быстро минерализуются, и процессы гумусообразования почти отсутствуют. Образованные в этих условиях почвы обладают плохими морфологически-

ми качествами, и в природных условиях (без мелиоративных мероприятий) могут использоваться лишь в качестве весенних (иногда даже зимних) пастбищ для овцеводства.

Следует отметить, что климатическая, орографическая, эдафическая дискомфортность может в той или иной степени представлять потенциальную опасность эрозии. Наличие растительного покрова смягчает вышеупомянутую дискомфортность и уменьшает опасность проявления эрозии или полностью ее предотвращает. Он, как зеленая броня, защищает почвы от эрозии во время сильных ливней на крутых склонах гор. Если же растительный покров сильно разрежен (дискомфортность растительного покрова), опасность эрозии возрастает от ливней небольшой интенсивности даже на пологих склонах. Следовательно, от растительного покрова во многом зависит изменение степени потенциальной опасности эрозии при тех или иных климатических, орографических и эдафических условиях. Почвозащитная роль растительного покрова чрезвычайно многообразна. А важной предпосылкой повышения продуктивности растительных симбиозов является повышение биологической активности почвы. Последнее, в свою очередь, зависит от годичного роста и величины опада растительного покрова, а также степени напряженности биологического круговорота органических веществ.

А для повышения биологической активности почвы необходимо улучшить режим влаги в ней. И в полупустынных ландшафтах, где так много света и тепла, с помощью осуществления мелиоративных мероприятий появляются большие возможности для развития виноградарства и плодородства.

Следует отметить, что в результате выраженного антропогенного вмешательства характерный полупустынный пояс Араратской межгорной котловины почвенно-растительный покров настолько изменен, что на значительной ее территории исчезли элементы прежнего естественного (полупустынного) ландшафта. Вместо буроземов, серобурых, щелочных и солончаковых почв всюду возникли культурно-поливные почвы с более благоприятными физическими свойствами и сравнительно большим содержанием гумуса - коренное изменение биохимического облика почвенного покрова в целом. В результате проведения густой оросительной сети (резкое изменение гидролого-гидрогеологических условий) развито орошаемое земледелие.

Таким образом, типичные полупустынные растительные сообщества в пределах рассматриваемой территории сохранились лишь фрагментарно, отдельными островками, полосками на окраинах котловины, неорошаемых территориях и предгорных каменистых кирах. И хотя климат полупустыни, в сущности, остался таким, каким был много веков назад [9] (общая сухость), однако вследствие коренного изменения биогеохимических условий на месте исследуемой нами территории вместо естественного полупустынного ландшафта ныне имеем типичный культурный (антропогенный) ландшафт.

Безусловно, подобные изменения повлекли за собой и положительные (назовем их комфортными, благоприятными), и отрицательные (дискомфортные) последствия. Но каково же соотношение этих последствий? Какова степень преобладания одного над другим? Несомненно, в конкретном рассматриваемом случае дискомфортные последствия преобладают над комфортными. Человек, создав культурный ландшафт, использует его для своих благ. Но преобразование естественного ландшафта привело к глобальным изменениям всего комплекса его компонентов, в том числе и растительного покрова. Изменилась экологическая обстановка рассматриваемой территории, а следовательно - и фито-экологические особенности пояса. Изменение последних стало весьма актуальной и сложной проблемой. А необходимое глубокое и всестороннее изучение измененных экологических особенностей полупустынного пояса Араратской межгорной котловины и выявление путей решения возникшей проблемы являются объектом наших дальнейших исследований.

1. Խոյեցյան Ս.Վ., Հակոբյան Զ.Յու., ՀՀ բնա-լանդշաֆտային գոտիների կլիմայական դիսկոմֆորտայնության տարբերությունները և կայուն զարգացման հայեցակարգը: Առաջին ազգային կոնֆերանսի նյութեր: Կայուն հասարակական զարգացումը և Հայաստանը: Եր., 1997, էջ 65-69.
2. Благообразов В.А. Биомасса некоторых луговых и степных травостоев Тянь-Шаня. В кн.: Материалы по биогеографии Иссык-Кульской котловины. Фрунзе, 1966, с. 15-30.
3. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР). - В сб.: Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л., 1971, с. 5-32.
4. Першина М.Н., Ли П.В. Биологический круговорот зольных элементов и азота в зоне бурых полупустынных почв. - В сб.: Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л., 1971, с. 281-285.
5. Родин Л.Е. и Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.-Л., 1965, 253с.
6. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1968, 143с.
7. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды. М., 1966, 382 с.
8. Искандарян М.А. Биологическая продуктивность травянистых сообществ Зангезура. - Экология. АН СССР: Свердловск. изд-во Наука, 1976, №1, с. 47-51.
9. Багдасарян А.Б. Климат Армянского нагорья по "Истории Армении" Мовсеса Хоренаци. - Изв. АН Арм. ССР, общественные науки, Ер., 1956, №5, с. 121-123.

Ս.Վ. ԽՈՅԵՑՅԱՆ, Զ.ՅՈՒ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

ԱՐԻԴ ԼԱՆԴՇԱՖՏՆԵՐԻ ՖԻՏՈ- ԷՎՈԼՈԳԻԱԿԱՆ  
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ (ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ՄԻՋԼԵՌՆԱՅԻՆ  
ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ԿԻՍԱՆԱՊԱՏԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ ՕՐԻՆԱԿՈՎ)

Ա մ փ ո փ ո մ

Հողվածում ցույց են տրված արիդ լանդշաֆտների ֆիտոցենոզների էկոլոգիական առանձնահատկությունները: Մասնավորապես, քանակական տվյալների հիման վրա ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ արիդ լանդշաֆտների (Արարատյան գոգավորության կիսաանապատային գոտու) բուսական ծածկույթը ընդհանուր առմամբ աչքի է ընկնում նոսրությամբ, ցածր արդյունավետությամբ, կենսազանգվածի աննշան քանակությամբ և հետևաբար, կենսաբանական շրջանառության մեջ մասնակցող օրգանական նյութի չնչին քանակությամբ: Իսկ այդ ամենը արդյունք է հիմնականում կլիմայական և էդաֆիկ պայմանների դիսկոմֆորտայնության՝ էլ ավելի աճող անթրոպոգեն գործոնի ներգործությամբ:



*Աշխարհագրություն*

УДК 910.1

Ա.Ռ. ԱՎԱԳՅԱՆ

ԸՆԴԵՐՔԻ ՀԱՐՍՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿՈՄՊԼԵՔՍԱՅԻՆ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ  
ՀԻՄՆԱԽՆԴԻՐԸ

Ընդերքի հարստությունների կոմպլեքսային օգտագործումը և ընդհանրապես օգտագործումը այսօր դարձել է դժվար լուծելի խնդիր՝ կապված. ա) ընդերքի հարստությունների կոմպլեքսային բնույթի, բ) ընդերքի հարստությունների օգտագործման արտադրությունների բազմաճյուղայնության, գ) արտադրական պրոցեսում առաջացող մնացորդների բազմազանության, դ) էկոլոգիական ճգնաժամի, ե) հասարակության մեջ հումանիստական սկզբունքների դրսևորումների, զ) տարածքային կառավարման համակարգի ստեղծման, է) հասարակական կայուն զարգացման առաջընթացի հետ:

Ընդերքի հարստությունների կոմպլեքսային օգտագործման գործոնները, խնդիրները և սպասվելիք արդյունքները բերված են սխեմայում:

Ընդերքի հարստությունների կոմպլեքսային օգտագործման հիմնախնդիրը իր բովանդակությունը ստանում է երկու օբյեկտների սահմաններում՝ բուն հանքավայրի (հանքաբեր ավազանի) և այն տարածքի, որտեղ գտնվում է այդ հանքավայրը:

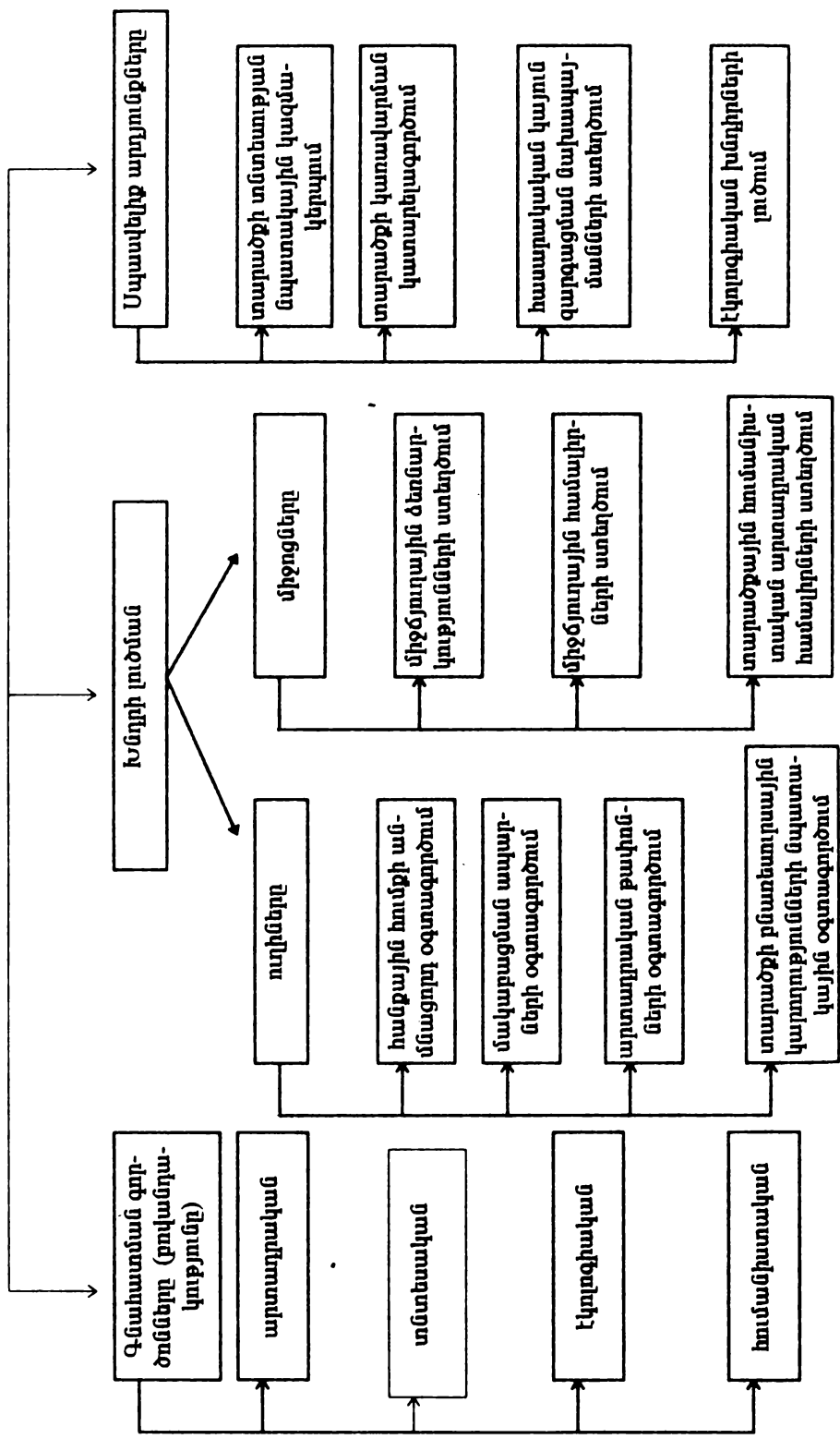
Հանքավայրի (հանքաբեր ավազանի) սահմաններում խնդիրը վերաբերում է ընդերքում գտնվող և այնտեղից արդյունահանված բոլոր տեսակի օգտակար բաղադրամասերին և մակաբացման ապարներին):

Ընդերքում գտնվող և արդյունահանվող օգտակար բաղադրամասերը ըստ բովանդակության բաժանվում են երեք խմբի՝ ա) բաղադրամասեր, որոնք ունեն ինքնուրույն արտադրական տնտեսական նշանակություն և հանդիսանում են լեռնահանքային ձեռնարկությունների հիմնական հումքը, բ) բաղադրամասեր, որոնք ինքնուրույն տնտեսական արժեք չունեն և միայն համալիր օգտագործման միջոցով կարող են լրացուցիչ հումք տալ լեռնահանքային ձեռնարկություններին, գ) բաղադրամասեր, որոնց օգտագործումը առաջին հերթին ունի էկոլոգիական, էտիկական բովանդակություն և երկրորդ հերթին՝ արտադրական, տնտեսական: Այս խմբի մեջ են մտնում մակաբացման ապարները:

Ինքնուրույն արտադրական, տնտեսական նշանակություն ունեցող բաղադրամասերը ամբողջությամբ օգտագործվում են լեռնահանքային, մետալուրգիական ձեռնարկություններում և միայն արտադրական ցիկլի վերջում առաջանում են զգալի քանակությամբ «բախոններ» որոնց օգտագործումը գործող ձեռնարկությունների սահմաններում տեխնոլոգիապես դժվար է, տնտեսապես ձեռնտու չէ: Սակայն «տեսուր-սախնայողության» գործընթացը, էկոլոգիական, սոցիոլոգիական, էտիկական գործոնները այդ բաղադրամասերի օգտագործումը դարձնում են անհրաժեշտ:

Ինքնուրույն տնտեսական արժեք չունեցող բաղադրամասերը կոմպլեքսային օգտագործման ժամանակ տալիս են զգալի տնտեսական օգուտներ, միաժամանակ լրացուցիչ հումք են տալիս տարբեր տեսակի արտադրություններին: Սա առանձնապես կարևոր նշանակություն ունի գունավոր մետաղների հանքավայրի շահագործման ընթացքում, ուր մեկ-երկու հիմնական բաղադրամասերին ուղեկցում են մի քանի

ԸՆԴԵՐՔԻ ՀԱՐՏԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿՈՄՊԼԵՔՍԱՅԻՆ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ



տասնյակ «երկրորդական» բաղադրամասեր: Այդ բաղադրամասերը երկրորդ պլան են մղվել զուտ «տեխնոլոգիական» մոտեցման պատճառով, չկան մնացորդների վերամշակման տեխնոլոգիաները, որովհետև ըստ ճյուղային մտածելակերպի ավելի հեշտ է զբաղվել մեկ, երկու տեսակի բաղադրամասերի վերաշակումով՝ ավելի քիչ ծախսումներով, պարզունակ տեխնոլոգիաներով և որ ամենակարևորն է՝ պարզունակ մտածելակերպով ու կառավարումով:

Գումավոր մետալուրգիայի ձեռնարկություններում ընդերքից արդյունահանված լեռնահանքային զանգվածից առավելագույնը օգտագործվում է 1%-ը, մնացած 99%-ը մակաբացման ապարների և «պոչերի» ձևով թափվում է շրջակա միջավայր: Նրանք հարյուրավոր անգամներ ավելի մեծ տարածություններ են զբաղում քան լեռնահանքային ու լեռնամետալուրգիական ձեռնարկությունները: Այդ թափոնների մի մասը իր մեջ ունի քիմիապես ակտիվ տարրեր, որոնք թունավորում են հողը, ջրային ավազանները:

Չուզահեռաբայ արդյունահանվող ինքնուրույն նշանակություն չունեցող օգտակար բաղադրամասեր պարունակող հանքաքարը, մակաբացման ապարները, լեռնամետալուրգիական ձեռնարկությունների թափոնները հնարավոր է իրացնել միայն կոմպլեքսային օգտագործման միջոցով:

Հանքային հումքի կոմպլեքսային օգտագործումը ձեռնարկում է կազմակերպել լեռնահանքային, լեռնամետալուրգիական ձեռնարկությունների սահմաններում, ինչը հնարավորություն կտա համակենտրոնացնելու արդյունաբերությունը, նվազեցնելու կապիտալ ներդրումները [1] և ոչ մեծ ծախսումներով ճյուղի արտադրանքը ավելացնելու 20-30%-ով [2]:

Մակաբացման ապարների և մնացած թափոնների օգտագործումը նույն ձեռնարկության սահմաններում նպատակահարմար չէ, քանի որ ճյուղի զարգացման և ընդարձակման ընդհանուր մթնոլորտում ավելի ու ավելի մեծ չափերի են հասնում «մնացորդները», ավելանում է նրանց տեսականին: Միաժամանակ լեռնահանքային կամ լեռնամետալուրգիական ձեռնարկություններում նոր արտադրամասերի ստեղծման պայուցելու անընդհատ լինել չի կարող: Յուրաքանչյուր ձեռնարկություն ունի իր որոշակի տեխնոլոգիաները, արտադրատեսակները և նպատակը:

Ավելի նպատակահարմար է բոլոր տեսակի «մնացորդներին» բազայի վրա ստեղծել ինքնուրույն ձեռնարկություն, որը կարողանա վերամշակել տարբեր ձեռնարկությունների տեխնոլոգիական միևնույն հատկանիշներ ունեցող «մնացորդները»: Այդպիսով ոչ կոնդիցիտն հանքանյութի և մակաբացման ապարների ծավալների ու տեսականու մեծացումը կողեկցվի նոր արտադրությունների, տեխնոլոգիական և տնտեսական նոր կապերի ստեղծմամբ: Կանոնադրական ճյուղային և միջճյուղային ձեռնարկությունների փոխկապակցությունները, սա էլ աստիճանաբար կհասցնի խոշոր համալիրների ստեղծման: Հենց այդ համալիրներն են, որ կարող են ամբողջական դարձնել ընդերքից արդյունահանված ամբողջ լեռնային զանգվածի վերամշակումը: Ինչպես Տ.Մ. Կալաշնիկովան է ասում՝ «միջճյուղային համալիրները իրենցից ներկայացնում են ձեռնարկությունների և ճյուղերի այնպիսի միահյուսում, որոնք կարող են որոշակի ապրանքների արտադրության և սպասարկման զարգացման միջոցով օգտակար լինել ժողովրդական տնտեսությանը» [3]:

Միջճյուղային ձեռնարկությունների, համալիրների ձևավորումը ընդհանրացման գործընթաց է: Ընդհանրացում, որը կատարվում է ժամանակի և տարածության մեջ և հնարավորություն է տալիս մեկ ընդհանուր նպատակի ծառայեցնել ճյուղային և միջճյուղային ձեռնարկությունների գործունեությունը: Միջճյուղային կապերը միայն այն դեպքում են ձեռնարկ, երբ ընդհանրացման պրոցեսը ուղեկցվում է առանձին տարածությունների վրա արտադրողական ուժերի նպատակային խմբավորմանը, ռեսուրսային հնարավորությունների կոմպլեքսային օգտագործմանը, մարդկանց սոցիալական պայմանների բարելավմանը:

Ա.Ե. Ֆերսմանը ընդերքի հարստությունների կոմպլեքսային օգտագործումը ճյուղայինից տեղափոխում է տարածքային դաշտը, ըստ նրա՝ «օգտակար հանածոյի կոմպլեքսային օգտագործումը խոշոր նշանակությամբ տեխնիկա-տնտեսական

խնդիր է. դա առանձին տարածությունների տնտեսության կոմպլեքսային կազմակերպման սկզբունքն է [4]:

Տնտեսության տարածքային կազմակերպումը հասցնում է տարածքային հումանիստական արտադրական համալիրների (ՏՀԱՀ) ձևավորման:

ՏՀԱՀ-ը որոշակի սահմաններ ունեցող տարածքի վրա հումքի առանձին տեսակների և արտադրական «մնացորդների» բազայի վրա ստեղծված, տեխնոլոգիական ավարտվածությամբ, տեխնիկա-տնտեսական փոխկապակցություններով, փոխալամանավորվածություններով արտադրական կառուցվածք է, որում բացի զուտ արտադրական, տնտեսական ցուցանիշներից գործում են նաև էտիկականը, բարոյականը, հոգևոր-հոգեբանականը, էկոլոգիականը:

Տնտեսության տարածքային կազմակերպումը պայմաններ է ստեղծում ա) լիարժեք օգտագործելու տվյալ տարածքի բնառեսուրսային հնարավորությունները, աշխատանքային ռեսուրսները և նորոյթները, տնտեսական, սոցիալական, արտադրական կարողությունները, բ) ապահովելու տնտեսության տարբեր ճյուղերի ներդաշնակ զարգացումը, գ) լուծելու տարածաշրջանի էկոլոգիական, սոցիալ-տնտեսական խնդիրները, դ) տարածաշրջանում ապրող մարդու մեջ խորացնելու «տիրոջ», «տարածքի տիրոջ» զգացումը: Եվ ընդհանրացված ձևով մարդ - շրջակա միջավայր, մարդ - բնություն, մարդ - տնտեսություն փոխհարաբերություններում ստեղծելու ներդաշնակություն:

Իսկ մարդու և բնական միջավայրի ներդաշնակումը կարող է իրագործվել միայն արտադրական, տնտեսական և բարոյա-հոգեբանական չափանիշների համատեղման միջոցով: Համատեղում, որը այսօր խորը բովանդակություն ունի զարգացած և հատկապես փոքր տարածության և խիտ բնակեցվածություն ունեցող երկրներում: Այդ համատեղությունն էլ միասնական է դարձնում տարածքի կառավարումը տնտեսական զարգացումը, բնապահպանական խնդիրների լուծումը ընդերքի և ընդհանրապես բոլոր տեսակի ռեսուրսների նպատակային օգտագործումը:

*Սոցիալ-տնտեսական աշխարհագրության ամբիոն*

*Ստացվել է 18.04.1997*

#### Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Борзунов В.М. Разведка и промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых. М.: Изд-во Недр, 1986, с. 126.
2. Мовсесян С.А. Роль минерально-сырьевой базы в развитии производительных сил Арм. ССР. Ер.: Изд-во Айастан, 1981, с. 182.
3. Калашникова Т.М. Экономическое районирование. М.: Изд-во МГУ, 1982, с. 140.
4. Ферсман А.Е. Комплексное использование ископаемого сырья. Л.: Изд-во АН СССР, 1932, с. 16.

А.Р. АВАКЯН

### ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОГАТСТВ НЕДР

#### Резюме

Комплексное использование богатств недр возможно только путем полноценного использования добываемых руд соответственно предусмотренным кондициям, а также эксплуатации слоев бедных руд, утилизации вскрышных пород.

А все это возможно осуществить только в результате совмещения экономических, социальных, экологических и этических факторов.

УДК 62-50

В.Р. БАРСЕГЯН, А.Г. САРДАРЯН

### ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХЗВЕННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ФИКСИРОВАННЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЯХ

Рассматривается задача оптимального управления трехзвенного манипулятора при фиксированных промежуточных фазовых состояниях при заданном критерии качества на всех промежутках времени.

С использованием идеи, предложенной в [3], решение задачи приводится к проблеме моментов и строится оптимальное управляющее воздействие.

1. Рассматривается управляемое движение трехзвенного манипулятора. Звенья манипулятора совершают одно вращательное два поступательных движения, и они считаются абсолютно твердыми телами, линейные размеры и массы которых равны  $l_i, m_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) соответственно [1, 2].

Движение манипулятора осуществляется посредством электромеханических приводов с двигателями постоянного тока с независимым возбуждением и редуктора, расположенных в соединительных шарнирах звеньев манипулятора и в  $\text{Sp}\Omega\text{SQ}\Omega\text{-}\Omega$ . Предполагается, что оси вращения роторов электродвигателей и оси выходных валов редукторов приводов совпадают с осями шарниров. Электромеханические силы и моменты, действующие на манипулятор, обозначим через  $n_i Q_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ). Между усилиями  $Q_i$  и значениями сил тока ( $I_i$ ) в цепях роторов приводов следующая связь:  $Q_i = k_i I_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ). Уравнения баланса напряжений в цепях роторов электродвигателей приводятся к виду [1]:

$$L_i \dot{Q}_i + R_i Q_i + k_i^2 n_i \dot{q}_i = k_i u_i \quad (i = 1, 2, 3), \quad (1)$$

где  $L_i$  - коэффициент индуктивности,  $R_i$  - электрическое сопротивление обмотки ротора электродвигателя,  $k_i$  - коэффициент пропорциональности между электрическим током и усилиями  $Q_i$ ,  $n_i$  - передаточное число редуктора,  $u_i$  - электрическое напряжение, подаваемое на вход электродвигателя  $i$ -го провода,  $q_i$  - обобщенные координаты.

Предполагая, что движение звеньев манипулятора независимо, уравнения движения электромеханического манипулятора представим как систему механических уравнений Лагранжа и уравнений баланса напряжений в цепях роторов электродвигателей [1, 2], которые в форме Коши имеют следующий вид:

$$\dot{x}_{3i-2} = x_{3i-1}, \quad \dot{x}_{3i-1} = x_{3i}, \quad \dot{x}_{3i} = -\frac{a_{i3}}{a_{i1}} x_{3i-1} - \frac{a_{i2}}{a_{i1}} x_{3i} + \frac{1}{a_{i1}} u_i \quad (i = 1, 2, 3). \quad (2)$$

Здесь приняты следующие обозначения:

$$\begin{aligned}
 a_{11} &= \frac{L_1(I_z + I_1 n_1^2)}{k_1 n_1}; & a_{12} &= \frac{R_1(I_z + I_1 n_1^2)}{k_1 n_1}; & a_{13} &= k_1 n_1; \\
 a_{21} &= \frac{L_2(m_2 + m_3 + I_2 n_2^2)}{k_2 n_2}; & a_{22} &= \frac{R_2(m_2 + m_3 + I_2 n_2^2)}{k_2 n_2}; & a_{23} &= k_2 n_2; \\
 a_{31} &= \frac{L_3(m_3 + I_3 n_3^2)}{k_3 n_3}; & a_{32} &= \frac{R_3(m_3 + I_3 n_3^2)}{k_3 n_3}; & a_{33} &= k_3 n_3,
 \end{aligned}$$

где  $I_z = I_{z1} + I_{z2} + I_{z3}$  ( $I_{z1}, I_{z2}, I_{z3}$  - моменты инерции звеньев относительно центральных осей).

Пусть заданы моменты времени  $t_0 < t_1 < \dots < t_m = T$ , значения фазового вектора

$$x(t_i) = \{x_1(t_i), x_2(t_i), x_3(t_i), \dots, x_9(t_i)\}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (3)$$

и качество интенсивности

$$\chi[u] = \left[ \int_{t_0}^T \left( \sum_{i=1}^3 u_i^2(\tau) \right) d\tau \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

Требуется найти оптимальное управляющее воздействие  $u^0(t) = \{u_1^0(t), u_2^0(t), u_3^0(t)\}$ ,  $t \in [t_0, T]$ , для системы (2) при условиях (3) и минимизирующий функционал  $\chi[u]$  (4).

2. Для простоты изложения поставленной задачи предположим, что фазовые состояния объекта заданы в моментах времени  $t_0 < t_1 < t_2$ . Записывая решение уравнения (2) в виде Коши, учитывая, что фазовый вектор должен удовлетворять заданным условиям  $x(t_i)$ ,  $i = 0, 1, 2$ , и выполняя нулевые продолжения для полученных интегральных соотношений [3-5], будем иметь

$$\begin{aligned}
 \int_{t_0}^{t_2} h_{3i-2}^{(j)}(\tau) u_i(\tau) d\tau &= c_{3i-2}(t_j), & \int_{t_0}^{t_2} h_{3i-1}^{(j)}(\tau) u_i(\tau) d\tau &= c_{3i-1}(t_j), \\
 \int_{t_0}^{t_2} h_{3i}^{(j)}(\tau) u_i(\tau) d\tau &= c_{3i}(t_j), & (i = 1, 2, 3; j = 1, 2),
 \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned}
 h_{3i-2}^{(j)}(\tau) &= \begin{cases} \frac{1}{a_{i1}} x_{3i-2}^{(3)}(t_j - \tau) & \text{при } t_0 \leq \tau \leq t_j, \text{ при } t_j < \tau \leq t_2, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \\
 h_{3i-1}^{(j)}(\tau) &= \begin{cases} \frac{1}{a_{i1}} x_{3i-1}^{(3)}(t_j - \tau) & \text{при } t_0 \leq \tau \leq t_j, \text{ при } t_j < \tau \leq t_2, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \\
 h_{3i}^{(j)}(\tau) &= \begin{cases} \frac{1}{a_{i1}} x_{3i}^{(3)}(t_j - \tau) & \text{при } t_0 \leq \tau \leq t_j, \text{ при } t_j < \tau \leq t_2, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \quad (i = 1, 2, 3; j = 1, 2),
 \end{aligned}$$

а правые части условий (5), т.е.  $c_{3j-2}(t_j), c_{3j-1}(t_j), c_{3j}(t_j)$ , - постоянные величины, характеризующие заданные начальное, промежуточное и конечное состояния объекта. Здесь приняты следующие обозначения:

$$x_{3i-2}^{(3)}(t-\tau) = \frac{1}{\lambda_{i2}\lambda_{i3}} + \frac{1}{\lambda_i} \left( \frac{e^{\lambda_{i2}(t-\tau)}}{\lambda_{i2}} - \frac{e^{\lambda_{i3}(t-\tau)}}{\lambda_{i3}} \right),$$

$$x_{3i-1}^{(3)}(t-\tau) = \frac{1}{\lambda_i} \left( e^{\lambda_{i2}(t-\tau)} - e^{\lambda_{i3}(t-\tau)} \right), \quad x_{3i}^{(3)}(t-\tau) = \frac{1}{\lambda_i} \left( \lambda_{i2} e^{\lambda_{i2}(t-\tau)} - \lambda_{i3} e^{\lambda_{i3}(t-\tau)} \right),$$

$$\lambda_i = \lambda_{i2} - \lambda_{i3}; \quad \lambda_{i2} = \frac{-a_{i2} + \sqrt{a_{i2}^2 - 4a_{i1}a_{i3}}}{2a_{i1}}; \quad \lambda_{i3} = \frac{-a_{i2} - \sqrt{a_{i2}^2 - 4a_{i1}a_{i3}}}{2a_{i1}}.$$

Предполагается, что  $\lambda_{i2} \neq \lambda_{i3}; \lambda_{i2} \neq 0; \lambda_{i3} \neq 0$ .

С помощью проблемы моментов [6] построено оптимальное управляющее воздействие  $u^0(t) = \{u_1^0(t), u_2^0(t), u_3^0(t)\}$  для задачи (4), (5), что является кусочно-непрерывной функцией на интервале  $[t_0, t_2]$ , и определено минимальное значение функционала (4).

ЕГУ, Институт механики НАН РА

Поступило 25.11.1997

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акуленко Л.Д., Болотник Н.Н. Синтез оптимального управления транспортными движениями манипуляционных роботов. - Изв. АН СССР, МТТ, 1986, №4, с. 21-29.
2. Гукасян А.А., Барсегян В.Р. Обратная задача динамики электромеханического манипулятора. - Изв. НАН РА: Механика, 1994, №5-6.
3. Габриелян М.С. Об управлении линейным уравнением высокого порядка в смысле Штурма-Ливилля. - Уч. записки ЕГУ, 1973, №3.
4. Барсегян В.Р., Сардарян А.Г. К задаче оптимального управления линейными системами при фиксированных промежуточных фазовых состояниях. - Сб. статей: Некоторые вопросы теоретической и прикладной механики. Ер.: Изд-во Луйс, 1997.
5. Барсегян В.Р., Сардарян А.Г. Оптимальное управление двухзвенного манипулятора при фиксированных промежуточных состояниях: Вопросы оптимального управления, устойчивости и прочности механических систем. Ер., 1997.
6. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М.: Наука, 1968.

Վ.Ռ. ԲԱՐՍԵԴՅԱՆ, Ա.Գ. ՍԱՐԴԱՐՅԱՆ

ՖԻԶՄԱԿԱԾ ՄԻՋԱՆԿՅԱԼ ՖԱԶՎԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՄԲ ԵՌՈՂԱԿ ԷԼԵԿՏՐՈՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՄԱՆԻՊՈՒԼՅԱՏՈՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ԴԵԿԱՎԱՐՈՒՄԸ

Ա մ փ ն փ ու մ

Դիտարկվում է եռօղակ էլեկտրամեխանիկական մանիպուլյատորի օպտիմալ ղեկավարման խնդիրը ֆիքսված միջանկյալ ֆազային վիճակների առկայությամբ, երբ որակի հայտանիշը տրված է ժամանակի ամբողջ ինտերվալի վրա:

Օգտագործելով [3] աշխատանքում առաջարկված մեթոդը, խնդրի լուծումը բերվում է մոմենտների պրոբեմին և կարուցվում է օպտիմալ ղեկավարող ազդեցությունը:

УДК 612.821

А.Н. АРАКЕЛЯН, В.Г. ГРИГОРЯН, А.Р. АГАБАБЯН

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗРИТЕЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Исследовано влияние выполнения работы зрительно-пространственного содержания на компьютере на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Выделены 3 группы испытуемых по типам реагирования организма на предъявленную нагрузку. Установлено, что выполнение данной работы может оказывать стрессогенное влияние на определенную категорию людей (II группа), в то время как для другой категории людей (I и III группы) данная работа не является эмоционально напряженной.

С развитием научно-технического прогресса быстро внедряются новые технологии, которые требуют напряжения интеллектуальных процессов и внимания, что часто приводит к развитию эмоционального напряжения. Наибольшую информативную ценность как интегральный показатель эмоционального состояния человека, по данным ряда авторов [1-4], имеют показатели сердечно-сосудистой системы.

Многие исследователи [5,6] отмечают, что профессиональный эмоциональный стресс у операторских работников разного профиля имеет существенное значение для возникновения нарушений функционирования сердечно-сосудистой системы. Поиск эффективных методов оценки эмоционального напряжения по показателям сердечно-сосудистой системы является актуальным также для диагностики и прогнозирования динамики функционального состояния (ФС) организма человека в условиях деятельности на компьютере.

Целью нашего исследования являлось изучение регуляторных механизмов в динамике изменения сердечного ритма в течение трех часов при выполнении зрительно-пространственной задачи на компьютере.

**Материал и методика.** Под наблюдением находилось 30 студентов (18-21,5 лет), не имеющих отклонений в состоянии здоровья.

Регистрировалась электрокардиограмма (ЭКГ) на 8-канальном энцефалографе фирмы "Medicor" (Венгрия). Для регистрации ЭКГ использовалось стандартное отведение от конечностей: левая рука - правая рука - левая нога. Измерения проводились 4 раза: перед выполнением задания на компьютере и через 1, 2 и 3 часа. Для обработки ЭКГ применялся метод вариационной пульсометрии [1]. Анализировались следующие статистические параметры сердечного ритма:  $M_0$  (мода) - наиболее часто встречающаяся величина R-R,  $AM_0$  (амплитуда моды) - частота встречаемости моды,  $\Delta x$  (вариационный размах интервалов R-R) - разница между максимальным и минимальным значениями интервалов R-R, ИН (индекс напряжения) - интегральный показатель, который рассчитывается по формуле  $ИН = AM_0 / 2 \Delta x \cdot M_0$ . Обработка экспериментального материала (12000 кардиоциклов) и статистический расчет были произведены по специально разработанной программе на IBM-486.

**Результаты исследования и обсуждение.** При анализе статистических параметров сердечного ритма установлено, что ИН - величина, отражающая взаимосвязь  $AM_0$ ,  $\Delta x$  и  $M_0$ , - имеет широкий диапазон значений и в динамике 3-часовой ра-



боты зависит не только от нагрузки, но и от исходного уровня, поэтому для сравнения ИН был применен индивидуальный анализ изменения его величин в процентах. Сдвиг считался информативным, если изменения превышали 20%. Это позволило выделить 3 группы испытуемых по типу реагирования организма на нагрузку: I группа - снижение ИН (43% испытуемых), II - повышение ИН (34% испытуемых) и III - без изменения величины ИН (23%). У I группы отмечалось снижение  $AM_0$  и повышение  $\Delta x$ , у II - обратная динамика этих показателей, III группа характеризовалась отсутствием постоянства параметров сердечного ритма (см. таблицу).

*Динамика изменения показателей сердечно-сосудистой системы при решении зрительно-пространственной задачи в трех группах испытуемых*

Статистические показатели сердечно-сосудистой системы	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
I группа испытуемых				
ИН	202	187	104	88
$\Delta x$	0,23	0,26	0,32	0,34
$AM_0$ , %	50	46	44	40
II группа испытуемых				
ИН	85	120	107	173
$\Delta x$	0,36	0,26	0,30	0,24
$AM_0$ , %	45	47	46	56
III группа испытуемых				
ИН	184	134	208	181
$\Delta x$	0,27	0,27	0,26	0,25
$AM_0$ , %	60	57	67	57

T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> - до начала, через 1, 2, и 3 часа работы соответственно.

Согласно теоретическим положениям [1] при понижении ИН и  $AM_0$  и повышении  $\Delta x$  (I группа) автономный контур регуляции сердечного ритма справляется с имеющейся нагрузкой, которая вызывает функциональное напряжение, но не приводит к выраженному утомлению. I тип реагирования (I группа) отражает закономерные изменения сердечного ритма, связанные с естественным утомлением в процессе выполнения зрительно-пространственной задачи на компьютере. Мы рассматривали эти изменения в свете данных других авторов [2,7] как "реакцию адаптивного ответа" и считаем ее более благоприятной. Динамика параметров II типа реагирования (II группа) указывает на нарастающую напряженность регуляторных механизмов сердечного ритма. Этот тип может рассматриваться как менее благоприятный для выполнения данной работы. III тип реагирования (III группа) не обнаруживает изменений показателей в динамике выполнения работы и считается нами устойчивым. К I группе было отнесено 43% испытуемых, ко II - 34% и к III - 23%.

Таким образом, полученные данные позволяют считать, что выполнение зрительно-пространственной задачи на компьютере у большинства испытуемых (I и III группы) не вызывает отрицательных влияний на регуляцию сердечного ритма. Отмеченное нами увеличение исследуемых показателей (II группа) свидетельствует о развитии напряжения регуляторных механизмов сердечного ритма под влиянием эмоционального стресса, вызванного работой на компьютере.

Из вышеизложенного следует, что выполнение на компьютере задания зрительно-пространственного содержания может оказывать стрессогенное влияние на определенную категорию людей, в то время как для другой категории людей данная работа не является эмоционально-напряженной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: 1984, 221 с.
2. Богданов А.Ф. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы школьников IX класса на уроках информатики. - Новые исследов. в психологии и возрастной физиологии. М.: Педагогика, 1989, с. 122-124.
3. Джебрайлова Т.Д. Индивидуальные особенности устойчивости к эмоциональному стрессу при работе на компьютере у школьников 15-16 лет. - Физиология человека, т. 21, №2, с. 44-53, 1995.
4. Колобова Г.Д. Отражение эмоционального напряжения в показателях ЭЭГ и ЭКГ. - Физиол. нормирование труда: Тезисы докл. II Всесоюз. симпозиума. Донецк: 1989, с. 106.
5. Мойкин Ю.В., Киколов А.И., Тхоревский В.И. Психофизиологические основы профилактики перенапряжения. М.: Изд-во Медицина, 1987, 254с.
6. Судаков К.В. Эмоциональный стресс как ведущий фактор патогенеза артериальной гипертонии. - Пат. физиол., 1975, №1, с. 3-12.
7. Нормализация учебной нагрузки школьников (Под ред. М.В. Антроповой, В.И. Козлова), М.: 1988, 200с.

Ա.Ն. ԱՌԱՔԵՆՅԱՆ, Վ.Հ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Հ.Ո. ԱՂԱՔԱՔՅԱՆ

### ՈՒՍԱՆՈՂՆԵՐԻ ՍԻՐՏ-ԱՆՈԹԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԳՈՐԾԱՌԱԿԱՆ ՎԻՃԱԿԸ ՀԱՄԱԿԱՐԳՉԻ ՎՐԱ ՏԵՍՈՂԱԿԱՆ-ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ԽՆԴՐԻ ԿԱՏԱՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

#### Ա մ փ ո փ ո ս մ

Ուսումնասիրված է համակարգչի վրա կատարվող տեսողական-տարածական բովանդակություն ունեցող աշխատանքի ազդեցությունը սիրտ-անոթային համակարգի գործառական վիճակի վրա: Փորձարկվողները բաժանված են 3 խմբերի՝ ըստ տրված ծանրաբեռնվածության նկատմամբ օրգանիզմի ռեակցիայի: Պարզվել է, որ տվյալ աշխատանքի կատարումը կարող է ստրեստգեն ազդեցություն ունենալ մարդկանց որոշակի կատեգորիայի վրա (II խումբ), այն դեպքում, երբ մարդկանց մյուս կատեգորիայի վրա (I և III խմբեր) տվյալ աշխատանքը հուզային լարվածություն չի առաջացնում:

УДК 631.95:632.95:633.16

С.С. ЗАМИНЯН, Р.Э. АВАЛЯН

## ИНДУКЦИЯ МОРФОЗОВ ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ КУКУРУЗЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МУТАГЕНОВ

Изучено действие индуцирующих веществ на генеративные органы кукурузы. Показано появление трех типов структурных отклонений.

Проблема возникновения морфозов (морфологических изменений под действием повреждающих факторов) представляет большой интерес для генетических исследований. Хотя в большинстве случаев эти морфологические изменения не наследуются в поколениях, само их появление у данного организма не может быть объяснено ничем иным, как изменением в структуре генетического аппарата данного органа или ткани или же изменением в активности этого аппарата за счет соматических мутаций [1].

Изучение морфозов весьма актуально, поскольку их появление у некоторых видов рассматривается как реверсии к предковым формам [2].

Целью настоящей работы явилось изучение влияния некоторых химических мутагенов (этиленimina и зеленого прочного) на возникновение морфозов генеративных органов кукурузы.

**Материал и методы.** Эксперименты проводили в полевых и лабораторных условиях. В качестве материала использовали сорт кукурузы ВІР-44. Сухие семена (влажность около 15%) обрабатывали водными растворами этиленimina (рН 6,0) и зеленого прочного (рН 6,0) в течение 24 часов при температуре 20°С, после чего семена тщательно отмывали от мутагенов и высевали в почву.

Контрольные семена замачивали в воде и затем высевали в почву. Статистическая обработка полученных результатов проводилась по общепринятой методике [3].

**Результаты и обсуждение.** После посева семян кукурузы, обработанных этиленимином и зеленым прочным, было получено первое семенное поколение. При анализе материала были обнаружены три главных типа морфозов генеративных органов: 1) метелки, в которых развились отдельные зерна, способные к прорастанию и дальнейшему развитию в проросток, 2) початки, на которых, наряду с нормально развивавшимися зернами, имелись морфологически нормальные метелки, 3) морфозы типа фасцированного початка.

Следует подчеркнуть, что мутагены применялись в таких концентрациях, при которых сохранялась высокая, близкая к контрольной, выживаемость обработанных семян и тем не менее отмечалось их заметное мутагенное действие. Повышение концентрации этиленimina с 0,02% до 0,05% привело к возрастанию суммарной частоты морфозов генеративных органов (см. табл.). В то же время переход к более высоким концентрациям зеленого прочного сначала привел к возрастанию частоты

появления морфозов, а затем - к концентрациям, давшим значительный летальный эффект (почти половина обработанных семян не дала зрелых растений), частота морфозов заметно упала.

Появление женских генеративных органов в мужском соцветии или наоборот представляет интерес для понимания механизмов, регулирующих закладку того или иного органа. Наши опыты, показавшие такую возможность, свидетельствуют о том, что генетическая информация, определяющая тот или иной тип развития, несомненно, не теряется у тех клеток, которые дают начало тому или иному генеративному органу, а лишь активируется или репрессируется в нужном направлении. Воздействие мутагеном на клетки генеративных органов не может, конечно, вести к тому, чтобы передать в эти клетки генные задатки другого пола. Скорее всего, мутаген приводит к дерепрессии генов, определяющих развитие генеративного органа другого пола, в результате чего и возникают химерные початки или метелки.

*Частота возникновения морфозов в генеративных органах кукурузы под воздействием мутагенов*

Характер обработки	Число растений	Число растений, выживших после обработки	Процент выживаемости	Количество растений с морфозами			Частота морфозов в процентах		
				метелки в початке	зерно в метелке	фасцированный початок	метелки в початке	зерно в метелке	фасцированный початок
контроль	200	168	84	0	0	0	0	0	0
этиленимин*									
0,02%	150	129	86	4	0	8	3,1	0	6,2
0,05%	150	127	85	7	0	10	3,1	0	7,9
зеленый прочный**									
0,001%	120	102	85	0	0	4	0	0	3,9
0,01%	120	101	84	0	2	8	0	2,0	7,9
1%	120	70	58	0	0	1	0	0	0,8

\*P<0,01, \*\*P<0,05.

Другая альтернатива - индукция рекомбинационно-подобного процесса, в ходе которого гены, кодирующие развитие противоположного генеративного органа, переносились бы в клетки ("транспозировались") и обуславливали развитие гермафродитных органов, не может быть отвергнута априорно, но представляется нам маловероятной.

*Катедра генетики и цитологии, проблемная лаборатория цитогенетики*

*Поступило 19.02.1997*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Williams W. Genetical Principles and Plant Breeding. - Black-well Scientific Publications. Oxford, 1964.
2. Тумаян М.Г. Новое звено в эволюции кукурузы. - Докл. АН АрмССР, 1947, т.VI, №2.
3. Рокятский П.Ф. Биологическая статистика. Минск, 1973.

ԵԳԻՊՏԱՑՈՐԵՆԻ ԳԵՆԵՐԱՏԻՎ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ՄՈՐՖՈԶՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՈՒՄԸ  
ՄՈՒՏԱԳԵՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրված է ինդուկցող նյութերի ազդեցությունը եգիպտացորենի գեներատիվ օրգանների վրա:

Ցույց է տրված երեք կառուցվածքային շեղումների առաջացումը վերոհիշյալ նյութերի ազդեցության տակ:

УДК 595.7+591.9

А.С. АМБАРЦУМЯН

## СПИСОК ПЧЕЛИНЫХ (HYMENOPTERA; MEGACHILIDAE, ANTHOPHORIDAE, APIDAE) НЕКОТОРЫХ ОБЛАСТЕЙ АРМЕНИИ

Приводится список видов пчелиных (Hymenoptera; Megachilidae, Anthophoridae, Apidae) из Арагацотнской, Араратской, Армавирской, Гехаркунийской, Ереванской, Котайкской и Вайоцзорской областей Армении. Отмечены 195 видов, из них 59 - новые для Армении, а 31 - для Закавказья.

Фауна пчелиных (Apoidea) Армении изучена еще крайне недостаточно. Можно упомянуть лишь немногие работы [1-3], где частично рассмотрена фауна нашей республики. В связи с этим в течение 1994-1996 годов нами исследована фауна некоторых областей Армении.

Предлагаемая работа - первое сообщение по пчелиным из Арагацотнской, Араратской, Армавирской, Гехаркунийской, Ереванской, Котайкской и Вайоцзорской областей Армении. Приводимый список включает 195 видов, принадлежащих к 3 семействам и 42 родам.

Виды новые для Армении отмечены \*, новые для Закавказья - \*\*.

### Семейство Megachilidae

*Lithurgus cornutum* F., *L. fuscipenne* Lep., \*\**Chalicodoma Desertorum* Mor., \*\**Ch. lefeburei* Lep., *Ch. parietinum nestoreum* Brulle, \*\**Ch. ponticum* Alf., *Ch. pirenaicum* Lep., *Chalicodoma* sp., \*\**Coelioxys haemorrhoea* Först., \**C. mandibularis* Nyl., *C. rufescens* Lep., \**Megachile albisecta caucasica* Lep., *M. apicalis* Spin., *M. argentata* F., *M. centuncularis* L., *M. circumcincta* Kby., \*\**M. deceptor* Per., \**M. Lagopoda* L., *M. maritima* Kby., *M. nigriventris* Schenk., *M. octosignata* Nyl., \*\**M. pilidens* Alf., \**M. rotundata* F., *M. Sausurei* Rad., *M. versicolor* Smith, *Megachile* sp. 1, *Megachile* sp. 2, \*\**Chelostoma distinctum* Stöck., *Ch. foveolatum* Mor., \**Ch. grande* Nyl., *Ch. maxillosum* L., *Ch. proximum* Schlett., *Heriadaes truncorum* L., *Hoplitis adunca* Pz., *H. bidentata* Mor., \**H. leucomelaena* Kby., *H. tridendata* Duf. et Per., *Anthocopa andrenoides* Spin., \*\**Osmia aterrima* Mor., *O. atrocoerulea* Schilling, *O. aurulenta* Pz., *O. bicolor* Schrk., *O. cerinthides* Mor., *O. coerulescens* L., \*\**O. confusa* Mor., *O. emarginata* Lep., \*\**O. inermis* Zett., \**O. leaiana* Kby., *O. macroglossa* Gerst., *O. rufa* L., *O. rufohirta* Latr., *Osmia* sp. 1, *Osmia* sp. 2, *Anthidium cingulatum* Latr., *A. diadema* Latr., *A. florentinum* F., *A. manicatum* L., *A. nigricolle* Mor., *Anthidiellum strigatum* Latr., *Trachusa byssina* Pz., \**Stelidomorpha nasuta* Latr., \*\**Stelis franconia* Blüthgen, \**Icteranthis laterale* Latr., \**Archianthis pubescens* Mor., \*\**Dioxoides tridentatus* Nyl.

### Семейство Anthophoridae

\*\**Epeoloides coecutiens* F., *Clisodon furcatus* Pz., *Amegilla albigena* Lep., \**A. garula* Rossi, \*\**A. magnilabris* Fedt., \*\**A. ochroleuca* Per., *A. quadrifasciata* Vill., *A. salviae* Mor., *A. velocissima* Fedt., *Anthophora acervorum* L., *A. aestivalis* Pz., *A. articilla* Ev., *A. cinerea* Friese, *A. crinipes* Smith., *A. erschowi* Fedt., \*\**A. fulvitaris* Brulle, *A. parietina* F., *A. pedata* Ev., *A. radoszkowskii* Fedt., *A. robusta* Klug., \*\**A. senilis* Ev., *A. tersa* Erich., *Anthophora* sp. 1, *Anthophora* sp. 2, *Paramegilla gracilipes* Mor., *P. podagra* Lep.,

\**Heliophila bimaculata albifrons* Ev., *Hapropoda balossogloi* Rad., *H. tarsata* Spin., *H. zonatula* Smith, *Eucera nigrifacies* Lep., *E. cinerea* Lep., \*\**E. curvitaris* Mocs., *E. interrupta* Ber., *E. longicornis* L., *E. nigrilabris* Lep., *E. nitidiventris* Mocs., \**E. pollinosa* Smith, *E. tuberculata* F., \*\**E. vittulata* Nosk., *E. asiatica* Alf., \*\**E. spectabilitis* Mocs., *E. excisa* Mocs., *E. clypeata* Erich., *Eucera* sp., \**Tetralonia actuangula* Mor., *T. armeniaca* Mor., \*\**T. dentata* Klug., *T. dufourii* Per., *T. graja* Ev., *T. hungarica* Friese, \*\**T. lyncea* Mocs., \**T. macroglossa* Ill., \**T. pollinosa* Lep., \**T. radosskovskii* Mor., *T. ruficornis* F., \**T. salicaria* Lep., \**T. velutina* Mor., \**Melecta armata* Pz., *M. luctuosa* Scop., *Eupavlovskia funeraria* Smith, \*\**Paracrocisa glasunovi* Mor., *Thyreus ramosus* Lep., \**T. scutellaris* F., *T. truncatus* Per., \*\**Nomada argentata* H.-Sch., \*\**N. goodeniana* Kby., *N. gribodoi* Schmied., \**N. lineola* Pz., *Nomada* sp. 1, *Nomada* sp. 2, \**Epeolus tarsalis* Mor., \*\**Ammobates oraniensis* melectoides Smith, \**Pasites maculatus* Jurine, *Biastes brevicornis* Pz., *Ammobatoides abdominalis* Ev., *Ceratina acuta* Friese, \**C. callosa* F., \**C. chalcites* Latr., \**C. cyanea* Kby., \*\**C. nigroaenae* Gerst., \*\**C. nigrolabiata* Friese, *Xylocopa iris* Christ, *X. valga* Gerst., *X. violacea* L., \**Proxylocopa rufa* Friese.

### Семейство Apidae

*Bombus alpinus* Mor., *B. alboluteus* Pall., *B. albopauperatus* Skor., *B. armeniacus* Rad., \*\**B. mesomeles* Gerst., *B. oreas* Skor., *B. pratorum* L., *B. lucorum* L., *B. terrestris* L., *B. handlirschianus* Vogt., *B. niveatus* Kriechb., *B. soroensis* F., *B. vorticosus* Gerst., *B. apollineus* Skor., *B. brodmannicus* Vogt., *B. haematurus* Kriechb., *B. jonelus* Kby., *B. argillaceus* Scop., *B. hortorum* L., *B. portschinskii* Rad., *B. alagesianus* Skor., *B. cazurroi* Vogt., *B. eriophorus* Klug., *B. incertus* Mor., *B. laesus* Mor., *B. eversmanniellus* Skor., *B. agrorum* F., *B. daghestanicus* Rad., *B. georgicus* Vogt., *B. mlokosievitzii* Rad., *B. muscorum* F., *B. simulatilis* Rad., *B. tristis insipideus* Rad., *B. velox* Skor., *B. zonatus* Smith., *B. fragrans* Pall., *B. melanurus* Lep., *B. subterraneus* L., *Psithyrus rupestris* F., *P. campestris* Pz., *P. maxillosus* Klug., *P. silvestris* Lep., *P. quadricolor* Lep., *Apis mellifera* L.

Кафедра зоологии

Поступило 7.03.1997

### ЛИТЕРАТУРА

1. Morawitz F.F. Die Bienen Daghestans. Horae Soc. Ent. Ross., 1873, v. 10, p. 129.
2. Morawitz F.F. Zur Bienenfauna der Kaukasusländer. Horae Soc. Ent. Ross., 1876, v. 12, p. 3.
3. Morawitz F.F. Nachtrag zur Bienenfauna Kaukasiens, Horae Soc. Ent. Ross., 1878, v. 14, p. 1.
4. Осычнюк А.З., Пявфилов Д.Б., Пономарева А.А. Надсемейство Пчелиные - Apoidea. - В кн: Определитель насекомых евр. ч. СССР, 1978, т. 3, ч. 1, с. 279.
5. Попов В.В., Никольская М.Н. Перепончатокрылые Кавказа. - Животный мир СССР, 1958, т. 5, с. 318.
6. Радде Г.И. Коллекции Кавказского Музея. Зоология, 1899, т. 1, с. 444.
7. Схиртладзе И.А. Пчелиные Закавказья, 1981, 147с.
8. Схиртладзе И.А. Определитель пчел (Hymenoptera, Apidae) Кавказского перешейка, 1988, 31с.

### ԱՍ. ՀԱՄԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

### ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՄԱՐԶԵՐԻ ՄԵՂՈՒՆԵՐԻ (HYMENOPTERA; MEGACHILIDAE, ANTHROPHORIDAE, APIDAE) ՅՈՒՅԱԿ

### Ա մ փ ո փ ո մ

Ներկայացվում է Արագածոտնի, Արարատի, Արմավիրի, Գեղարքունիի, Երևանի, Կոտայքի, Տավուշի և Վայոց ձորի մարզերի մեղուների տեսակների ցուցակը: Նշված են 195 տեսակներ, որոնցից 59-ը նոր են Հայաստանի համար, իսկ 31-ը Անդրկովկասի համար:

Վ.ԱՐԻՄԻՐ ՎԼԱԴԻՄԻՐԻ ՊԱՊՈՅԱՆ  
(Ծննդյան 60-ամյակի առթիվ)



Լրացավ ԵՊՀ-ի ֆիզիկայի ֆակուլտետի տեսական ֆիզիկայի ամբիոնի պրոֆեսոր, ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր Վ.Վ. Պապոյանի ծննդյան 60 և գիտամանկավարժական գործունեության 35-ամյակը:

Վ.Վ. Պապոյանը ծնվել է 1937թ. հոկտեմբերի 17-ին Թիֆլիսում: Միջնակարգ կրթությունը ստացել է Երևանի Չերժինսկու անվան դպրոցում, որն ավարտել է ոսկե մեդալով 1955թ.: 1960թ. ավարտել է ԵՊՀ-ի ֆիզիկայի ֆակուլտետը և նույն թվականին ընդունվել է Հայաստանի ԳԱ ֆիզիկա-տեխնիկական լաբորատորիա աշխատանքի: 1961-1963թթ. սովորել է ասպիրանտուրայում, միաժամանակ դասավանդելով ֆիզիկայի ֆակուլտետում, իսկ 1964-ից աշխատում է տեսական ֆիզիկայի ամբիոնում՝ սկզբում որպես ասիստենտ, ապա դոցենտ, իսկ

այժմ պրոֆեսոր: Նրա ամբողջ գործունեությունը նվիրված է ձգողականության տեսության ուսումնասիրությանը:

Վ. Պապոյանը աշխատում է ակադեմիկոս Գ. Սահակյանի կողմից ղեկավարվող խմբում, որը 1967թ. սկսած ուսումնասիրում էր պտտվող աստղերի հավասարակշռության և կայունության հարցերը: Այդ աշխատանքների հիման վրա աշխարհում առաջին անգամ ստացվել էին իներցիայի մոմենտների արժեքները տարբեր հավասարակշիռ աստղային մոդելների համար: Այդ հետազոտությունները թույլ տվեցին հաշվելու գերխիտ պտտվող աստղային մոդելների մակրոսկոպիկ պարամետրերը պոլիսարների հայտնագործման նախօրյակին (1968թ.): Շուտով պարզվեց, որ պոլիսարները փաստորեն նույնացվում են պտտվող բարիոնային աստղերին: Այդ աշխատանքների համար Վ.Վ. Պապոյանին, Դ.Մ. Սեդրակյանին և Է.Վ. Չուբարյանին շնորհվեց Հայաստանի կոմերիտմիության դափնեկրի պատվավոր կոչումը, իսկ 1969թ. նա պաշտպանեց թեկնածուական ատենախոսությունը: Հետագայում այդ ուղղությամբ աշխատանքները շարունակվեցին, զարգացվեց աստղային մոդելների կայունությունը ուսումնասիրելու մեթոդը և կատարվեցին համապատասխան թվային հաշիվներ:

Վ. Պապոյանի մանկավարժական գործունեությունը սկսվել է 1961թ.: Տարիներ շարունակ նա դասավանդում է «Դասական մեխանիկա», «Էլեկտրադինամիկա», «Հոմ միջավայրի ֆիզիկա», «Վեկտորական և տենզորական անալիզ», «Մոլիտոնների մեթոդը գրավիտացիայում» ընդհանուր և հատուկ դասընթացները: Վերջին տարիներին նա հիմնականում աշխատում է հատուկ խմբերի հետ և սիրված ու հարգված դասախոս է: Պապոյանի ակտիվ և մարդամոտ բնավորությունը ժամանակին արտահայտվեց նաև նրա հասարակական գործունեության մեջ:



Ութսունական թվականներին սկսվեց Պապոյանի գիտական կենսագրության երկրորդ փուլը: Եռանդուն ուսումնասիրությունները ձգողականության տենզոսկալյար տեսության շրջանակներում հանգեցրին հետաքրքիր արդյունքների, և 1990թ. նա պաշտպանեց դոկտորական ատենախոսությունը: Նույն թվականներին հաստատվեցին կապեր Դուբնայի Միջուկային հետազոտությունների միացյալ ինստիտուտի տեսական ֆիզիկայի լաբորատորիայի հետ: Ուստի վերջին տարիներին Պապոյանը տարվա որոշակի մասը աշխատում է այնտեղ, իսկ 1993թ-ից ՄՀՄԻ-ի գիտական խորհրդի անդամ է: Եթե դոկտորական ատենախոսության խնդիրները կապված սկալյար դաշտի առկայության հետ հիմնականում ներկայացնում էին ակադեմիական հետաքրքրություն, ապա ներկա աշխատանքներում, որոնք մասամբ կատարվում են Դուբնայում, ցույց է տրվում սկալյար դաշտի կարևոր դերը կոսմոլոգիայի խնդիրներում, մասնավորապես, կապված վաղ Տիեզերքի զարգացման հետ: Վերջին հինգ տարիներին գիտնականը տպագրել է 32 աշխատանք, որոնցից մի քանիսը արտասահմանյան ամսագրերում: Այդ աշխատանքների համար ԱՄՆ-ի կենսագրական ինստիտուտը Վ.Վ. Պապոյանին շնորհեց «1997 տարվա մարդ» կոչումը:

Վ. Պապոյանը բազմիցս հանդես է եկել ձգողականության և ռելյատիվիստական աստղաֆիզիկայի հարցերին նվիրված համամիութենական և միջազգային կոնֆերանսներում: 1974թ-ին նա ստաժավորվել է Բոլոնիայի համալսարանում (Իտալիա), 1983թ. աշխատել է Տեխասի համալսարանում (ԱՄՆ): Կարճատև գործուղումները Գերմանիա և Լեհաստան նույնպես եղել են բեղմնավոր:

Վ. Պապոյանը հեղինակ է 100-ից ավելի գիտական աշխատանքների: Նա Երևանի համալսարանի տեսական ֆիզիկայի ամբիոնին կից դոկտորական ատենախոսությունների պաշտպանության մասնագիտական խորհրդի անդամ է, ինչպես նաև ԵՊՀ-ի ֆիզիկայի ֆակուլտետի գիտական խորհրդի անդամ:

Ամբիոնի աշխատակիցների և բազմաթիվ գործընկերների անունից շնորհավորում ենք Վ.Վ. Պապոյանի ծննդյան 60-ամյակը և ցանկանում նրան քաջառողջություն, ստեղծագործական անսպառ եռանդ:

Է.ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, տեսական ֆիզիկայի ամբիոնի վարիչ,  
Ռ. ԱՎԱԳՅԱՆ, տեսական ֆիզիկայի ամբիոնի պրոֆեսոր,  
Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, տեսական ֆիզիկայի ամբիոնի դոցենտ

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

С.М. Нариманян - О единственности гармонических функций для случайных блужданий на счетных группах .....	3
М.Л. Агаломян - $\Phi$ собственных значения и собственных функциях одного дифференциального оператора .....	8

## МЕХАНИКА

С.Г. Шагниян, С.Р. Амбарцумян - Об устойчивости по действующей силе в критическом случае .....	15
В.Р. Барсегян, В.В. Айрапетян - К задаче наблюдения управляемых колебательных движений мембраны .....	21

## ХИМИЯ

М.Л. Ерицяц, Х.Г. Гюлумян, К.М. Ерицяц, С.И. Оганесян, С.К. Григорян - Исследование полимеризации акриламидного комплекса кобальта в массе .....	27
Ж.М. Арстамян - Экстракционно-фотометрическое определение хрома триметилтионином в промстоках, почвах и растениях .....	32
Г.Г. Дарбинян, Г.Н. Шапошникова, А.Г. Хачатрян - Основные органические красители как амперометрические реагенты. XIII. Амперометрическое определение палладия толундиновым голубым с одним и двумя поляризованными электродами .....	36
Л.В. Адамян, З.Г. Каров, Ф.Г. Паян - Система $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$ при $35^\circ C$ .....	40

## БИОЛОГИЯ

М.А. Давтян, Дж.А. Варданян - Содержание свободных аминокислот в проростках и семядолях при прорастании семян гороха .....	47
М.Л. Геворкян, М.А. Давтян - Влияние двухвалентных катионов на активность аргиназы печени крупного рогатого скота .....	51
В.С.Погосян, Э.А. Агаджанян, Р.М. Арутюнян, В.А. Шевченко - Изменчивость семян в природных популяциях <i>Plantago</i> , подвергающихся хроническому облучению. Сообщение 2. Анализ частоты хромосомных нарушений в первый и третий годы после аварии на Чернобыльской АЭС .....	55
С.Г. Нанагюлян, М.Г. Таслахчян, Р.К. Торосян - Новые сведения о копротрофных грибах Армении .....	59
С.М. Бадаляц, Н.Г. Гарибян - Материалы к изучению флоры ядовитых макромицетов Армении .....	63

## ГЕОЛОГИЯ

Г.П.Симонян - Краткий обзор существующих карт сейсмического районирования территории Республики Армения .....	67
---	----

## ГЕОГРАФИЯ

А.В. Хоецян, К.Ю. Акопян - Фито-экологические особенности аридных ландшафтов (на примере полупустынного пояса Араратской межгорной котловины) .....	74
А.Р. Авакян - Проблемы комплексного использования богатств недр .....	79

## СООБЩЕНИЯ

В.Р. Барсегян, А.Г. Сардарян - Оптимальное управление трехзвенного электромеханического манипулятора при фиксированных промежуточных фазовых состояниях .....	83
А.Н. Аракелян, В.Г. Григорян, А.Р. Агабабян - Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы студентов при выполнении зрительно-пространственной задачи на компьютере .....	86
С.С. Заминян, Р.Э. Авалян - Индукция морфозов генеративных органов кукурузы под воздействием мутагенов .....	89
А.С. Амбарцумян - Список пчелиных (Hymenoptera; Megachilidae, Anthrophoridae, Apidae) некоторых областей Армении .....	92
Владимир Владимирович Папоян - (к 60-летию со дня рождения) .....	94

# CONTENTS

## MATHEMATICS

S.M. Narimanian - On uniqueness of harmonic functions for random walks on the countable groups .....	3
M.L. Aghalovian - On own values and own functions of one differential operator .....	8

## MECHANICS

S.C. Shahinyan, S.R. Hambardzumyan - On the stability for acting forces in the critical case .....	15
V.R. Barseghyan, V.V. Hayrapetyan - On the observation problem of controlled vibrations of membrane .....	21

## CHEMISTRY

M.L. Eritsian, Kh. G. Gulumian, K.M. Eritsian, S. J. Hovhanesian, S. K. Grigorian - Study of the acrylamide - Co(II) complex polymerization in bulk .....	27
Zh. M. Arstamian - Extraction - photometric determination of chromium by trimethylthionine in waste waters, soil and plants .....	32
H.H. Darbinian, G.N. Shaposhnikova, A.G. Khachatryan - Basic organic dyes as amperometric reagents. XIII. Amperometric determination of palladium (II) by toluidine blue using one and two polarized electrodes .....	36
L.V. Adamian, Z.G. Karov, Ph.G. Payan - $Na_2MoO_4 - Na_2CO_3 - H_2O$ system at 35°C.....	40

## BIOLOGY

M.A. Davtian, J.A. Vardanian - Free amino acids content in shoots and cotyledons of pea seeds during germination .....	47
M.L. Guevorkian, M.A. Davtian - The influence of bivalent cations on the activity of cattle liver arginase .....	51
V.S. Poghosian, E.A. Aghadjanian, R.M. Arutyunian, V.A. Shevchenko - Mutability of seeds in the chronically irradiated natural populations of <i>Plantago</i> . Communication II: Analysis of frequency of chromosomal aberrations in the first and third years after Chernobyl accident .....	55
S.G. Nanagulian, M.G. Taslakhchian, R.K. Torossian - New informations koprothrof fungies of Armenia .....	59
S.M. Badalian, N.G. Garibian - Materials to study poisonous macromycetes of Armenia .....	63

## GEOLOGY

G.P. Simonian - A short review on the existent seismic zoning map of the territory of the Republic of Armenia .....	67
---	----

## GEOGRAPHY

A.V. Khoetsian, Ch. Yu. Hakopian - Phyto-ecological peculiarities of arid landscapes (on the pattern of semidesert belt of Ararat intermountane basin).....	74
A.R. Avakian - Problem of all-embracing use of depths richness .....	79

## COMMUNICATIONS

<b>V.R. Barseghyan, A.G. Sardaryan</b> - Optimal control of three linked electro-magnetic manipulator under fixed intermediated phase states .....	83
<b>A.N. Arakelian, V.G. Grigorian, A.R. Aghababian</b> - Functional state of cardio-vascular system of students during carrying out of visual-spatial task on display .....	86
<b>S.S. Zaminian, R.E. Avallian</b> - Induction of morphoses of generative organs of zea mays under the action of mutagens.....	89
<b>A.S. Hambartsumyan</b> - List of bees (Hymenoptera: Megachilidae, Anthrophoridae, Apidae) of some areals of Armenia .....	92
<b>Vladimir Papoyan</b> (to the 60 <sup>th</sup> birthday anniversary) .....	94

## ՄԱՆՈՆՆԵՐ ԼԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

1. «Գիտական տեղեկագիր» ամսագրում հրատարակվում են Երևանի պետական համալսարանում կատարված օրիգինալ հոդվածներ, հաղորդումներ ու նամակներ 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: Մ/ԼԻ-ից (վերևի ձախ անկյունում), հեղինակի անվանատետերից ու ազգանունից և հոդվածի վերնագրից հետո բերվում է կարճ անոտագիա: Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, հաղորդմանը՝ 4, նամակինը՝ 2:

4. Հոդվածի հետ առանձին էջով ներկայացվում է հեղինակի ազգանունը, հոդվածի վերնագիրը և ամփոփումը: Անգլերեն լեզվով, արձանագրությամբ քաղվածքը այն ամբիոնից, որտեղ կատարվել է քննարկվել է աշխատանքը, և համընթացողովի ակտը:

5. Թույլատրվում է 5-ից՝ աչ ավելի նկար երկու օրինակից (նստակ լուսանկար կամ գծագրեր՝ արված սև տուշով առանձին սպիտակ թղթի վրա): Յուրաքանչյուր նկարի հակառակ կողմի վրա գրվում է կարգային համարը, հոդվածի վերնագիրը և հեղինակների ազգանունները: Տեքստի լուսանկարներում նշվում են նկարների և աղյուսակների տեղերը: Նկարների քաջատրությունները անհրաժեշտ է ներկայացնել առանձին էջի վրա ըստ հերթականության:

6. Միևնույն ճյուղը աղյուսակի և նկարի ձևով ներկայացնել չի թույլատրվում:

7. Բանաձևերը գրվում են պարզ և ազատ սև տուշով կամ թանաքով: Անհրաժեշտ է մտախոտով նշել իրար նմանվող մեծատառերը և փոքրատառերը ( $S$ ,  $\bar{s}$ ,  $V$ ,  $\bar{v}$ ) ինդեքսները և ցուցիչները ( $A^2$ ,  $B^2$ ): Կարմիր մատիտով ընդգծել հունական տառերը:

8. Բերվող գրականության մասին հոդվածում նշվում է միայն կարգային համարը քառանկուսի փակագծերում ( $[1]$ ,  $[2-5]$ ) ըստ հանդիպման հերթականության: Հոդվածի վերջում նույն հաջորդականությամբ բերվում է գրականության ցուցակը. կարգային համարը, հեղինակների ազգանուններն ու անվանատետերը, գրքի կամ հոդվածի վերնագիրը: Պարբերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրճատ անվանումը առանց չափերտների, թվականը, հատորի ու թողարկման համարները, հերթական համարը և էջը: Գրքերի դեպքում՝ հրատարակման վայրը, հրատարակչությունը, թվականը և էջը: Չհրատարակված աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիսերտացիայից) գրականության մեջ նշել չի թույլատրվում: Այլուստահմանյան գրականությունը տեքստում նշվում է հոդվածի լեզվով, իսկ գրականության մեջ՝ օրիգինալով (մեքենագրված կամ գրված սև թանաքով պարզ և ազատ):

9. Հոդվածի տեքստի վերջում ձախ կողմում նշվում է այն ամբիոնը կամ լաբորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:

10. Հոդվածը ստորագրվում է բոլոր հեղինակների կողմից:

11. Խմբագրությունը հեղինակին սուսիս է առաջին սրբագրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են միայն տպագրության մասերը: