

Զ Ե Կ ՈՒ Յ Ց Ն Ե Ր  
Д О К Л А Д Ы

LXXIX, № 5

1984

## Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ա. ԱՐՁՈՒՄԱՆՅԱՆ, տեխն. գիտ. թեկնածու (պատ. բարձրագույն), է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Թ. ԲԱՐԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Հ. ԳԱՐՐԻՆԻՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ, Վ. Մ. ԹԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղակալ), Վ. Գ. ՄԵԻՔԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ, Գ. Ս. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ծ. Մ. ՍԱՊՈՆԺՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻԿԱՅԵԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Վ. Բ. ՖԱՆԱՐՁՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս:

## Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Г. А. АРЗУМАНЯН, канд. техн. наук (отв. секретарь), Э. Г. АФРИКЯН, академик АН АрмССР, А. Т. БАБАЯН, академик АН АрмССР, А. А. ГАБРИЕЛЯН, академик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, академик АН АрмССР (зам. отв. редактора), В. Г. МХИТАРЯН, чл.-корр. АН АрмССР, Г. С. СААКЯН, академик АН АрмССР, О. М. САПОНДЖЯН, чл.-корр. АН АрмССР, А. А. ТАЛАЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР, В. М. ТАРАЯН, чл.-корр. АН АрмССР, М. Л. ТЕР-МИКАЕЛЯН, академик АН АрмССР, В. В. ФАНАРДЖЯН, академик АН АрмССР.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

62

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Հ. Հ. Սենիկյան—Հագեցված բորդիզմի մի ընդհանրացման մասին . . . . .	195
Յու. Մ. Աբլինսկի, է. Ի. Ֆեկանովսկի—Դրական էրմիտյան օպերատորների սեկտորիալ լայնացումների և նրանց ռեզոլվենտների մասին . . . . .	199

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ա. Կ. Մազմանյան—Գրունտի շերտի մեջ ընկղմված կառույցի հաշվարկը սեյսմիկ ուժերի տակ՝ հաշվի առնելով գրունտի սահմանային լարվածային վիճակը . . . . .	204
---	-----

ՖԻԶԻԿԱ

Գ. Յու. Կոյուչկով—Քստաֆոսոն ցրումը ստացիոնար ռեժիմում . . . . .	209
Վ. Յու. Կոզլովա, Ի. Կ. Հովսեփյան—Լիթիումի նիոբատի իսոնորդային բյուրեղում հոլոգրամների գրանցման հետազոտում՝ 325 նմ էրկարուիլյան ալիքով . . . . .	214

ԱՍՏՂԱՖԻԶԻԿԱ

Ս. Գ. Իսկուրյան—Տե գալակտիկաների կոյրիզների շափերը . . . . .	218
--	-----

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ք. Վ. Ղազարյան, Ա. Ս. Տիրայան—Նատրիումական պոմպի ազդեցությունը միզածորանների պեյսմեկերային հասվածի բիոէլեկտրական ակտիվության վրա . . . . .	223
Կ. Ն. Կրիգոբյան, Ա. Մ. Ստոյբերգ—Առնետների շարժողական վարքի զարգացման անհատական փոփոխականությունը արաց դաշտում . . . . .	227
Թվանդակություն LXXIX հատորի . . . . .	232

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

	Стр.
<i>А. А. Огникян</i> —Об одном обобщении оснащенного бордизма . . . . .	195
<i>Ю. М. Арлинский, Э. Р. Цекановский</i> —О секториальных расширениях положительных эрмитовых операторов и их резольвентах . . . . .	199

### СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

<i>А. Г. Мазманян</i> —Расчет сооружения, заглубленного в слой грунта, на сейсмическое воздействие с учетом развития областей предельного напряженного состояния . . . . .	204
--	-----

### ФИЗИКА

<i>Г. Ю. Крючков</i> —Четырехфотонное рассеяние в стационарном режиме . . . . .	209
<i>В. Ю. Козлова, Р. К. Овсепян</i> —Исследование записи голограмм в примесных кристаллах ниобата лития на длине волны 325 нм . . . . .	214

### АСТРОФИЗИКА

<i>С. Г. Искударян</i> —О размерах центральных сгущений Sc галактик . . . . .	218
---	-----

### ФИЗИОЛОГИЯ

<i>К. В. Казарян, А. С. Тираян</i> —О влиянии натриевого насоса на электрическую активность пейсмекеровой зоны мочеточника . . . . .	223
<i>Г. Е. Григорян, А. М. Стольберг</i> —Индивидуальные вариации в развитии двигательной активности у крыс в «открытом поле» . . . . .	227
Содержание LXXIX тома . . . . .	235

## C O N T E N T S

## MATHEMATICS

- |   |     |
|---|-----|
|   | P.  |
| <i>H. H. Ohnikian</i> —On the generalisation of the bordisms of framed manifolds . . . . .  | 195 |
| <i>Yu. M. Arlinsky, E. R. Tsekanovsky</i> —On the sectorial extensions of positive Hermitian operators and their resolvents . . . . . | 199 |

## STRUCTURAL MECHANICS

- |  |     |
|--|-----|
| <i>A. G. Mazmanian</i> —Design of construction under seismic effect in the depth of soil, taking into consideration the development of areas of limited stress state . . . . . | 204 |
|--|-----|

## PHYSICS

- |  |     |
|--|-----|
| <i>G. Yu. Kryuchkov</i> —Four-photon dispersion in stationary condition . . . . .  | 209 |
| <i>V. Yu. Kozlova, R. K. Hovsepian</i> —Investigation of hologram recordings in doped lithium niobate crystals at 325 nm . . . . . | 214 |

## ASTROPHYSICS

- |   |     |
|---|-----|
| <i>S. G. Iskudarian</i> —The diameters of nuclei of Sc galaxies . . . . . | 218 |
|---|-----|

## PHYSIOLOGY

- |  |     |
|--|-----|
| <i>K. V. Kazarian, A. S. Tirayan</i> —The role of sodium pump on the electrical activity of the ureter pace-maker zone . . . . . | 223 |
| <i>G. E. Grigorian, A. M. Stolberg</i> —Individual variation in development of motor activity of rats in "open-field". . . . .   | 227 |
| Contents of LXXIX volume . . . . .   | 238 |

Техн. редактор АЗИЗБЕКЯН Л. А.

Сдано в набор 10.12.1984 г. Подписано к печати 23.01.1985 г. ВФ 06619.  
 Бумага № 1, 70×108<sup>1/16</sup>. Высокая печать. Печ. лист 3.0. Усл. печ. лист. 4.2.  
 Учет.-изд. л. 3.6. Тираж 415. Заказ № 980. Издат. 6257.  
 Адр. ред.: 375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24г, II эт., I к.

Издательство Академии наук Армянской ССР, 375019, Ереван,  
 пр. Маршала Баграмяна, 24-г.  
 Типография Издательства Академии наук АрмССР, 378310, г. Эчмиадзин.

УДК 515.164.248

МАТЕМАТИКА

А. А. Огникян

Об одном обобщении оснащенного бордизма

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александрияном 17/V 1984)

В работе обобщается понятие оснащенного бордизма <sup>(1)</sup> и приводится одно применение (теорема б).

1. *a*-оснащенные бордизмы. Пусть  $a = (a_1, a_2, \dots, a_k; l)$  символ Шуберта, т. е. последовательность целых чисел, удовлетворяющих условиям  $1 \leq a_1 < a_2 < \dots < a_k \leq k+l, l \geq 0$ . Если  $b = (b_1, b_2, \dots, b_k; l), c = (c_1, c_2, \dots, c_k; l)$ , то положим  $b > c$ , если существует  $t$ , что  $b_i \geq c_i$  при  $i \leq t$  и  $b_i > c_i$ . Пусть  $\xi = (tl\xi, P, X)$  *k*-мерное векторное расслоение с пространством расслоения  $tl\xi$ , базой *X* и проекцией *P*.

Будем говорить, что имеется *a*-оснащение  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{k+l})$  расслоения  $\xi$ , если имеется последовательность сечений  $v_1, v_2, \dots, v_{k+l}$  такая, что для любой точки  $x \in X$  можно найти символ  $c = c(x) = (c_1, c_2, \dots, c_k; l), c_i \leq a_i, i = 1, 2, \dots, k$  такой, что векторы  $v_{c_1}(x), v_{c_2}(x), \dots, v_{c_k}(x)$  линейно-независимы, и для любого символа  $b > c$  векторы  $v_{b_1}(x), v_{b_2}(x), \dots, v_{b_k}(x)$  линейно-зависимы.

Пусть  $(tl\xi, P, X; v)$  и  $(tl\xi', P', X; v')$  два *a*-оснащенные расслоения. Будем их считать изоморфными, если существует изоморфизм  $\varphi: (tl\xi, P, X) \rightarrow (tl\xi', P', X)$  векторных расслоений, так что  $\varphi(v_i) = v'_i, i = 1, 2, \dots, k+l$ . Если  $f: X \rightarrow Y$  непрерывное отображение, то расслоение  $f^*\xi$  снабжается индуцированным *a*-оснащением.

Символы  $G_{k,l}$  и  $\gamma^{k,l}$  будут обозначать соответственно многообразие Грассмана *k*-мерных подпространств в евклидовом пространстве  $R^{k+l}$  и его каноническое *k*-мерное векторное расслоение. Через  $S(a)$  обозначим многообразие Шуберта <sup>(2)</sup>, соответствующее символу *a*, через  $\gamma(a)$  — ограничение  $\gamma^{k,l}$  на  $S(a) \subseteq G_{k,l}$ . Через  $P_V$  обозначим ортогональное проектирование пространства  $R^{k+l}$  на подпространство *V*. В  $R^{k+l}$  зафиксируем некоторый базис  $e_1, e_2, \dots, e_{k+l}$  и определим сечения  $v_i$  расслоения  $\gamma(a)$  формулой

$$v_i(V) = P_V(e_i), \quad V \in S(a), \quad i = 1, 2, \dots, k+l.$$

Предложение 1.1. *Последовательность сечений  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{k+l})$  определяет *a*-оснащение расслоения  $\gamma(a)$ .*

Теорема 1. *Множество классов изоморфности всех *a*-оснащенных векторных расслоений над топологическим пространством *X* находится в взаимно-однозначном соответствии с множеством всех непрерывных отображений из *X* в  $S(a)$ .*

Счетным оснащением  $k$ -мерного расслоения  $\xi$  назовем счетную последовательность  $(v_1, v_2, \dots)$  сечений  $v_i$  такую, что для любой точки  $x \in X$  существует такой номер  $t = t(x)$ , что  $v_i(x) = 0$  при  $i > t$  и ранг системы  $v_1(x), v_2(x), \dots, v_t(x)$  равен  $k$ . Расслоение  $\xi$  вместе с некоторым его счетным оснащением называется счетно-оснащенным расслоением.

**Теорема 2.** Множество классов изоморфности всех счетно-оснащенных  $k$ -мерных векторных расслоений над  $X$  находится во взаимнооднозначном соответствии с множеством всех непрерывных отображений из  $X$  в  $G_{k, \infty}$ .

Понятия  $a$ -оснащенного подмногообразия и  $a$ -бордизма между такими подмногообразиями вводятся аналогично соответствующим классическим понятиям из (1). Обозначим через  $\Pi_n(a)$  множество классов  $a$ -бордантности всех  $n$ -мерных замкнутых гладко  $a$ -оснащенных гладких подмногообразий многообразия  $R^{n+k}$ . Стандартным образом (2,4) в  $\Pi_n(a)$  вводится аддитивная групповая структура, строится гомоморфизм

$$\tau(n; a) : \pi_{n+k}(T\gamma(a); \infty) \rightarrow \Pi_n(a).$$

**Теорема 3.** При  $n+k \geq 1$  гомоморфизм  $\tau(n; a)$  является изоморфизмом абелевых групп.

Символ Шуберта  $E(a) = (1, a_1+1, a_2+1, \dots, a_k+1; l)$  будем называть надстройкой над символом  $a$ .

Пусть  $\psi_{n+k} : R^{n+k} \rightarrow R^{n+k+1}$  линейное вложение, определяемое формулой  $\psi_{n+k}(e_i) = e_{i+1}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n+k$ . Если  $(M, v)$   $n$ -мерное  $a$ -оснащенное подмногообразие в  $R^{n+k}$  ( $v$  обозначает  $a$ -оснащение нормального расслоения), то определим  $E(a)$ -оснащение подмногообразия  $\psi_{n+k}(M)$  формулой

$$E(v) = (u, v_1, v_2, \dots, v_{n+k}), \quad u(x) = e_1, \quad x \in \psi_{n+k}(M).$$

Введем обозначение  $E(M, v) = (\psi_{n+k}(M), E(v))$ .

Будем называть  $(M, v)$  и  $(N, w)$  стабильно  $a$ -бордантными, если для некоторого  $m$  существуют такие  $E^m(a)$ -бордантные подмногообразия  $(M', v')$  и  $(N', w')$ , что  $(M', v') = E^i(M, v)$  и  $(N', w') = E^j(N, w)$  для некоторых  $i$  и  $j$ .

Отношение стабильной  $a$ -бордантности — отношение эквивалентности. Множество классов эквивалентности  $\Pi_n^s(a)$  снабжается структурой абелевой группы.

**Теорема 4.** Имеет место изоморфизм  $\Pi_n^s(a) \cong \pi_{n+k}^s(T\gamma(a))$ .

Если  $v_1, v_2, \dots, v_{k-r}$  линейно-независимые сечения  $k$ -мерного нормального расслоения  $v$  подмногообразия  $M$ , то будем говорить, что имеется оснащение коразмерности  $r$  подмногообразия  $M$ .

Рассмотрим символ  $a = a(r, k, l) = (1, 2, \dots, k-r, k-r+l+1, \dots, k+l; l)$ . Тогда  $a = E^{k-r}(a')$ , где  $a' = (l+1, l+2, \dots, l+r; l)$ , и  $\gamma(a) = \gamma^{r,l} \oplus \theta$ , где  $\theta$  тривиальное  $(k-r)$ -мерное расслоение. Так как  $S(a') = G_{r,l}$ , то  $S(a)$  гомеоморфно  $G_{r,l}$ . Поэтому  $T\gamma(a)$  гомеоморфно  $S^{k-r}(T\gamma^{r,l})$  и  $\Pi_n(a) \cong \pi_{n+k}(S^{k-r}(T\gamma^{r,l}); \infty)$ . Известно (2), что  $T\gamma(a)$   $(k-1)$ -связно. Если  $k > n+1$ , то  $\Pi_{n+k}(S^{k-r}(T\gamma^{r,l}); \infty) \cong \pi_{n+r}^s(T\gamma^{r,l})$ . При

$l=0$  имеем  $\Pi_n(a) \cong \pi_n^s(S^0)$ . Если  $l > 0$ , то переходя к пределу при  $l \rightarrow \infty$  и используя теорему 2, можно доказать утверждение.

**Теорема 5.** Элементы группы  $\pi_{n+r}^s(T\gamma^{l,*})$  могут быть представлены как классы бордизмов всех  $n$ -мерных замкнутых гладких подмногообразий с классом эквивалентности (по надстройке) гладких оснащений коразмерности  $r$  на нормальных расслоениях.

Можно несколько расширить запас подмногообразий с оснащением коразмерности  $r$ , рассматривая последовательности  $v = (v_1, v_2, \dots, v_{k-r})$  линейно-независимых гладких сечений  $v_i$  расслоения  $v \oplus \tau$  при условии, что линейное проектирование системы  $v$  на нормальное расслоение  $\nu$  данного подмногообразия вдоль касательного расслоения  $\tau$  происходит без вырождения.

2. Связь между группами бордизмов коразмерности 0 и 1. Пусть  $M$  замкнутое ориентируемое  $n$ -мерное гладкое подмногообразие в  $R^{n+k}$ ,  $\nu$ -оснащение коразмерности 1 нормального расслоения  $\nu$ . Тогда  $\nu = \theta \oplus \xi$ , где подрасслоение  $\theta$  натянуто на сечения  $v_1, v_2, \dots, v_{k-1}$ ,  $\xi$  — одномерное тривиальное ортогональное дополнение к  $\theta$ . Рассмотрим замкнутую  $\varepsilon$ -трубчатую окрестность  $\nu_\varepsilon$  подмногообразия  $M$  в  $R^{n+k}$ . Положим  $\theta_\varepsilon = \nu_\varepsilon \cap t l \theta$ ,  $\xi_\varepsilon = \nu_\varepsilon \cap t l \xi$ . При  $\varepsilon$ , достаточно малом,  $\nu_\varepsilon, \theta_\varepsilon, \xi_\varepsilon$  будут гладкими подмногообразиями в  $R^{n+k}$ . Обозначим через  $\bar{\xi}$  нормальное расслоение подмногообразия  $\theta_\varepsilon$ , через  $\bar{\xi}_\varepsilon$  — замкнутую  $\varepsilon$ -трубчатую окрестность  $\theta_\varepsilon$  в  $t l \bar{\xi}$ . Тогда  $\bar{\xi}|_M = \xi$  и  $\xi_\varepsilon$  подмногообразие в  $\bar{\xi}_\varepsilon$ . Рассмотрим две тривиализации расслоения  $\bar{\xi}$ , определяемые сечениями  $w_j^i, j=0, 1$ , где  $\|w_j^i\| = \varepsilon, w_0^i(x) = -w_1^i(x), x \in \theta_\varepsilon$ . Через  $f_j^i$  обозначим диффеоморфизм, сопоставляющий точке  $x \in \theta_\varepsilon$  конец вектора  $w_j^i(x)$ , отложенный из точки  $x$ . Положим  $M_j^i = f_j^i(M), \theta_j^i = f_j^i(\theta_\varepsilon)$ , тогда  $\partial \bar{\xi}_\varepsilon = M_0^i \cup M_1^i, \partial \bar{\xi}_\varepsilon = \theta_0^i \cup \theta_1^i$ . Касательное пространство к  $\theta_\varepsilon$  в точке  $x \in M$  содержит векторы  $v_i(x)$ . Обозначим через  $df_j^i(v_i)$  сечение ограничения над  $M_j^i$  касательного расслоения подмногообразия  $\theta_j^i$ , определяемого формулой

$$df_j^i(v_i)(f_j^i(x)) = (df_j^i)_x(v_i(x)), \quad x \in M.$$

Здесь  $(df_j^i)_x$  обозначает дифференциал отображения  $f_j^i$  в точке  $x$ . Возникает оснащение коразмерности 1  $df_j^i(v) = (df_j^i(v_1), \dots, df_j^i(v_{k-1}))$  подмногообразия  $M_j^i \subset R^{n+k}$ . Тогда подмногообразие  $\partial \bar{\xi}_\varepsilon \subset R^{n+k}$  также оснащается и через  $df_j^i(v)$  обозначим соответствующее оснащение коразмерности 1. Ниже через  $[(M, \nu)]$  будем обозначать класс бордизмов оснащенного многообразия  $(M, \nu)$ .

**Предложение 2.1.** Для достаточно малого  $\varepsilon$  и  $j=0, 1$  в группе  $\pi_{n+1}^s(RP^n)$  выполняются тождества

$$[(M_j^i, df_j^i(v))] = [(M, \nu)], \quad [(\partial \bar{\xi}_\varepsilon, df_j^i(v))] = 0.$$

Из предложения следует, что  $2[(M, \nu)] = 0$ . Пусть отображение  $F: S^1 \rightarrow RP^n$  индуцировано каноническим вложением  $T\gamma^{1,0} \rightarrow T\gamma^{1,k}$ . Индуцированный гомоморфизм  $F_*: \pi_{n+1}^s(S^1) \rightarrow \pi_{n+1}^s(RP^n)$  описывается так: элементу  $[(M, \bar{\nu})] \in \pi_n^s(S^0)$ , где  $\bar{\nu} = (v_1, v_2, \dots, v_k)$  оснащение коразмер-

ности 0, сопоставляется элемент  $[(M, v)] \in \pi_{n+1}^s(RP^\infty)$ , где  $v = (v_2, v_3, \dots, v_n)$  оснащение коразмерности 1.

**Теорема 6.** При гомоморфизме забывания  $F_*$  образ группы  $\pi_n^s(S^0)$  содержится в подгруппе элементов второго порядка группы  $\pi_{n+1}^s(RP^\infty)$ .

Ереванский государственный университет

## Հ. Հ. ՕՂՆԻԿՅԱՆ

### Հագեցված բորդիզմի մի ընդհանրացման մասին

Աշխատանքում ընդհանրացվում է հանգեցված բորդիզմի <sup>(1)</sup> հասկացութիւնը: Նախապես ներմուծվում է  $\alpha$ -հագեցված վեկտորական շերտավորման գաղափարը, որտեղ  $\alpha$ -ն Շուրբերտի սիմվոլ է: Տրված է (թեորեմ 1) այդպիսի շերտավորումների տոպոլոգիական դասակարգում: Դասական գաղափարների համանմանութամբ ներմուծվում են  $\alpha$ -հագեցված ողորկ բազմակերպության և այդպիսի բազմակերպությունների  $\alpha$ -բորդիզմի հասկացութիւնները: Միևնույն շափողականութան, փակ, ողորկ  $\alpha$ -հագեցված, ողորկ բազմակերպութիւնների (ստացիոնար)  $\alpha$ -բորդիզմների խմբերի հաշվումը հանգեցվում է (թեորեմներ 3, 4) հատուկ տարածութիւնների (ստացիոնար) հոմոտոպիական խմբերի հաշվմանը: ներմուծվում և ուսումնասիրվում է (թեորեմ 5)  $r$ -կոչափականութան բորդիզմի հասկացութիւնը: Այն կիրառվում է (թեորեմ 6)  $\pi_n^s(S^0)$  խմբի կերպարը  $\pi_{n+1}^s(RP^\infty)$  խմբում մի հոմոմորֆիզմի դեպքում նկարագրելու համար:

## ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> Л. С. Понтрягин, Гладкие многообразия и их приложения в теории гомотопии, Наука, М., 1976. <sup>2</sup> Дж. Милнор, Дж. Сташеф, Характеристические классы, Мир, М., 1979. <sup>3</sup> М. Хирш, Дифференциальная топология, Мир, М., 1979. <sup>4</sup> Р. Стонг, Заметки по теории кобордизмов, Мир, М., 1973.

УДК 517.948

МАТЕМАТИКА

Ю. М. Арлинский, Э. Р. Цекановский

О секториальных расширениях положительных эрмитовых операторов и их резольвентах

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александряном 8/VI 1983)

1. Пусть  $S$  — положительный замкнутый плотно заданный эрмитов оператор в гильбертовом пространстве  $H$ .

Будем называть оператор  $T$  максимальным квазиэрмитовым (м. к. э.)  $\Theta$ -секториальным <sup>(1)</sup> расширением оператора  $S$ , если выполнены условия:

- 1)  $S \subset T \subset S^*$ ; 2)  $\rho(T) \neq \emptyset^*$ ; 3) существует такое  $\Theta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right]$ ,

что для любых  $f \in D(T)$  выполняется неравенство\*\*

$$\operatorname{Re}(Tf, f) \geq \operatorname{ctg} \Theta |\operatorname{Im}(Tf, f)|. \quad (1)$$

Если  $\Theta = 0$ , то соответствующее м. к. э. расширение будем считать неотрицательным самосопряженным.

Дробно-линейные преобразования м. к. э.  $\Theta$ -секториальных расширений  $B = (I - T)(I + T)^{-1}$  определены на всем  $H$  и обладают свойствами:

i)  $B \supset A, B^* \supset A$ , где  $A = (I - S)(I + S)^{-1}$  — эрмитово сжатие, определенное на подпространстве  $D(A) = (I + S)D(S)$ ;

ii) при любых  $f \in H$  выполняется неравенство

$$\|f\|^2 - \|Bf\|^2 \geq 2 \operatorname{ctg} \Theta |\operatorname{Im}(Bf, f)|. \quad (2)$$

В дальнейшем операторы, обладающие свойством (2), будем называть  $\Theta$ -сжимающими. В частности, множество  $\frac{\pi}{2}$ -сжимающих операторов совпадает с множеством всех сжатий, а 0-сжимающие операторы — самосопряженные сжатия.

Легко видеть, что условие (2) эквивалентно следующему:

$$\|B \pm i \operatorname{ctg} \Theta\| \leq \operatorname{cosec} \Theta.$$

Поэтому, если  $B$  —  $\Theta$ -сжатие, то таковым же является и оператор  $B^*$ .

Нетрудно также видеть, что если оператор  $B$  является  $\Theta$ -сжатием при любом  $\Theta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$ , то  $B$  — самосопряженное сжатие (0-сжатие).

\*  $\rho(T)$  — множество регулярных точек оператора  $T$ .

\*\* В <sup>(10)</sup> такие операторы называются регулярно диссипативными.

Расширения оператора  $A$ , обладающие свойствами  $i)$  и  $ii)$ , будем называть  $\Theta$ - $qsc$  расширениями.

Задача об описании самосопряженных сжимающих расширений эрмитова сжатия поставлена и решена М. Г. Крейном в <sup>(2)</sup>. В <sup>(3)</sup> для таких расширений ( $sc$ -расширений) получена формула обобщенных резольвент.

В работе авторов <sup>(4)</sup> описаны несамосопряженные сжимающие ( $qsc$ ) расширения эрмитова сжатия и их канонические резольвенты.

В настоящей статье приводятся формулы для  $\Theta$ - $qsc$  расширений и их канонических резольвент при любом  $\Theta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$ . Из этих формул мы получаем также описание канонических резольвент м. к. э.  $\Theta$ -секториальных расширений положительного оператора, которое является распространением соответствующего результата из <sup>(5)</sup> для самосопряженного случая.

Отметим, что в случае положительной нижней грани оператора  $S$  описание его секториальных расширений дано в <sup>(6,7)</sup> с помощью граничных пространств и операторов.

2. В дальнейшем будем считать, что  $A$  произвольное эрмитово сжатие, определенное на подпространстве  $D(A)$  гильбертова пространства  $H$ .

Пусть  $A^* \in [H, D(A)]$  — сопряженный к  $A$  оператор. Введем обозначения:

$$G = \overline{(I - AA^*)^{1/2} D(A)}; \quad L = \overline{(I - AA^*)^{1/2} H \ominus G}; \quad N = H \ominus D(A)$$

Пусть  $P_A, P_N, P_L$  ортопроекторы в  $H$  на  $D(A), N, L$  соответственно.

Определим сжимающий оператор  $z \in [G, N]$ :

$$Z^*(I - AA^*)^{1/2} f_A = P_N A f_A, \quad f_A \in D(A)$$

и пусть  $Z^* \in [N, G]$  — сопряженный оператор.

М. Г. Крейн для описания всех  $sc$ -расширений оператора  $A$  определил два экстремальных  $sc$ -расширения — жесткое  $A_\mu$  и мягкое  $A_m$  <sup>(2)</sup>.

Приведем новые формулы для  $A_\mu$  и  $A_m$ .

**Теорема 1.** Пусть  $A$  — эрмитово сжатие в  $H$ , определенное на подпространстве  $D(A)$ , тогда справедливы равенства

$$A_\mu = AP_A + (I - AA^*)^{1/2} [Z^* P_N - P_L (I - AA^*)^{1/2}],$$

$$A_m = AP_A + (I - AA^*)^{1/2} [Z^* P_N + P_L (I - AA^*)^{1/2}].$$

Равенство  $A_\mu = A_m$  выполнено тогда и только тогда, когда  $L = \{0\}$ .

Из теоремы 1 следует, что  $\frac{1}{2}(A_m - A_\mu) = (I - AA^*)^{1/2} P_L (I - AA^*)^{1/2}$ .

Пусть  $N_0 = \overline{K(A_m - A_\mu)}$ . Очевидно, что  $N_0 \leq N$ .

Приведем наш основной результат.

**Теорема 2. Формула**

$$B = \frac{1}{2}(A_m + A_\mu) + \frac{1}{2}(A_m - A_\mu)^{1/2} K(A_m - A_\mu)^{1/2} \quad (3)$$

устанавливает взаимно-однозначное соответствие между множеством  $\Theta$ - $qsc$ -расширений оператора  $A$  и множеством  $\Theta$ -сжатий в подпространстве  $N_0$ .

Следствие 1. Если  $A_\mu \neq A_m$ , то для всякого  $\Theta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$  можно указать несамосопряженное  $\Theta$ - $qsc$ -расширение оператора  $A$ .

Таковыми, например, являются  $qsc$ -расширения, определенные по формуле (3) при

$$K = \pm i \operatorname{tg}^2 \frac{\Theta}{2} I|_{N_0}.$$

Следствие 2. Если  $A_\mu \neq A_m$ , то существуют  $qsc$ -расширения оператора  $A$ , не являющиеся  $\Theta$ -сжатиями ни при каком  $\Theta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$ .

Таковыми, например, являются операторы, определенные по формуле (3), если  $K$  — несамосопряженная изометрия в  $N_0$ .

3. Пусть  $C = A_m - A_\mu$ . Будем рассматривать вполне неопределенный случай:  $N_0 = N$ .

Для описания резольвент  $\Theta$ - $qsc$  расширений будем использовать  $Q_\mu$ -функцию сжатия  $A$ , введенную в (3):

$$Q_\mu(\lambda) = (C^{1/2} R_\lambda^* C^{1/2} + I)|_{N_0},$$

где  $R_\lambda^* = (A_\mu - \lambda I)^{-1}$ ,  $\lambda \in \operatorname{Ext}[-1, 1]$ .

Пусть  $\Theta \in (0, \pi/2)$ . Обозначим через  $M_\Theta$  следующее подмножество комплексной плоскости:

$$M_\Theta = \{\lambda : |\lambda \pm i \operatorname{ctg} \Theta| \leq \operatorname{cosec} \Theta\}.$$

Теорема 3. При  $\lambda \in \operatorname{Ext} M_\Theta$  формулы

$$R_\lambda^B = R_\lambda^* - \frac{1}{2} R_\lambda^* C^{1/2} (K + I) \left[ I + \frac{1}{2} (Q_\mu(\lambda) - I)(K + I) \right]^{-1} C^{1/2} R_\lambda^* \quad (4)$$

устанавливает взаимно-однозначное соответствие между множеством канонических резольвент  $\Theta$ - $qsc$ -расширений и множеством  $\Theta$ -сжатий в подпространстве  $N$ .

Аналогичное описание резольвент можно дать также с помощью

$$R_\lambda^M = (A_m - \lambda I)^{-1} \quad \text{и} \quad Q_M(\lambda) = (C^{1/2} R_\lambda^M C^{1/2} - I)|_N.$$

Отметим, что формулы (3) и (4) являются распространением результатов из (2-4) на случай  $\Theta$ - $qsc$ -расширений.

4. Снова будем рассматривать положительный симметрический оператор  $S$ . Дадим описание канонических резольвент его м. к. э.  $\Theta$ -секторных расширений.

$$\text{Пусть } S_\mu = (I - A_\mu)(I + A_\mu)^{-1}; \quad S_m = (I - A_m)(I + A_m)^{-1}.$$

Как известно (2),  $S_\mu$  и  $S_m$  являются неотрицательными самосопряженными расширениями оператора  $S$ , причем, как показано в (2),  $S_\mu$  — расширение по Фридрихсу.

Будем называть  $S_\mu$  и  $S_m$  соответственно Фридрихсовым и Крейновским расширениями.

Из результатов п. 2 следует

Теорема 4. Для того чтобы при каждом  $\Theta \in (0, \pi/2)$  существовали м. к. э.  $\Theta$ -секториальные несамосопряженные расширения положительного симметрического оператора  $S$ , необходимо и достаточно, чтобы Фридрихсово и Крейнское расширения между собой не совпадали.

Отметим, что если  $T$  — м. к. э.  $\Theta$ -секториальное расширение оператора  $S$ , то оператор  $T$  является генератором сжимающей полугруппы, голоморфной в секторе  $|\arg \lambda| < \pi/2 - \Theta$ .

В таких терминах теорема 4 сформулирована в (8).

Дадим описание канонических резольвент м. к. э.  $\Theta$ -секториальных расширений положительного симметрического оператора.

Пусть  $F$  — гильбертово пространство,  $\dim F = \dim N$ .  $\Gamma_\mu(\lambda)$  — операторное поле, обладающее следующими свойствами:

а)  $\Gamma_\mu(\lambda) \in [F, N_\lambda]$ , где  $N_\lambda = H\Theta(S - \bar{\lambda}I)D(S)$ ;

б)  $\Gamma_\mu(z) - \Gamma_\mu(\lambda) = (z - \lambda)(S_\mu - zI)^{-1}\Gamma_\mu(\lambda)$ ;  $\lambda, z \in \text{Ext}[0, \infty)$ ;

в)  $\Gamma_\mu(-1)$  отображает  $F$  взаимно-однозначно на  $R(C^{1/2})$ . Операторное поле  $\Gamma_\mu(\lambda)$  определяет  $\tilde{Q}_\mu$ -функцию положительного оператора  $S$  (9), т. е. голоморфную в области  $\text{Ext}[0, \infty)$  оператор-функцию  $\tilde{Q}_\mu(\lambda) \in [F, F]$ , удовлетворяющую условиям:

а)  $\tilde{Q}_\mu(\lambda) - \tilde{Q}_\mu^*(\bar{\xi}) = (\lambda - \bar{\xi})\Gamma_\mu^*(\xi)\Gamma_\mu(\lambda)$ ;

б)  $\tilde{Q}_\mu(x) \uparrow 0$  при  $x \uparrow 0$ .

Аналогично (9) определяется несобственный максимальный  $\Theta$ -секториальный оператор в  $F$ .

Пусть  $F_\Theta$  — множество всех таких операторов.

Теорема 5. При  $\lambda$  таких, что  $\Theta < \arg \lambda < 2\pi - \Theta$ , формула

$$R_\lambda^T = (S_\mu - \lambda I)^{-1} - \Gamma_\mu(\lambda)(Q_\mu(\lambda) - L)^{-1}\Gamma_\mu^*(\bar{\lambda}); \quad L \in F_\Theta$$

устанавливает взаимно-однозначное соответствие между множеством канонических резольвент м. к. э.  $\Theta$ -секториальных расширений оператора  $S$  и множеством  $F_\Theta$ .

Отметим, что теорема 5 является распространением результата из (5) на  $\Theta$ -секториальный случай.

В заключение авторы благодарят М. М. Маламуда за полезные обсуждения и М. Г. Крейна за внимание и критические замечания.

Ворошиловградский машиностроительный институт  
Донецкий государственный университет

ՅՈՒ. Մ. ԱՐԼԻՍՎԻ, Է. Ի. ՅԵԿԱՆՈՎՍԿԻ

Իրական էրմիտյան օպերատորների սեկտորիալ լայնացումների և նրանց ռեզոլվենտների մասին

Աշխատանքում ուսումնասիրվում են այսպես կոչված էրմիտյան սեղմումի  $\Theta$ -կոսեկտորիալ սեղմող լայնացումներ ( $\Theta$ -ԳՏԸ լայնացումներ)։

Բերվում է այդպիսի շանգունների նկարագրությունը և դասակարգումը։  
Դրանց օգնությամբ լիակատար շափով նկարագրվում են դրական էրմիտյան  
օպերատորի բոլոր կանոնական սեզուվենտները (այդ օպերատորի գագաթը  
0-ում է և նա ունի  $\theta$ -կիսանկյուն)։

#### ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱՇԱՆՈՒՄՅՈՒՆ

<sup>1</sup> Като, Теория возмущений линейных операторов, Мир, М., 1972. <sup>2</sup> М. Г. Крейн, Мат. сб., т. 20, № 3 (1947). <sup>3</sup> М. Г. Крейн, И. Е. Овчаренко, Сиб. мат. журн., т. 18, № 5 (1977). <sup>4</sup> Ю. М. Арлинский, Э. Р. Цекановский, УМН, т. 37, № 1 (1982). <sup>5</sup> М. Г. Крейн, И. Е. Овчаренко, ДАН СССР, т. 231, № 5 (1976). <sup>6</sup> А. Н. Кочубей, ДАН УССР, Сер. А, № 3, 1979. <sup>7</sup> В. А. Михайлец, Сб. тр. Ин-та математики АН УССР, Киев, 1980. <sup>8</sup> Э. Р. Цекановский, Функц. анализ, т. 15, № 4 (1981). <sup>9</sup> М. Г. Крейн, Г. К. Лангер, Функц. анализ, т. 5, № 2 (1971). <sup>10</sup> С. Г. Крейн, Линейные дифференциальные уравнения в банаховом пространстве, Наука, М., 1967.

УДК 624.131

А. Г. Мазманян

**Расчет сооружения, заглубленного в слой грунта,  
 на сейсмическое воздействие с учетом развития областей  
 предельного напряженного состояния**

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 13/XII 1982)

Рассматривается задача о распространении упругих волн в слое грунта, подстилаемого скальным основанием, и взаимодействие указанного слоя с заглубленным фундаментом сооружения (рис. 1). Предполагается, что скальное основание и фундамент сооружения имеют

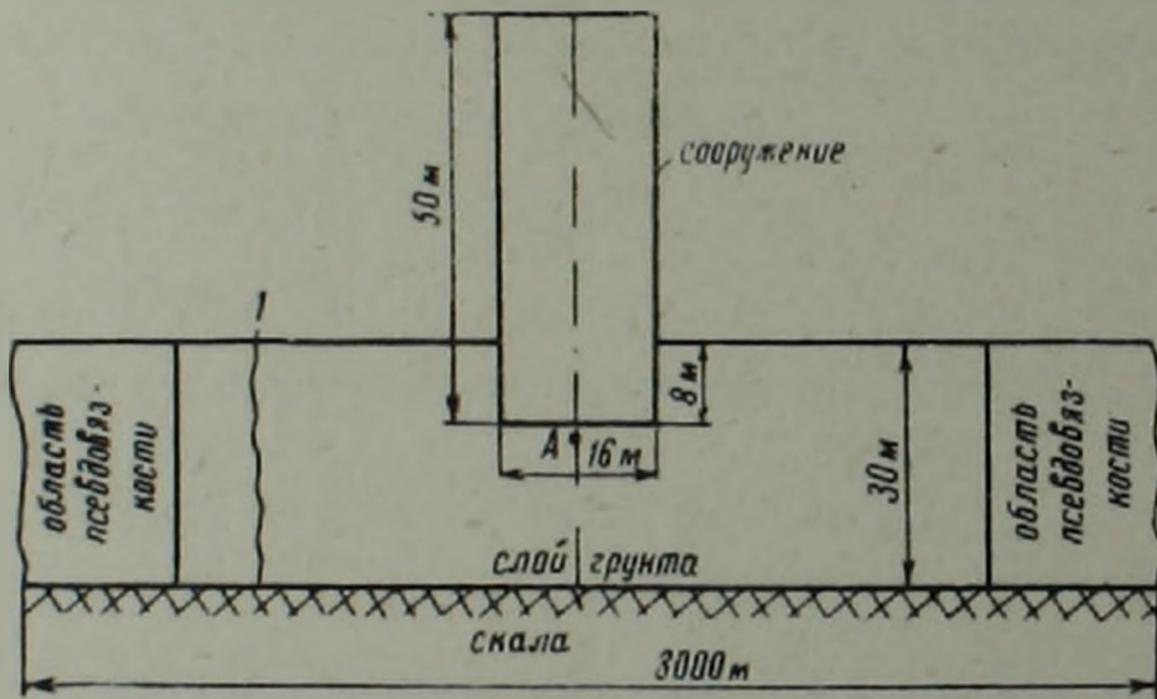


Рис. 1. Расчетная схема. I—сечение слоя задания сейсмограммы

значительно большие модули упругости, чем рассматриваемый слой грунта, так что основание и фундамент можно считать абсолютно жесткими. Задача рассматривается в условиях плоской деформации.

Движения частиц грунта в слое описываются уравнениями Ламе (1)

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= \frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \\ \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} &= \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_x}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

При динамических воздействиях затухание колебаний в строительных конструкциях характеризуется коэффициентом поглощения  $\psi$ .

По определению

$$\psi = 2\delta = - \int_t^{t+\tau} \frac{dw}{w} = \ln \frac{w^t}{w^{t+\tau}}, \quad (2)$$

где  $\omega$  — энергия затухающих колебаний;  $T$  — период колебаний;  $\delta$  — логарифмический декремент колебания.

Таким образом, заданный коэффициент  $\psi$  определяет гистерезисные потери энергии за один цикл затухающих колебаний. Как показали многочисленные экспериментальные и теоретические исследования (2), сама форма петли гистерезиса практически не сказывается на результатах, если отношение полной и потерь энергии за один цикл колебаний остается постоянным. В настоящее время предложен целый ряд зависимостей  $\sigma_{ij} = f(\varepsilon_{ij})$  (3), приводящих к различным формам петли гистерезиса. При численном расчете скачкообразная диссипация энергии может быть реализована следующим образом. Рассмотрим некоторую одномассовую систему, совершавшую затухающие свободные колебания

$$m\ddot{z} + kz = 0. \quad (3)$$

В момент времени, когда  $z=0$ , „изменим“ массу и примем ее равной  $m_1 = m - \Delta m$ .

В момент времени, когда потенциальная энергия достигнет максимума  $\dot{z}=0$ , примем в качестве расчетной массы значение  $m_2 = m + \Delta m$ . В первом случае происходит потеря кинетической энергии в отношении  $\frac{m_2}{m_1}$ , а во втором ни потенциальная, ни кинетическая

энергия не изменяются. За один цикл колебаний, когда точка проходит через положение равновесия ( $z=0$ ) два раза, энергия в конце цикла уменьшится в  $(m_2/m_1)^2$  раза. В соответствии с формулой (2) найдем  $\psi = 2 \cdot \delta = 2 \cdot \ln \frac{m_1}{m_2}$ . Учитывая, что  $m_1 + m_2 = 2m$ , найдем

$$m_1 = \frac{2 \cdot e^{\delta}}{1 + e^{\delta}}, \quad m_2 = \frac{2}{1 + e^{\delta}}. \quad (4)$$

Чтобы распространить эту методику на случай колебаний по произвольному закону, необходимо прежде всего обобщить понятие «цикла» при непериодических колебаниях. При численном расчете удобно определять четверть цикла колебаний элемента сооружения как отрезок времени монотонного изменения кинетической энергии, отнесенной к единице массы, т. е. время, в течение которого величина имеет один знак. Таким образом, при динамических расчетах конструкций можно использовать вышеизложенный искусственный прием и при расчете в уравнении (1) считать, что плотность элементов переменна:

$$\rho = \begin{cases} \rho_0 \frac{2e^{\delta}}{1+e^{\delta}}, & \text{если } \dot{z} \cdot \ddot{z} \leq 0, \\ \rho_0 \frac{2}{1+e^{\delta}}, & \text{если } \dot{z} \cdot \ddot{z} > 0. \end{cases} \quad (5)$$

Для исключения отражения от боковых границ расчетной области основания выделены зоны действия «псевдовязкости», т. е. в уравнения Ламе в этих зонах добавляется член, пропорциональный скорости. Величину зоны действия «псевдовязкости» выбираем пробными расчетами.

Уравнения Ламе для зон «псевдовязкости» имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \varphi_u(x, y) \frac{\partial u}{\partial t} &= \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial y} \\ \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + \varphi_v(x, y) \frac{\partial v}{\partial t} &= \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $\varphi_u(x, y)$ ,  $\varphi_v(x, y)$  — соответствующие коэффициенты «псевдовязкости».

Зависимость между напряжениями и деформациями определяется законом Гука

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y) + 2G\varepsilon_x \\ \sigma_y &= \lambda(\varepsilon_x + \varepsilon_y) + 2G\varepsilon_y \\ \tau &= G\gamma \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где  $\lambda$  и  $G$  — коэффициенты Ламе;  $\rho$  — плотность грунта.

Движения сооружения под действием динамических напряжений на границе с грунтом описываются уравнениями (4)

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x; \quad M \frac{d^2 y}{dt^2} = F_y; \quad I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = M_z, \quad (8)$$

где  $F_x$ ,  $F_y$  — проекции суммарной силы воздействия грунта на фундамент сооружения, разложенный на оси  $x$  и  $y$ ;  $M_z$  — момент этих сил относительно центра тяжести сооружения;  $M$  — приведенная масса сооружения;  $I$  — собственный момент инерции сооружения относительно центра тяжести;  $\theta$  — угол поворота сооружения относительно центра тяжести.

Явное выражение суммарной силы и момента зависит от условий на контакте фундамента сооружения с грунтом. В качестве граничных условий на контакте «грунт—сооружение» и скальное основание заданы равенства перемещений (условие прилипания). Сейсмическая информация задана элюрой перемещения сечения слоя грунта, закон изменения по глубине подбирается по методике, изложенной в работе (5).

Условие предельного состояния принято в форме Мизеса—Шлейхера—Боткина

$$f = \sigma_1 + k\sigma - c = 0; \quad (9)$$

$$\sigma_1 = \frac{1}{\sqrt{6}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6\tau^2}; \quad \sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3},$$

где  $\sigma_1$  и  $\sigma$  — интенсивность сдвиговых напряжений и среднее напряжение в плоскости расчетного сечения,  $k$  и  $c$  — параметры прочности, определяемые углом внутреннего трения грунта и сцеплением.

Если  $f < 0$ , то материал работает в упругой стадии. Неравенство  $f \geq 0$  определяет область предельных напряженных состояний (6).

Для решения поставленной задачи использован алгоритм решения динамических и статических задач теории упругости (7). В процессе решения задачи на каждый момент времени в узлах расчетной области основания проверяется условие прочности. Выделяются зоны предельных состояний в слое грунта. Предварительно решается ста-

тическая задача, рассчитываются поля распределения статических напряжений, которые возникают под действием веса грунта и веса сооружения.

Задача решена при следующих исходных данных. Параметры грунта: статический модуль упругости 50 МПа, динамический 70 МПа, коэффициент Пуассона 0,33, сцепление  $0,2 \cdot 10^5$  Па, угол внутреннего трения 0,7. Параметры сооружения: приведенная масса  $240 \cdot 10^3$  кг, ширина основания 16 м, высота 50 м, степень заглубления 8 м. В качестве сейсмического воздействия использованы горизонтальная и вертикальная компоненты сейсмограммы землетрясения «SAN FERNANDO» 2.09.1971 г. (рис. 2). Задача реализована на ЭВМ Минск-22.

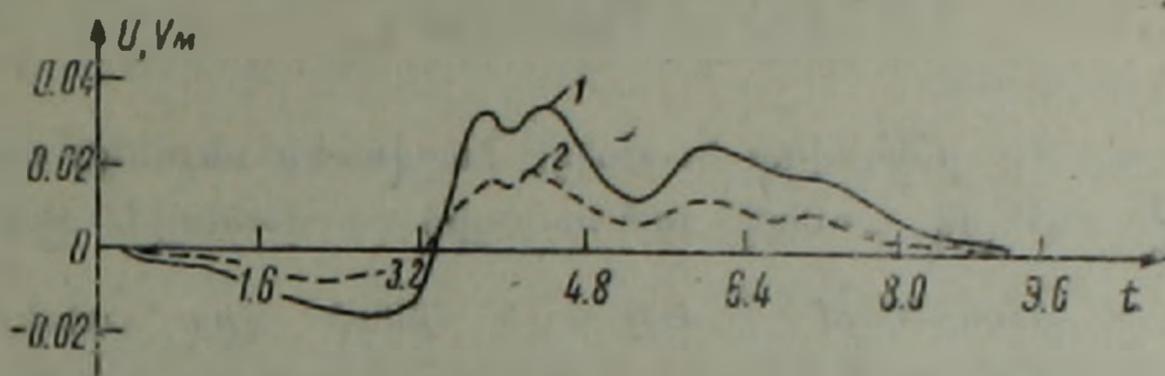


Рис. 2. Заданная сейсмограмма: 1—горизонтальная компонента; 2—вертикальная компонента

На рис. 3 приведен график изменения условия прочности (9) во времени в расчетной точке А (рис. 1). Выделение зоны предельного состояния на момент времени  $T=1,8$  с показано на рис. 4.

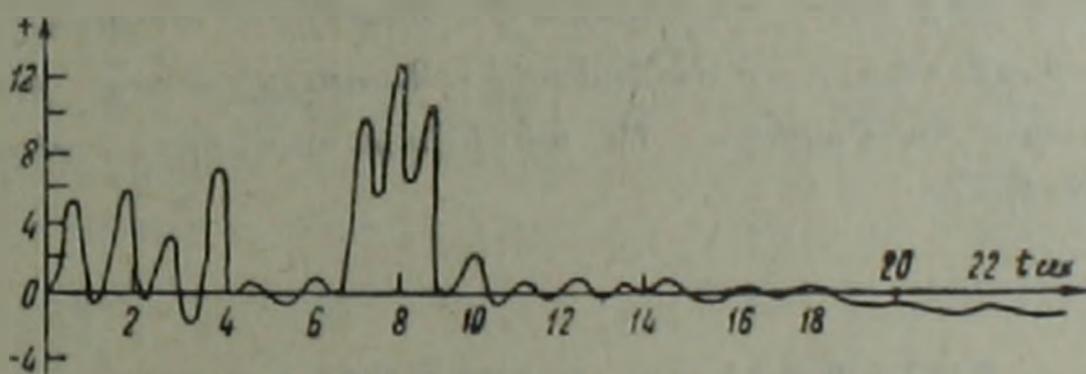


Рис. 3. Условие прочности под сооружением

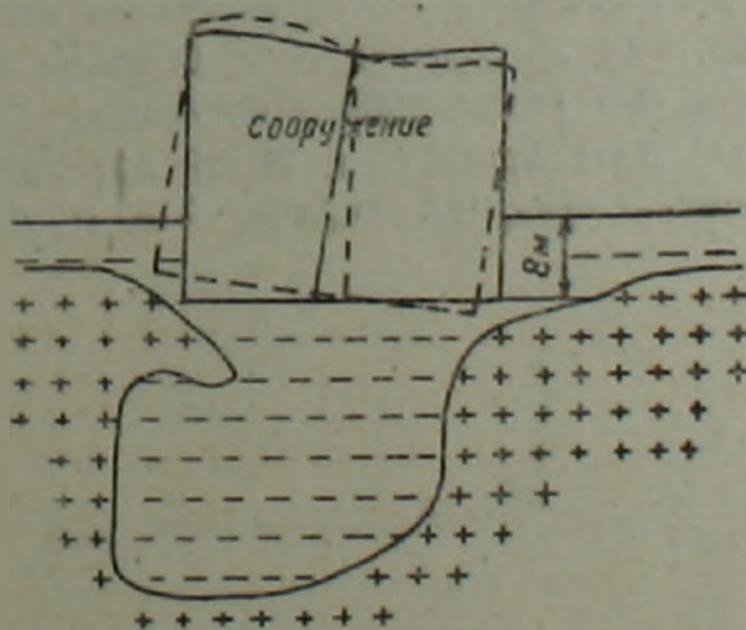


Рис. 4. Зона предельного состояния под сооружением в точке А, в момент времени  $T=1,8$  с. + — предельное состояние; — — допредельное состояние

Анализируя результаты решения задачи, приходим к выводу, что в граничных областях расчетной области образуются зоны предельных состояний, а упругое ядро под фундаментом уменьшается, граница ее искажается и смещается в противоположную сторону горизонтальных смещений центра тяжести сооружения.

Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт геофизики и  
инженерной сейсмологии  
Академии наук Армянской ССР

#### Ա. Կ. ՄԱԶՄԱՆՅԱՆ

Գրունտի շերտի մեջ ընկղմված կառույցի հաշվարկը սեյսմիկ ուժերի տակ՝  
հաշվի առնելով գրունտի սահմանային լարվածային վիճակը

Հողվածում դիտարկվում է ժայռային հիմքի վրա գտնվող գրունտի առածղա-սլաաստիկ շերտում ընկղմված կառույցի փոխազդեցության խնդիրը: Կառված են դիֆերենցիալ հավասարումներ, որոնց լուծումները իրականացված են գրունտային սլայմանները հաշվի առնելով: էՀՄ-ի օգնությամբ սեյսմոգրամայի օգտագործման դեպքում գրունտի շերտի հետ կառույցի հաշվարկի կոնկրետ օրինակում ստացված է ստատիկ և դինամիկ լարումների դաշտը: Առանձնացված են բերված սահմանային վիճակի գոտիները, օգտագործելով Միգեսի-Շլեյխերի-Բոտկինի ամրության պայմանը: Կառույցի տակ և գրունտի շերտի վրա հաշվարկային կետերում ստացված են ինվարիանտի փոփոխությունը ըստ ժամանակի: Կառույցի տակ գրունտի շերտի ցանկացած կետում հաշվարկված են ակսելերոգրամները, սեյսմոգրամները և վելոսիոգրամները:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> С. П. Тимошенко, Р. Ж. Гудьер, Теория упругости, Наука, М., 1975. <sup>2</sup> Г. С. Писаренко, Колебания упругих систем с учетом рассеяния энергии в материале, Киев, Изд-во АН УССР, 1955. <sup>3</sup> Ш. Г. Напетваридзе, Вопросы теории сейсмостойкости сооружений, Тбилиси, Изд-во АН ГССР, 1956. <sup>4</sup> П. Аппель, Теоретическая механика, М., 1960. <sup>5</sup> А. Г. Мазманян, ДАН АрмССР, т. 76, № 3 (1983). <sup>6</sup> В. Т. Койтер, Общие теоремы упругопластических сред, ИЛ, М., 1961. <sup>7</sup> В. Н. Ломбардо, Изв. ВНИИГ, т. 103 (1973).

УДК 535.14

ФИЗИКА

Г. Ю. Крючков

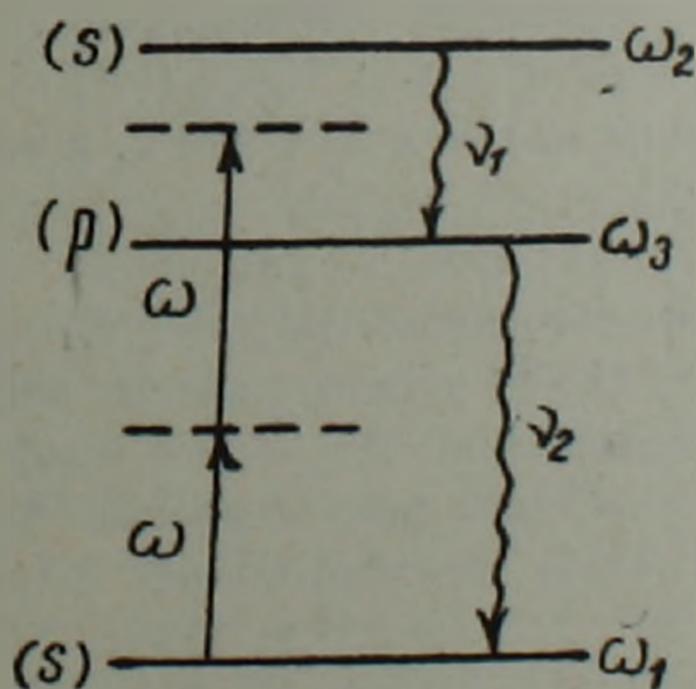
### Четырехфотонное рассеяние в стационарном режиме

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 20/VII 1983)

1. В последнее время исследовались процессы двухфотонного спонтанного излучения на отдельном атоме в лазерном поле. В частности, было показано, что явление одновременного излучения двух фотонов в резонансном поле является процессом четырехфотонного рассеяния. Два лазерных фотона с частотами  $\omega$  рассеиваются в два других фотона с частотами  $\nu_1, \nu_2$ , удовлетворяющими соотношению  $\nu_1 + \nu_2 = 2\omega$ .

Двухфотонное спектральное распределение для подобных процессов получено для случая малых времен наблюдения  $t \ll \tau^{-1}$  ( $\tau$  — спонтанные ширины) на двух- и трехуровневой атомной системах в работах (1) и в стационарном режиме  $t \gg \tau^{-1}$  для двухуровневой системы в работе (2).

2. В настоящей статье рассматривается процесс двухфотонного излучения трехуровневой атомной системой (см. рисунок, где слева указаны четности атомных состояний) при наличии двухфотонного резонанса между уровнями  $\omega_{21} = \omega_2 - \omega_1$ , т. е. при  $\omega_{21} - 2\omega \ll \omega_{21}$ .



Предполагается, что имеют место условия когерентного, а не ступенчатого двухфотонного возбуждения уровня  $\omega_2$  с ее последующим двухфотонным распадом через промежуточный уровень  $\omega_3$ . При этом амплитуда возбуждения не содержит спонтанных ширин промежуточных уровней, через которые осуществляется двухфотонный резонанс, а определяется двухфотонным матричным элементом  $V_{ij}^{(2)}$

$= \sum_k^1 V_{ik} V_{kj} / 4(\omega_{kj} - \omega)$ , где  $V_{ik}$  — однофотонные матричные элементы перехода между атомными состояниями  $|\varphi_i\rangle$ .

Цель настоящей работы состоит в получении двухфотонного спектрального распределения в стационарном режиме  $t \gg \gamma_{23}^{-1}, \gamma_{31}^{-1}$  при последовательном квантово-электродинамическом учете спонтанных ширины атомных уровней и эффектов влияния поля на них. Исследуется физически интересный случай „сильных“ полей, для которых энергия взаимодействия атома с полем намного превышает ширины  $\gamma_{23}, \gamma_{31}$ .

Удобным подходом для решения подобных задач является аппарат матрицы плотности в представлении квазиэнергетических состояний (КЭС). Его суть состоит в следующем. При пренебрежении спонтанными переходами, когда  $t \ll \gamma^{-1}$ , динамика системы описывается КЭС, учитывающими взаимодействие с лазерным полем. В частности, для рассматриваемой системы они имеют следующий вид ( $\varepsilon > 0$ ):

$$\begin{aligned} \psi_1 &= e^{-iE_1 t} (\cos \theta \varphi_1 - s \sin \theta e^{-2i\omega t} \varphi_2), \\ \psi_2 &= e^{-iE_2 t} (s^* \sin \theta e^{2i\omega t} \varphi_1 + \cos \theta \varphi_2), \\ \psi_3 &= e^{-i\omega_3 t} \varphi_3 \end{aligned} \quad (1)$$

с квазиэнергиями:  $E_1 = \tilde{\omega}_1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Omega$ ,  $E_2 = \tilde{\omega}_2 - \frac{\varepsilon}{2} + \Omega$ ,

$$\text{где } \cos \theta = \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2\Omega} \right)}, \quad \sin \theta = \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\varepsilon}{2\Omega} \right)},$$

$$\varepsilon = \tilde{\omega}_{21} - 2\omega, \quad 2\Omega = \sqrt{\varepsilon^2 + |V_{21}^{(2)}|^2}, \quad s = V_{21} / |V_{21}|$$

и величины  $\tilde{\omega}_i = \omega_i + V_{ii}^{(2)}$  — содержат штарковские сдвиги уровней.

Область  $t \gtrsim \gamma^{-1}$  описывается уравнениями для матрицы плотности, которые записываются в базисе КЭС (3-5) и учитывают взаимодействие с квантованным полем излучения и, в частности, спонтанные переходы между КЭС.

3. Амплитуда двухфотонного излучения выражается через фотонные операторы уничтожения  $A_{\nu_1, \nu_2}(t + \tau, t) \sim \langle a_{\nu_1}(t + \tau) a_{\nu_2}(t) \rangle$ .

С помощью стандартной процедуры (см. например (6)) в рамках формализма матрицы эволюции  $S(t) = S(t, -\infty)$  квантовой электродинамики с внешним полем в представлении Фарри для амплитуды одновременного (при  $\tau = 0$ ) двухфотонного излучения получаем (см. также работы (5)):

$$A_{\nu_1, \nu_2}(t) = 2\sqrt{\nu_1 \nu_2} \sum_{ij} g_{ij}(\nu_1, \nu_2) + (\nu_1, \vec{e}_1) \overleftrightarrow{=} (\nu_2, \vec{e}_2), \quad (2)$$

$$g_{ij}(\nu_1, \nu_2) = \int_{-\infty}^t dt_2 \int_{i_1}^t dt_1 e^{i(\nu_1 t_1 + \nu_2 t_2)} \langle \psi_0 | (\vec{D}_{ij}(t_1) \vec{e}_1) (\vec{D}(t_2) \vec{e}_2) | \psi_0 \rangle.$$

$$\bar{D}(t) = \bar{S}(t) \bar{d}^{(-)} S(t) = \sum_{ij} \bar{D}_{ij}(t), \quad (3)$$

$$\bar{D}_{ij}(t) = \rho_{ij}(t) \int d^3r \psi_i^*(r, t) \bar{d}^{(-)} \psi_j(r, t)$$

выражена через элементы матрицы плотности КЭС  $\rho_{ii}(t) = \bar{S}(t) |i\rangle \langle j| S(t)$  и отрицательно-частотные части матричных элементов оператора  $d$  по КЭС. Усреднение идет по начальному КЭС и вакууму фотонов излучения.

Воспользуемся схемой вычисления составляющих  $g_{ij}$ , аналогичной предложенной в работе (3) для вычисления спектра резонансной флуоресценции. Она основана на теореме регрессии, согласно которой корреляционная функция от произведения операторов дипольного момента в выражении (2) при  $t_1 > t_2$  удовлетворяет такому же уравнению, что и среднее значение  $\langle \bar{D}_{ij}(t_1) \rangle$ . Для „сильных“ полей при  $i \neq j$  эта величина удовлетворяет уравнению (для конкретного случая они выписаны в пункте (4)):

$$\frac{d}{dt} \langle \bar{D}_{ij}(t) \rangle = i\Omega_{ij} \langle \bar{D}_{ij}(t) \rangle. \quad (4)$$

Для составляющих  $i \neq j$  при  $t \gg \gamma^{-1}$  эта схема вычислений приводит к следующему результату:

$$g_{ij}(\nu_1, \nu_2) = \pi i \sum_{q=-\infty}^{\infty} \delta(\nu_1 + \nu_2 - q\omega) g_{ij}^{(q)}(\nu_1, \nu_2), \quad (5)$$

$$g_{ij}^{(q)}(\nu_1, \nu_2) = \rho_{ii}^{(0)} R_{ij, nm}^{(q)} e_n(1) e_m(2) / (\nu_1 + \Omega_{ij}),$$

где величина

$$R_{ij, nm}^{(q)} = \frac{\omega}{2\pi} \int_{-\pi/\omega}^{\pi/\omega} dt e^{iq\omega t} \int d^3r_1 d^3r_2 (\psi_i^*(r_1, t) \bar{d}_n^{(-)} \psi_j(r_1, t)) (\psi_j^*(r_2, t) \bar{d}_m^{(-)} \psi_i(r_2, t))$$

выражена через квазиэнергетические волновые функции, и величины  $\rho_{ii}^{(0)} = \langle \rho_{ii}(\infty) \rangle$  являются стационарными населенностями КЭС.

Отметим, что при ее получении использованы условие адиабатического выключения взаимодействия с полем излучения при  $t \rightarrow -\infty$  и свойство временной периодичности КЭС с периодом  $2\pi/\omega$ .

Выражение (5), (6) справедливо для произвольной многоуровневой атомной системы в „сильном“ монохроматическом поле, и ее получение составляло другой аспект настоящей работы. Оно состоит из амплитуд с законами сохранения  $q\omega = \nu_1 + \nu_2$ , которые указывают на наличие спектральных корреляций фотонов при  $q+2$ -фотонном рассеянии\*.

\* Вычисление диагональных составляющих амплитуды проводится аналогичным образом с помощью системы уравнений для величин  $D_{ii}$ .

4. Применительно к рассматриваемой трехуровневой системе, используя КЭС (1), разложение (3) и выражения (6), можно убедиться, что полная амплитуда (2) имеет лишь недиагональные составляющие  $g_{13}, g_{31}, g_{23}, g_{32}$ , соответствующие значению  $q=2$ , т. е. процессу четырехфотонного рассеяния.

Для вычисления величин  $\rho_{ij}^{(0)}, \Omega_{ij}$  используем уравнения в форме, приведенной в работах (5). Для произвольного знака  $\varepsilon$  и с точностью до членов порядка  $\gamma_{23}/\Omega, \gamma_{31}/\Omega$  для средних значений  $\bar{\rho}_{ij}(t) = \langle \rho_{ij}(t) \rangle$  получаем:

$$\dot{\bar{\rho}}_{13}(t) = -\Gamma_1 \bar{\rho}_{13}(t), \quad \dot{\bar{\rho}}_{23}(t) = -\Gamma_2 \bar{\rho}_{23}(t),$$

$$\Gamma_1 = \gamma_{31} + n_2 \gamma_{23}, \quad \Gamma_2 = \gamma_{31} + n_1 \gamma_{23}, \quad (7)$$

$$\dot{\bar{\rho}}_{11}(t) = -n_2 \gamma_{23} \bar{\rho}_{11}(t) + n_1 \gamma_{31} \bar{\rho}_{33}(t),$$

$$\dot{\bar{\rho}}_{22}(t) = -n_1 \gamma_{23} \bar{\rho}_{22}(t) + n_2 \gamma_{31} \bar{\rho}_{33}(t), \quad (8)$$

$$\bar{\rho}_{33}(t) = 1 - \bar{\rho}_{11}(t) - \bar{\rho}_{22}(t),$$

где  $n_{1,2} = \frac{1}{2} (1 \pm |\varepsilon|/2\Omega)$  — населенности атомных состояний в КЭС.

Комбинируя уравнения (7) с выражениями для матричных элементов  $\langle \psi_i | d^{(-)} | \psi_j \rangle$ , для величин  $\Omega_{ij}$  в уравнении (4), определяющих спектр излучения, получаем:

$$\Omega_{13} = \tilde{\omega}_{13} + \frac{\varepsilon}{2} \left( 1 - \frac{2\Omega}{|\varepsilon|} \right) + \frac{i}{2} \Gamma_1, \quad \Omega_{31} = \tilde{\omega}_{31} + \frac{\varepsilon}{2} \left( 1 + \frac{2\Omega}{|\varepsilon|} \right) + \frac{i}{2} \Gamma_1, \quad (9)$$

$$\Omega_{23} = \tilde{\omega}_{23} + \frac{\varepsilon}{2} \left( 1 + \frac{2\Omega}{|\varepsilon|} \right) + \frac{i}{2} \Gamma_2, \quad \Omega_{32} = \tilde{\omega}_{32} + \frac{\varepsilon}{2} \left( 1 - \frac{2\Omega}{|\varepsilon|} \right) + \frac{i}{2} \Gamma_2.$$

Для больших времен  $t \gg \gamma_{31}^{-1}, \gamma_{23}^{-1}$  система уравнений (8) переходит в уравнения баланса и приводит к следующим выражениям для стационарных населенностей КЭС:

$$\rho_{11}^{(0)} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \rho_{22}^{(0)} = \frac{n_1 \gamma_{31}}{n_2 \gamma_{23} + \left( n_1 + \frac{n_2^2}{n_1} \right) \gamma_{31}}, \quad (10)$$

$$\rho_{33}^{(0)} = \frac{n_2 \gamma_{23}}{n_2 \gamma_{23} + \left( n_1 + \frac{n_2^2}{n_1} \right) \gamma_{31}}.$$

В итоге для амплитуды процесса двухфотонного излучения получаем выражение, симметричное по частотам  $\nu_1$  и  $\nu_2$ :

$$A_{\nu_1, \nu_2} = 2\pi i V \sqrt{\nu_1 \nu_2} \delta(2\omega - \nu_1 - \nu_2) A^{(2)}(\nu_1, \nu_2), \quad (11)$$

$$A^{(2)}(\nu_1, \nu_2) = \frac{V_{12}^{(2)}}{4\Omega} \left\{ (\vec{d}_{13} \vec{e}_1) (\vec{d}_{32} \vec{e}_2) \left[ \frac{\rho_{22}^{(0)}}{\nu_1 + \Omega_{23}} - \frac{\rho_{11}^{(0)}}{\nu_1 + \Omega_{13}} + \rho_{33}^{(0)} \left( \frac{1}{\nu_1 + \Omega_{13}^*} - \frac{1}{\nu_1 + \Omega_{23}^*} \right) \right] + (\vec{e}_1, \nu_1) \leftrightarrow (\vec{e}_2, \nu_2) \right\},$$

которое приводит к соответствующей дифференциальной вероятности, отнесенной к единице времени

$$dW_{2\gamma} = \delta(2\omega - \nu_1 - \nu_2) |A^{(2)}|^2 \frac{\nu_1^2 \nu_2^2 d\nu_1 d\nu_2}{(2\pi)^3} d\omega_1 d\omega_2.$$

Отметим, что при получении выражения (11) были использованы соотношения:  $\nu_2 + \Omega_{22} = -(\nu_1 + \Omega_{13}^*)$ ,  $\nu_2 + \Omega_{21} = -(\nu_1 + \Omega_{13}^*)$ .

Спектр двухфотонного излучения определяется спонтанными переходами между КЭС (1). Для больших расстройек резонанса  $\gamma_{21}$ ,  $\gamma_{23} \ll V^{(2)} \ll \epsilon$  имеем:  $\Omega_{22} = \omega_{22} - 2\omega + \frac{i}{2}(\gamma_{21} + \gamma_{23})$ ,  $\Omega_{13} = \omega_{13} + \frac{i}{2}\gamma_{21}$ , т. е.

частоты пары коррелированных фотонов лежат в окрестности пиков:  $(\nu_1 = 2\omega - \omega_{22}, \nu_2 = \omega_{22})$ ;  $(\nu_1 = \omega_{31}, \nu_2 = 2\omega - \omega_{31})$ , другие пики соответствуют перестановке фотонов:  $(\nu_1 = \omega_{23}, \nu_2 = 2\omega - \omega_{23})$ ;  $(\nu_1 = 2\omega - \omega_{31}, \nu_2 = \omega_{31})$ .

Автор выражает благодарность М. Л. Тер-Микаеляну за многочисленные полезные обсуждения.

Институт физических исследований  
Академии наук Армянской ССР

Գ. ՅՈՒ. ԿՐՅՈՒՉԿՈՎ

### Քառաֆոտոն ցրումը ստացիոնար ուժիմում

Հետազոտվում է եռակարգակ ատոմային սիստեմի կողմից միաժամանակ երկֆոտոն առաքման պրոցեսը լազերային դաշտի ազդեցությամբ: Քվանտային էլեկտրադինամիկայի շրջանակներում հաշված է ստացիոնար ուժիմում երկֆոտոն սպեկտրալ բաշխումը ատոմային մակարդակների միջև երկֆոտոն ուղղանսի դեպքում:

### ЛИТЕРАТУРА — ՎՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> М. Л. Тер-Микаелян, В. О. Чалтыкян, ДАН АрмССР, т. 75, № 4 (1982); М. Л. Тер-Микаелян, В. Е. Мкртчян, В. О. Чалтыкян, ДАН АрмССР, т. 77, № 4 (1983).  
<sup>2</sup> Р. А. Апанасевич, С. Ю. Килин, Phys. Lett., v. 62A, 83 (1977). <sup>3</sup> С. Cohen-Tannoudji, S. Reynaud, J. Phys., v. A10, 345 (1977). <sup>4</sup> А. О. Меликян, М. Л. Тер-Микаелян, Изв. АН СССР. Сер. физическая, т. 46, 1004 (1982). <sup>5</sup> Г. Ю. Крючков, ЖЭТФ, т. 83, 1992, (1982); Препринт ИФИ 83-104, Аштарак (1983). <sup>6</sup> С. Шаббер, Введение в релятивистскую квантовую теорию поля, ИЛ, М., 1963.

УДК 534.212 : 548.535

ФИЗИКА

В. Ю. Козлова, Р. К. Овсепян

Исследование записи голограмм в примесных кристаллах  
ниобата лития на длине волны 325 нм

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 12/ХІ 1983)

Эффект фотоиндуцированного изменения двулучепреломления или фоторефракции в электрооптических кристаллах находит широкое применение в устройствах записи и обработки информации (1).

Оптически индуцируемое электрическое поле пространственного заряда, возникающее вследствие объемного фотовольтаического эффекта (2) и диффузии фотовозбужденных носителей (3), модулирует изменение двулучепреломления из-за электрооптического эффекта. Плотность тока  $j$  вдоль оси  $S$  кристалла записывается в виде

$$j(z) = k\alpha I(z) + en\mu E(z) + eD \frac{dn}{dz}, \quad (1)$$

где  $k$  — константа Гласса,  $\alpha$  — коэффициент поглощения,  $I(z)$  — интенсивность падающего излучения,  $e$  — заряд электрона,  $n$  — количество неравновесных носителей в зоне проводимости,  $\mu$  — подвижность носителей,  $E(z)$  — оптически индуцируемое электрическое поле,  $D$  — коэффициент диффузии. Первый член выражения (1) описывает фотовольтаический эффект, второй — дрейфовый ток, третий — диффузию возбужденных носителей. Изменение пространственной частоты светового излучения сказывается в основном на третьем члене, т. е. если наблюдается изменение чувствительности от пространственной частоты записываемой интерференционной картины, значит, основной вклад в ток вносит диффузионный член.

Спектральные исследования фоторефракции в видимой области (400—800 нм) показали, что чувствительность увеличивается при увеличении энергии фотона (4). Поэтому представляет интерес дальнейшее увеличение энергии фотона записывающего излучения. В настоящей работе приводятся результаты исследований фоторефракции в кристаллах  $\text{LiNbO}_3$  на длине волны 325 нм с целью выяснения механизма записи на указанной длине волны и определения чувствительности.

В экспериментах использовались чистые и легированные железом 0,02 вес. % кристаллы  $\text{LiNbO}_3$   $Y$ -среза толщиной 300 мкм. Измерения индуцированного изменения двулучепреломления проводились голографическим и поляризационно-оптическим методами. В первом случае измерения дифракционной эффективности проводились на длине волны записывающего излучения кратковременным перекрыванием предметного луча. Во втором случае измерения проводились с использованием компенсатора (3).

На рис. 1 показана зависимость дифракционной эффективности го-

лограмм от экспозиции при записи и считывании для чистого и легированного железом кристалла ниобата лития на длине волны 325 нм. Необходимо отметить следующие особенности. Как видно из рисунка, считывание приводит к стиранию голограммы, причем с постоянной времени, намного меньшей, чем в видимом диапазоне. В процессе записи и считывания не наблюдались макроскопические фазовые искажения записанного участка, приводящие к ухудшению качества голограмм. Это допускает многократность цикла запись—стирание без заметного ухудшения чувствительности и качества голограмм. На рис. 2 приведены фотографии прошедшего через кристалл  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  излучения с длинами волн 325 (рис. 2, а) и 488 нм (рис. 2, б). Пучок на рис. 2, а имеет гауссовское распределение в отличие от пучка на рис. 2, б, в котором видно появление рассеянного фона по оси  $S$  кристалла.

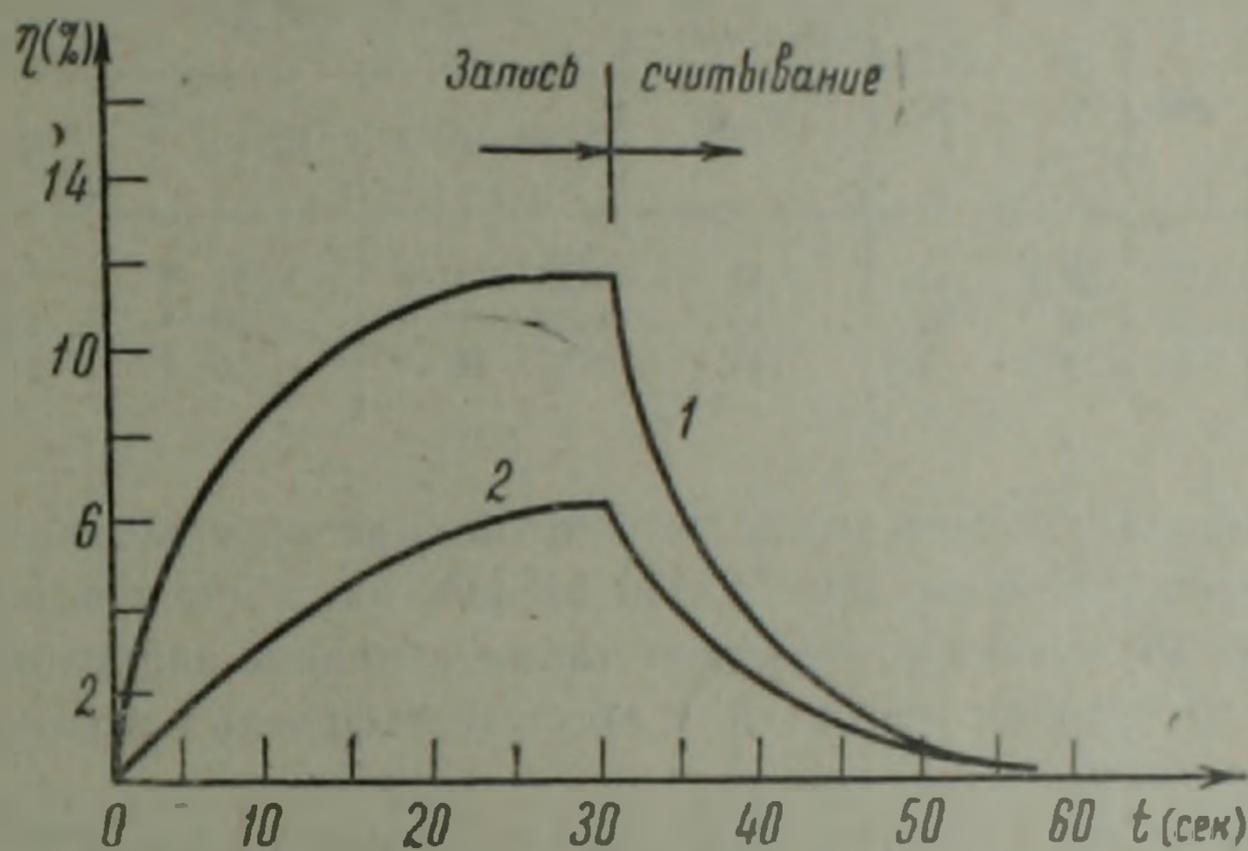


Рис. 1. Зависимость дифракционной эффективности голограмм от времени при записи и считывании: 1— $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ , 2— $\text{LiNbO}_3$



Рис. 2. Фотографии прошедшего через кристалла  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  излучения с длинами волн 325 (а) и 488 (б) нм

В таблице для сравнения приведены основные результаты экспериментов: максимальная дифракционная эффективность и фоторефрактивная чувствительность для двух пространственных частот—высокой

( $\nu=1800 \text{ мм}^{-1}$ ), измеренной голографической методикой, и низкой ( $\nu=10 \text{ мм}^{-1}$ ), измеренной поляризационно-оптической методикой. Как видно,  $\Delta n$ , определенное голографическим методом на длине волны 325 нм, на несколько порядков больше, чем определенное поляризационно-оптическим методом. По-видимому, это связано с преобладанием диффузного способа разделения неравновесных носителей, как указывалось выше. Аналогичные сравнения чувствительностей тех же кристаллов на длине волны 488 нм показали полное совпадение величин, полученных при разных пространственных частотах записываемого изображения, т. е. диффузия носителей не дает сколько-нибудь заметного вклада.

Параметры голографической записи кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  ( $\lambda=325$  и  $488$  нм)

Исследуемый кристалл	$\lambda$ , нм	$\alpha$ , $\text{см}^{-1}$	$\tau_{\text{max}}$ , %	Плотность мощности, $1/\text{см}^2$	$S = \Delta n / E$ , $\text{см}^2/\text{Дж}$		$S = \frac{\Delta n}{2E}$ , $\text{см}^2/\text{Дж}$
					1800 $\text{мм}^{-1}$	10 $\text{мм}^{-1}$	1800 $\text{мм}^{-1}$
$\text{LiNbO}_3$	325	33.5	7	11	$0.35 \cdot 10^{-5}$	$< 10^{-8}$	$1.04 \cdot 10^{-7}$
$\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$	325	80	12	11	$1.35 \cdot 10^{-5}$	$< 10^{-8}$	$1.68 \cdot 10^{-7}$
$\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$	488	14	1	11	$1.57 \cdot 10^{-5}$	$10^{-5}$	$1.12 \cdot 10^{-6}$

Необходимо отметить также разницу в чувствительностях чистого и легированного железом кристаллов  $\text{LiNbO}_3$  на длине волны 325 нм.

Диффузный механизм объясняет также стирание записанных голограмм при однородном освещении и отсутствие фазовых искажений при записи голограмм.

Использование лазерного излучения с длиной волны 325 нм удобно, так как позволяет регулировать скорость стирания голограмм мощностью считывающего пучка.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что на длине волны 325 нм фоторефракция происходит преимущественно за счет диффузного механизма разделения неравновесных носителей. При использовании вышеуказанной длины волны появляется возможность применять кристаллы ниобата лития для записи динамических голограмм и интерферометрии в реальном масштабе времени.

Институт физических исследований  
Академии наук Армянской ССР

Վ. ՅՈՒ. ԿՈՉԼՈՎԱ, Ռ. Կ. ՇՈՒՍԵՓՅԱՆ

Լիթիումի նիոբատի խառնուրդային բյուրեղում հոյուգրամների գրանցման հետազոտում՝ 325 նմ երկարության ալիքով

Աշխատութիւնում կատարված են ֆոտոռեֆրակցիայի էֆեկտի հետազոտութիւններ  $\text{LiNbO}_3$  և  $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$  բյուրեղներում 325 նմ ալիքային երկարու-

թյամբ: Ապացուցվել է, որ ինֆորմացիայի գրանցումը ու ջնջումը ալիքային  
այս երկարությամբ տեղի է ունենում հիմնականում լիցքի դիֆուզ բաժանման  
հաշվին: Կրանցված տիրույթի ֆազային մակրոսկոպիկ աղավաղումների բա-  
ցակայությունը հնարավոր է պարձնում գրանցում-ջնջում ցիկլի կրկնելիու-  
թյունը առանց հոլոգրամների որակի և ղգացողության զգալի վատացման:

Վերը նշված ալիքի երկարության օգտագործմամբ հնարավորություն է  
գոյանում լիթիումի նիոբատի բյուրեղները օգտագործել դինամիկական հոլո-  
գրամների պրանցման և ժամանակի ունալ մասշտաբներում ինտերֆերենցիայի  
համար:

#### ЛИТЕРАТУРА — ՎՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> F. S. Chen, Appl. Phys. Lett, v. 13, 223(1968) <sup>2</sup> A. M. Glass, D. Von der Linde,  
Appl. Phys. Lett. v. 25, 155 (1974). <sup>3</sup> B. M. Фридкин. Фотосегнетоэлектрики, Наука,  
М., 1979. <sup>4</sup> Г. Курц. в сб.: Фотошкка, Мир, М., 1979.

УДК 523.855

АСТРОФИЗИКА

С. Г. Искударян

## О размерах центральных сгущений Sc галактик

(Представлено академиком В. А. Амбарцумяном 11/XI 1983)

Литература пока бедна данными о размерах ядер галактик (<sup>1-4</sup>). Дело в том, что нет общепринятого определения как понятия «ядер», так и «размеров» ядер. К сожалению, из-за влияния факторов атмосфера+телескоп+фотографическая пластинка, а также расстояния пока представляется трудным ввести такое, хотя бы условное и пригодное для наблюдательной практики, определение границы ядра, и мы вынуждены мириться с этой неопределенностью, так как учесть влияние этих факторов практически оказывается невозможным. Влияние некоторых из них обсуждается в работе (<sup>4</sup>).

Тем не менее при составлении Бюраканской классификации галактик по внешней форме их центральных частей среди Sc галактик наблюдались центральные сгущения двух типов: компактные (это звездобразные и звездоподобные центральные сгущения галактик Бюраканских классов 5 и 4) и некомпактные (центральные сгущения неправильной формы галактик класса 2(<sup>5</sup>)).

Исследование этих сгущений показало, что некоторые их параметры могут характеризовать не только отдельные галактики, но и целые морфологические классы галактик. Например, Бюраканская классификация показала, что Бюраканский класс 3 у поздних спиралей полностью отсутствует, в то время как у E галактик он доминирует (<sup>6</sup>). Было показано также, что у тех Sc галактик, которые показывают необычный для своего морфологического типа спектральный класс G, центральные сгущения очень красные (<sup>7</sup>).

Таким образом, важно иметь представление также о размерах центральных сгущений галактик и, следовательно, определить размеры этих сгущений для ряда Sc галактик.

Размеры центральных сгущений Sc галактик во всех случаях можно принять за верхние границы размеров их ядер, так как истинные ядра галактик, как показывают внеатмосферные наблюдения ядер галактик Местной Группы, имеют очень маленькие размеры. К примеру, ядро M33 выглядит как точка. Если приписать ему диаметр 0."1, то линейный диаметр ядра получится около 0.4 пс—намного меньше полученного ранее результата Уокера (<sup>1</sup>) и полученного нами в настоящей работе значения.

Так как в случае Sc галактик центральные сгущения почти во всех случаях четко выделяются на окружающем фоне своих галактик, то мы назовем их, как и в прежних работах (<sup>5, 7</sup>), ядрами своих галактик.

Размеры ядер Sc галактик списка (<sup>5</sup>) определены в двух цветах

на голубых и желтых снимках, полученных нами на 21"-ом телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории. С помощью микроскопа Мир-12, который позволяет измерять размер объекта с точностью до сотых долей миллиметра, измерены большие диаметры самых слабых изображений ядер в цепочках (масштаб наших снимков 114" на 1 мм), вокруг которых фон галактик исключен. Этим точность измерения размеров повышается, но само влияние фона, например, на яркость ядра, не исключается (здесь имеется в виду остаточный фон под и над изображением ядра).

Размеры компактных ядер в голубом цвете находятся в пределах от 2."2 до 6."7, за исключением ядра NGC 3162, равного 9."0. В желтом цвете этот интервал составляет от 2."4 до 7."8. Размер ядра NGC 3162 в желтом цвете почти вдвое меньше, чем в голубом, и составляет 4."8. Следует отметить, что в случае компактных ядер инструментальный эффект может достигнуть 2". Для некомпактных ядер интервалы значений размеров ядер почти такие же, как и для компактных ядер, за исключением двух галактик—NGC 214, 4490. Нами составлены распределения компактных и некомпактных ядер по трем интервалам их линейных диаметров в голубом и желтом цветах:  $D \leq 100$  пс (1) (ядра малых размеров),  $100 < D \leq 500$  пс (2) (ядра средних размеров),  $D > 500$  пс (3) (ядра больших размеров), приведенные в виде гистограмм на рис. 1. Из рисунка видно, что в желтом цвете (пунктиры) доля компактных ядер растет с ростом размеров, а в голубом цвете компактные ядра имеют в основном средние размеры. Ядра малых размеров встречаются редко. В то время как компактные ядра (классы 4 и 5) малых размеров в голубых и желтых лучах составляют одинаковую долю среди всех галактик этих классов, доля некомпактных ядер (класс 2) малых размеров в желтом цвете почти вдвое

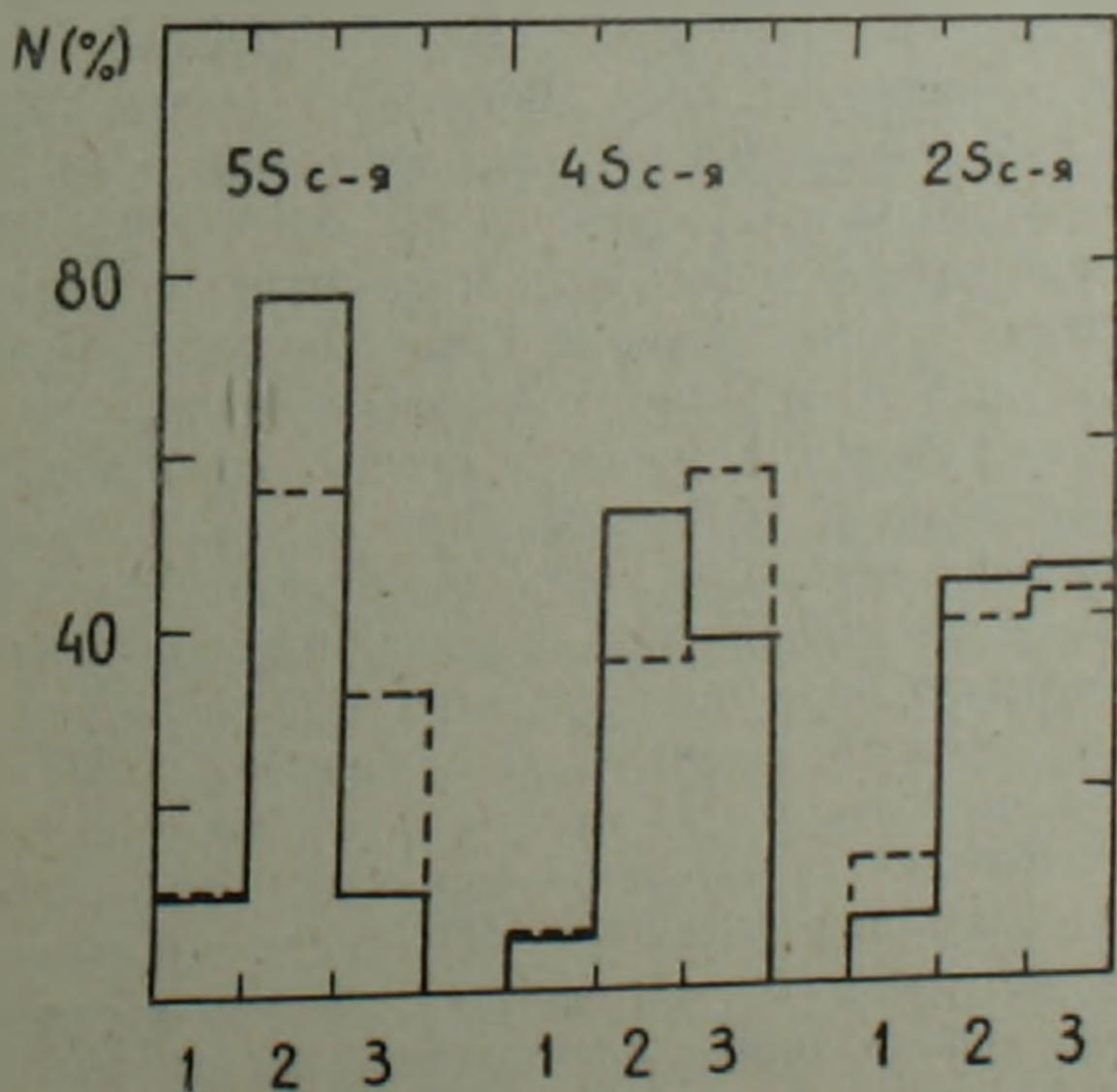


Рис. 1. Распределение Sc галактик по трем интервалам линейных размеров их ядер в голубом и желтом лучах

больше, чем в голубом. Почти сходный вид гистограмм для некомпактных ядер средних и больших размеров в голубом и желтом цветах указывает на их близкие размеры в обоих цветах.

Для Sc галактик разных Бюраканских классов составлены зависимости абсолютных фотографических величин ядер от  $\lg D$  (рис. 2, а—в). Как правило, на таких диаграммах как для компактных, так и для некомпактных ядер имеет место рост светимости ядер с увеличением их размеров, который можно объяснить тем, что

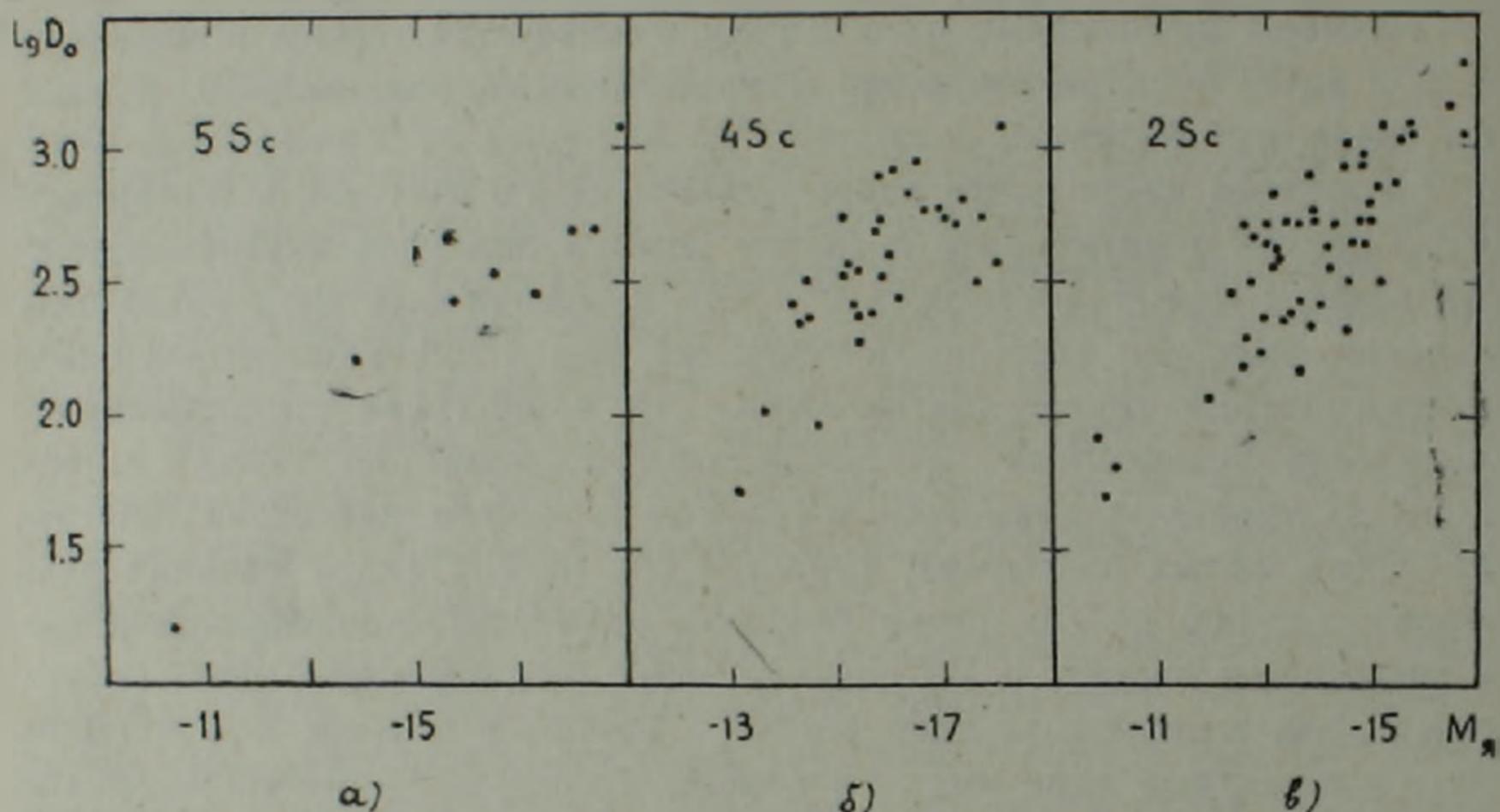


Рис. 2. Зависимость абсолютная величина ядра— $\lg$  линейного диаметра ядра: а—для звездообразных ядер; б—для звездоподобных ядер; в—для некомпактных ядер

ядра больших размеров представляют собой большие области плотного звездного населения и, следовательно, имеют большие светимости. Этот рост для звездообразных ядер несколько медленнее, чем для звездоподобных и некомпактных ядер. Встречаются также отдельные галактики как с компактными ядрами, так и с некомпактными ядрами высокой светимости, но малых размеров (NGC 2903, 4303, 4793). Одной из причин такого явления может быть присутствие дополнительной незвездной компоненты в излучении их ядер, в пользу чего говорят следующие факты: а) NGC 2903 имеет расщепленное ядро, т. е. активное ядро (<sup>8-9</sup>); б) в работе (<sup>10</sup>) говорится о присутствии в излучении ядра NGC 2903 нетепловой компоненты. Поскольку один из авторов (<sup>10</sup>) не отрицая прежние результаты, через год опубликовал новые данные (<sup>11</sup>), говорящие о том, что звездная радиация и тепловое излучение газа вполне объясняют весь континуум ядра этой галактики от  $\lambda 7200\text{\AA}$  до  $\lambda 3700\text{\AA}$ , т. е. нетепловая компонента в ядре NGC 2903 отсутствует, возможно, что это говорит о переменности излучения незвездной компоненты. Об остальных галактиках известно следующее: NGC 4303 показывает радионизлучение (<sup>9</sup>), а NGC 4793—чмиссию в линиях  $\lambda 3727\text{\AA}$ ,  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$  (<sup>12</sup>). Следует отметить, что в значениях видимого блеска центрального сгущения этой галактики, определенных Воронцовым-Вельяминовым (<sup>13</sup>) и нами, имеется разница в три звездные величины. Это сгуще-

ние на наших голубых снимках имеет диаметр  $2''.2$ , но блеск его измерен диафрагмой около  $9''$  ( $m_{pз} = 14^m6$ ). В (13) для диаметра ядра приведена величина  $7''$ , а блеск равен  $17^m8$ . Если в обоих измерениях нет случайных ошибок, то можно заподозрить сильное изменение блеска ядра.

Нами составлена диаграмма, показывающая зависимость  $\Delta \lg D$  от  $Cl_{я}$ , где  $\Delta \lg D = \lg D_0 / D_{г}$ , а  $Cl_{я}$  — цвет ядра (рис. 3). Из диаграммы видно, что размер большинства ядер, как и следовало ожидать, больше в том

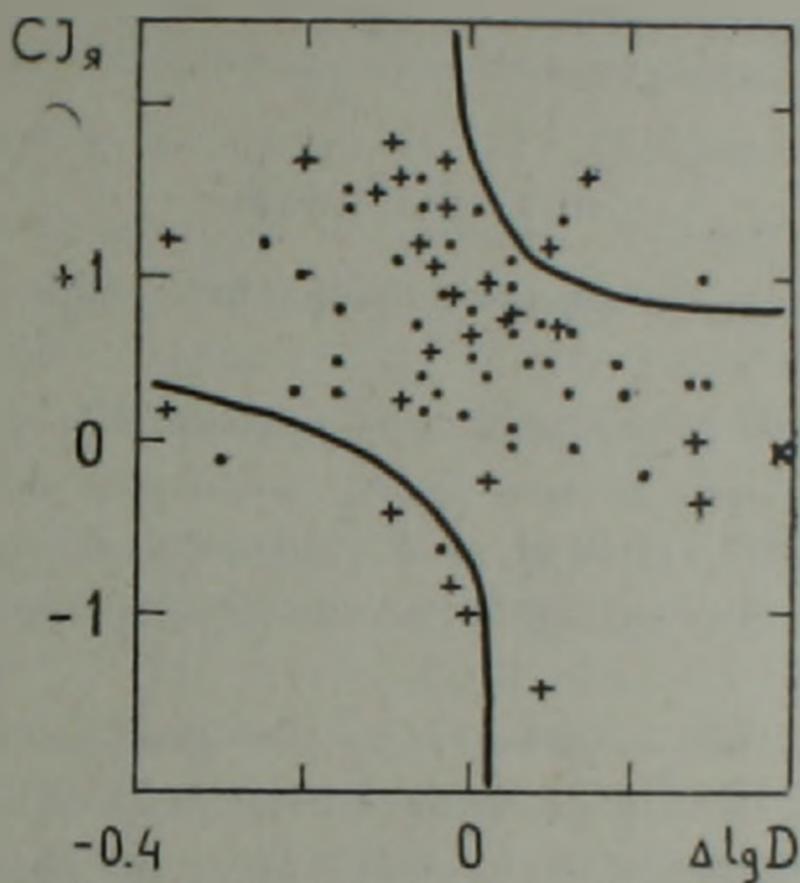


Рис. 3. Зависимость между  $\lg$  отношения линейных диаметров ядра в двух цветах и цветом ядра. Условные обозначения:  $\cdot$  — компактные ядра (звездообразные и звездоподобные);  $+$  — некомпактные ядра;  $\times$  — расщепленные ядра

цвете, в каком оно более интенсивно излучает. Однако как среди компактных, так и некомпактных ядер встречаются такие (правда, их мало), у которых цвет и размер в этом цвете находятся в противоположной зависимости в том смысле, что голубые ядра имеют большие размеры в красном цвете, а красные ядра — в голубом. Этот результат находится в хорошем согласии с данными Тиффта о том, что у некоторых нормальных спиралей голубые ядра имеют красные околядерные области и наоборот (14). Указанное в некоторых случаях несоответствие размеров и цветов ядер, по-видимому, может быть следствием повторяющейся время от времени активности ядра. Причины такого явления могут быть и чисто специфического характера, например, свойственный только этим ядрам и их окружениям особый звездный состав. Во всех случаях можно допустить, что этим галактикам свойственно нечто особое, хотя бы потому, что каждая четвертая из них входит в атлас пекулярных галактик Арпа (15), в то время как из остальных галактик списка туда входит каждая восьмая галактика.

Таким образом, ядра Sc галактик показывают большое разнообразие как в форме, в светимости (5), в цвете (7), так и в размерах. С другой стороны мы наблюдаем широкое разнообразие также в структуре самих Sc галактик, которое, однако, Хаббл в свое время характеризовал очень просто: яркие центральные части малых размеров и очень

раскрытые богатые рукава по сравнению с галактиками более ранних морфологических типов. Наблюдаемое в структуре этого обширного класса поздних спиралей многообразие, по-видимому, обусловлено наблюдаемым многообразием их ядер, согласно идее о том, что история активности ядра протекает независимо от процессов в окружающей галактике и скорее сама определяет состояние галактики (<sup>16</sup>).

Автор выражает свою благодарность академику В. А. Амбарцумяну за внимание, оказанное им к настоящей работе.

Бюраканская астрофизическая обсерватория  
Академии наук Армянской ССР

## Ս. Գ. ԻՍԿՈՒԴԱՐՅԱՆ

### ՏՇ գալակտիկաների կորիզների շափերը

ՏՇ գալակտիկաներն իրենց կորիզների շափերում ևս ցույց են տալիս մեծ բազմազանություն, այնպես ինչպես նրանց արտաքին տեսքում, լուսատվության մեջ և գույնում (<sup>1-7</sup>): Բերվում է կորիզների թռիչքաձև զարգացման օգտին խոսող փաստ: Ըստ երևույթին, նման զարգացումն է ապահովում այդ բազմազանությունը:

Այն խայտարղետ բազմազանությունը, որ դիտվում է ՏՇ գալակտիկաների կառուցվածքում, որ այդ գալակտիկաների բազմազանության մեջ հնարավոր չէ գտնել գոնե երկուսը, որոնք իրենց կառուցվածքով մանրամասնորեն կրկնեն մեկը մյուսին, ըստ երևույթին կապված է նրանց կորիզներում դիտվող բազմազանության հետ, համաձայն Համբարձումյանի այն գաղափարի, որ կորիզների ակտիվության պատմությունը ընթանում է գալակտիկայում կատարվող երևույթներից անկախ և ավելի շուտ ինքն է որոշում գալակտիկաների վիճակը(<sup>16</sup>):

## ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> M. F. Walker, A. J., v. 69, 744 (1964). <sup>2</sup> M. F. Walker, Ap. J., v. 136, 695 (1962). <sup>3</sup> G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, A. J., v. 73, 858 (1968). <sup>4</sup> G. de Vaucouleurs, R. Buta, A. J., v. 85, 637 (1980). <sup>5</sup> С. Г. Искударян, Астрофизика, т. 4, 385 (1968). <sup>6</sup> S. G. Iskudaryan et al., Communication IAU, Praha, 1967. <sup>7</sup> С. Г. Искударян, Сообщ. Бюраканской обс., вып. 46, 62 (1975). <sup>8</sup> Г. М. Товмасян, Астрофизика, т. 2, 419 (1966). <sup>9</sup> D. S. Heeschen, C. M. Wade, A. J., v. 69, 277 (1964). <sup>10</sup> Y. Andriolat, S. Souffrin, D. Alloin, Astron. Astrophys., v. 19, 405 (1972). <sup>11</sup> D. Alloin, Astron., Astrophys., v. 27, 433 (1973). <sup>12</sup> M. L. Humason, N. U. Mayall, A. R. Sandage, A. J., v. 61, 97 (1956). <sup>13</sup> Б. А. Воронцов-Вельяминов, АЖ, т. 42, 1168 (1965). <sup>14</sup> G. W. Tifft, A. J., v. 74, 354 (1969). <sup>15</sup> H. Arp, Atlas of Peculiar Galaxies, Pasadena, 1966. <sup>16</sup> V. A. Ambartsumyan, Solvey Conference Report, Bruxells, 1964.

УДК 612.73+612.171

ФИЗИОЛОГИЯ

К. В. Казарян, А. С. Тираян

О влиянии натриевого насоса на электрическую активность пейсмекеровой зоны мочеточника

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. В. Фанарджяном 27/XII 1983)

С большой достоверностью установлен определенный вклад электрогенности натриевого насоса в величину потенциала покоя гладкомышечных клеток (ГМК) *taenia coli* (<sup>1-5</sup>). При этом наблюдалось влияние насоса не только на уровень поляризации мембраны, но также на характер спонтанной активности.

Если в *taenia coli* электрическая активность выражена по всей длине мышцы ввиду того, что каждая клетка способна генерировать потенциалы действия (ПД) по типу водителя ритма (<sup>4</sup>) и регистрируемая активность складывается из пришедших в данную область и собственно генерируемых, то в мочеточнике ритмогенной активностью обладают лишь специализированные зоны (пейсмекеры), локализованные в области пиелоуретерального соустья (<sup>6-8</sup>). Такая особенность дает возможность более четко показать участие электрогенности насоса в генерации ритмики. Исходя из этого мы попытались выявить электрогенность натриевого насоса в мочеточнике и по возможности установить его влияние на регистрируемую спонтанную активность. Для осуществления этой задачи нами в определенных условиях изучалась биоэлектрическая активность участков мочеточника, включающих ритмогенную зону.

Эксперименты проводили на изолированных мочеточниках, выделенных из околопочечной области вместе с лоханкой, 20 морских свинок. Для опытов использовали животных массой 300—400 г.

После изоляции препараты помещали в раствор Кребса при температуре 36—37° в течение одного часа, а затем переносили в соответствующие камеры «сахарозного мостика», сконструированные по Бергеру и Барру (<sup>9</sup>).

Через все отсеки сахарозной камеры с постоянной скоростью протекали растворы. Нормальный раствор Кребса, протекающий через средний отсек, имел следующий состав: NaCl—120,4; KCl—5,9; NaHCO<sub>3</sub>—15,5; MgCl<sub>2</sub>—1,2; NaHPO<sub>4</sub>—1,2; глюкоза—11,5; CaCl<sub>2</sub>—2,5 мМ на 1 л дистиллированной воды. Раствор сахарозы, приготовленный на тридистиллированной воде, а также раствор хлористого калия были изотоничны нормальному раствору Кребса. В бескальциевом растворе KCl замещался на NaCl. Все тестируемые растворы поддерживались при постоянной температуре около 36°.

Мембранные потенциалы отводились каломельными электродами. Регистрация активности велась на потенциометре.

В растворе Кребса была зарегистрирована типичная для пейсмейкерной зоны мочеточника ритмичная электрическая активность в виде потенциалов действия (ПД) (рис. 1, 1). Частота генерации ПД, как правило, была в среднем около 3—4 имп./мин. Величина амплитуды варьировала от препарата к препарату и находилась в пределах 3—4 мв. Показанные на рисунке разряды импульсов имели частоту 4 имп./мин и амплитуду 3,7 мв. При удалении ионов  $K^+$  из наружной среды сразу же наблюдалось кратковременное (в течение 2—3 мин) учащение ритмики, затем постепенное нарушение регулярности активности и ее урежение (рис. 1, 2). Все эти изменения активности сопровождались заметной деполяризацией (до 0,5 мв) уровня мембранного потенциала. Амплитуды потенциалов постепенно уменьшались на фазе деполяризации и исчезали в течение 3—5 мин (рис. 1, 3). При последующем добавлении ионов  $K^+$  в среду, т. е. при смене бескалиевого раствора на

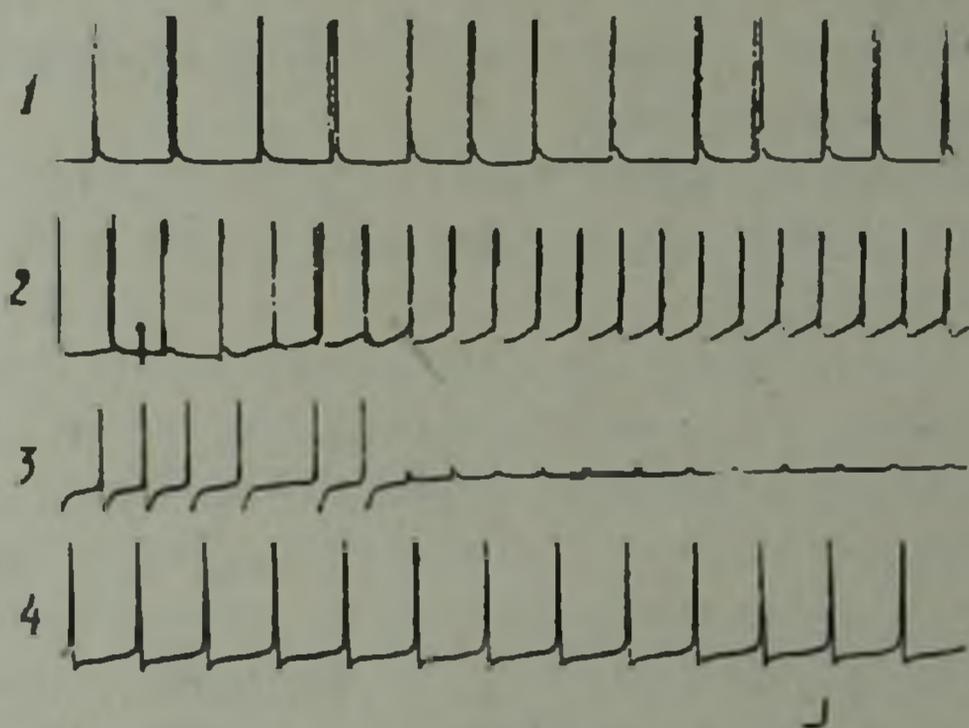


Рис. 1. Спонтанная биоэлектрическая активность мочеточника морской свинки при удалении ионов калия в наружной среде: 1—нормальный раствор Кребса; 2—смена раствора Кребса на бескалиевый раствор (указано стрелкой); 3—бескалиевый раствор (через 3 мин); 4—нормальный раствор Кребса. Калибровка: 1 мв, 10 с

раствор Кребса, наблюдалось восстановление активности (рис. 1, 4). Надо отметить, что период восстановления зависит от времени экспозиции в бескалиевом растворе. При выдерживании от 0,5 до 1 ч нормальная активность появляется за 5—7 мин, а при продлении этого времени свыше 1 ч восстановление наблюдается за 10—15 мин. Появление активности сопровождается деполяризацией мембраны после небольшой гиперполяризации до 0,7—0,8 мв.

Изложенные данные согласуются с результатами, полученными на *taenia coli* (1, 2). Однако в этом случае наблюдаемые на мочеточнике процессы во времени развиваются заметно быстрее, чем на *taenia coli*, где полное исчезновение активности в бескалиевой среде констатировано лишь через 50—60 мин.

Принимая во внимание наличие электрогенной натрий-калиевой помпы в мочеточнике, аналогично *taenia coli*, полученный нами результат деполяризации мембраны с соответствующим учащением активности в бескалиевой среде можно объяснить блокированием работы на-

соса. При удалении ионов  $K^+$  из наружной среды, как известно, угнетается активный выход ионов  $Na$  и создается возможность для его пассивного входа (10, 11). Выдерживание в бескальевой среде ГМК мочеточника в течение одного часа и свыше способствовало обогащению мышц ионами натрия. Имеются данные (12, 13), указывающие на быстрый обмен ионов  $Na$  гладкомышечных клеток, в частности *taenia coli*. Видимо, подобным свойством обладают и клетки мочеточника. Поэтому при добавлении в среду ионов калия мембраны ГМК мочеточника гиперполяризуются и в течение определенного времени становятся невозбудимыми. Восстановление нормальной ритмичной активности наблюдается лишь при реполяризации.

Как показано Бакунцем (6), в самой зоне пейсмекера мочеточника отмечается ритмичная низкоамплитудная медленноволновая биоэлектрическая активность, которая является локальным процессом и лежит в основе генерации ПД, распространяющихся с определенной скоростью и декрементом. Наблюдаемое нами исчезновение вышеописанных ПД в бескальевой среде, по-видимому, сопровождается подавлением соответствующих им медленных волн.

Для гладкомышечных клеток двенадцатиперстной кишки (14) было показано, что за медленноволновые изменения мембранного потенциала при нормальных условиях ответственны токи электрогенной натрий-калиевой транспортной системы. Учитывая это обстоятельство, полученные результаты можно связать с работой подобной системы.

Добавление в среду специфического ингибитора натриевого насоса, оубаина ( $10^{-6}$  мМ), вызывает эффекты, аналогичные бескальевому раствору. При этом наблюдаются внезапная деполяризация, учащение ритмики с последующим подавлением активности (рис. 2). Быстрая деполяризация (0,5 мВ) сохраняется в течение всего периода действия ингибитора. Последующее удаление оубаина приводит к небольшой гиперполяризации мембраны (до 0,4—0,5 мВ) и в дальнейшем наблюдается восстановление активности (рис. 2, 4) на фоне медленной реполяризации. Как правило, период восстановления ритмики находится в пределах от 5 до 7 мин и зависит от времени выдерживания в оубаине. Наблюдаемые нами столь быстрые изменения уровня поляризации мембраны, по-видимому, можно связать либо с ингибированием электрогенной системы насоса, либо его включением, как было показано на *taenia coli*.

Установление роли низкой температуры, также являющейся ингибитором транспортной системы, проводилось следующим образом. Регистрировали активность мочеточников, предварительно выдержанных в нормальном растворе Кребса от 2 до 3 ч при температуре 7—8° (рис. 3). В течение первых 5—7 мин, времени, достаточном для восстановления внутриклеточной концентрации натрия, активность не наблюдалась (рис. 3, 1), а последующее ее появление сопровождалось деполяризацией мембраны (до 1 мВ), т. е. при восстановлении условий, наблюдаемых для нормальной работы помпы.

Исходя из вышеизложенного, а также литературных данных полученных нами результаты, как нам кажется, могут служить доказательством электрогенности натриевой помпы мочеточника. Они одно-

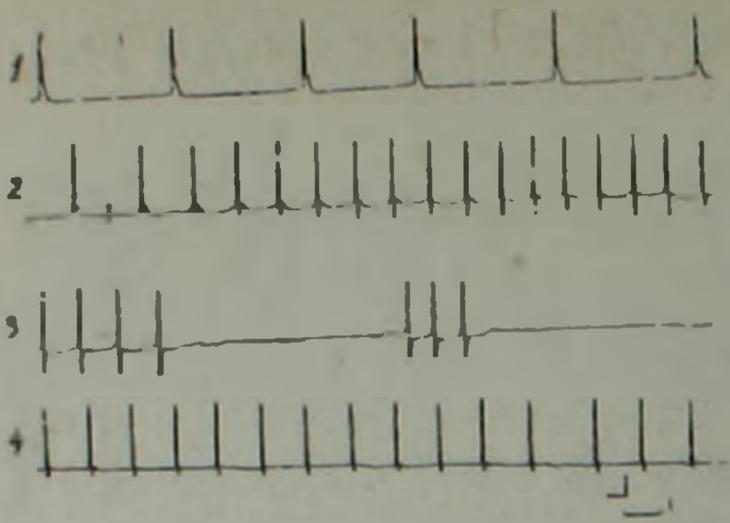


Рис. 2. Спонтанная биоэлектрическая активность мочеточника при добавлении оубаина ( $10^{-6}$  мМ) в наружной среде: 1—нормальный раствор Кребса; 2—добавление оубаина в нормальный раствор Кребса (указано стрелкой); 3—нормальный раствор Кребса с оубаином (через 2 мин); 4—нормальный раствор Кребса

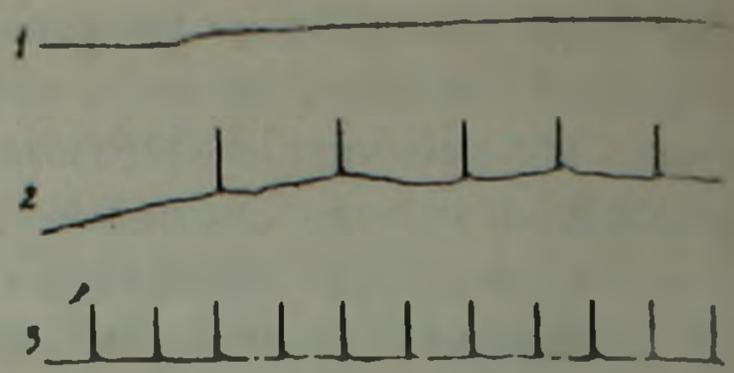


Рис. 3. Спонтанная биоэлектрическая активность мочеточника морской свинки после предварительного поддержания в нормальном растворе Кребса при температуре  $7-8^{\circ}$ : 1—первые 5 мин после перенесения в теплый раствор Кребса; 2—начало восстановления активности; 3—восстановленная активность

временно могут явиться определенной основой для предположения о связи пейсмекеровой активности с работой указанной транспортной системы. Однако доказательство наличия данной связи представляется весьма сложным и требует дальнейшего изучения.

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

Ք. Վ. ՂԱԶՍՐՅԱՆ, Ա. Ս. ՏԻՐԱՅԱՆ

Նատրիումական պոմպի ազդեցությունը միզաձորանների պեյսմեկերային հատվածի բիոէլեկտրական ակտիվության վրա

Սախարոզային կամրջակի մեթոդով ուսումնասիրվել է միզաձորանների պեյսմեկերային հատվածի բիոէլեկտրական ակտիվությունը: Ցույց է տրված էլեկտրազեն նատրիումական պոմպի ներկայությունը միզաձորանների բջիջներում: Միաժամանակ ստացված տվյալները ցույց են տալիս վերոհիշյալ տրանսպորտային սիստեմի ազդեցությունը միզաձորանների ինքնարուխ ակտիվության վրա:

ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> T. Tomita, T. Yamamoto, J. Physiol., v. 212, № 2 (1971). <sup>2</sup> R. Casteels, G. Droogmans, H. Hendrickx, J. Physiol., v. 217, № 2 (1971a). <sup>3</sup> R. Casteels, G. Droogmans, H. Hendrickx, J. Physiol., v. 217, № 2 (1971b). <sup>4</sup> E. Bülbbring, Physiol. Rev., v. 42, 3, suppl 5 (1962). <sup>5</sup> H. J. Shatzmann, H. Ackermann, Helv. physiol. pharmac. Acta, v. 19, № 1 (1961). <sup>6</sup> С. А. Бакунц, Вопросы физиологии мочеточников, Наука, Л., 1970. <sup>7</sup> E. Bozler, Experimentia, № 4 (1948). <sup>8</sup> F. Kill, The function of the ureter and renal pelvis, Oslo, 1957. <sup>9</sup> W. Berger, L. Barr, J. Appl. Physiol., v. 26, № 3 (1969). <sup>10</sup> P. J. Garrahan, I. M. Glynn, J. Physiol., v. 192, № 1 (1967). <sup>11</sup> A. L. Hodgkin, R. D. Keynes, J. Physiol., v. 128, № 1 (1955). <sup>12</sup> P. J. Goodford, K. Hermansen, J. Physiol., v. 158, № 2 (1961). <sup>13</sup> R. P. Durbin, R. R. Monson, Federation Proc., v. 20, № 1 (1961). <sup>14</sup> J. A. Connor, C. L. Prosser, W. A. Weems, J. Physiol., v. 240, № 3 (1975)

УДК 591.513+612.821.6

ФИЗИОЛОГИЯ

Г. Е. Григорян, А. М. Стольберг

**Индивидуальные вариации в развитии двигательной активности у крыс в «открытом поле»**

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. В. Фанарджяном 28/II 1984)

Одним из фенотипических признаков, характеризующих поведение грызунов, является их активность в «открытом поле». В литературе все еще дискутируется вопрос относительно мотивов, определяющих поведение крыс в этих условиях (1). По наиболее вероятной точке зрения двигательная активность крыс в новой, незнакомой ситуации сама по себе не может являться эквивалентом только исследовательского поведения или только реакции страха. В своем происхождении локомоторная активность в «открытом поле» характеризуется и негативной эмоциональностью, и исследовательской мотивацией (2-4).

Подтверждая концепцию о двухфакторной мотивационной структуре двигательной активности крыс в «открытом поле», мы в то же время задались целью выявить возможные индивидуальные вариации в развитии и смены реакций страха и исследования в процессе выработки хронического привыкания к новой обстановке.

Опыты проведены на 20 белых нелинейных крысах обоего пола массой 150—250 г в условиях теста «открытого поля». Последнее представляет собой прямоугольную площадку (60×60 см), ограниченную по бокам непрозрачными бортами высотой 30 см. Дно установки разделено на 16 одинаковых квадратов. На один из них сажали животное и в течение 3 мин регистрировали следующие элементы поведения: пересечение квадратов при поступательном движении, частоту пересечения, вертикальные стойки на задние лапы, поднятие головы с обнюхиванием, чистку шерсти и умывание, дефекацию. Из временных параметров учитывали: время нахождения в движении и покое, а также общее время гигиенических процедур. Опыты ставили ежедневно в течение 30—60 дней при ярком освещении поля (200 Лк).

До начала эксперимента у подопытных животных отсутствовала какая-либо информация об установке «открытого поля». Поэтому естественно было предположить, что вероятность опасности данного объекта для животного должна быть выше. Так, при первом тестировании в «открытом поле» ориентировочно-исследовательская реакция, возникшая в ответ на незнакомые и неожиданные факторы среды, была мотивирована, главным образом эмоцией страха. Она в свою очередь адекватно усилила потребность животного к активному избеганию поля — выходу из сферы действия раздражителя. Но поскольку попытки избегания были безуспешными, то у животных со временем ослабевала по-

требность к активному избеганию и появлялась пассивно-оборонительная реакция как форма самосохранения. У крысы № 2 реакция страха в виде пассивно-оборонительной реакции появилась без предшествующей фазы активного избегания и длилась в течение 28 опытов. Смена одного типа реакции другим сопровождалась подавлением двигательной активности и усилением акта дефекации. При этом животные большую часть контрольного времени находились в углах поля (рис. 1). Продолжительность фазы активного избегания колебалась у разных особей в пределах 2—15 опытов, а пассивно-оборонительной реакции—2—60 и более опытов.

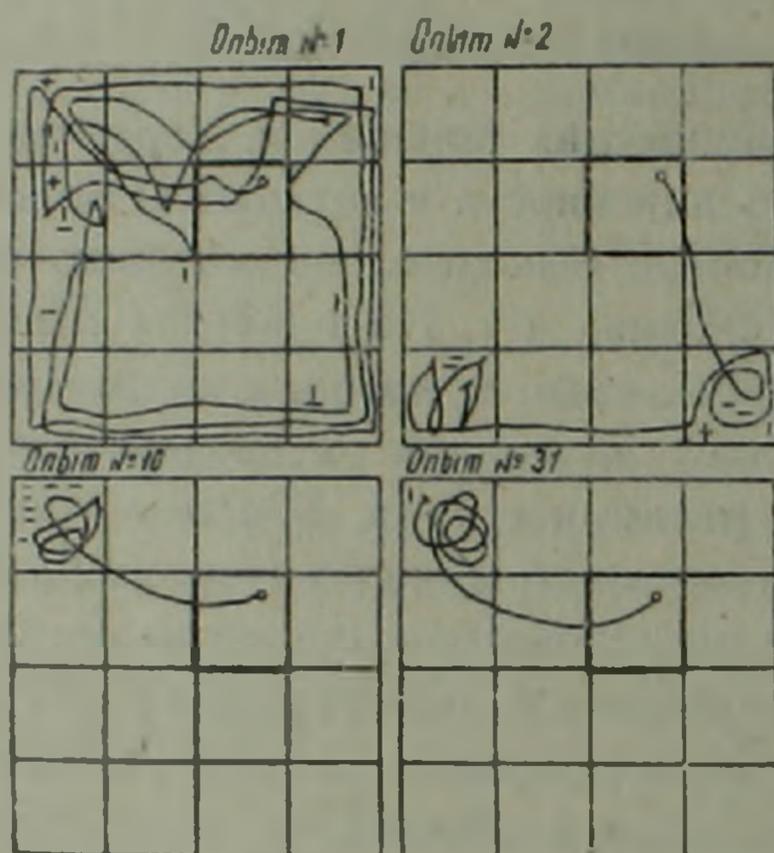


Рис. 1. Крыса № 32. Графическое изображение траектории поступательного движения в тесте «открытого поля». На схемах поля кружочками указано место посадки животного. Вертикальные черточки—число стоек, горизонтальные — число фекальных болюсов. Знак (+)—число гигиенических процедур

Пробы с «пищей» и с «самкой», а также фармакологические тесты подтвердили доминирующую роль эмоции страха в развитии поведения в начальном этапе тестирования крыс в «открытом поле». В период активного избегания и пассивно-оборонительной реакции голодные крысы не брали пищу в «открытом поле». Однако в клетке (в группе) они съедали предложенную им порцию лакомства. В то же время самцы проявляли очень слабую или вовсе не проявляли половую активность (подход к партнеру, обнюхивание гениталий, садки, чистки и т. д.) к самкам, посаженным в «открытое поле». Следует заметить, что вне «открытого поля» те же самцы с первых же секунд и в течение 2—3 мин проявляли высокую половую активность в присутствии партнера.

Эти наблюдения свидетельствуют о конкуренции между разнородными по биологической направленности мотивациями, когда центральные механизмы эмоции страха тормозят пищевую и половую возбудимость и соответствующие потребности у животных в «открытом поле».

Что это так, можно убедиться в опытах с аминазином (2 мг/кг, в/брюшину). Блокируя нейрохимические механизмы эмоциональной реакции страха и напряжения (<sup>5-7</sup>), аминазин, введенный за 20—30 мин до начала опыта, растормаживал пищевую возбудимость, и животные принимали пищу в «открытом поле». В дни между опытами с аминазином они вновь отказывались от еды в «открытом поле».

При дальнейшем углублении привыкания у части особей наступала повторная активизация поведения по всем элементам горизонтальной и вертикальной активностей. У других такой закономерной смены фаз не произошло. Развитие поведения как бы задерживалось в фазе пассивно-оборонительной реакции несмотря на продолжение процесса привыкания до 60 и более дней. Примечательно, что вторая волна активности в «открытом поле» у большинства крыс периодически чередовалась повторным ее падением, что придавало динамике развития поведения волнообразный характер. С этим коррелировало изменение уровня дефекации (рис. 2).

Этап повторной активизации поведения указывает на то, что в результате привыкания вероятность опасности внешнего объекта для животного стала меньше—ослабевала эмоциональная реакция страха и создавались благоприятные условия для усиления потребности к собственному исследованию обстановки (рис. 3). При первых встречах с

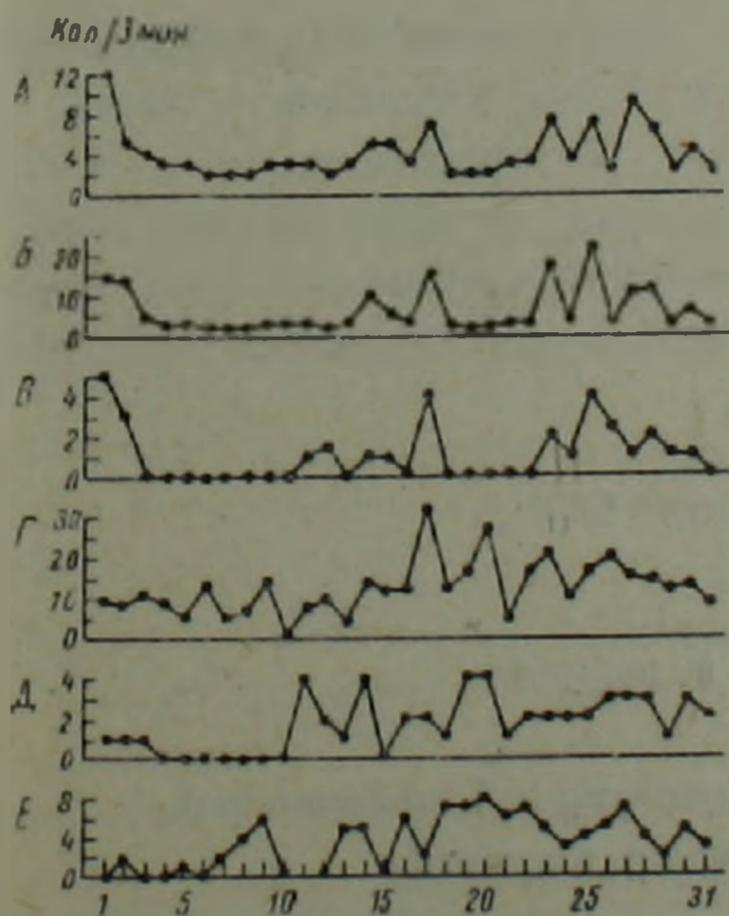


Рис. 2. Крыса № 7. Динамика хронического угашения ориентировочно-исследовательской реакции в тесте «открытого поля». На абсцисс—элементы поведения и число опытов. А—число пересеченных квадратов; Б—частота пересечения; В—вертикальные стойки; Г—поднятие головы; Д—чистка шерсти и умывание; Е—дефекация

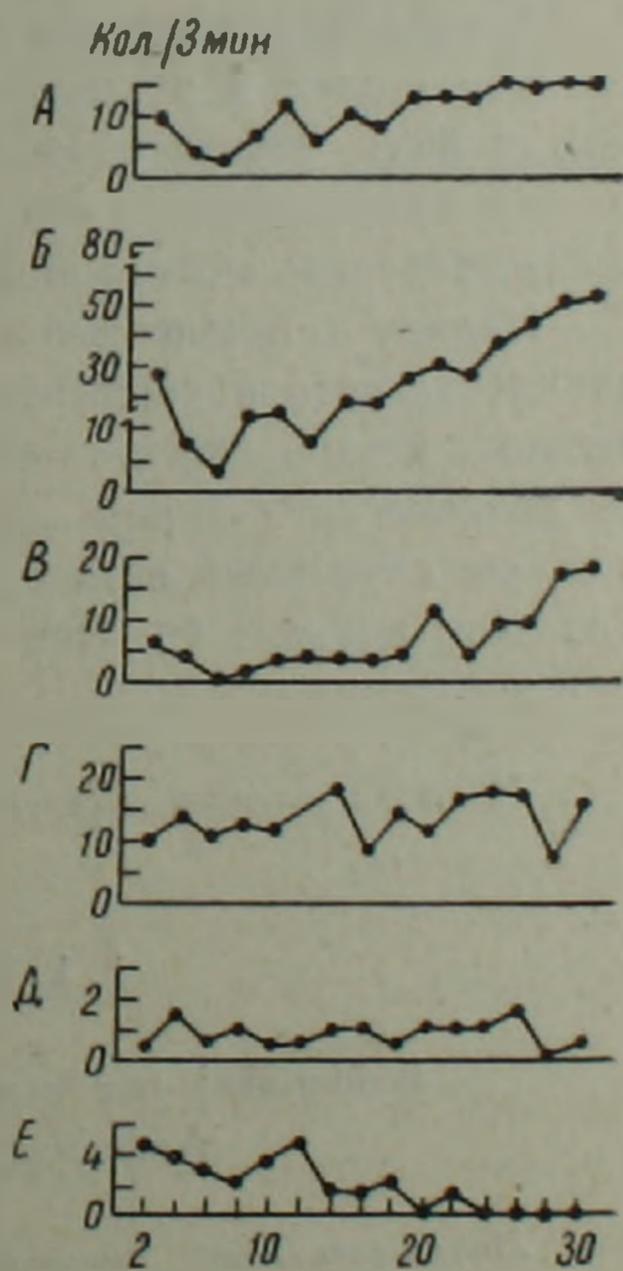


Рис. 3. Крыса № 35. Динамика исследовательской активности в тесте «открытого поля». Обозначения «риной те же, что на рис. 2

«открытым полем» исследовательская активность у большинства крыс была направлена на избегание негативной эмоциогенной среды. Повторное же повышение исследовательской активности было нацелено, вероятно, также и на поиски информации, для удовлетворения других, неконтролируемых в данный момент потребностей животного—к пище, питью, половому удовлетворению и т. д. Подтверждением сказанному послужили пробы с «пищей» и с «самкой». В период повторной волны исследовательской активности—ослабления реакции страха животные охотно съедали предложенную им пищу, без дополнительной фармакологической обработки. Причем некоторые делали это сразу в первые же секунды пребывания в «открытом поле», другие—через 1—2 мин. У таких крыс-самцов появлялась также и высокая исследовательская половая активность в отношении самок, посаженных в «открытое поле».

В последующие дни тестирования в «открытом поле», при еще большем углублении привыкания к условиям опыта, уменьшалась и исследовательская активность, и животные становились малоподвижными. У некоторых особей это происходило к 30-му дню опытов, у других—на 45—60-й день.

Таким образом, в результате проведенного исследования было установлено, что двигательная активность у крыс в «открытом поле» в своем происхождении имеет двухфакторную мотивационную основу—реакции страха и исследования. Причем исследовательское поведение может быть мотивировано также и другими потребностями. Отсюда можно предположить, что поведение крыс в «открытом поле» имеет многофакторное мотивационное обеспечение.

Наряду с общностью имеет место значительная индивидуальная вариабельность в характере, величине и темпе развития и смены отдельных этапов двигательной активности в «открытом поле» в процессе хронического привыкания. Следовательно, индивидуальные различия—не случайные неточности, как это часто принимают при статистическом анализе (1). Они реальны, и их следует учитывать при изучении поведения.

Институт зоологии Академии наук Армянской ССР

Գ. Ե. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա. Մ. ՍՏՈՒՐԵՐԳ

Առնետների շարժողական վարքի զարգացման անհատական փոփոխականությունը «բաց դաշտում»

Հետազոտության նպատակն է եղել բացահայտել վախի և շրջապատի ուսումնասիրման մոտիվացիաների դերը առնետների շարժողական վարքի զարգացման գործում «բաց դաշտի» պայմաններում: Միևնույն ժամանակ խնդիր էր դրված ցույց տալ առնետների շարժողական վարքի զարգացման անհատական զանազանության առկայությունը:

Փորձերը կատարվել են 20 հասուն սպիտակ առնետների վրա: «Բաց դաշտն» իրենից ներկայացնում է առանց կափարիչի արկղ, որի հատակը բաժանված է 16 քառակուսիների: Նրանցից մեկի վրա տեղադրվում է կենդան-  
230

նին և երեք րոպեի ընթացքում ուսումնասիրվում է վարքի մի շարք բաղկացուցիչ մասեր՝ հորիզոնական և ուղղահայաց ակտիվությունը, գլխի բարձրացման շարժումները, մաշկի և մազերի մաքրման հաճախականությունը:

Փորձերը ցույց տվեցին, որ ոչգծային առնետների շարժողական ակտիվության առանձնահատկությունները «բաց դաշտում» պայմանավորված են ոչ միայն շրջապատն ուսումնասիրելու անհրաժեշտությամբ, այլև վախի էմոցիայով:

Համեմատելով փորձի ենթակա առնետների մոտ վախի և շրջապատն ուսումնասիրելու մոտիվացիաների փոխհարաբերությունը և փոխազդեցությունը, պարզվեց, որ ոչգծային առնետների շարժողական վարքի դարգացման բնույթը, արագությունը և նրա առանձին փուլերի հաջորդականությունը, բացի ընդհանուր նմանությունից, ունեն անհատական զգալի առանձնահատկություններ:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> P. Хайнд, Поведение животных, Мир, М., 1975. <sup>2</sup> A. Whimber, V. Denenberg, J. Comp., Physiol. Psychol., v. 63, № 4 (1967) <sup>3</sup> А. Л. Маркель, Журн. высшей нервной деят., т. 31, № 2 (1981). <sup>4</sup> А. С. Штемберг, Журн. высшей нервной деят., т. 32, № 4 (1982). <sup>5</sup> П. К. Анохин, Физиолог. журн. СССР, т. 43, № 11 (1957). <sup>6</sup> Г. Е. Григорян, Журн. exper. и клинич. медицины, т. 4, № 3 (1964). <sup>7</sup> Г. Е. Григорян, Структурные основы системной организации поведения, Изд-во АН АрмССР, Ереван, 1983.

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ն. Մ. Բարսեղյան—Գույճակման սխալի առիթաբանական վարքը սինգուլյար ստացիոնար հաջորդականության համար	3
Վ. Ս. Զախարյան, Ս. Վ. Մադոյան—Մ. Մ. Զորաշյանի դասի $N_a(-1 < a < 0)$ եզրային արժեքների մասին	7
Հ. Բ. Ներսիսյան, Ն. Ա. Չերեյավսկոյա—Համարյա տարրերակալին, կորիզով ինտեգրալ օպերատորների շրջման մասին	10
Է. Ա. Միրզախանյան—Հիլբերտյան տարածության ենթարազմությունների անվերջ չափանի համոտոպիկ խմբերի որոշ հատկությունների մասին	15
Կ. Գ. Կեռոզյան—Ֆուրյեի ինտեգրալների հարաբերական միակության բազմությունների մասին	18
Յ. Ա. Քալայյան—Տոպոլոգիական խմբերի վրա որոշված կամայապես փոքր պարբերություն ունեցող ֆունկցիաների մասին	22
Ի. Ի. Վարշամով—Վերջավոր դաշտերի վրա անվերածելի բազմանդամների կառուցման մի եղանակի մասին	20
Մ. Ի. Ոստրոլսկի—Ենթատարածությունների բացվածքի կապը չափողականության և այլ իզոմորֆ ինվարիանտների հետ	51
Վ. Ս. Զախարյան—Մի դիտողություն Դիրիխլեի տիպի վերջավոր ինտեգրալ ունեցող ֆունկցիաների մասին	54
Ս. Ն. Մանուկյան—Դիրիխլեի խնդիրը կոնստրուկտիվ անալիզում	53
Ա. Մ. Մուլոյան—Երկրորդ կարգի մատրիցաների հանրահաշիվների նիւլտետեստ ենթահանրահաշիվների փաթաթման նույնությունները	99
Վ. Ա. Խաչատրյան—Ֆուրյեի օպերատորների բնութագրիչ սպեկտրալ հատկությունների մասին	102
Կ. Հ. Ղազարյան—Շերտում բազմապատիկ ինտերպոլյացիոն խնդիրը և որոշ ֆունկցիաների սխտեմների բաղիտությունը	106
Շ. Հ. Գրիգորյան—Անկյունային տիրույթում Մյունց—Սասի տիպի ոչ լրիվ ընդհանրացված համակարգերի փակույթի մասին	110
Ջ. Ա. Առուշանյան, Բ. Վ. Կրիգորյան—Ռուդին—Կաուլեսոնի թեորեմի մի ընդհանրացման մասին	147
Ա. Գ. Հատուրյանյան, Ն. Հ. Սինանյան—Տրված գործակիցներով ըստ լրիվ օրթոնորմավորված համակարգերի չափելի ֆունկցիաների ներկայացման մասին	151
Վ. Մ. Մանուկյան—Ուղղի ենթահամակարգի մասին, որը հանդիսանում է ներկայացման համակարգ	155
Ա. Լ. Կրիգորյան—Ֆունկցիաների մոտարկումը Ֆուրյեի դիսկրետ գումարներով	159
Կ. Հ. Ղազարյան—Բազմապատիկ ինտերպոլյացիոն խնդրի էֆեկտիվ լուծումը կիսահարթության ու շերտի $H^1$ դասերում	163
Հ. Հ. Սինիկյան—Հազվեցված բորգիզմի մի ընդհանրացման մասին	195
Յու. Մ. Արլինսկի, Է. Ռ. Յեկանովսկի—Գրական էրմիտյան օպերատորների սեկտորիալ լայնացումների և նրանց ուղղվելիությունների մասին	199

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Է. Հ. Ղազարյան, Ս. Ս. Գոգոսյան—Հաշվարկային սխեմաների կառուցման մի մեթոդի մասին	116
Կ. Վ. Կենչոյան—Հապլասի հավասարման համար եզրային խնդիրների լուծումը հաջորդական մոտավորությունների մեթոդով շրջանագծերով սահմանափակված երկկապ անվերջ տիրույթներում	163

ԿԻՐԵՐՆԵՏԻՎԱ

Ս. Հ. Լկրոշյան — Իմպրիկատորները — թվային տեխնիկայի տրամաբանական էլեմենտներ . . . . . 63

Յու. Մ. Իասուպարյան, Գ. Փ. Մատուռյան — Թարգ վերականգնվող համակարգերի սարուկտուրային հուսալիությունն ուսումնասիրությունը . . . . . 173

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ա. Գ. Իրոզդով — Առաձգական հիմքի վրա առաձգամածուցիկ ձողերի կայունության մասին . . . . . 68

Ի. Կ. Ալեխանյան — Բաղադրյալ կլոր սալի կայունությունը տաքացնելիս . . . . . 73

Ս. Մ. Դուրգարյան — Բաղադրյալ ձողի ջերմակայունությունը . . . . . 120

ԿՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս. Ի. Լեւոնյան, Հ. Ի. Շահնազարյան — Պարզ սահքի դեպքում կալային զետեահողերի տեական ձևափոխությունների կանխորոշման մասին . . . . . 125

ՇԻՆԱՐԱՄԱԿԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ա. Հ. Սահակյան, Ի. Ա. Կոտիկյան, Ա. Ս. Շահնազարյան — Բազմահարկ շենքերի երկաթբետոնյա կոշտության միջուկների ամրության և ճաքականգունության հետազոտումը հորիզոնական ուժերի ազդեցության դեպքում՝ կախված փողերի ընդլայնական ամրանավորման հագեցվածության աստիճանից . . . . . 182

Ա. Գ. Մազմանյան — Գրունտի շերտի մեջ ընկղմված կառույցի հաշվարկը սեյսմիկ ուժերի տակ՝ հաշվի առնելով գրունտի սահմանային լարվածային վիճակը . . . . . 204

ՀԻՒՐՈՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ղ. Ս. Թուրսյան — Գլանային կենտրոնախույզ մեքենաների ոռոտորներում միասեռ հեղուկի ազատ մակերևույթի ձևի ուսումնասիրությունը . . . . . 188

ԱՌԱՋԿԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Մ. Մխիթարյան — Կիսահարթությունների տեսքով երկու միատեսակ ճեղքերով թուլացված անվերջ տարածության լարվածային վիճակի մասին . . . . . 78

Բ. Ա. Ավյան — Ճյուղավորված ճաքերի տեսության մեջ անշարժ եզակիություններով ինտեգրալ հավասարումների մասին . . . . . 177

ՅԻՉԻԿԱ

Ա. Գ. Բազդուհ, Գ. Ս. Բեգիրզեյան — Անհամասեռ խորանարդ աստիճանով ոչ գծային միջավայրում ինտենսիվ լույսային ալիքների դիֆրակցիան . . . . . 29

Գ. Յու. Կոչուկով — Քառաֆոտոն ցրումը ստացիոնար ուժիմում . . . . . 209

Վ. Յու. Կոզլովա, Ի. Կ. Հովսեփյան — Հիթումի նիորատի խառնուրդային բյուրեղում հոյոգրամների դրանցման հետազոտումը՝ 325 նմ երկարության ալիքով . . . . . 214

ԱՍՏՂԱՑԻՉԻԿԱ

Ս. Գ. Իսկուղարյան — ՏԵ գալակտիկաների կորիզների չափերը . . . . . 216

ԱՆՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Գ. Տ. Միզոյան, Է. Ա. Սայամյան — Մի քանի բարձրամոդուլ հիդրոսիլիկատների սինթեզի մասին . . . . . 83

Վ. Ի. Իսրայելյան — Բետոնների մեջ հրաբխածին ապարների ակտիվության բնույթի մասին . . . . . 130

ԳԵՏՐՈՒՄԱՆԻԱ

Ա. Ի. Կաբալետյան, Հ. Պ. Գույումչյան, Է. Մ. Նուրանդյան — Ալավերդու հանքադաշտում Դերեդի շերտախմբում ինտենսիվ ցեոլիտացման հայտնաբերման մասին . . . . . 88

ՄԵՏԱՂԱԾՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ի. Կաբալյետյան, Ա. Ա. Կիրակոսյան—Հայկական ՍՍՀ տարածքի խորքային բեկվածքների հատման հանգուցային զոնաների սեյսմիկականության և հանքարևության մասին . . . . . 35

**ՓԱՅՏԱՆՅՈՒԹԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ**

Գ. Ա. Արզումանյան—Հականեխիչի բաշխումը փայտանյութի մակերեսը ջրային լուծույթով կամ սուսպենզիայով մշակելու դեպքում . . . . . 93

**ԲԻՈՑԻՎԻԿԱ**

Վ. Լ. Արվանով, Մ. Ա. Սուլեյմանյան, Ս. Բ. Մաթիեյան, Ս. Ն. Հայրապետյան—Ուարայինի ազդեցությունը ԱԽՖ-ի արտամեմբրանային կապվածության վրա . . . . . 41

**ԱԳՐՈՔԻՄԻԱ**

Ս. Ա. Աբրահամյան, Ա. Շ. Իսախանյան—Հողում ֆոսֆատազայի իմոբիլիզացման մասին . . . . . 136

**ՄԻՋԱՏԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

Ա. Կ. Զաքույան— Pterophoridae (Lepidoptera) ընտանիքի նոր տեսակ Հայկական ՍՍՀ-ում . . . . . 46

**ԴԵՂԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

Մ. Գ. Կանեցյան, Է. Ս. Ամբոյան, Ռ. Ա. Զաֆարյան, Ա. Ս. Աղաբալյան, Ս. Ս. Չարչոզյան, Ժ. Ի. Հակոբյան, Է. Ս. Գաբրիելյան—Ընկերքային նուկլեինաթթուների ազդեցությունը թրոմբոցիտների ագրեգացիայի վիճակի վրա . . . . . 140

**ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ**

Ք. Վ. Ղազարյան, Ա. Ս. Տիրայան—Նատրիումական պոմպի ազդեցությունը միզածորանների պեյսմեկերային հատվածի բիոէլեկտրական ակտիվության վրա . . . . . 223

Գ. Խ. Գրիգորյան, Ա. Մ. Ստոլբերգ—Առնետների շարժողական վարքի զարգացման անհատական փոփոխականությունը «բաց դաշտում» . . . . . 227

## СОДЕРЖАНИЕ LXXIX ТОМА

	Стр.
<b>МАТЕМАТИКА</b>	
<i>Н. М. Бабаян</i> —Об асимптотическом поведении ошибки прогноза стационарной сингулярной последовательности . . . . .	3
<i>В. С. Захарян, С. В. Мадоян</i> —О граничных значениях функций класса $N_\alpha (-1 < \alpha < 0)$ <i>М. М. Джрбашяна</i> . . . . .	7
<i>А. Б. Нерсисян, Н. А. Чернявская</i> —Об обращении интегральных операторов с почти разностным ядром . . . . .	10
<i>Э. А. Мирзаханян</i> —О некоторых свойствах бесконечномерных гомотопических групп подмножеств гильбертова пространства . . . . .	15
<i>Г. Г. Геворкян</i> —О множествах относительной единственности для интегралов Фурье . . . . .	18
<i>Ф. А. Талалаян</i> —О функциях с произвольно малыми периодами на топологических группах . . . . .	22
<i>Р. Р. Варшамов</i> —Об одном методе построения неприводимых полиномов над конечными полями . . . . .	26
<i>М. И. Островский</i> —Связь растворов подпространств с размерностью и другими изоморфными инвариантами . . . . .	51
<i>В. С. Захарян</i> —Одно замечание о функциях с конечным интегралом типа Дирихле . . . . .	54
<i>С. Н. Манукян</i> —Задача Дирихле в конструктивном анализе . . . . .	58
<i>А. М. Мовсисян</i> —Сверточные тождества на нильпотентной подалгебре алгебры матриц второго порядка . . . . .	99
<i>В. А. Хацкевич</i> —О характеристических спектральных свойствах фокусирующих операторов . . . . .	102
<i>К. Г. Казарян</i> —Кратная интерполяционная задача в полосе и базисность некоторых систем функций . . . . .	106
<i>Ш. А. Григорян</i> —О замыкании неполных обобщенных систем типа Мюнца—Саса в угловых областях . . . . .	110
<i>З. А. Арушанян, Б. В. Григорян</i> —Об одном обобщении теоремы Рудина—Карлесона . . . . .	147
<i>А. Г. Арутюнян, Н. О. Синанян</i> —О представлении измеримых функций по полному ортонормированным системам с заданными коэффициентами . . . . .	151
<i>В. М. Манукян</i> —О подсистеме функций Уолша, являющейся системой представления . . . . .	155
<i>А. Л. Григорян</i> —Приближение функций дискретными суммами Фурье . . . . .	159
<i>К. Г. Казарян</i> —Эффективное решение кратной интерполяционной задачи в классах $H^\infty$ в полуплоскости и в полосе . . . . .	163
<i>А. А. Огникян</i> —Об одном обобщении оснащенного бордизма . . . . .	195
<i>Ю. М. Арлинский, Э. Р. Цекановский</i> —О секторных расширениях положительных эрмитовых операторов и их резольвентах . . . . .	199
<b>ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА</b>	
<i>Э. У. Казарян, С. С. Погосян</i> —Об одном методе планирования вычислительных схем . . . . .	116
<i>Г. В. Генджоян</i> —Решение краевых задач для уравнения Лапласа в двусвязных бесконечных областях, ограниченных окружностями, методом последовательных приближений . . . . .	168
<b>КИБЕРНЕТИКА</b>	
<i>С. О. Мкртчян</i> —Импликаторы—логические элементы цифровой техники . . . . .	63

Ю. М. Гаспарян, Г. Ж. Цатурян—Исследование структурной надежности сложных восстановительных систем . . . . . 173

## МЕХАНИКА

А. Д. Дроздов—Об устойчивости вязко-упругих стержней на податливом основании . . . . . 68

Р. К. Алексанян—Устойчивость составной круговой пластинки при нагреве . . . . . 73

С. М. Дургарьян—Термоустойчивость составного стержня . . . . . 120

## МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян, Г. Р. Шахназарян—О прогнозе длительных деформаций глинистых грунтов при простом сдвиге . . . . . 125

## СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. О. Саакян, Р. А. Котикян, А. С. Шахназарян—Исследование прочности и трещиностойкости железобетонных ядер жесткости многоэтажных зданий при горизонтальных нагрузках в зависимости от степени насыщения ствола поперечной арматурой . . . . . 182

А. Г. Мазманян—Расчет сооружения, заглубленного в элой грунта, на сейсмическое воздействие с учетом развития областей предельного напряженного состояния . . . . . 204

## ГИДРОМЕХАНИКА

Дж. С. Торосян—Исследование формы свободной поверхности однородной жидкости в роторах цилиндрических центрифуг . . . . . 188

## ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

С. М. Мхитарян—О напряженном состоянии бесконечного пространства, ослабленного двумя одинаковыми разрезами в виде полуплоскостей . . . . . 78

Б. А. Афян—Об интегральных уравнениях с неподвижными особенностями в теории ветвящихся трещин . . . . . 177

## ФИЗИКА

А. Г. Багдасян, Г. С. Безиргенян—О дифракции интенсивной световой волны в неоднородной, кубически-нелинейной среде . . . . . 29

Г. Ю. Крючков—Четырехфотонное рассеяние в стационарном режиме . . . . . 209

В. Ю. Козлова, Р. К. Овсепян—Исследование записей голограмм в примесных кристаллах ниобата лития на длине волны 325 нм . . . . . 214

## АСТРОФИЗИКА

С. Г. Искударян—О размерах центральных сгущений Sc галактик . . . . . 218

## НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. Т. Мирзоян, Э. А. Сиямян—О синтезе некоторых высокомолекулярных гидросиликатов . . . . . 83

В. Р. Израелян—О природе химической активности вулканогенных пород в бетоне . . . . . 130

## ПЕТРОГРАФИЯ

А. И. Карапетян, О. П. Гуюмджян, Э. М. Налбандян—Об обнаружении интенсивной цеолитизации в пределах дебедской свиты Алавердского рудного поля . . . . . 88

## МЕТАЛЛОГЕНИЯ

А. И. Карапетян, А. А. Киракосян—О сейсмичности и рудоносности узловых зон пересечений глубинных разломов территории Армянской ССР . . . . . 35

## ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Г. А. Арзуманян—Распределение антисептика при нанесении на поверхность древесины в виде водных растворов и суспензий . . . . . 93

## БИОФИЗИКА

- В. Л. Арванков, М. А. Сулейманян, С. Б. Мажинян, С. Н. Айрапетян—О действии убаина на процессы взаимодействия АТФ с наружной стороной нейрональной мембраны . . . . . 41

## АГРОХИМИЯ

- С. А. Абрамян, А. Ш. Галстян—Об иммобилизации фосфатазы почвой . . . . . 136

## ЭНТОМОЛОГИЯ

- А. К. Загуляев—Новый вид пальцекрылой моли (Lepidoptera: Pterophoridae) из Армянской ССР . . . . . 46

## ФАРМАКОЛОГИЯ

- М. Г. Канцян, Э. А. Амроян, Р. А. Захарян, А. С. Агабалян, А. А. Чарчоглян, Ж. Н. Акопян, Э. С. Габриелян—Влияние плацентарных нуклеиновых кислот на состояние агрегации тромбоцитов . . . . . 140

## ФИЗИОЛОГИЯ

- К. В. Казарян, А. С. Тираян—О влиянии натриевого насоса на электрическую активность пейсмекеровой зоны мочеочника . . . . . 223
- Г. Е. Григорян, А. М. Стольберг—Индивидуальные вариации в развитии двигательной активности у крыс в «открытом поле» . . . . . 227

CONTENTS of LXXIX volume

MATHEMATICS

	P.
<i>N. M. Babayan</i> —On the asymptotic behaviour of the prediction error of a stationary singular sequence . . . . .	3
<i>V. S. Zakarian, S. V. Madoyan</i> —On boundary values of the functions of Djrbashian's class $N_\alpha$ ( $-1 < \alpha < 0$ ) . . . . .	7
<i>A. B. Nersesian, N. A. Cherniavskaya</i> —On inversion of integral operators with almost displacement kernel. . . . .	10
<i>E. A. Mirzakhanian</i> —On some properties of the infinite dimensional homotopy groups of subsets of Hilbert's space. . . . .	15
<i>G. G. Gevorgian</i> —On sets of relative uniqueness of Fourier integrals . . . . .	18
<i>F. A. Talalian</i> —On functions with arbitrary small periods on topological groups . . . . .	22
<i>R. R. Varshamov</i> —About a method of constructing irreducible polynomials over finite fields. . . . .	26
<i>M. I. Ostrowski</i> —On the connection between the opening of two subspaces and their dimensions and other isomorphic invariants. . . . .	51
<i>V. S. Zakarian</i> —A remark on functions with a final integral of Dirichlet . . . . .	54
<i>S. N. Manukian</i> —Dirichlet problem in the constructive analysis . . . . .	54
<i>A. M. Movsisian</i> —Convolution identities on the nilpotent subalgebra of second order matrix algebra. . . . .	99
<i>V. A. Hackevič</i> —On the characteristical spectral properties of focusing operators. . . . .	102
<i>K. H. Kazarian</i> —The multiple interpolation problem in the strip and basisness of some systems of functions. . . . .	106
<i>Sh. A. Grigorian</i> —On closure of incomplete generalized system of Muntz—Szász type in the angular domains. . . . .	110
<i>Z. A. Arushanian, B. V. Grigorian</i> —On a generalized theorem of Rudin-Carleson. . . . .	147
<i>A. G. Harutyunian, N. H. Sinanian</i> —On representation of measured functions by complete orthonormalized systems with given coefficients . . . . .	151
<i>V. M. Manoukian</i> —On the subsystem of Walsh functions which is a representation system . . . . .	155
<i>A. L. Grigorian</i> —Approximation of function by discrete Fourier sums . . . . .	159
<i>K. H. Kazarian</i> —The effective solution of the multiple interpolation problem in $H^\infty$ classes in half-plane and in strip. . . . .	163
<i>H. H. Ohnikian</i> —On the generalisation of the bordisms of framed manifolds . . . . .	195
<i>Yu. M. Arlinsky, E. R. Tsekanovsky</i> —On the sectorial extensions of positive Hermitian operators and their resolvents . . . . .	199

APPLIED MATHEMATICS

<i>E. H. Khazarian, S. S. Pogossian</i> —About a method of planning of computing schemes . . . . .	116
<i>G. V. Genjoyan</i> —The solution of boundary problems for Laplace equation by the method of successive approximations in 2-connected infinite domains, bounded by circles. . . . .	168

CYBERNETICS

<i>S. H. Mkrtichian</i> —The implicators are logical elements of digital technics . . . . .	63
---	----

<i>Y. M. Gasparian, G. J. Tsaturian</i> —On the structural reliability of complex restorable systems . . . . .	173
--	-----

MECHANICS

<i>A. D. Drozdov</i> —On stability of visco-elastic beams on compliant foundation. . . . .	68
<i>R. K. Aleksanian</i> —The stability of composite circular plate under heating . . . . .	73
<i>S. M. Durgarian</i> —Thermostability of the compound bar . . . . .	120

SOIL MECHANICS

<i>S. R. Meschlan, H. R. Shahnazarian</i> —About the prognosis of prolonged deformations of clay soils at pure shear . . . . .	125
--	-----

STRUCTURAL MECHANICS

<i>A. O. Sahakian, R. A. Kotikian, A. S. Shahnazarian</i> —Investigation of strength and cracking resistance of reinforced cores of multistory buildings with different web reinforcement ratio under lateral loading . . . . .	182
<i>A. G. Mazmanian</i> —Design of construction under seismic effect in the depth of soil, taking into consideration the development of areas of limited stress state . . . . .	204

HYDROMECHAN

<i>J. S. Toroslan</i> —Investigation of the form of the homogeneous liquid free surface in the rotors of cylindrical centrifuges . . . . .	188
--	-----

THEORY OF ELASTICITY

<i>S. M. Mkhitarian</i> —On stressed state of infinite space weakened by two similar cuts in the shape of halfplanes . . . . .	78
<i>B. A. Aphian</i> —On the integral equations with fixed singularities in the theory of branching cracks . . . . .	177

PHYSICS

<i>A. G. Bagdov, G. S. Besirgenian</i> —About the diffraction of intensive light in nonhomogenous cubic nonlinear medium . . . . .	29
<i>G. Yu. Kryuchkov</i> —Four-photon dispersion in stationary condition . . . . .	209
<i>V. Yu. Kozlova, R. K. Houseplan</i> —Investigation of hologram recordings in doped lithium niobate crystals at 325 nm . . . . .	214

ASTROPHYSICS

<i>S. G. Iskudarian</i> —The diameters of nuclei of Sc galaxies . . . . .	218
---	-----

INORGANIC CHEMISTRY

<i>G. T. Mirzoyan, E. A. Sayamian</i> —About synthesis of some high modulus hydrosilicates . . . . .	83
<i>V. R. Israelian</i> —About the chemical activity of volcanic rocks in concrete . . . . .	130

PETROLOGY

<i>A. I. Karapetian, H. P. Guyumdjian, E. M. Nalbandian</i> —On discovering the intensive zeolitization in Alaverdi ore field Debedian suite . . . . .	88
--	----

METALLOGENY

<i>A. I. Karapetian, A. A. Klrakosian</i> —On the seismicity and ore-content of abyssal fractures of dissection nodal zones on the territory of Armenian SSR. . . . .	35
---	----

WOODSCIENCE

G. A. Arzumanian—Spreading of antiseptics in the form of aqueous solutions and suspensions on wood surface . . . . . 93

BIOPHYSICS

V. L. Arvanov, M. A. Suleimanian, S. B. Maghlian, S. N. Ayrapetian—The effect of ouabain on the neuronal membrane . . . . . 41

AGROCHEMISTRY

S. A. Abrahamian, A. Sh. Galstian—On the immobilization of phosphatase in soil. . . . . 136

ENTOMOLOGY

A. K. Zagullajev—A new species of the plume moths (Lepidoptera: Pterophoridae) from the Armentian SSR . . . . . 46

PHARMACOLOGY

M. G. Kanetslan, E. A. Amroyan, R. A. Zachurian, A. S. Agabalian, A. A. Charchoglian, Zh. I. Akopian, E. S. Gabrielian—The influence of placental nucleic acids on the aggregation state of thrombocytes. . . . . 140

PHYSIOLOGY

K. V. Kazarian, A. S. Tirayan—The role of sodium pump on the electrical activity of the ureter pace-maker zone . . . . . 223

G. E. Grigorian, A. M. Stolberg—Individual variation in development of motor activity of rats in "open-field". . . . . 227

