

11-168

42,10

Азәрбајчан ССР  
Елмләр Академијасы  
Академия наук  
Азербайджанской ССР

ISSN 0002-3078

# МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

●  
ЧИЛД

XLII

ТОМ



1986

ЦАБ

ДАН Азерб. ССР публикует краткие сообщения об оригинальных, нигде не печатанных ранее, результатах научных исследований, представленные академиком АН Азерб. ССР, которые тем самым берут на себя ответственность за научные достоинства представляемой статьи.

В «Докладах» не публикуются крупные статьи, механически разделенные на ряд отдельных сообщений, статьи полемического характера, без новых фактических сообщений, статьи полемического характера, без новых фактических данных, статьи с описанием промежуточных опытов, без определенных выводов и обобщений, чисто методические статьи, если предлагаемый метод не является принципиально новым, а также статьи по систематике растений и животных (за исключением описания особо интересных для науки находок).

Будучи органом срочной информации, журнал «ДАН Азерб. ССР» принимает и отбирает к печати статьи, объем которых допускает их публикацию в установленные решением Президиума АН Азерб. ССР сроки.

В связи со всеми перечисленными ограничениями отклонение статьи редакцией «Доклады АН Азерб. ССР» означает только, что она не согласуется с требованиями и возможностями этого журнала и не исключает ее публикации в других изданиях.

#### ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Доклады АН Азерб. ССР» просит авторов руководствоваться приведенными правилами и надеется, что авторы ознакомятся с ними прежде, чем пришлют статью в редакцию.

Статьи, присланные без соблюдения этих правил, к рассмотрению не принимаются.

1. Статьи, направляемые в редакцию, должны иметь представление члена АН СССР или академика АН Азерб. ССР, если оно требуется (см. выше).

Статьи с просьбой направить их на представление редакцией не принимаются.  
2. Статья публикуется по мере поступления. Единственным поводом для внеочередной публикации является исключительная важность сообщения и соображения приоритета. Для этого необходимо специальное решение редколлегии.

3. Как правило, редакция направляет представленные статьи на рецензию.

4. «Доклады» помещают не более трех статей одного автора в год. Это правило не распространяется на членов АН СССР, академиков Академии наук Азерб. ССР.

5. Авторы должны определить раздел, в который следует поместить статью, а также дать индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК). К

же реферат в двух экземплярах, представленных журналов ВИННИТИ.

На обложке указать название учреждения, в котором выдан реферат, а также полный почтовый адрес и каждого соавтора.

На конверте указать лицо, с которым редакция

связаться по поводу не означает, что статья принята. Экземпляр рукописи вновь рассматривается редакцией, если автор не согласен с первоначальным решением и желает внести замечания. Датой поступления считается дата поступления последнего варианта статьи.

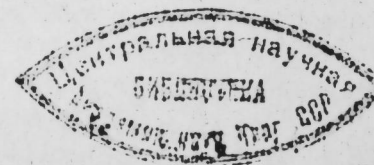
Помимо основного текста, в рукописи должны быть вложены не более 1/4 авторского листа диаграммы, таблицы, библиография (не более четырех страниц), фотографии (не более четырех), а также число вклейки на мелованной бумаге. Фотографии должны быть большого увеличения. Штриховые рисунки не печатаются, а даются на кальке. Все рисунки должны быть в двух экземплярах. Повторение рисунков в рукописи недопустимо. Рисунки должны быть выполнены на специальной бумаге. Подписи к рисункам должны быть через два интервала на отдельной странице. В конце рукописи должны быть указаны фамилии авторов,

на странице обложки)

# МƏ'РУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XLII ЧИЛД

№ 10





РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Э. Ю. Салаев (главный редактор), Г. Б. Абдуллаев, М. Т. Абасов,  
В. С. Алиев, Г. А. Алиев, Дж. А. Алиев, И. Г. Алиев, Дж. Б. Гулиев,  
Н. А. Гулиев, М. З. Джафаров, Ф. Г. Максудов, А. А. Надиров,  
Ю. М. Сендов (зам. главного редактора), М. А. Усейнов,  
Г. Г. Зейналов (ответств. секретарь).

© Издательство «Эли», 1986 г.

Адрес: г. Баку, Коммунистическая, 10. Редакция «Известий Академии наук  
Азербайджанской ССР»

МАТЕМАТИКА

А. И. ШАХБАЗОВ

РАЗМЕРНОСТИ СОБСТВЕННЫХ ПОДПРОСТРАНСТВ  
ОПЕРАТОРОВ ГОЛОМОРФНОЙ ВЗВЕШЕННОЙ ПОДСТАНОВКИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ф. Г. Максудовым)

Рассмотрим ограниченную область  $D \subset \mathbb{C}^n$  ( $n \geq 1$ ) и непрерывное отображение  $\varphi: \bar{D} \rightarrow D$ , которое голоморфно в  $D$ . Известно, что отображение  $\varphi$  имеет в  $D$  единственную неподвижную точку  $\overset{\circ}{x}$  (см. [1], с. 105, следствие 2). Пусть  $\text{Hol}(D)$  — алгебра всех функций, голоморфных в  $D$ , снабженная компактно открытой топологией; положим  $A(D) = C(\bar{D}) \cap \text{Hol}(D)$ , где  $C(\bar{D})$  — пространство всех непрерывных комплексных функций на компакте  $\bar{D}$ . Алгебра  $A(D)$  с равномерной нормой является банаховой. Пусть  $X \rightarrow \text{Hol}(D)$  — непрерывно вложенное в  $\text{Hol}(D)$  комплексное банахово пространство, содержащее  $A(D)$  и являющееся банаховым  $A(D)$  — модулем относительно обычных операций сложения и умножения функций. В работе [2] рассматривается оператор  $T: f \rightarrow u \cdot (f \circ \varphi)$ , действующий в пространстве  $X$ , где  $u \in X$  — некоторая фиксированная функция. Ясно, что оператор  $T$  компактен, и потому его собственные подпространства  $E_T(\lambda)$ , отвечающие собственным числам  $\lambda \neq 0$ , конечномерны. Пусть  $\Phi: \mathbb{C}^n \rightarrow \mathbb{C}^n$  — линейное отображение, являющееся линейной частью отображения  $\varphi$  в неподвижной точке  $\overset{\circ}{x} \in D$ , и пусть  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  — собственные значения  $\Phi$ ; тогда все  $|\alpha_i| < 1$ . Из результатов работы [2] следует, что если все  $\alpha_i$  различны, отличны от 0 и мультипликативно независимы над  $\mathbb{Z}$  (т. е.  $\alpha_1^{k_1} \dots \alpha_n^{k_n} \neq 1$ , когда хотя бы одно из чисел  $k_i \in \mathbb{Z}$  отлично от 0), то все собственные подпространства  $E_T(\lambda)$  оператора  $T$  одномерны. В общем случае найти размерности собственных подпространств оператора  $T$  не так просто. Мы приведем здесь результаты об этих размерностях при  $n = 2$ . Пусть  $\alpha_1, \alpha_2$  — собственные числа линейного отображения  $\Phi$ . Естественно считать, что  $u(\overset{\circ}{x}) \neq 0$  (иначе оператор  $T$  квазинильпотентен). Легко проверить, что при этом подсчете размерностей подпространств  $E_T(\lambda)$  достаточно рассмотреть случай, когда  $u(\overset{\circ}{x}) = 1$ . В этом случае спектр оператора  $T$  совпадает с множеством  $\{0\} \cup \{\alpha_1^p \alpha_2^q\}_{p, q \in \mathbb{Z}_+}$ .

Сначала будем считать, что  $\alpha_i \neq 0$  ( $i = 1, 2$ ). В случае, когда между собственными числами  $\alpha_1, \alpha_2$  отображения  $\Phi$  имеются резонансные соотношения, верна следующая теорема.

**Теорема 1.** Если  $\alpha_1 = \alpha$ ,  $\alpha_2 = \alpha^m$  ( $\alpha \neq 0$ ,  $m \geq 2$ ) и разложение в ряд Тейлора в точке  $x = (x_0, y_0)$  содержит резонансный моном, то все собственные подпространства  $E_T(\alpha^q)$  оператора  $T$  одномерны, т. е.  $\dim_{\mathbb{C}} E_T(\alpha^q) = 1$  для всех  $q \in \mathbb{Z}_+$ .

Если же резонансных мономов нет, то ответ получается другим:

**Теорема 2.** Если  $\alpha_1 = \alpha$ ,  $\alpha_2 = \alpha^m$  ( $\alpha \neq 0$ ,  $m \geq 2$ ) и резонансных мономов нет, то  $\dim_{\mathbb{C}} E_T(\alpha^q) = [q/m] + 1$  для всех  $q \in \mathbb{Z}_+$ , где  $[q/m]$  — целая часть числа  $q/m$ .

Рассмотрим теперь случай, когда между числами  $\alpha_1, \alpha_2$  нет резонансных соотношений, но они мультипликативно зависимы, т. е.  $\alpha_1^a \alpha_2^b = 1$  для некоторых ненулевых целых  $a, b$ . Если при этом  $\alpha_1 = \alpha_2$ , то легко проверить, что все собственные подпространства оператора  $T$  одномерны; поэтому будем считать, что  $\alpha_1 \neq \alpha_2$ . Так как  $0 < |\alpha_1|, |\alpha_2| < 1$  то  $\alpha_1 = \rho_1 e^{2\pi i t_1}$ ,  $\alpha_2 = \rho_2 e^{2\pi i t_2}$ , где  $0 < \rho_1, \rho_2 < 1$  и  $0 \leq t_1, t_2 < 1$ . Наличие мультипликативной зависимости между  $\alpha_1, \alpha_2$  равносильно тому, что оба числа  $A = \log \rho_2 / \log \rho_1$  и  $B = t_2 - t_1 \cdot \log \rho_2 / \log \rho_1$  рациональны. Пусть  $A = m_2/m_1$  и  $B = n_2/n_1$  — несократимые представления,  $m_1, m_2 \geq 1$ ,  $n_1 \geq 1$ . Обозначим через  $d$  наибольший общий делитель чисел  $m_1$  и  $n_1$ .

**Теорема 3.** Размерность собственного подпространства  $E_T(\lambda)$ , отвечающего собственному значению  $\lambda = \alpha_1^k \alpha_2^l$  равна количеству целых точек на отрезке  $-kd/n_1 m_2, ld/n_1 m_1$ .

Для доказательства сформулированных утверждений используются теоремы Пуанкаре и Пуанкаре-Дюлака о приведении отображения к нормальной форме в окрестности неподвижной точки (см. [3]). Устанавливается больше: при соответствующей биголоморфной замене координат явно описываются собственные подпространства. Если они одномерны, то собственным значениям  $\lambda = \alpha_1^k \alpha_2^l$  отвечают собственные функции  $f(x, y) = V(x, y) (x - x_0)^k (y - y_0)^l$ , где

$V(x, y) = \prod_{k=0}^{\infty} u(\epsilon^k(x, y))$  (это бесконечное произведение сходится

равномерно в  $D$ ). В условиях теоремы 2 собственное подпространство  $E_T(\alpha^q)$  порождается с точностью до множителя  $V(x, y)$  мономом вида  $(x - x_0)^k (y - y_0)^l$ , где  $mk + l = q$  ( $k, l \geq 0$ ), т. е.  $E^T(\alpha^q)$

состоит из всех функций вида  $f(x, y) = V(x, y) \sum_{k=0}^{[q/m]} a_{k, q - mk} (x -$

$-x_0)^k (y - y_0)^{q - mk}$ . Наконец, в случае, о котором говорится в теореме 3, собственное подпространство, отвечающее собственному значению  $\lambda = \alpha_1^k \alpha_2^l$  состоит из всех функции вида

$$f(x, y) = V(x, y) \sum_{\substack{s: s \in \mathbb{Z} \\ k + sn_1 m_2/d > 0 \\ l - sn_1 m_1/d > 0}} a_s (x - x_0)^{k + sn_1 m_2/d} (y - y_0)^{l - sn_1 m_1/d}.$$

В теоремах 1—3 мы считали, что  $\alpha_1, \alpha_2 \neq 0$ . Если  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ , то легко проверить, что оператор  $T$  квазинильпотентен. Наконец, в случае, когда одно из собственных чисел линейной части  $\Phi$  отображения  $\varphi$  равно 0, а другое отлично от 0, справедливо следующее утверждение.

**Теорема 4.** Если линейная часть  $\Phi$  отображения  $\varphi$  имеет в точке  $x = (x_0, y_0) \in D \subset \mathbb{C}^2$  вид  $\Phi(x, y) = \alpha(x - x_0)$ ,  $\alpha \neq 0$ , то все собственные подпространства  $E_T(\alpha^n)$  ( $n \in \mathbb{Z}_+$ ) оператора  $T$  одномерны.

Заметим, что в ситуации, когда одно из собственных чисел отображения  $\Phi$  равно 0, теорема Пуанкаре-Дюлака, вообще говоря, не применима. Поэтому доказательство теоремы 4 проводится по такой схеме. Сначала устанавливается, что в пространстве формальных степенных рядов  $\sum_{k, l > 0} a_{kl} (x - x_0)^k (y - y_0)^l$  все собственные подпространства оператора  $T$  одномерны. Согласно [2] для любого  $n \in \mathbb{Z}_+$  число  $\alpha^n$  является собственным значением оператора  $T$  в пространстве  $X$ ; поэтому из указанного результата о формальных рядах следует, что  $\dim_{\mathbb{C}} E_T(\alpha^n) = 1$  для всех  $n \in \mathbb{Z}_+$ .

Автор благодарен Ф. Г. Максудову и В. Я. Лину за внимание к работе.

#### Литература

1. Эрве М. Функции многих комплексных переменных.—М.: Мир, 1975. 2. Шахбазов А. И. Рукоп. деп. в ВИНТИ, РЖ Мат., 1984, 2Б 1054, № 5738-83 3. Арнольд В. И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений.—М.: Наука, 1978.

Институт математики и механики АН АзССР

Поступило 21. VII 1985

А. И. Шахбазов

#### ЧЭКИЛИ ГОЛОМОРФ ЧЕВИРМЭ ОПЕРАТОРУНУН МЭХСУСИ АЛТ ФЭЗАЛАРЫНЫН ӨЛЧҮСҮ

Мәгаләдә иккиләчүлү комплекс фәзанын мәһдуд областында тә'јин олунмуш голоморф функциялар фәзасынын алт фәзаларында тә'сир едән чэкили голоморф чевирмэ операторунун мэхусуи алт фәзаларынын өлчүсү һесаблианыр.

A. I. Shakhbazov

#### DIMENSIONS OF EIGEN SUBSPACES OF HOLOMORPHIC WEIGHTED SUBSTITUTION OPERATORS

In the article the dimensions of eigen subspaces of holomorphic weighted substitution operators, acting in subspaces of holomorphic functions space defined in bounded domain of two-dimensional complex space, are calculated.



УДК 517.983.8

МАТЕМАТИКА

А. А. КАРРЫЕВ, чл.-корр. АН Азерб. ССР Я. Д. МАМЕДОВ

К ТЕОРИИ РЕШЕНИЙ ПАРАБОЛО-ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Пусть  $H$  — вещественное гильбертово пространство. Через  $A_i$  ( $i = 1, 2$ ) обозначим линейные операторы, а через  $f_i(t, x, y)$  ( $i = 1, 2$ ;  $0 \leq t \leq T$ ;  $x, y \in H$ ) — нелинейные операторы. Ниже всюду через  $D(A)$  будем обозначать область определения оператора  $A$ .

Рассмотрим следующую задачу для системы абстрактных дифференциальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} x' + A_1 x &= f_1(t, x, y), & x(0) &= x_0, \\ y'' + A_2 y &= f_2(t, x, y), & y(0) &= y_0, \quad y'(0) = y'_0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Всюду будем предполагать, что операторы  $A_i$  ( $i = 1, 2$ ) самосопряженные и положительно-определенные:

$$(A_i, x, x) \geq r_i \|x\|^2, \quad (r_i > 0).$$

Систему (1) будем называть «параболо-гиперболической». Заметим, что, если

$$f_1(t, x, y) = f_1(t, x), \quad f_2(t, x, y) = f_2(t, y),$$

то система (1) расщепляется на два самостоятельных — параболическое и гиперболическое уравнения, которые в литературе хорошо исследованы. А исследованию задачи (1) посвящено не очень много работ [1—4]. К задаче (1) приводятся различные прикладные задачи [5—10].

В этой заметке находятся достаточные условия однозначной разрешимости задачи (1) и сходимость метода последовательных приближений к этому решению.

Имеет место следующая теорема, определяющая однозначную разрешимость задачи (1).

**Теорема 1.** Пусть непрерывные операторы  $f_i(t, x, y)$  ( $i = 1, 2$ ;  $0 \leq t \leq T$ ;  $x, y \in H$ ) удовлетворяют следующим условиям:

$$1. \quad \|f_i(t, x, y)\|^2 \leq C_1^{(i)} + C_2^{(i)} \left\| A_1^{\frac{1}{2}} x \right\|^2 + C_3^{(i)} \left\| A_2^{\frac{1}{2}} y \right\|^2, \\ \left( i = 1, 2; 0 \leq t \leq T; x \in D \left( A_1^{\frac{1}{2}} \right), y \in D \left( A_2^{\frac{1}{2}} \right) \right),$$

где

$$\gamma = 2 - 7^2 C_2^{(2)} C_3^{(1)} \exp \left\{ \left[ \frac{C_2^{(1)}}{2} + \max(1, C_3^{(2)}) \right] T \right\} > 0,$$

$$2. \quad \|f_i(t, \bar{x}, \bar{y}) - f_i(t, x, y)\| \leq L_{11}(R, \varepsilon) |\bar{t} - t|^{\alpha_1} +$$

$$+ L_{12}(R, \varepsilon) \left\| A_1^{\frac{1}{2}} (\bar{x} - x) \right\| + L_{13}(R, \varepsilon) \left\| A_2^{\frac{1}{2}} (\bar{y} - y) \right\|, \\ \left( i = 1, 2; 0 < \alpha_1 \leq 1, 0 < \varepsilon \leq t, \bar{t} \leq T; \left\| A_1^{\frac{1}{2}} \bar{x} \right\|, \left\| A_1^{\frac{1}{2}} x \right\|, \right. \\ \left. \left\| A_2^{\frac{1}{2}} \bar{y} \right\|, \left\| A_2^{\frac{1}{2}} y \right\| \leq R = \min(R_1, R_2) \right),$$

где

$$R_1 = \left\{ \frac{T^2 C_3^{(1)} C_2^{(2)}}{\gamma} \exp [T (C_2^{(1)} + \max(1, C_3^{(2)}))] + \right. \\ \left. + \exp \left[ C_2^{(1)} \frac{T}{2} \right] \right\} \left\| A_1^{\frac{1}{2}} x_0 \right\|^2 + \exp \left[ T \left( \frac{C_2^{(1)}}{2} + \max(1, C_3^{(2)}) \right) \right] \times \\ \times \frac{T C_3^{(1)}}{\gamma} (\|y'_0\|^2 + \left\| A_2^{\frac{1}{2}} y_0 \right\|^2) + \frac{T^3}{2\gamma} C_1^{(1)} C_2^{(2)} C_3^{(1)} \exp [(C_2^{(1)} + \\ + \max(C_3^{(2)}, 1)) T] + \frac{T^2}{\gamma} C_1^{(2)} C_3^{(1)} \exp \left[ \left( \frac{C_2^{(1)}}{2} + \max(1, C_3^{(2)}) \right) T \right] + \\ + \frac{T}{2} C_1^{(1)} \exp \left[ C_2^{(1)} \frac{T}{2} \right],$$

$$R_2 = \frac{2}{\gamma} \exp [T \max(1, C_3^{(2)})] (\|y'_0\|^2 + \left\| A_2^{\frac{1}{2}} y_0 \right\|^2 + \\ + T C_2^{(2)} \exp \left[ C_2^{(1)} \frac{T}{2} \right] \left\| A_1^{\frac{1}{2}} x_0 \right\|^2) + \frac{T}{\gamma} \exp [T \max(1, C_3^{(2)})] (2C_1^{(2)} + \\ + T C_1^{(1)} C_2^{(2)} \exp \left[ \frac{T}{2} C_2^{(1)} \right]).$$

Пусть, кроме того, выполнено условие

$$3. \quad x_0 \in D \left( A_1^{\frac{1}{2}} \right), \quad y_0 \in D \left( A_2^{\frac{1}{2}} \right).$$

Тогда задача (1) имеет единственное решение, определенное на  $[0, T]$ .

Теперь для нахождения решения задачи (1) построим последовательные приближения.

Будем предполагать, что для любых фиксированных функций  $u(t)$  и  $v(t)$  из области определения операторов  $f_i$  ( $i = 1, 2$ ) решения задач

$$\left. \begin{aligned} x' + A_1 x &= f_1[t, u(t), v(t)], \\ x(0) &= x_0, \end{aligned} \right\}$$

и

$$\left. \begin{aligned} y'' + A_2 y &= f_2[t, u(t), v(t)], \\ y(0) &= y_0, \quad y'(0) = y'_0, \end{aligned} \right\}$$

можно найти и они принадлежат области определения операторов  $f_i$  ( $i = 1, 2$ ).

Последовательные приближения для задачи (1) построим следующим образом



$$\left. \begin{aligned} x_n' + A_1 x_n &= f_1(t, x_{n-1}, y_{n-1}), x_n(0) = x_0, \\ y_n' + A_2 y_n &= f_2(t, x_{n-1}, y_{n-1}), y_n(0) = y_0, y_n'(0) = y_0', \\ &(n = 1, 2, \dots). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Имеет место.

**Теорема 2.** Пусть выполнены все условия теоремы 1. Пусть кроме того

$$\alpha = 2T \max (L_{12}^2 + L_{13}^2, L_{22}^2 + L_{23}^2) < 1.$$

Тогда

$$\langle x_n - x^* \rangle_1 \equiv \int_0^T [ \|\dot{x}_n - \dot{x}^*\|^2 + \| A_1^{-1/2} (x_n - x^*) \|^2 ] ds + \\ + \| A_1^{-1/2} (x_n - x^*) \|_C^2 \leq \alpha^n \max \{ \langle x_0 - x^* \rangle_1, \langle y_0 - y^* \rangle_2 \},$$

$$\langle y_n - y^* \rangle_2 \equiv \|\dot{y}_n - \dot{y}^*\|_C^2 + \| A_2^{-1/2} (y_n - y^*) \|_C^2 < \\ < \alpha^n \max \{ \langle x_0 - x^* \rangle_1, \langle y_0 - y^* \rangle_2 \},$$

где

$$\|x(t)\|_C = \max_{0 < t < T} \|x(t)\|,$$

#### Литература

1. Вольперт А. И., Худяев С. И. Мат. сб. 1972, т. 87 (129) № 4.
2. Калантаров В. К. — Докл. АН АзССР, 1974 № 3.
3. Мамедов Я. Д. Граничные задачи мат. физики. — Киев, 1981, с. 72 — 73.
4. Мамедов Я. Д. Тезис докл. симпоз. по диф. ур. — Ашхабад, 1978.
5. Рихтмайер Р. Д., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. — М.: Мир, 1972.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред. — М.: Гостехиздат, 1953.
7. Гордзениани Д. Г. О численном решении некоторых задач термоупругости. — Тбилиси, 1979.
8. Годунов С. К. — Докл. АН СССР, 1961, 193, № 3.
9. Cben H., Rubinow S. — Proc. Symp. On System Theory. New York: Polytechnic Press, 1965.
10. Лионс Ж.-Л. Некоторые методы решения краевых задач. — М.: Мир, 1972.
11. Мамедов Я. Д., Аширов С., Агдаев С. Теоремы о неравенствах. — Ашхабад: Ылым, 1980.
12. Соболевский П. Е. Тр. мат. об-ва, 1961, т. 10.
13. Якубов С. Я. Тр. мат. об-ва, 1970, т. 23.
14. Каррыев А. А. — В сб.: Приближенные методы решения операторных уравнений. — Баку: Изд-во АГУ, 1986.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 27. I 1986

А. А. Каррыев, Ж. Ч. Маммадов

#### ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТЭНЛИКЛЭРИН ПАРАБОЛО-ГИПЕРБОЛИК СИСТЕМИНИН ХЭЛЛИ НЭЗЭРИЛЖЭСИНЭ ДАИР

Мәгаләдә параболо-гиперболик системи үчүн гарышыг мәсәләнини биргижмәтли хәлли вә ујгун итерасияларын бу системи хәллине јыгылмасы үчүн кафи шәртләрин тапылмасы кәстәрилр.

A. A. Karryev, Ya. D. Mamedov

#### THE SOLVABILITY THEORY OF THE PARABOLIC-HYPERBOLIC SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS

Sufficient conditions are obtained for the correct solvability of mixed problem for parabolic-hyperbolic system and those for the convergence of respective iterations to the solution of that system.

УДК 519.9

МАТЕМАТИКА

К. Р. АЙДА-ЗАДЕ

#### К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ДИСКРЕТНОГО ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. Л. Расуловым)

Рассмотрим следующую задачу конечномерного математического программирования

$$\min I(v, u), \quad v = (v_{i,j}), \quad u = (u_{i,j}), \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\tau_{i,j} = f_{i,j}(V^{i,j}, U^{i,j}), \quad i = 1, \dots, m-1, \quad j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$\psi_{i,0} = \varphi_i, \quad v_{0,j} = \psi_j^0, \quad v_{m,j} = \psi_j^m, \quad i = 0, \dots, m, \quad j = 0, \dots, n, \quad (3)$$

$$u_{i,j} \in U \subset R^k, \quad v_{i,j} \in R^r, \quad i = 0, \dots, m, \quad j = 0, \dots, n, \quad (4)$$

где  $U$  — открытое выпуклое множество, заданные вектор-функции  $f_{i,j}(\dots)$  непрерывно-дифференцируемы по своим аргументам,

$$V^{i,j} = \{v_{i,k} \mid (l, k) \in L_v^{i,j} \subset \{0, \dots, m\} \times \{0, \dots, n\}\}, \quad (5)$$

$$U^{i,j} = \{u_{i,k} \mid (l, k) \in L_u^{i,j} \subset \{0, \dots, m\} \times \{0, \dots, n\}\},$$

$L_v^{i,j}, L_u^{i,j}$  — некоторые индексные множества, определяющие структуру рекуррентных соотношений (2).

Задача заключается в отыскании  $\mu(m+1)(n+1)$ -мерного вектора  $u = (u_{i,j})$  и соответствующего  $\nu(m-1)n$ -мерного вектора  $v = (v_{i,j})$ , связанных соотношениями (2), доставляющими минимум функции (1). Непосредственное ее решение общими методами математического программирования при достаточно больших  $m, n$  представляет вычислительную сложность [1], [2].

Подобные задачи относят к задачам дискретного оптимального управления с распределенными параметрами, где вектор  $\tau_{i,j} \in R^r$  называют фазовой траекторией,  $u_{i,j} \in R^k$  — управляющим воздействием (переменной). К задаче (1)–(4) приводят и непрерывные задачи оптимального управления при использовании разностных схем для их конечномерной аппроксимации.

Предлагается метод решения задачи, оперирующий векторами, размерности которых существенно меньше размерности задачи (1)–(3), развивающий и обобщающий подход, предложенный в [1] для систем с сосредоточенными параметрами.

Исследуем рекуррентные соотношения (2).

Рассмотрим множества  $\bar{L}_v^{i,j}, \bar{L}_u^{i,j}, \bar{V}^{i,j}, \bar{U}^{i,j}$  сопряженные к соответствующим множествам  $L_v^{i,j}, L_u^{i,j}, U^{i,j}$  относительно пары  $(i, j)$ :

$$\begin{aligned} \bar{L}_v^{l,j} &= \{(l, \kappa) \mid (i, j) \in L_v^{l,\kappa}, l = 1, \dots, m-1, \kappa = 1, \dots, n\}, \\ \bar{L}_u^{l,j} &= \{(l, \kappa) \mid (i, j) \in L_u^{l,\kappa}, l = 1, \dots, m-1, \kappa = 1, \dots, n\}, \\ \bar{V}^{l,j} &= \{v_{l,\kappa} \mid (l, \kappa) \in \bar{L}_v^{l,j}\}, \bar{U}^{l,j} = \{u_{l,\kappa} \mid (l, \kappa) \in \bar{L}_u^{l,j}\}. \end{aligned} \quad (6)$$

Из определения этих множеств следует, что если  $(l, \kappa) \in \bar{L}_v^{l,j}, (s_1, s_2) \in L_u^{l,j}$  или что то же:  $v_{l,\kappa} \in V^{l,j}, u_{s_1, s_2} \in U^{l,j}$ , то имеет место функциональная зависимость:  $v_{l,\kappa} = f_{l,\kappa}(\dots, v_{l,j}, \dots)$ ,  $v_{s_1, s_2} = f_{s_1, s_2}(\dots, u_{l,j}, \dots)$ .

Структуру множества  $L_v^{l,j}$  назовем инвариантной относительно  $(i, j)$ , если для любой пары  $(s_1, s_2)$ ,  $0 \leq l + s_1$ ,  $i + s_1 \leq m$ ,  $0 \leq \kappa + s_2$ ,  $j + s_2 \leq n$ , из  $(l, \kappa) \in L_v^{l,j}$  следует  $(l + s_1, \kappa + s_2) \in L_v^{l+j, j+s_2}$ . Аналогично определяется инвариантность множества  $L_u^{l,j}$ .

Из инвариантности множеств  $L_v^{l,j}, L_u^{l,j}$  следует инвариантность множеств  $V^{l,j}, U^{l,j}$ , а значит и самих рекуррентных соотношений (2).

**Лемма 1.** Пусть множества  $L_v^{l,j}, L_u^{l,j}$  инвариантны, то  $L_v^{l,j}, L_u^{l,j}$  и  $\bar{L}_v^{l,j}, \bar{L}_u^{l,j}$  симметричны относительно пары  $(i, j)$ .

Рекуррентные соотношения (2), получаемые при конечноразностной аппроксимации непрерывных задач оптимального управления с распределенными параметрами, как мы увидим ниже, часто удовлетворяют условию инвариантности. Более того, для некоторых схем аппроксимации множества  $\bar{L}_v^{l,j}, \bar{L}_u^{l,j}$  совпадают с  $L_v^{l,j}, L_u^{l,j}$ . Имеет место следующая

**Лемма 2.** Пусть  $f_{l,j}(\dots)$  непостоянна ни по какому своему аргументу. Тогда для всех  $(i, j)$ ,  $i = 1, \dots, m-1, j = 1, \dots, n$ , имеет место

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_{l,j}}{\partial v_{l,\kappa}} \begin{cases} \neq 0, (l, \kappa) \in L_v^{l,j}, \\ = 0, (l, \kappa) \notin L_v^{l,j}, \end{cases} \quad \frac{\partial v_{l,\kappa}}{\partial v_{l,j}} \begin{cases} \neq 0, (l, \kappa) \in \bar{L}_v^{l,j}, \\ = 0, (l, \kappa) \notin \bar{L}_v^{l,j}, \end{cases} \\ \frac{\partial v_{l,\kappa}}{\partial u_{l,j}} \begin{cases} \neq 0, (l, \kappa) \in \bar{L}_u^{l,j}, \\ = 0, (l, \kappa) \notin \bar{L}_u^{l,j}. \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

Вычислим градиент целевой функции по  $u_{l,j}$ . Для этого рассмотрим вспомогательный  $v$ -мерный вектор:  $p_{l,j} = \frac{dI}{dv_{l,j}}, i=0, \dots, m, j=0, \dots, n$ .

Смысл, вкладываемый в производную, следующий. Пусть  $v = (v_{1,1}, \dots, v_{1,j}, \dots, v_{m,n})$  — полный фазовый вектор. При изменении  $v_{i,j}$  на величину  $\Delta_{i,j}^x$ , исходя из рекуррентных соотношений (2), изменяются и некоторые другие фазовые переменные этого вектора, т. е. будем иметь некоторый вектор  $\bar{v}$ . Тогда

$$\frac{dI}{du_{i,j}^x} = \lim_{\Delta_{i,j}^x \rightarrow 0} \frac{I(\bar{v}, u) - I(v, u)}{\Delta_{i,j}^x}, \quad i = 1, \dots, m-1, j = 1, \dots, n, x = 1, \dots, v.$$

В частности при  $j=n$ , с учетом (7) имеем:

$$\begin{aligned} p_{l,n} &= \frac{dI}{dv_{l,n}} = \frac{\partial I}{\partial v_{l,n}} + \sum_{(l,\kappa) \in \bar{L}_v^{l,n}} \frac{dI}{dv_{l,\kappa}} \frac{\partial v_{l,\kappa}}{\partial v_{l,n}} = \\ &= \frac{\partial I}{\partial v_{l,n}} + \sum_{(l,\kappa) \in \bar{L}_v^{l,n}} \frac{\partial v_{l,\kappa}}{\partial v_{l,n}} p_{l,\kappa}. \end{aligned} \quad (8)$$

Определим с учетом (7) вектор  $p_{l,j-1}$ .

$$p_{l,j} = \frac{dI}{dv_{l,j}} = \frac{\partial I}{\partial v_{l,j}} + \sum_{(l,\kappa) \in \bar{L}_v^{l,j}} \frac{\partial v_{l,\kappa}}{dv_{l,j}} p_{l,\kappa}. \quad (9)$$

С учетом условий (3) при  $i$  равных 0 и  $m$  имеем:  $\bar{L}_v^{0,j} = \emptyset, \bar{L}_v^{m,j} = \emptyset$  и соответственно:

$$p_{0,j} = \frac{\partial I}{\partial v_{0,j}}, \quad p_{m,j} = \frac{\partial I}{\partial v_{m,j}}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Тогда для компонент вектора градиента целевой функции, учитывая (2) и лемму 2, будем иметь:

$$\frac{dI}{du_{l,j}} = \frac{\partial I}{\partial u_{l,j}} + \sum_{(l,\kappa) \in \bar{L}_u^{l,j}} \frac{dI}{dv_{l,\kappa}} \frac{\partial v_{l,\kappa}}{\partial u_{l,j}} = \frac{\partial I}{\partial u_{l,j}} + \sum_{(l,\kappa) \in \bar{L}_u^{l,j}} \frac{\partial v_{l,\kappa}}{\partial u_{l,j}} p_{l,\kappa}, \quad (11)$$

при этом  $dI/du_{l,j}$  означает полную производную целевой функции по  $u_{l,j}$  с учетом соотношений (2). Таким образом имеет место:

**Теорема 1.** Значения вектора градиента функции (1) в произвольной точке и определяются формулой (11), при этом рекуррентные соотношения (2), (3) для определения  $v_{l,j}$  используются для прямого счета:  $j = 1, \dots, n$ , а определение вектора  $p_{l,j}$  проводится обратным счетом при  $j = n, n-1, \dots, 0$ , по формулам (8)–(10).

Формула (11) позволяет использовать эффективные методы безусловной минимизации функции  $I(v, u)$  без учета ограничений равенств (2), (3). В случае наличия ограничений на управляющий вектор  $u$  можно использовать такие методы, как проекции градиента, штрафных оценок и другие [1,2].

Рассмотрим применение полученных формул к одной частной задаче:

$$\min I(v, u), \quad I(v, u) = \sum_{l=0}^{m-1} [v_{l,n} - u_l]^2, \quad (12)$$

$$v_{l,j} = (1 - 2\lambda) v_{l,j-1} + \lambda (v_{l+1,j-1} + v_{l-1,j-1}) + \delta u_{l,j}, \quad i = 1, \dots, m-1, j = 1, \dots, n, \quad (13)$$

$$v_{l,0} = \varphi_l, \quad v_{0,j} = \psi_j^0, \quad v_{m,j} = \psi_j^m, \quad i = 0, \dots, m, j = 0, \dots, n, \quad (14)$$

являющейся конечномерной аппроксимацией следующей непрерывной задачи оптимального управления с распределенными параметрами при использовании явной схемы разностной аппроксимации краевой задачи (2):

$$\min J(v, u), \quad J(v, u) = \int_0^b [v(x, T) - u(x)]^2 dx, \quad (15)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + u(x, t), \quad (x, t) \in (0, b) \times (0, T), \quad (16)$$

$$v(x, 0) = \varphi(x), \quad v(0, t) = \psi^0(t), \quad v(b, t) = \psi^b(t), \quad (17)$$

при этом в (13)  $\lambda = a^2 \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2}$ . Для  $i = 1, \dots, m-1, j = 1, \dots, n$  определим множества  $L_v^{l,j} = \{(l-1, j-1), (l, j-1), (l+1, j-1)\}, L_u^{l,j} = \{u_{l,j}\};$



их структура инвариантна относительно  $(l, j)$  при  $l=1, \dots, m-1$ ,  $j=1, \dots, n-1$ , значит  $\bar{L}_v^{l,j} = \{(l-1, j-1), (l, j-1), (l+1, j-1)\}$ , а множество  $\bar{L}_v^{l,n}$  совпадает с  $L_v^{l,n}$ . При  $j=n$   $\bar{L}_v^{l,n} = \emptyset$ ,  $l=1, \dots, m$ . Тогда формулы (8)–(11) примут вид:

$$p_{l,n} = 2(v_{l,n} - u_l), \quad l=0, \dots, m, \quad (18)$$

$$p_{l,j} = \lambda p_{l-1,j-1} + (1-2\lambda) p_{l,j-1} + \lambda_{l+1,j-1}, \quad (19)$$

$$p_{0,j} = 0, \quad p_{m,j} = 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (20)$$

$$\frac{dl}{du_{l,j}} = \delta p_{l,j} = \delta p_{l,j}, \quad l=0, \dots, m, \quad j=0, \dots, n.$$

Проведя нормирование градиента, из последней формулы имеем:

$$\frac{dl}{du_{l,j}} = p_{l,j}, \quad l=0, \dots, m, \quad j=0, \dots, n. \quad (21)$$

Переходя в (11)–(14), (18)–(21) к пределу  $\Delta t \rightarrow 0$ ,  $\Delta x \rightarrow 0$  при условии  $a^2 \Delta t / (\Delta x)^2 = 1/2$  (для соблюдения устойчивости явной схемы разностной аппроксимации), получим задачу (15)–(17), а также задачу, сопряженную к (15)–(17):

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -a^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2},$$

$p(x, T) = 2[v(x, T) - v(x)]$ ,  $p(0, t) = 0$ ,  $p(b, t) = 0$ ,  
и градиент функционала (15)  $\nabla I(v, u) = p(x, t)$ .

Предлагаемый подход легко распространяется на случай, когда в (1)–(3)  $v_{l,0}$ ,  $v_{0,j}$ ,  $v_{m,j}$ ,  $l=1, \dots, m$ ,  $j=1, \dots, n$ , определяются из условия минимума функции  $I(v, u)$ , т. е.  $\psi_l$ ,  $\psi_j^0$ ,  $\psi_j^m$  — являются управляющими воздействиями. Несложно сформулировать на основании формул (18)–(21) необходимые условия экстремума для дискретных задач оптимального управления с распределенными параметрами в пространстве управлений и в фазовом пространстве, аналогично как это сделано в [1,5] для систем с сосредоточенными параметрами. По предложенной схеме возможно построение расчетных формул для определения вторых производных  $I(v, u)$  (она не приводится из-за громоздкости), позволяющих использовать более эффективные методы математического программирования. Предлагаемые расчетные формулы были использованы для решения задач оптимального управления с распределенными параметрами, получены удовлетворительные результаты.

#### Литература

1. Еотушченко Ю. Г. Методы решения экстремальных задач и их применения в системах оптимизации. — М.: Наука, 1982. 2. Полак Э. Численные методы оптимизации. Единый подход. — М.: Мир, 1974. Васильев Э. Ф. Методы решения экстремальных задач. — М.: Наука, 1981. 4. Болтинский В. Г. Оптимальное управление дискретными системами. — М.: Наука, 1973.

НИИИИ, Нефтехимавтомат

К. Р. Айда-заде

Поступило 16.IX.1985.

#### ПАЈЛАНМИШ ПАРАМЕТРЛИ ДИСКРЕТ ОПТИМАЛ ИДАРАЭТМЭ МЭСЭЛЭСИНИН БЭЛЛИНЭ ДАНР

Моголаэда пајланимиш параметрли дискрет оптимал идарэетмэ мэсэлэсинин бэллинэ бир үсулу тэклиф едилр. Функционалини градиентинин һесаблима дүстурлари шэрти вэ шэртисэ мэсэлэлэри һалл этмаж һакими верир.

К. Р. Айда-Заде

#### SOLVING OF A DISCRETE OPTIMAL CONTROL PROBLEM WITH DISTRIBUTED PARAMETERS

In this article numerical method to solve discrete optimal control problems with distributed parameters is suggested. The design formulas of functional gradient definition, allowing to design methods of solving problem both with and without constraints, are given.

Р. Х. МУРАДОВ

#### К ДВУХЧАСТИЧНЫМ РАСПАДАМ ПСЕВДОСКАЛЯРНОГО ГЛЮОНИЯ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Н. А. Гулиевым)

В настоящее время интенсивно обсуждается вопрос о природе изосинглетного мезонного состояния— $I$  (1440), обнаруженного в СЛАК-е—[1] при изучении радиационного распада  $J(\Psi)$  частиц:

$$J(\Psi) \rightarrow \gamma I(1440)$$

$$I \rightarrow \delta\pi - K\bar{K}\pi$$

С хорошей точностью измерены [2] его масса  $m_I = (1460 \pm 10)$  МэВ, полная ширина  $\Gamma_I = (97 \pm 25)$  МэВ и квантовые числа  $I^{PC} = 0^{-+}$ . Установлено также, что основной модой его распада является  $I \rightarrow \delta\pi$ , а переходы  $I \rightarrow K^* \bar{K} (\bar{K}^* K)$  при этом подавлены.

В литературе нет единства по поводу вопроса о природе  $I$ -мезона. Многие [3–9] считают  $I$ -йота мезон реальным кандидатом на роль псевдоскалярного глюония, тогда как другие [10–12] высказываются за его кварковую интерпретацию (радиальное возбуждение  $q\bar{q}$  системы). Здесь приведена аргументация в пользу первой точки зрения:  $I$ -мезон есть связанное  $0^{-+}$  состояние двух глюонов.

Изучение свойств глюония, как правило [13], связывается с решением известной проблемы синглет-октетного смешивания понета псевдоскалярных мезонов, заключающейся в том, что унитарный синглет ( $\eta_1 \approx \eta'$ ) оказывается намного тяжелее октета ( $\eta_8 \approx \eta$ ). Ее решение многими авторами [14] достигается с помощью учета так называемых глюонных аномалий и сложной структуры физического вакуума. Это приводит к приобретению дополнительной массы  $\eta$ ,  $\eta'$  мезонами за счет их смешивания с псевдоскалярным глюонным состоянием. Так как генерация массы должна происходить в области "обесцвечивания" составляющих адронов, появляется возможность соответствующим выбором феноменологических параметров варьировать долю глюонов в  $\eta$ ,  $\eta'$ -мезонах. Даже существует мнение о том, что  $\eta'$  есть псевдоскалярный глюоний. Однако, для количественного описания физики глюония знание доли глюонов в  $\eta$ ,  $\eta'$ -мезонах оказывается недостаточным. Необходимо привлечение дополнительных требований для определения параметров, характеризующих свойства самого глюония. Традиционным подходом при этом является использование свойств двух точечных функций глюонных токов, следующих из квантовохромодинамических (КХД) правил сумм.

В данной работе предложена альтернативная схема, позволяю-



щая делать количественный анализ по физике глюония, и на ее основе рассмотрены двухчастичные распады псевдоскалярного глюония. По аналогии с ранее введенным в [15] кварквиртонным полем  $q(x)$ , предполагается существование невылетающего октета цветных векторных виртонов  $B_\mu^i(x)$ . Он является примером квазичастицы, типа "цветных" глюонов  $KXD$ , переносящей взаимодействие между адронами в области конфайнмента. Построение  $B_\mu^i(x)$  полностью аналогично случаю  $q(x)$  [15], а функция Грина поля  $B_\mu^i(x)$  является целой функцией.

Если руководствоваться принципом минимальности, она в импульсном представлении записывается в виде:

$$\bar{G}_B(-k^2) = L_B^2 \exp\left(\frac{L_B^2 k^2}{4}\right) \quad (1)$$

где  $L_B$  — параметр, характеризующий поле виртона-глюона. В дальнейшем будем считать  $L_B = L_q = L = 4,03 \text{ (ГэВ)}^{-1}$ , хотя и имеются указания на возможность существования в адроне двух характерных размеров. Отсутствие законченной теории процессов адронизации оставляет этот вопрос пока открытым.

Если теперь предположить, что  $i$ -мезон есть псевдоскалярное состояние двух виртонов-глюонов, то

$$L_i(x) = \frac{g_1}{2^{5/2}} i(x) F_{\mu\nu}^i(x) \tilde{F}_i^{\mu\nu}(x) \quad (2)$$

Здесь  $F_{\mu\nu}^i = \partial_\mu B_\nu^i - \partial_\nu B_\mu^i$ ,  $\tilde{F}_i^{\mu\nu} = \frac{1}{2} \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} F^{\alpha\beta,i}$ , а  $g_1$  — константа мезон-глюонной вершины, однозначно определяемая из условия связности  $Z_i = 0$ :

$$h_1 = \frac{g_1^2}{16\pi^2 L^2} = 2,08 \cdot 10^{-2} \quad (3)$$

В терминах нашего подхода решение проблемы синглет-октетного смешивания псевдоскалярных мезонов сводится к добавлению в лагранжиан взаимодействия  $\eta, \eta'$ -мезонов с кварками [15], члена, соответствующего глюонным степеням свободы:

$$L_{P(\eta, \eta')} = \frac{P(x)}{\sqrt{2}} \left[ g_{kp} \bar{q}_a(x) i \lambda_p \gamma_5 q_a(x) + \frac{g_{kp}}{4} F_{\mu\nu}^i(x) \tilde{F}_i^{\mu\nu}(x) \right], \quad (4)$$

где  $\lambda_p$  — соответствующие  $\eta, \eta'$ -мезонам  $SU(3)$ -матрицы Гелл-Манна,  $a$  — цветовой индекс.

После того, как зафиксирован параметр  $L_B$ , в нашем распоряжении имеется произвол в выборе еще двух параметров  $h_{kp} = g_{kp}^2 / 16\pi^2$  и  $h_{kp} = g_{kp}^2 / 16\pi^2 L^2$ . Для их определения потребуем выполнения:

1. условия связности  $Z_p = 0$
2. совпадения вычисленных в виртон-кварковой модели (ВКМ) ширины распадов  $\eta, \eta' \rightarrow 2\gamma$  (рис. 1) с экспериментальными.

Совместное решение уравнений, соответствующих этим требованиям приводит к следующим значениям констант связи:

$$h_{B\eta} = 1,35 \cdot 10^{-3}, \quad h_{B\eta'} = 6,15 \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

$$h_{\kappa\eta} = 0,0804, \quad h_{\kappa\eta'} = 0,0617$$

Переходы псевдоскалярного глюония  $i$  в реальные физические частицы происходят в два этапа:  $i$  сначала через виртон-глюонную петлю превращается в  $\eta$  и  $\eta'$ -мезоны, а они в свою очередь посредством кваркового блока распадаются на физические частицы (рис. 2 и 3).

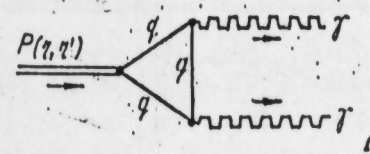


Рис. 1.

Принимая во внимание выражения лагранжианов взаимодействия скалярного, векторного и электромагнитного полей с кварковыми полями из [15], а также формулы (1–5) ширины двухчастичных распадов псевдоскалярного глюония вычисляются стандартным образом:

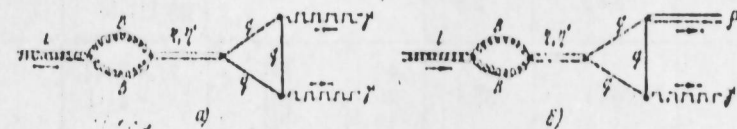


Рис. 2.

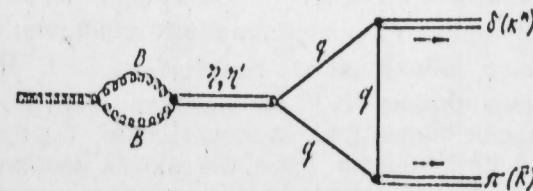


Рис. 3.

$$\Gamma_{i \rightarrow 2\gamma} = \Gamma(\eta' \rightarrow 2\gamma) \left(\frac{m_1}{m_{\eta'}}\right)^3 R_{\gamma\gamma}^2, \quad (6)$$

$$\Gamma_{i \rightarrow \rho\gamma} = \Gamma(\eta' \rightarrow \rho\gamma) \left(\frac{m_{\eta'}}{m_1}\right)^3 \left(\frac{m_1^2 - m_\rho^2}{m_{\eta'}^2 - m_\rho^2}\right)^3 R_{\rho\gamma}^2, \quad (7)$$

$$\Gamma_{i \rightarrow \kappa^* \bar{\kappa}} = \frac{g_{1\kappa^* \bar{\kappa}}^2}{16\pi m_1} \frac{\lambda^{1/2}(m_1^2, m_{\kappa^*}^2, m_{\bar{\kappa}}^2)}{m_1^2} \frac{(m_1^2 - m_{\kappa^*}^2) + m_{\kappa^*}^2 (m_{\kappa^*}^2 - 2m_1^2 - 2m_{\bar{\kappa}}^2)}{m_{\kappa^*}^2}, \quad (8)$$

$$\Gamma_{i \rightarrow \delta\pi} = \frac{G_{1\delta\pi}^2}{16\pi m_1} \frac{\lambda^{1/2}(m_1^2, m_\delta^2, m_\pi^2)}{m_1^2}, \quad (9)$$

где  $\lambda(m_1^2, m_2^2, m_3^2) = (m_1^2 - m_2^2 - m_3^2)^2 - 4m_2^2 m_3^2$ . Вычисленные нами значения амплитуд соответствующих распадов равны:

$$R_{\gamma\gamma} = 1,16, \quad R_{\rho\gamma} = 1,32, \quad g_{1\kappa^* \bar{\kappa}} = 1,42, \quad G_{1\delta\pi} = 2,27 \text{ ГэВ.}$$

В таблице даны результаты разных теоретических подходов по расчету ширины двухчастичных распадов и соответствующие им экспериментальные значения. Радиационные распады йота-мезона в настоящее время экспериментально изучены плохо и поэтому приведенные числа носят скорее качественный характер, чем количественный. При

Распады	Единицы измерения	$\Gamma_{\text{теор}} \text{ ВГМ}$	$\Gamma_{\text{теор}}$ (глюоний)	$\Gamma_{\text{теор}} (q\bar{q})$	$\Gamma_{\text{эксп}}$
$i \rightarrow 2\gamma$	КэВ	24	10 (0,03—1,4) [4] 1,5 [5] 70 [6] [10]	4,6 [10] 0,65 [10] 7,2 [10] 28,2 [10]	10 [8]
$i \rightarrow \rho\gamma$	МэВ	3,9	(0,4—2,7) [5] 0,185 [6]		2, CRYStall PaLL [7] 1, MARK II [7] <0,5, DM 2 [7]
$i \rightarrow K^* \bar{K}$	МэВ	2,3		22, [11] 95, [11] 8	Подавлен
$i \rightarrow 2\pi$	МэВ	38,4	40 [4] 20 [9] 19 [3]	28,4 [11] 122,3 [11]	

определении природы  $i$ -мезона решающими являются его сильные распады [11, 12]. Как видно из таблицы, при представлении йота-мезона радиальным возбуждением в  $q\bar{q}$  системе для мод распадов  $i \rightarrow 2\pi$  и  $i \rightarrow K^* \bar{K}$  получены приблизительно одинаковые значения ширины. Однако на опытах было обнаружено подавление  $i \rightarrow K^* \bar{K}$  по сравнению с  $i \rightarrow 2\pi$ . В нашей схеме ширина  $i \rightarrow K^* \bar{K}$  распада достаточно мала (2,3 МэВ) и он практически запрещен. Следовательно, для однозначного определения статуса йота-мезона представляются необходимыми дальнейшие экспериментальные исследования его сильных распадов.

В заключение автор выражает благодарность Г. В. Ефимову, М. А. Иванову, А. Б. Говоркову за полезные обсуждения.

#### Литература

- Scharre D. L. et al. - Phys. Lett., 1980, 97 B, 329.
- Palmer W. F., Pinsky S. S., Bender C. - Phys. Rev., 1984, 30D, 1002.
- Rosenzweig C., Solomone A., Schechter J. - Nucl Phys., 1982, B206, 12.
- Senba K., Tanimoto M. - Phys. Lett., 1981, 106B, 215.
- Phys. Rev., 1982, 25D, 792.
- Teshima T., Oneda S. - Phys. Rev., 1984, 29D, 2067.
- Narison S. et al. - Phys. Lett., 1984, 147B, 162.
- Williams P. G. - Phys. Rev., 1984, 29D, 1032.
- Milton K. et al. - Phys. Rev., 1983, 27D, 202.
- Labiri A., Bagchi B. - Phys. Lett., 1982, 112B, 407.
- Герасимов С. Б., Говорков А. Б., Препринт ОИЯИ, P2-84-565, Дубна, 1984.
- Говорков А. Б., Препринт ОИЯИ, P2-84-723, Дубна, 1984.
- Ono S., Pene O. - Phys. Lett., 1982, 109B, 101.
- Вайнштейн А. И. и др. ЭААЯ, 13, 542, 1982; Shifman M. - Z. Phys., 1981, 9C, 347.
- Novikov V. et al. - Nucl Phys., 1980, B165, 55; Crewther R. J. - Riv. Nuovo Cim., 1979, 2, 63.
- Ефимов Г. В., Иванов М. А. ЭААЯ, 12, 1220 (1981); Dubnickova A. Z., Efimov G. V., Ivanov M. A. - Fort Phys., 1979, 27, 403.

Р. Х. Мурадов

#### ПСЕВДОСКАЛАР ГЛЮНИНИН ИКИНССЭЧИКЛИ ПАРЧАЛАНМАЛАРЫНА ДАИР

Мэгалэдэ  $i$ -мезону псевдоскалар глюони кими габул едэрэк, онун электромагнит вэ күчлү парчаланмалары өжрөнлмшдир.

R. Kh. Muradov

#### ON THE TWO-PARTICLE DECAYS OF PSEUDO-SCALAR GLUONIUM

We suppose that recently detected  $i$ -meson is the pseudo-scalar  $0^{-+}$  gluonium and suggest the dynamical scheme of  $i = \eta = \eta'$  mixing.



Акад. М. И. АЛИЕВ, Х. А. ХАЛИЛОВ

СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ  $In_{1-x}Ga_xAs$  ( $x \leq 0,1$ )

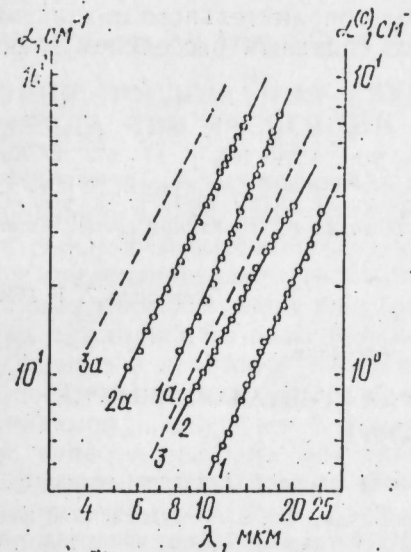
Твердые растворы  $In_{1-x}Ga_xAs$  в последнее время находят широкое применение как материалы для инфракрасных детекторов, лазерных диодов и др. На параметры получаемых приборов значительное влияние оказывает нарушение периодичности потенциального поля в кристалле. Поэтому представляет определенный интерес выявление влияния этого нарушения на физические свойства полупроводника. Однако изучение данного вопроса с помощью кинетических коэффициентов связано с определенными трудностями как экспериментальной так и теоретического характера. Из оптических же методов заслуживает внимания метод определения механизмов рассеяния из спектров поглощения свободными носителями, развитый для твердых растворов [1,2] и исходных соединений [3]. Этот метод позволяет оценить вклады каждого из механизмов рассеяния при заданной температуре.

В настоящей работе приведены спектры поглощения кристаллов  $In_{1-x}Ga_xAs$  ( $x \leq 0,1$ ) и рассмотрена корреляция между спектрами и содержанием компонентов в твердом растворе с целью определения роли нарушения периодичности потенциального поля в механизм рассеяния носителей заряда. Полученные результаты сравниваются с теоретическими предсказаниями о коэффициенте внутризонного поглощения в твердых растворах  $\alpha^{(c)}$  обусловленном нарушениями периодичности потенциального поля в кристалле.

Были исследованы две группы монокристаллических образцов  $In_{1-x}Ga_xAs$  ( $x=0, 0,05, 0,1$ ) с близкими значениями концентраций электронов  $N_e$  и с одинаковой степенью компенсации в каждой группе, которая оценивалась по температурной зависимости постоянной Холла  $R_H$ . Эффективная масса электронов, использованная нами для определения уровня Ферми и при расчетах коэффициента поглощения  $\alpha^{(c)}$  получена из эффекта Фарадея в работе [4]. Характерные спектры поглощения при комнатной температуре приведены на рисунке. Спектры сняты на двухлучевом спектрофотометре 75-IR в интервале длин волн  $\lambda=2,5 \div 25$  мкм. В области (5-25) мкм наблюдается спектр поглощения связанный со свободными носителями заряда. Коэффициент поглощения при этом описывается степенной зависимостью  $\alpha^{(c)} \sim \lambda^\gamma$ .

В первой группе образцов показатель степени  $\gamma$  от 2,2 для InAs (1) уменьшается до 1,9 для  $In_{0,95}Ca_{0,05}As$  (2). В арсениде индия наблюдается некоторое возрастание при увеличении концентрации носителей заряда от  $1,8 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  до  $5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ , что соответствует увеличению роли ионизированных примесей в рассеянии свободных

электронов. Поэтому сравниваем результаты эксперимента по  $\gamma$  только при одинаковых концентрациях электронов в кристаллах InAs и твердых растворов  $In_{1-x}Ga_xAs$ . В данном случае  $\gamma=2,2$  (кривая 1) для InAs ( $N_e=1,8 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ) и  $\gamma=1,9$  (кривая 2) для  $In_{0,95}Ca_{0,05}As$  ( $N_e=2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ). Дальнейшее увеличение содержания CaAs в сплаве (вторая группа образцов) при прочих равных условиях, приводит к



Спектры поглощения InAs (1 и 1a) и твердых растворов  $In_{1-x}Ga_xAs$  (2 и 2a) в двух группах образцов:  
 1) 1 — InAs с  $N_e = 1,8 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ;  
 2 —  $In_{0,95}Ga_{0,05}As$  с  $N_e = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ;  
 3 — расчетное  $\alpha^{(c)}$   
 2) 1a — InAs с  $N_e = 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ;  
 2a —  $In_{0,9}Ga_{0,1}As$  с  $N_e = 7 \text{ см}^{-3}$ .

уменьшению показателя степени  $\gamma$  от 2,6 (кривая 1a) для InAs ( $N_e = 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ) до 2,2 (кривая 2a) для  $In_{0,9}Ga_{0,1}As$  ( $N_e = 5,4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ). Так как степень компенсации носителей заряда и приповерхностное поглощение в каждой группе образцов одинаковы, то можно считать, что уменьшение  $\gamma$  с составом вызвано разупорядоченностью атомов в твердом растворе.

Коэффициент внутризонного поглощения для невырожденного электронного газа в смешанных кристаллах  $\alpha^{(c)}$  (2) равен

$$\alpha^{(c)} = \frac{e^2 (m_0^* \beta)^{1/2} \cdot (1-x) N_e}{(2 \pi x)^{1/2} c h^2 N} \sin h \left( \frac{\beta h \omega}{2} \right) \left\{ \frac{16}{3 h \omega} \left( \frac{12 \alpha_0}{\beta^2} + \frac{6 \alpha_0 \beta_0}{\beta} + \beta_0^2 \right) \left[ K_0 \left( \frac{\beta h \omega}{2} \right) + \frac{4}{\beta h \omega} K_1 \left( \frac{\beta h \omega}{2} \right) \right] + \frac{64}{3} \left( \frac{9 \alpha_0^2}{8 \beta} \right) K_1 \left( \frac{\beta h \omega}{2} \right) \right\}$$

где  $m_0^*$ ,  $N_e$  — эффективная масса и концентрация электронов,  $N$  — число элементарных ячеек в единичном объеме,  $x$  — диэлектрическая постоянная кристалла,  $K_n$  — функция Макдональда,  $\alpha_0, \beta_0$  — постоянные материала, зависящие от среднего значения содержания второго компонента,  $h\omega$  — энергия падающего излучения и  $\beta=1/KT$ . Результаты расчетов  $\alpha^{(c)} \sim \lambda^\gamma$  приведены на рисунке (кривая 3) при  $x=0,05$ . Расчетное значение ( $\gamma=2,2$ ) удовлетворительно согласуется с экспериментальными результатами ( $\gamma=1,9$  — кривая 2).



Рассчитан также коэффициент внутризонного поглощения  $\alpha^{(c)}$ , обусловленный нарушением периодичности потенциального поля в частично вырожденных образцах  $\text{In}_{0,9}\text{Ga}_{0,1}\text{As}$  по выражению (19) из работы [1]. В этом случае результаты эксперимента  $\gamma=2,1$  (2а) хорошо согласуются с расчетными  $\gamma=2,2$  (34а).

Таким образом, зависимость  $\alpha^{(c)} \sim \lambda^{\gamma}$  в обеих группах образцов твердого раствора  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$  ослабляется как относительно исходного соединения  $\text{InAs}$ , так и с увеличением содержания второго компонента, что указывает на существование дополнительного механизма поглощения, связанного, по-видимому, со сплавным рассеянием электронов.

#### Литература

1. Sitaranski K. and Szatkoteski J. — Phys. Stat. Sol. (b), 1981, 104, p. 57–67. 2. Kurowska A. — Phys. Stat. Sol. (b), 1978, 87, p. 69–78. 3. Балагурова Е. А., Греков Ю. Б., Прудникова И. А., Семиколонова Н. А., Шабакин В. П. ФТП, 1984, т. 18, вып. 6, 1011–1015. 4. Бурдуков Т. Ю., Мальцев Ю. В., Пичахи Г. Н., Уханов Ю. Н., Халилов Х. А. ФТП, 1970, 4, 1390.

Институт физики АН АзССР

Поступило 7. V 1985

М. И. Әлиев, Х. Ә. Хәлилов

#### $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ ( $x < 0,1$ ) БЭРК МӘЪЛУЛУНДА ИГ-ШУАЛАНМАНЫН УДУЛМА СПЕКТЛӘРИ

ИГ-шүәланманын  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$  кристалларында сәрбәст Јүкдашыҗычыларында удулмасы тәдгиг едилинишир. Нәтиҗәдә кәстәрилмишиди ки,  $\alpha \sim \lambda^{\gamma}$  мütәнасиблиҗиндә  $\gamma$ -нын гиҗмәти  $\text{InAs}$ -дә олдурунлан азыр нә  $\text{GaAs}$  миҗдарынын бәрк мәһлулда артмасы илә азалир. Әлавә удулманын мөвчудлугу электронарын әринтидән сәпилмәси илә изәһ едилә биләр.

М. И. Aliyev, Kh. A. Khalitov

#### ABSORPTION SPECTRA FOR IR-RADIATION IN $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{AS}$ ( $x < 0,1$ ) SOLID SOLUTIONS

An investigation was made of free carrier absorption in  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$  ( $x < 0.1$ ) crystals within the IR region ( $\lambda = 5-25 \text{ mkm}$ ). Curve slope  $\gamma$  in the  $\alpha \sim \lambda^{\gamma}$  law is shown to decrease in relation to  $\text{GaAs}$  content in the alloy. This is indicative of the existence of the additional absorption mechanism which is apparently connected with the alloy electron scattering.

УДК 537.311

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Чл.-корр. АН Азерб. ССР Ф. М. ГАШИМЗАДЕ, Э. В. ТАГИРОВ

#### ТЕОРИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА СВОБОДНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ ЗАРЯДА ПРИ РАССЕЯНИИ НА МЕЖДОЛИННЫХ ФОНОНАХ

Междолинное рассеяние носителей заряда в многодолинных полупроводниках играет важную роль в процессах переноса заряда, особенно в сильном электрическом поле. В работе [1] показано, что исследование поглощения света свободными носителями в одноосно деформированных многодолинных полупроводниках дает возможность выделить вклад междолинного рассеяния в частотную зависимость коэффициента поглощения в квантовой области частот  $\hbar\omega > \epsilon$ , где  $\epsilon$  — средняя энергия носителей заряда,  $\omega$  — частота поглощаемой электромагнитной волны. По-видимому, такую же информацию можно получить, исследуя влияние гидростатического давления на коэффициент поглощения света свободными носителями с учетом рассеяния между неэквивалентными долинами. Недавно была сделана попытка рассчитать частотную зависимость коэффициента поглощения света свободными носителями в недеформированном кристалле  $n\text{-Si}$  с учетом междолинного рассеяния [2]. Полученные в [2] формулы, однако, чрезвычайно громоздки и пригодны только для частного случая кубических полупроводников с одинаково ориентированными главными осями тензора эффективной массы всех долин.

В настоящей работе найдено общее решение задачи для произвольного расположения главных осей тензора эффективной массы долин и для кристаллов произвольной симметрии.

Общая схема расчета коэффициента поглощения света свободными носителями с учетом рассеяния на различных дефектах решетки приведена, например, в [3], поэтому, сразу выпишем выражение для коэффициента поглощения  $\alpha = \alpha_x + \alpha_{\pm}$  в виде:

$$\alpha_{\pm} = \frac{e^2 D^2 \left(1 - e^{-\frac{\hbar\omega}{kT}}\right)}{(2\pi)^4 \text{сн}(\hbar\omega)^3 \omega_0 \rho} \left(N_0 + \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2}\right) \sum_{ss'} \iint d\kappa_s d\kappa_{s'}. \quad (1)$$

$$|e\nabla(\epsilon_{\kappa_{s'}} - \epsilon_{\kappa_s})|^2 \cdot f(\epsilon) [1 - f(\epsilon + \hbar\omega \pm \hbar\omega_0)] \delta(\epsilon' - \epsilon - \hbar\omega \mp \hbar\omega_0 \pm \Delta)$$

Здесь  $\alpha_{\pm}$  — коэффициент поглощения света с поглощением и испусканием фонона, соответственно;  $e$  — единичный вектор поляризации света,  $D$  — константа деформационного потенциала для взаимодействия носителя заряда с междолинным фононом,  $\omega_0$  — частота междолинного фонона,  $N_0$  — функция Планка для фононов,  $n$  — коэффициент преломления,  $\rho$  — плотность среды,  $s$  и  $s'$  — номера долин,  $\Delta$  — величина энергетической щели между неэквивалентными долинами,  $f$  — функция Ферми.

Дальнейшие вычисления проведем для эллипсоидальных изоэнергетических поверхностей, заданных в главных осях тензора эффективной массы  $s$ -ой долины в виде:

$$\varepsilon_{\mathbf{k}s} = \sum_{l=1}^3 \frac{\hbar^2}{2m_{sl}} (\kappa_{sl} - \kappa_{sol})^2 \quad (2)$$

Интегрирование по  $\kappa_s$  и  $\kappa_{s'}$  проведем в системе координат, связанной с главными осями соответствующих энергетических эллипсоидов. Введем деформированную систему координат:

$$\tilde{\kappa}_{sl} = \kappa_{sl} \sqrt{\frac{m_0}{m_{sl}}} \quad (3)$$

и обозначим:

$$\tilde{e}_{sl} = e_{sl} \sqrt{\frac{m_0}{m_{sl}}} \quad (4)$$

После интегрирования по углам и  $\varepsilon'$ , находим:

$$\alpha_{\pm} = \frac{A(1 - e^{-\frac{\hbar\omega}{\kappa T}})}{\omega^3} \left( N_0 + \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2} \right) \sum_{ss'} \int d\varepsilon \sqrt{\varepsilon(\varepsilon + \hbar\omega \pm \hbar\omega_0 - \Delta)} \times \\ \times [\tilde{e}_{s'}^2 \varepsilon + \tilde{e}_s^2 (\varepsilon + \hbar\omega \pm \hbar\omega_0 - \Delta)] f(\varepsilon) [1 - f(\varepsilon + \hbar\omega \pm \hbar\omega_0)]. \quad (5)$$

где  $m_{sd} = (m_{s1} m_{s2} m_{s3})^{1/3}$  — эффективная масса плотности состояний  $s$ -ой долины,

$$A = \frac{4D^2 e^2 m_{sd}^{3/2} m_{s'd}^{3/2}}{3c n \omega_0 \rho \hbar^2 \pi^2} \frac{1}{m_0} \quad (6)$$

Рассмотрим вычисление сумм по  $s$  и  $s'$ . Для этого запишем:

$$\tilde{e}_{sl} = \sqrt{\frac{m_0}{m_{sl}}} e_{sl} = \sqrt{\frac{m_0}{m_{sl}}} \sum_{r=1}^3 a_{lr}^s e_r \quad (7)$$

где  $a_{lr}^s$  — направляющие косинусы главных осей тензора эффективной массы  $s$ -ой долины относительно координатных осей, связанных с кристаллом. Тогда:

$$\tilde{e}_s^2 = \sum_{l,r,p} \frac{m_0}{m_{sl}} a_{lr}^s a_{lp}^s e_r e_p \quad (8)$$

Суммирование по  $s$  проведем, действуя на выражение [8] элементами симметрии кристалла. Имеем:

$$\sum_{s=1}^{N_s} \tilde{e}_s^2 = \frac{N_s}{n_g} \sum_{r \in G} \sum_{l,r',r''} D_{lr}(g) D_{l'r'}(g) e_{r'} e_{r''} \frac{m_0}{m_{sl}} a_{lr}^s a_{l'r'}^s \quad (9)$$

Здесь  $D(g)$  — представление по которому преобразуются декартовы координаты,  $n_g$  — число элементов точечной группы симметрии  $G$  кристалла,  $N_s$  — число долин типа  $s$ .

Для кубических кристаллов  $D(g)$  — трехмерное неприводимое представление и из соотношения ортогональности имеем [4]:

$$\sum_{g \in G} D_{lr}(g) D_{l'r'}(g) = \frac{n_g}{3} \delta_{lr} \delta_{l'r'} \quad (10)$$

Откуда:

$$\sum_{s=1}^{N_s} \tilde{e}_s^2 = N_s \frac{m_0}{m_{s0}} \quad (11)$$

так как:

$$\sum_{r=1}^3 (a_{lr}^s)^2 = 1; \quad \sum_{r'=1}^3 e_{r'}^2 = 1 \quad (12)$$

Здесь

$$\frac{1}{m_{s0}} = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{m_{s1}} + \frac{1}{m_{s2}} + \frac{1}{m_{s3}} \right) \quad (13)$$

— оптическая эффективная масса носителей заряда  $s$ -ой долины. Аналогично вычисляется и вторая сумма:

$$\sum_{s'=1}^{N_{s'}} \tilde{e}_{s'}^2 = N_{s'} \frac{m_0}{m_{s'0}} \quad (14)$$

Для одноосных кристаллов представление  $D(g)$  является приводимым и распадается на одномерное и двумерное неприводимые представления. Если ввести углы  $\theta_1$  между главными осями тензора массы и выделенной осью кристалла  $z$ , то:

$$\sum_{s=1}^{N_s} \tilde{e}_s^2 = N_s \sum_{l=1}^3 \frac{m_0}{m_{sl}} \left( \frac{1}{2} e_l^2 \sin^2 \theta_1 + e_l^2 \cos^2 \theta_1 \right) \quad (15)$$

Для кристаллов более низкой симметрии:

$$\sum_{s=1}^{N_s} \tilde{e}_s^2 = N_s \sum_{l=1}^3 \frac{m_0}{m_{sl}} [e_x^2 (a_{lx}^s)^2 + e_y^2 (a_{ly}^s)^2 + e_z^2 (a_{lz}^s)^2] \quad (16)$$

Дальнейшие упрощения достигаются в случае кубического кристалла для вырожденной и бальмановской статистики носителей заряда. В первом случае:

$$\alpha_{\pm} = \frac{A N_s N_{s'}}{\omega^3} \left( e^{\frac{\hbar\omega}{\kappa T}} - 1 \right) \left( N_0 + \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2} \right) \left( 1 + e^{\frac{\hbar\omega + \hbar\omega_0}{\kappa T}} \right)^{-1} \times \\ \times 2\kappa T \left[ \frac{m_0}{m_{s0}} \zeta + \frac{m_0}{m_{s'0}} (\zeta + \hbar\omega \pm \hbar\omega_0 - \Delta) \right] \sqrt{\zeta(\zeta + \hbar\omega \pm \hbar\omega_0 - \Delta)} \quad (17)$$

Во втором случае:

$$\alpha_{\pm} = \frac{A N_s N_{s'}}{\omega^3} (\kappa T)^3 \left( \frac{m_0}{m_{s0}} + \frac{m_0}{m_{s'0}} \right) e^{\zeta/\kappa T} e^{-\Delta/2\kappa T} \times \\ \times z_{\pm}^2 \frac{\text{sh} \left( \frac{\hbar\omega}{2\kappa T} \right)}{\text{sh} \left( \frac{\hbar\omega_0}{2\kappa T} \right)} \left[ K_2(\pm 1) + \frac{|z_{\pm}|}{z_{\pm}} \left( \frac{m_{s0} - m_{s'0}}{m_{s0} + m_{s'0}} \right) K_1(|z_{\pm}|) \right]. \quad (18)$$

где

$$z_{\pm} = \frac{\hbar\omega - \Delta \pm \hbar\omega_0}{2\kappa T} \quad (19)$$

$K_1$  и  $K_2$  — модифицированные функции Бесселя,  $\zeta$  — химический потенциал, заданный концентрацией носителей заряда и температурой. Если



положить  $m_{s0} = m_{s'0}$  и  $\Delta = 0$ , т. е. рассматривать рассеяние между эквивалентными долинами, то последняя формула с точностью до коэффициентов совпадает с формулой [11. 10. 36] монографии Зеегера [3], описывающей случай рассеяния на деформационном оптическом потенциале.

В заключение отметим, что в отличие от результатов [2], полученное в настоящей работе общее выражение для коэффициента поглощения света свободными носителями заряда, рассеивающимися на междолинных фононах, единым образом описывает  $f$ - и  $g$ - процессы рассеяния, а также рассеяние между неэквивалентными долинами [6].

#### Литература

1. Демиденко З. А., Томчук П. М. ФТП, 1981, т. 15, в. 8, 1589 — 1595.
2. Андреев А. А. УФЖ. 1985, т. 30, № 3, с. 460—465.
3. Зеегер К. Физика полупроводников. — М.: Мир, 1977.
4. Штрайтвольф Г. Теория групп в физике твердого тела. — М.: Наука, 1976, 262 с.
5. Справочник по специальным функциям (Под редакцией Абрамовица М. и Стигана И.). — М.: Наука, 1979.
6. Risken H., Meyer H. J. — Phys. Rev., 1961, v. 123, No 2, p. 416 — 418.

Институт физики АН АзССР

Поступило 17. 11 1986

Ф. М. Гашим-заде, Е. В. Тагиров

#### СЭРБЭСТ ЛУКДАШЫЫЧЫЛАРЫН ВАДИЛЭРАРАСЫ ФОНОНЛАРДАН СЭПИЛМЭСИ ПРОСЕСИНДЭ ИШЫГЫН УДУЛМАСЫ НЭЗЭРИЛЖЭСИ

Мәгаләдә иштијари симметрияја малик олан кристалларда јукдашычылары деформасија потенциалындан сәпилмәклә вадиләрарасы кечид просесиндә удулма әмсалы үчүн алынган үмуми дүстурдан данышылып. Удулма әмсалынын тезликдән вә температурдан асылылыгы оптик деформасија потенциалындан вадиләрдахили сәпилмәдә алынган ифадәләрлә үст-үстә дүшүр. Алынган дүстур эквивалент олмајан минимумларарасы кечидләрдә баш верән сәпилмәни дә тәсвир едир.

F. M. Gashimzade, E. V. Tagirov

#### THEORY OF LIGHT ABSORPTION BY FREE CHARGE CARRIERS WITH SCATTERING BY INTERVALLEY PHONONS

General expression for the coefficient of light absorption by free charge carriers in the crystals with arbitrary symmetry for the case of scattering by intervalley deformation potential is obtained. It is shown, that frequency and temperature dependences of absorption coefficient coincide with corresponding ones for intervalley scattering by optical deformation potential. The expression obtained also describes the case of scattering between non-equivalent valleys.

УДК 621.315.592

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

В. К. МАМЕДОВ, Н. З. СУЛЕЙМАНОВ, Э. К. ГУСЕЯНОВ, Н. К. ИСМАНЛОВ,  
ЭЛЬ. Ю. САЛАЕВ, А. Ш. АБДИНОВ

#### ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ $n$ -CuInSe<sub>2</sub>, ОБЛУЧЕННЫХ $\gamma$ -КВАНТАМИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР. Э. Ю. Салаевым)

Сложные полупроводники с общей формулой  $A^I B^{III} C_2^{VI}$  являются перспективными материалами для создания электролюминесцентных источников света, приемников излучения и солнечных батарей [1]. В [2—3] нами исследованы электрические и фотоэлектрические свойства монокристаллов  $n$ -CuInSe<sub>2</sub>. В данной работе приводятся результаты, полученные при изучении влияния  $\gamma$ -облучения на некоторые электрические и фотоэлектрические свойства этого материала. Исследуемые образцы срезались из крупных монокристаллических слитков  $n$ -CuInSe<sub>2</sub>, выращенных методом Бриджмена. Облучение  $\gamma$ -квантами проводилось от источника <sup>60</sup>Co с энергией 1,25 Мэв и дозой 10<sup>6</sup>р. Для исключения возможного термического отжига созданных при этом радиационных дефектов омические и индиевые контакты наносились на предварительно механически и химически обработанные поверхности методом сплавления до облучения.

Предварительные измерения показали, что в зависимости от условий выращивания исходное (до облучения) удельное сопротивление полученных монокристаллов  $n$ -CuInSe<sub>2</sub> и концентрация свободных носителей заряда в них при 300 К составляет  $\sim 1 \div 10$  Ом·см и  $\sim 10^{16} \div 10^{17}$  см<sup>-3</sup> соответственно. На основе исследования температурной зависимости подвижности свободных электронов установлено, что в изучаемых кристаллах при относительно низких температурах преобладает рассеяние носителей заряда на ионах примесей, а в области комнатных температур доминирует рассеяние на колебаниях решетки.

Для выявления влияния облучения  $\gamma$ -квантами нами изучены температурные зависимости удельной электропроводности  $\sigma$ , спектрального распределения фотопроводности, а также времени жизни неравновесных носителей заряда в монокристаллах  $n$ -CuInSe<sub>2</sub> при  $77 \div 300$ К. На рис. 1 представлены характерные кривые температурной зависимости удельной электропроводности монокристаллов  $n$ -CuInSe<sub>2</sub> до (кривая 1) и после облучения (кривая 2)  $\gamma$ -квантами. Как видно из этого рисунка после облучения  $\gamma$ -квантами  $\sigma$  сильно уменьшается (2—3 порядка), а ее температурная зависимость становится значительно резкой. В облученных кристаллах энергия активации проводимости составляет 0,034 эВ, в то время как в необлученных кристаллах она не превышает кТ. Это свидетельствует о том, что в рассмотренном диапазоне



температуры в изучаемых кристаллах доминирует примесная проводимость.

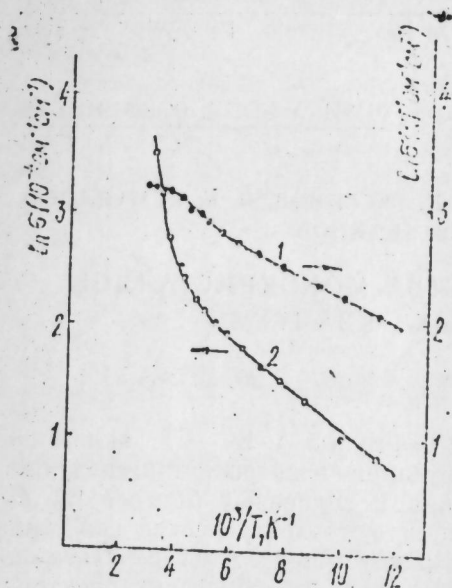


Рис. 1. Температурная зависимость удельной электропроводности монокристаллов  $n\text{-CuInSe}_2$  до (кривая 1) и после облучения  $\gamma$ -квантами (кривая 2)  $\tau = 10^3$  р

На рис. 2 приведены характерные кривые спектрального распределения фотопроводимости облученных  $\gamma$ -квантами монокристаллов  $\text{CuInSe}_2$  при различных температурах. Как видно из рисунка облученные  $\gamma$ -квантами монокристаллы  $n\text{-CuInSe}_2$  обладают заметной фоточувствительностью в области длины волны 0,6—1,6 мкм. Обнаруженный при этом небольшой рост фотосигнала с уменьшением длины волны в коротковолновой части спектра связан с поверхностью кристаллов.

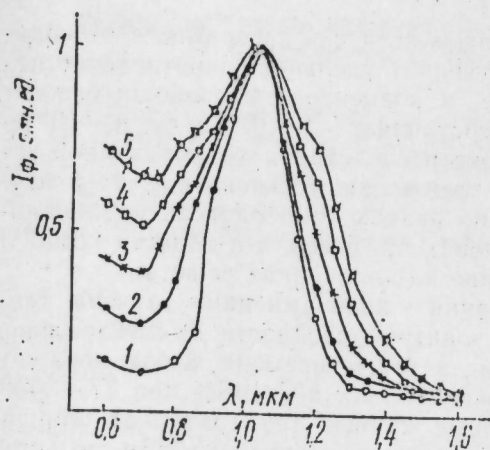


Рис. 2. Спектральное распределение фотопроводимости облученных  $\gamma$ -квантами монокристаллов  $n\text{-CuInSe}_2$  при различных температурах.  $T, K$ : 1—90; 2—130; 3—170; 4—230; 5—300.  $U = 2$  В

Установлено также, что после облучения  $\gamma$ -квантами при прочих одинаковых условиях фоточувствительность кристаллов  $n\text{-CuInSe}_2$  увеличивается. При этом на кривых спектрального распределения в районе  $\lambda > 1,2$  мкм появляется слабый пик примесной фотопроводимости, связанный с созданными радиационными дефектами.

По кинетике фотопроводимости исследована также температурная зависимость времени жизни неравновесных носителей заряда  $\tau$  в изучаемых монокристаллах до и после облучения  $\gamma$ -квантами. Время жизни неравновесных носителей заряда в необлученных кристаллах при 77 К составляет  $\sim 10^{-6}$  с и уменьшается после облучения  $\gamma$ -квантами всего лишь в несколько раз.  $\gamma$ -облучения заметно не влияют на характер температурной зависимости  $\tau$ . Обнаруженное при этом уменьшение  $\tau$ , скорее всего, связано возникновением примесных уровней типа центров рекомбинации. Рост удельного сопротивления и фоточувствительности изучаемых кристаллов после облучения  $\gamma$ -квантами могут объясняться ростом степени компенсации материала вследствие введения радиационных точечных дефектов акцепторного типа. По-видимому, эти дефекты связаны со смещением атомов Se в межузле.

#### Литература

1. Kokubun Y., Wada M. — Jap. J. Appl. Phys., 1977, 16, No. 5, 879.
2. Абдинов А. Ш., Мамедов В. К., Нуруллаев Ю. Г. ДАН Азерб. ССР, 1980, т. 36, в. 10, с. 17.
3. Абдинов А. Ш., Мамедов В. К. ФТП, 1980, т. 14, в. 3, с. 892.
4. Абдинов А. Ш., Кязимзаде А. Г., Мамедов В. К. ФТП, 1981, т. 15, в. 3, с. 605.

Поступило 10. IV 1986

В. Г. Маммадов, Н. З. Сулейманов, Е. К. Гусейнов,  
Н. Г. Исмаилов, Е. J. Салаев, Э. Ш. Абдинов

#### ГАММА-КВАНТЛАРЛА ШУАЛАНДЫРЫЛМИШ $n\text{-CuInSe}_2$ МОНОКРИСТАЛЛАРЫНЫН ЕЛЕКТРОФИЗИКИ ХАССЭЛЭРИ

Магаләдә Бричмен методу ilə көјәрдилимиш  $n\text{-CuInSe}_2$  монокристаллары  $10^6$  р до залы гамма-квантларла шуаландырылмиш, онларын elektrik кечирчилијинин вә фотокечирчилијинин спектрал пайланмасынын температур асылылыгы вә гејри-таразлыгда олар жүкдашыјычыларын јашама мүддәти тәдиг олуимушдур. Мүәјјән едилмишдир ки, гамма-шуаланма elektrik кечирчилијинин вә јашама мүддәтинин азалмасына, фототәссаслығын исе артмасына сәбәб олар.

V. K. Mamedov, N. Z. Suleimanov, E. K. Guseinov, I. G. Ismailov,  
El. Yu. Salayev, A. Sh. Abdinov

#### ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF $\gamma$ -IRRADIATED $n\text{-CuInSe}_2$ SINGLE CRYSTALS

Temperature dependence of conductivity and spectral distribution of photoconductivity on  $\gamma$ -irradiated  $n\text{-CuInSe}_2$  single crystals is investigated. The decrease of conductivity and life-time non-equilibrium charge carriers and increase of photosensitivity in  $n\text{-CuInSe}_2$  single crystals is discussed by radiation-induced defects.

УДК 66.091.095.131.14

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р. М. ШАМХАЛОВ, М. А. ШАХГЕЛЬДИЕВ, Э. А. АГАЕВА, Т. Ю. ИСКЕНДЕРОВА

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ ЭЛЕМЕНТОВ VI ГРУППЫ

Дипольные моменты алкилфениловых эфиров

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Т. Н. Шахтагинским)

Дипольный момент молекулы (ДМ) является непосредственной характеристикой распределения в ней электронной плотности. Изменения, происходящие в распределении электронной плотности, например, при введении в молекулу замещающих групп, прямо отражаются на величине ДМ и его ориентации относительно скелета молекулы [1].

Несмотря на то, что в литературе имеется большое число работ по ДМ различных соединений, ароматическим эфирам посвящена лишь небольшая часть из них [2].

В данной работе определены ДМ ряда эфиров типа  $C_6H_5OR$  с целью нанесения особенностей электронного взаимодействия заместителя R с бензольным кольцом. Отметим, что вопрос о природе этого взаимодействия тесно связан с химическим аспектом проблемы ориентирующего влияния группы RO, в частности, в реакциях электрофильного ароматического замещения [3].

Результаты измерения ДМ приведены в таблице\*, в которую включены также величины коэффициента  $\alpha$  и  $\beta$  в формуле Хеденстранда и значения индукционных констант Тафта  $\sigma^*$  для заместителей R [5].

Из таблицы видно, что по влиянию заместителя R на величины ДМ исследуемые эфиры можно разделить на две основные группы. Эфиры первой группы (II—XV) содержат алкильные, ненасыщенные и ароматические радикалы. Эфиры второй группы (XVI—XVIII) характеризуются наличием полярных связей внутри заместителей—внутренних диполей.

ДМ эфиров первой группы очень близки друг к другу и практически не зависят от структуры заместителя и его эффективного объема. ДМ всех эфиров, независимо от природы и пространственной емкости замещающих групп, лежат в интервале 1,15—1,30 Д и близки к значению ДМ группы  $CN_3O$  (1,20 Д). Здесь интересно отметить, что и алифатические простые эфиры имеют приблизительно одинаковые ДМ [6], также лежащие в интервале 1,15—1,30 Д. Более того, ДМ донорно-акцепторных комплексов некоторых алифатических и ароматических простых эфиров с бромистым алюминием [7] также практически одинаковы (7,0—7,20 Д).

\* ДМ эфиров II, III, XIII, XIV, XV измерялись ранее [4]. Данные о ДМ остальных эфиров в литературе отсутствуют.

Таким образом, можно допустить, что конфигурация полярного остова С—О—С во всех эфирах первой группы одинакова, независимо от строения и размеров заместителя, и что угол у кислородного атома, обуславливающий наличие ДМ, в пределах исследуемого ряда эфиров изменяется незначительно.

Дипольные моменты эфиров  $C_6H_5OR$

№№ эфира	R	$\alpha$ ер	$\beta$ ер	$P_{oc}$ , см <sup>3</sup>	$P_0$ , см <sup>3</sup>	MD	★
I	H	1,0485	0,2285	67,332	27,832	1,38	0,490
II	CH <sub>3</sub>	0,9225	0,2112	67,271	32,568	1,29	0,00
III	CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	1,0176	0,2373	75,038	37,186	1,35	0,100
IV	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	0,9670	0,2096	78,346	41,804	1,33	-0,115
V	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,0570	0,2550	80,764	41,804	1,37	-0,190
VI	CH <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	0,8960	0,2667	78,484	46,422	1,24	-0,130
VII	CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,9400	0,2580	80,517	46,422	1,28	-0,125
VIII	CH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	0,9470	0,2440	81,189	46,422	1,30	-0,210
IX	CH <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	0,0100	0,3100	86,542	51,040	1,31	-0,162
X	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,9530	0,2560	85,704	51,040	1,29	-0,162
XI	CH <sub>2</sub> -CH=CH <sub>2</sub>	1,0300	0,3010	77,896	41,337	1,33	+0,180
XII	CH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	1,0000	0,3870	90,575	56,675	1,28	+0,215
XIII	CH=CH <sub>2</sub>	0,8870	0,2785	67,920	36,719	1,23	+0,400
XIV	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	1,0000	0,5280	82,100	52,057	1,29	+0,600
XV	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> (пара)	1,0515	0,2452	96,582	56,675	1,40	—
XVI	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	1,6100	0,3920	100,173	38,711	1,72	+0,198
XVII	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> N	1,8500	1,0520	111,640	44,951	1,80	+0,260
XVIII	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> C	1,7040	0,5279	106,315	42,053	1,76	+0,385

Примечание: Величина  $\sigma^*$  для XVI вычислена по формуле  $\sigma^* = 2,8\sigma$   $CN_2X$

ДМ эфиров второй группы также совпадают между собой (в пределах погрешностей эксперимента) и не зависят от природы полярного заместителя. Это, по-видимому, свидетельствует об отсутствии заметных электронных взаимодействий между бензольным кольцом и полярным заместителем и указывает (при соответствующем учете полярности заместителя) на жесткость пространственной конфигурации фрагмента С—О—С в этих эфирах. Высокие же значения ДМ эфиров второй группы, содержащих полярные заместители, обусловлены в основном высокими значениями внутренних ДМ этих заместителей.

Полученные нами результаты позволяют предположить, что в рассматриваемых эфирах свободное вращение группы RO относительно связи С—О несколько заторможено. Это предположение находится в согласии с данными Браувера и сотрудников [8], которые, используя ПМР-спектроскопию, показали, что в анизоле и его производных связь С—О имеет в какой-то степени двосвязанный характер (вследствие сопряжения неподеленной пары электронов атома кислорода с системой  $\pi$ -электронов бензольного кольца), и поэтому вращение метильной группы вокруг этой связи заторможено.

При количественном изучении характера изменений величин ДМ эфиров  $C_6H_5OR$  по влиянию электронных и стерических параметров заместителя R не было найдено удовлетворительной корреляции между этими величинами и индукционными ( $\sigma^*$ ) и стерическими ( $E_s$  или  $E_s^0$ ) константами заместителя. Тем не менее, учитывая симбатность значений ДМ эфиров  $\sigma^*$ -константам Тафта, мы сочли возможным



допустить, что влияющие заместителя в данной серии эфиров на величины ДМ по характеру является преимущественно индукционным [9].

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Алкилфениловые эфиры получали известным способом — взаимодействием бромистых алкилов с фенолятом натрия [10], имели константы, отвечающие литературным значениям. Чистота эфиров по данным ГЖХ не менее 99%.

Дипольные моменты исследуемых эфиров измеряли методом разбавленных растворов Дебая (в циклогексане) при  $25 \pm 0,5$  °С.

Методика измерения ДМ подробно описана в [11]. Значения ДМ вычисляли по формуле:

$$\mu = 0,22 \sqrt{P_{\infty} - P_s}$$

где  $P_{\infty}$  — молекулярная поляризация при бесконечном разбавлении (экстраполяцию экспериментальных данных к бесконечному разбавлению проводили по методу Хедестранда);

$P_s$  — электронная поляризация (приравнивали к молекулярной рефракции растворенного вещества и рассчитывали по аддитивной схеме из атомных рефракций для D-линии натрия);

Погрешность измерения  $\Delta \mu / \mu$  — в пределах 0,02—0,04, что для  $\mu = 1,2$  Д означает ненадежность  $\pm 0,03$ —0,05 Д.

#### Литература

1. Smyth S. P. Dielectric behavior and structure. — New York — Toronto — London: McGraw-Hill, 1955.
2. Минкин В. И., Осипов О. А., Жданов Ю. А. Дипольные моменты в органической химии. — Л.: Химия, 1968.
3. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. — М.: Мир, 1973.
4. Осипов О. А., Минкин В. И., Гарновский А. Д. Справочник по дипольным моментам. — М.: Высшая школа, 1971.
5. Хюккель В. Теоретические основы органической химии. т. 2, 1958.
6. Шотт-Львова Э. А., Сыркин Я. К. — Изв. АН СССР, серия хим., 1964, 381.
7. Гурьянова Е. Н., Гольдштейн И. П., Ромм Н. П. Допорно-акценторная связь. — М.: Химия, 1973.
8. Bronner D. M., Mackor E. L., Maclean C. — Res. trav. Chim., 1966, 85, 114.
9. Агаева Э. А., Шахгельдиев М. А., Искендерова Т. Ю. — ДАН Азерб. ССР, 1972, 27, № 3, 44.
10. Вейганд-Хильгетат. Методы эксперимента в органической химии. — М.: Химия, 1965.

Азербайджанский политехнический институт им. Ч. Ильдрыма

Поступило 30. XII 1985

Р. М. Шамхалов, М. А. Шахгельдиев, Е. А. Агаева, Т. Ю. Искендерова

#### VI ГРУП ЕЛЕМЕНТЛЭРИНИ АРОМАТИК БИРЛЭШМЭЛЭРИНДЭ ЕЛЕКТРИК ЕФФЕКТЛЭРИ

Алкифенил эфирлэрини дипол моментни

Мәғаләдә  $C_6H_5O$  гурулушуна ујғун олан 17 фенол эфирини дипол моментни илә гурулушу арасындакы әләгә өјрәнилмишидр. Олардан 12-ни дипол моментни илк дәфә өлчүлмүшдүр.

Эфирлэрини дипол моментни, әвәзедичини табиятиндән, фәза һәчминдән асылы олмәјараг, 1,20—1,40 D интервалында јерләшир. [R—алкин, алкенил, арил] вә ја 1,70—1,80 D [R—галоген, оксалкин]. Көрүнүр ки, бу R-лә бензол һәлгәси арасында нәзәрә чарпацаг электрон гаршылыглы тәсирин олмасына дәлаләт едир вә эфирләр-дә  $C_{ar}-O-C_{al}$  фрагментиндә фәза конфигурасиясынын кәркенилијини көстәрир.

R. M. Shamkhalov, M. A. Shakhgeldiyev, E. A. Agayeva,  
T. Yu. Iskenderova

#### ELECTRONIC EFFECTS IN AROMATIC COMBINATIONS ELEMENTS OF VI GROUP

Dipole moments of alkylphenil ethers

The relation between texture and dipole moments of 17 ethers phenol  $C_6H_5OR$  is studied.

Dipole moments of ethers independently from the nature and spatial capacity substitutor lie in the interval of 1.20—1.40 (R—alkyl, alkenil, aril) or 1.70—1.80 D (R—halogen, oxalil). This, apparently, witnesses the absence of noticeable electronics interactions between R and benzol ring and indicates the rigidity of spatial configuration of the  $C_{ar}-O-C_{al}$  fragment in ethers.

УДК 66.091.66.095.131.14.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Чл-корр. АН Азерб. ССР Б. К. ЗЕЙНАЛОВ, О. М. АЛЕСКЕРОВА,  
С. А. ИСКЕНДЕРОВА, Т. Г. ДАДАШЕВА

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИГИДРОДИЦИКЛО-  
ПЕНТАДИЕНИЛЦИКЛОГЕКСАНКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ**

Настоящая статья является продолжением исследований в области синтеза индивидуальных карбоновых кислот на основе дициклопентадиена и Δ<sup>3</sup>-циклогексенкарбоновых кислот [1].

Дигидродициклопентаденилциклогексанкарбоновые (ДЦПД-циклогексанкарбоновых) кислот осуществлялся путем взаимодействия дициклопентадиена с Δ<sup>3</sup>-циклогексен, 1-метил-Δ<sup>3</sup>-циклогексен и 1,4-диметил-Δ<sup>3</sup>-циклогексен карбоновыми кислотами [2].

Взаимодействие циклогексенкарбоновых кислот с дициклопентадиеном осуществлялось на установке, состоящей из трехгорловой реакционной колбы, снабженной механической мешалкой, обратным холодильником, термометром. В качестве катализатора реакции использовался безводный хлористый алюминий.

В процессе синтеза дигидродициклопентаденилциклогексанкарбоновых кислот было изучено влияние отдельных параметров, таких как количество катализатора, соотношение реагирующих компонентов, температуры и продолжительность реакции на выход целевых кислот. Найдено, что небольшой избыток ДЦПД положительно сказывается на

Физико-химические показатели дигидродициклопентаденилциклогексанкарбоновых кислот

Название	Выход, %	Тем. кип. 3 мм. рт. °С	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>
Дигидродицикло-пентаденилциклогексанкарбоновая кислота	78,3	145—147	1,5010	1,0648
Дигидродицикло-пентаденил-1-метилциклогексанкарбоновая кислота	76,0	150—152	—	—
Дигидродицикло-пентаденил-1,4-диметилциклогексанкарбоновая кислота	75,1	160—162	1,4860	1,0561

увеличение выхода образующихся ДЦПД-циклогексанкарбоновых кислот, но и в данном случае наблюдаются различия в реакционной способности исходных кислот, что сказывается как на соотношении компонентов, так и на выходе целевых продуктов. Присоединение Δ<sup>3</sup>-цикло-

гексен, 1-метил-Δ<sup>3</sup>-циклогексенкарбоновых кислот гладко протекает при их соотношении к ДЦПД, 1:1,2 соответственно. Большой избыток диена приводит к снижению выхода образующихся кислот. Для осуществления реакции с участием 1,4-диметилциклогексанкарбоновой кислоты,

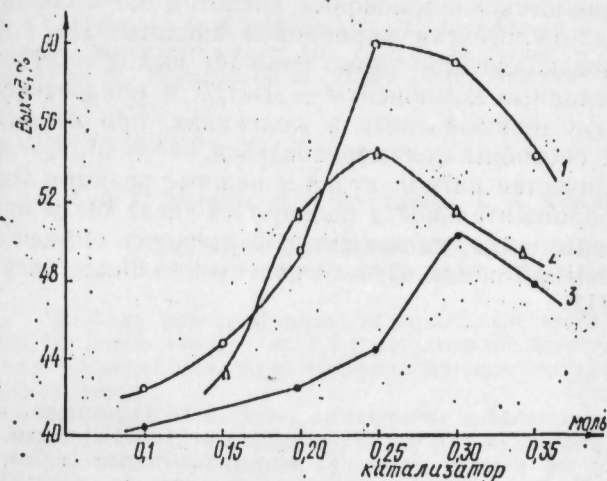


Рис. 1 Зависимость выхода ДЦПД-циклогексанкарбоновых кислот от количества катализатора

1. ДЦПД-циклогексанкарбоновая кислота;
2. ДЦПД-1-метилциклогексанкарбоновая кислота
3. ДЦПД-1,4-диметилциклогексанкарбоновая кислота

требуется значительно большой избыток ДЦПД, в связи с чем оптимальное соотношение компонентов в этом случае равно 1:1,5 соответственно. Поскольку проведенная работа позволила достичь высоких выходов целевых кислот (57,0—65,4% от теории), при найденных значениях катализатора (0,25, 1:1,5) был проведен ряд опытов, в которых было изучено влияние температуры и продолжительности реакции на выход полученных ДЦПД-циклогексанкарбоновых кислот. С этой целью реакция осуществлялась при температурах 50—60 и 60—70 °С, и продолжительность эксперимента варьировалась в пределах 4—7 часов. Было найдено, что подъем температуры на 10 °С позволяет на 5—7%

дигидродициклогексанкарбоновых кислот

MR <sub>D</sub>		Элементный состав, %				Кислотное число мг/КОН, г	
найд.	выч.	С		Н		найд.	выч.
		найд.	выч.	найд.	выч.		
71,9	70,8	78,3	79,0	8,24	8,59	215,2	217,3
—	—	78,8	79,3	8,53	8,89	204,6	206,1
78,3	80,0	79,0	79,6	8,75	9,16	194,7	196,0

увеличить выход целевых продуктов.

Исследования были начаты с изучения влияния катализатора, на выход кислот, для чего его количество изменяли в пределах от 1 до 0,135 моля.



Полученные результаты иллюстрируются кривыми (рис. 1). Как видно из рис. 1 малая дозировка катализатора (от 0,1 до 0,2 моля) не обеспечивает достижения высоких выходов получаемых кислот. Заметное увеличение выхода целевых продуктов наблюдается при дозировке хлористого алюминия в 0,25 моля в случае получения ДЦПД-циклогексан и ДЦПД-1-метилциклогексанкарбоновых кислот и 0,3 моля при синтезе ДЦПД-1,4-диметилциклогексан карбоновой кислоты. По ходу кривых видно, что большое количество резко снижает выход полученных кислот. Поскольку исходные компоненты — ДЦПД и циклогексенкарбоновые кислоты имеют двойные связи в молекулах, при избытке хлористого алюминия они способны полимеризоваться.

При оптимальном количестве катализатора и режиме реакции температуры (40—50°C) и продолжительности реакции (4 часа) была проведена вторая серия экспериментов, целью которой являлось определение оптимального соотношения исходных компонентов — циклогексенкарбоновых кислот и ДЦПД.

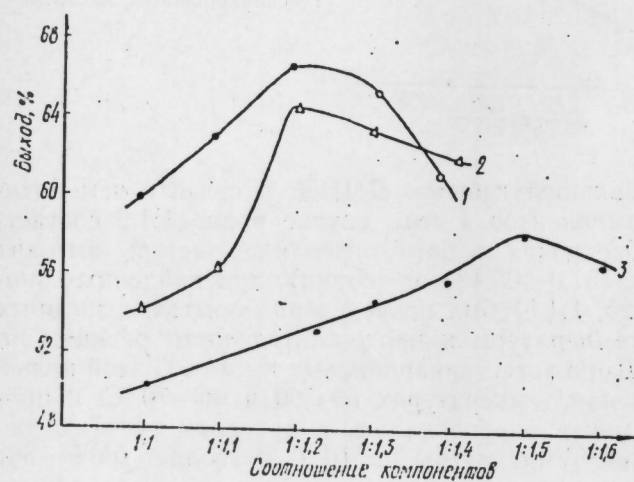


Рис. 2 Зависимость выхода ДЦПД-циклогексанкарбоновых кислот от соотношения циклогексенкарбоновых кислот и дидициклопентадиена.

1. ДЦПД-циклогексанкарбоновая кислота;
2. ДЦПД — 1-метилциклогексанкарбоновая кислота;
3. ДЦПД — 1,4-диметилциклогексанкарбоновая кислота

Согласно данным рис. 2, дальнейшее увеличение температуры вопреки ожиданиям, либо вообще не сказывается на выходах образующихся кислот, либо способствует уменьшению их значения, особенно в случае присоединения дизамещенной кислоты. Поэтому со всех точек зрения наиболее приемлемой оказалась температура 50—60°C, и этот вывод в равной мере относится ко всем реакциям получения трех целевых кислот.

Продолжительность реакции не стала явно оказывать влияние на протекание реакции, но увеличение ее оказывает свое положительное действие на повышение выхода образующихся кислот. Было найдено, что незамещенная Δ<sup>3</sup>-циклогексенкарбоновая кислота дает с хорошим выходом продукта через 5 часов, тогда как ее гомологи требуют более продолжительного контакта реагирующих компонентов (6 часов). Для вышеуказанных значений, наряду с основной реакцией присоединения неопределенных исходных кислот к дидициклопентадиену, происходят побочные реакции полимеризации, о чем свидетельствует образование смолоподобных продуктов.

Состав и строение полученных ДЦПД-циклогексанкарбоновых ки-

лот были установлены методами ПМР и ИК-спектроскопии, а степень чистоты определена газожидкостной хроматографией. Некоторые физико-химические показатели дигидродидициклопентадиенилциклогексанкарбоновых кислот приведены в таблице.

#### Литература

1. Зейналов Б. К., Абасова Р. Л., Джафарова А. А., Искендерова С. А. Положительное решение о выдаче авт. свид-ва по заявке № 2965900/23 — 04 от 02.82. 2. Зейналов Б. К., Керимов П. М., Агаев Б. К., Мехтиева Н. П. Азерб. нефт. хоз-во, 1983, № 1. с. 31.

ИНХП АН АзССР

Поступило 6.III 1983

Б. Г. Зеиналов, О. А. Элэскэрова, С. А. Искэндэрова, Т. Г. Дадашева

#### ДИГИДРОДИЦИКЛОПЕНТАДИЕНИЛТСИКЛОГЕКСАН КАРБОН—ТУРШУЛАРЫНЫН АЛЫНМАСЫ ВЭ ТЭДГИГИ

Мэгалэдэ дигидротсиклопентадиенилсиклогексан карбон туршулары, тсиклогексен, метилсиклогексен вэ 1,4-диметилсиклогексен карбон туршуларынын алуминиум хлоридин каталитик тэ'сирлэ дитсиклопентадиенэ бирлэшмэ реаксиясы өжрэнилмишдир.

Реаксияја тэ'сир едэн амиллэрдэн катализаторун мигдары, реаксияја кирэн маддэлэрин нисбэти, температуру, реаксия мүддэти өжрэнилмишдир.

Алынмыш туршуларын гурулушу кимјэви вэ физики-кимјэви үсулла, спектрал анализ васитэсилэ сүбүт едилмишдир.

B. K. Zeinalov, O. M. Aleskerova, S. A. Iskenderova, T. G. Dadasheva

#### SYNTHESIS AND STUDY OF DIHYDRODICYCLO PENTADIENYL CYCLOHEXANE CARBOXYLIC ACIDS

The reaction of preparation of dihydrodicyclopentadienyl cyclohexane carboxylic acids by interaction of cyclohexene, 1-methyl cyclohexene- and 1,4-dimethyl cyclohexene carboxylic acids with dicyclopentadiene in the presence of  $AlCl_3$  is studied.

The optimal conditions are found by studying the effect of catalyst amount, reactants ratios and the reaction temperature and time.

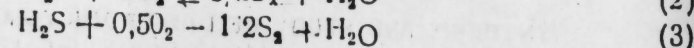
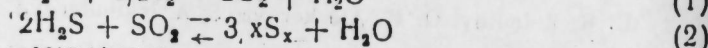
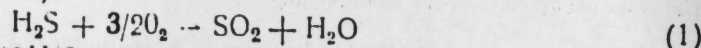
The composition and structure of the acids synthesized are by confirmed spectra analysis.

Т. К. ХАНМАМЕДОВ, В. Т. ПОПОВ

О МЕХАНИЗМЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР С. Д. Мехтиевым)

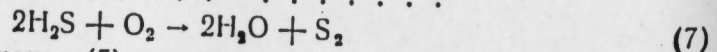
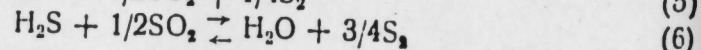
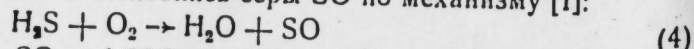
Сероводород в составе кислых газов (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>) после системы сероочистки природного газа, как известно, утилизируется на установках Клауса с получением элементарной серы. Процесс осуществляется пламенным сжиганием части сероводорода до диоксида серы (реакция 1) и последующей окислительно-восстановительной реакцией H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub> в термических (800—1100 °С), а также каталитических (250—400 °С) ступенях (реакция 2):



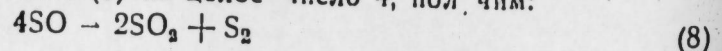
Так, например, при сжигании кислых газов с концентрацией H<sub>2</sub>S выше 50 об. % температура в топках достигает более 800 °С и сера получается в парообразном состоянии в виде S<sub>2</sub> (реакция 3) [1]. Принято считать, что 1/3 часть H<sub>2</sub>S, не прореагировавшего по реакции 3 окисляется до SO<sub>2</sub> по реакции 1 и далее по реакции 2 [1].

Наряду с указанными реакциями в высокотемпературной зоне происходят многочисленные химические взаимодействия различных составных компонентов кислого газа, продуктов их взаимодействия и промежуточных соединений (образование COS, CS<sub>2</sub>, термическая диссоциация H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S и др.).

Из многообразия химических превращений наибольший интерес представляет собственно процесс высокотемпературного окисления (горения) сероводорода до серы (реакция 3) и диоксида серы (реакция 1). К одной из основных работ, посвященных механизму газофазного окисления (горения) сероводорода относится сообщение [3], суть которого заключалась в предположении о протекании процесса горения через промежуточное соединение-моноокись серы SO по механизму [1]:



Умножив уравнение (5) на целое число 4, пол. чим:

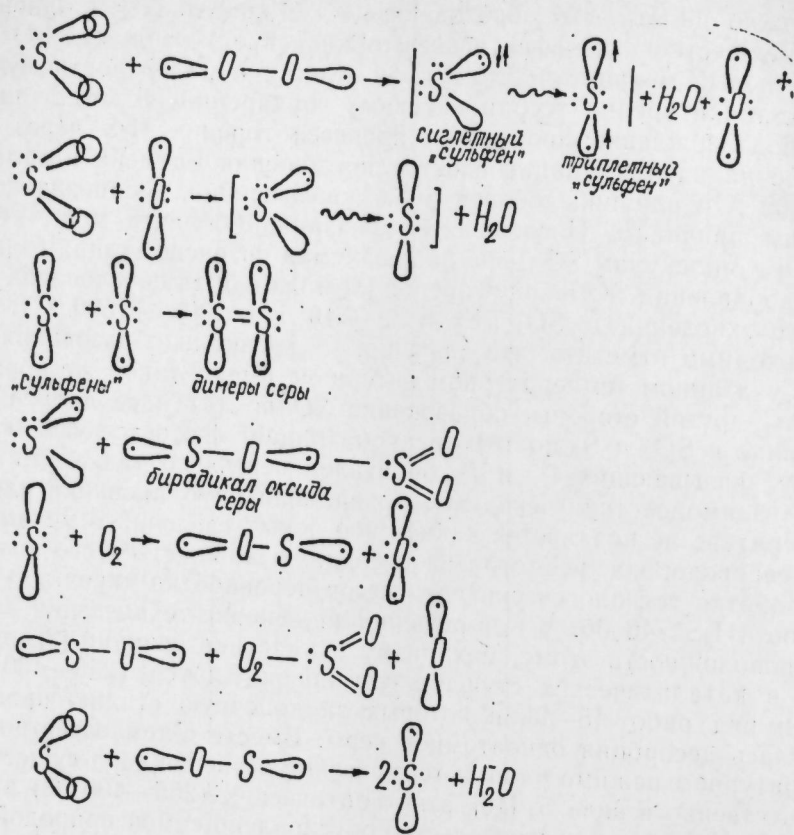


откуда можно видеть, что образованию 2-х молекул SO<sub>2</sub> и одной S<sub>2</sub> должно предшествовать эффективное столкновение 4-х молекул SO (четырёх-центровый механизм), что можно отнести к маловероятному механизму с точки зрения теории активных соударений [4]. Экспериментальное подтверждение протекания процесса горения H<sub>2</sub>S через SO, основанное на идентификации спектра поглощения пламени в области 2400—3500 Å и влиянии добавок SO в зону горения, неоднозначно по следующим причинам. Поглощение в указанной области может быть отнесено и к молекулам SO<sub>2</sub> [3], а наблюдаемая интенсификация горения H<sub>2</sub>S при добавлении SO в зону горения [3] может быть обусловлена легкостью его окисления до SO<sub>2</sub> (K<sub>p</sub> ≈ 10<sup>8</sup>—10<sup>4</sup> при 1000—1500 °С). При этом необходимо отметить, что значения реакции образования SO из H<sub>2</sub>S в указанном температурном интервале имеют такой же порядок 10<sup>8</sup>—10<sup>4</sup>. С другой стороны, образование SO по (4) и ее дальнейшее превращение в SO<sub>2</sub> и S<sub>2</sub> по (8) предусматривает соответствующую перестройку связывающих P<sub>y</sub> и P<sub>z</sub> орбиталей серы, что также снижает скорость взаимодействия через SO. Со времени опубликования работы [3] в литературе не появляется каких-либо новых сведений о механизме горения сероводорода, несмотря на очевидную важность этого вопроса при разработке технологических процессов переработки «крепких» кислых газов (H<sub>2</sub>S > 40 об. %) и решении инженерно-технических задач. В противоположность этому, механизму и кинетике реакции [2], протекающей в каталитических ступенях установок Клауса (250—400 °С), посвящен ряд работ [5—9], в которых за конечную стадию процесса принималась десорбция одноатомной серы. Вместе с тем известно, что в температурном режиме работы термических ступеней сера существует преимущественно в виде S<sub>2</sub> [10], а каталитических (250—400 °С) в виде S<sub>6</sub> и S<sub>8</sub> [10]. Указанное обстоятельство обусловлено самой природой элемента серы и термодинамической устойчивостью тех или иных ее модификаций. В свете вышесказанного, а также с точки зрения современных понятий об электронном строении серы и высоко- и низко- температурных окислительных процессах, в настоящей работе предлагается механизм окисления сероводорода с учетом экспериментальных результатов, накопленных в последние годы по данной проблеме [1, 5—9, 14, 15, 16].

Как было сказано выше, в условиях высокотемпературного окисления сероводорода в термических ступенях установок Клауса сера существует в димерной форме S<sub>2</sub>, а ее образование по реакциям (2, 3) схематически может быть легко представлено, если учесть состояние P-орбиталей серы в сероводороде, бирадикалов молекулярного кислорода и предполагая, что реакция протекает адиабатически в квантово-механическом смысле:

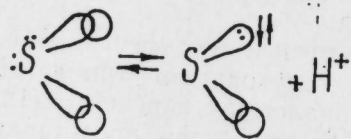
Образующиеся промежуточные «сульфеновые» соединения из синглетного состояния легко переходят в триплетные, электроны P<sub>y</sub> и P<sub>z</sub> орбиталей которых, по аналогии с карбенами [12], характеризуются параллельными спинами. Вместе с тем представляется возможным участие синглетного сульфена в реакции с бирадикалом молекулярного кислорода с образованием диоксида серы, а сульфена триплетного состояния в реакциях образования димеров S<sub>2</sub>, бирадикалов ·S—O· и ·O·. Образование бирадикалов молекулярного кислорода вероятно из термодинамических соображений [11], и в основе механизма не предполагается расщепление молекулярного кислорода, имеющего весьма прочную связь — 118 ккал/мол [11].





Термодинамические константы равновесия ( $K_p$ ) химических реакций (1, 2, 3), рассчитанные нами для рабочего температурного интервала термических ступеней (800—1200 °C), составляют:  $3,1 \cdot 10^{18}$ — $1,78 \cdot 10^{15}$ ; 13,7—41,0; 7,55—50,7 соответственно.

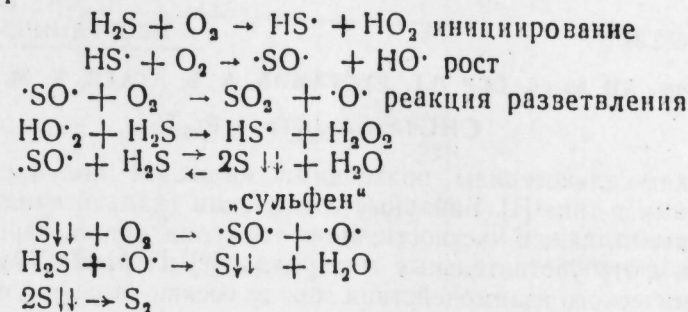
Последующая конденсация парообразной димерной серы в конденсаторах сопровождается не просто ассоциацией  $S_2$  в  $S_6$  [10], а образованием циклических структур  $S_6$  и  $S_8$ , наиболее устойчивых кластеров в условиях сравнительно низких температур (200 °) [10]. При этом необходимо отметить, что наблюдаемое на практике образование ионов водорода в термических ступенях установок Клауса и после конденсаторов серы [14] обусловлено частичной термической диссоциацией сероводорода,  $K_p$ , которой находится в пределах  $8,7 \cdot 10^{-8}$  [10]:



Вклад образующихся в результате термодиссоциации сероводорода SH-структур, в отличие от SH-радикалов, в процесс образования серы невелик и их дальнейшие превращения здесь не обсуждаются.

Как можно видеть из предыдущей схемы, образованию диоксида серы из «сульфеновой» структуры и бирадикала молекулярного кислорода не предшествует гибридизация электронных орбиталей, чем и объ-

ясняются относительно высокие порядки величины констант термодинамического равновесия реакции (1)  $K \approx 10^{18}/10^{15}$ . Схематически обобщенный механизм высокотемпературного окисления (горения) сероводорода в соответствии с [13] и по аналогии с [12] можно представить следующим образом:



$HO \cdot$  + стенка  $\rightarrow$  гибель радикала, обрыв.

Таким образом, предполагаемый механизм высокотемпературного окисления сероводорода предусматривает образование бирадикалов  $S-O \cdot$ ,  $\cdot O \cdot$ , их участие в генерации  $SO_2$  и сульфенов  $S \downarrow$ , а также и других промежуточных соединений.

#### Литература

1. Бродский Ю. Н. — Химическая промышленность, 1965, № 3, 31—36.
2. Bennett H. A., Meisen A. — Canad. J. Chem. Eng., 1973, v. 51, 720—724.
3. Эмануэль Н. М. Промежуточные продукты сложных газовых реакций. — М.: Изд-во АН СССР, 1946.
4. Панченко Г. М., Лебедев В. П. Химическая кинетика и катализ. — М.: Химия, 1985, с. 106—133.
5. Гранше П. — Химия и переработка углеводородов, 1976, № 7, с. 30—36.
6. Hellmut G. Rarge, Ivo G. Dallabana, Silvio Trevisan de Snaver, Ling zben Zbang. — Prepr. of the 8th Int. Congress on Catalysis. Munich, 1984, III, 453—463.
7. George Z. M. — Phosphorus and Sulfur, 1976, No. 1, p. 315—322.
8. Steijns M., Koopman P., Nicxwenbuijse B., Mars P. — Catal., 1976, v. 42, No. 1, 96—106.
9. Dalla Lana I.-G., Lin C.-C., Cho B. K. — 4-th Int. Symp. Chem. Reaction Eng., 16-th Enva Dechema, 1976, 196—205.
10. Краткий справочник химика (ред. Б. В. Некрасов). — М., 1954.
11. Ашмор Л. Катализ и ингибирование химических реакций. — М., 1966, с. 444, 446.
12. Pople J. A., Schleyer P. R. — Chem. Phys. Letters, 1982, 85, (2), 148—149.
13. Семенов Н. Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. — М., 1958, гл. III.

«ВНИИГаз»

Поступило 17. IX 1985

Т. К. Ханмэмэдов, В. Т. Попов

#### ГИДРОКЕН СУЛФИДИН ЈУКСАК ДЭРЭЧЭЛИ ОКСИДЛЭШМЭ РЕАКСИЈАСЫНЫН МЕХАНИЗМИ НАГГЫНДА

Мэгалэдэ «сулфен» концепсија эсасында гидрокен сулфидин јуксак дэрэчэли оксидлэшмэ реаксијасынын механизминден данышылар.

Т. К. Khanmamedov, V. T. Popov

#### ON MECHANISM OF HIGH TEMPERATURE OXIDATION OF HYDROGENSULFIDE

The sulfen conception of the high temperature hydrogensulfide oxidation mechanism is proposed.

УДК. 546.682.24

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Чл.-корр. АН Азерб. ССР П.Г. РУСТАМОВ, А. Б. АГАЕВ, Х. М. МУСАЕВА

СИСТЕМА  $JnTe - Pr_2Te_3$

Сескви-халькогениды празеодима являются полупроводниковыми веществами  $p$ -типа [1]. Бинарные соединения (халькогениды) элементов подгруппы галлия, в частности, моно-теллурид индия, зарекомендовали себя как фоточувствительные материалы [2]. Поэтому изучение характера химического взаимодействия между сескви-теллуридом празеодима ( $Pr_2Te_3$ ) и монотеллуридом индия имеет не только научное, но и большое практическое значение.

Синтез сплавов системы  $JnTe - Pr_2Te_3$  проводили прямым ампульным методом из стехиометрических количеств составных элементов ( $Jn, Pr, Te$ ). Для определения режима синтеза предварительно дифференциально-термическим анализом (ДТА) записывали термограммы хода реакции синтеза, где установили, что взаимодействие  $JnTe$  и  $Pr_2Te_3$  происходит выше 1300 К. Поэтому максимальная температура синтеза тройных сплавов составила 1325—1375 К. Литые образцы системы  $JnTe - Pr_2Te_3$  отжигали в течении 10—15 суток при 1025—1125 К в зависимости от содержания  $JnTe$ . Гомогенизация и равновесность сплавов

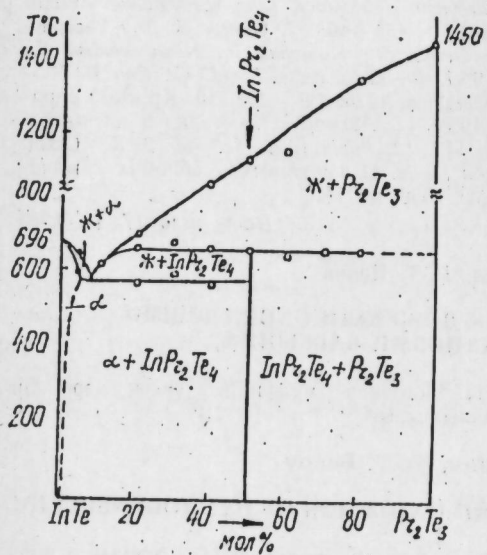


Рис. 1. Диаграмма состояния системы  $JnTe - Pr_2Te_3$

контролировали методами рентгенфазового (РФА) и микроструктурного (МСА) анализов.

С целью установления фазового состава полученных образцов использовали комплекс методов физико-химического анализа—ДТА, РФА, МСА а также измерения микротвердости, определение плотности по методике описанной в [3—6].

На основании данных ДТА построили диаграмму состояния системы  $JnTe - Pr_2Te_3$  (рис. 1). Из диаграммы состояния следует, что систе-

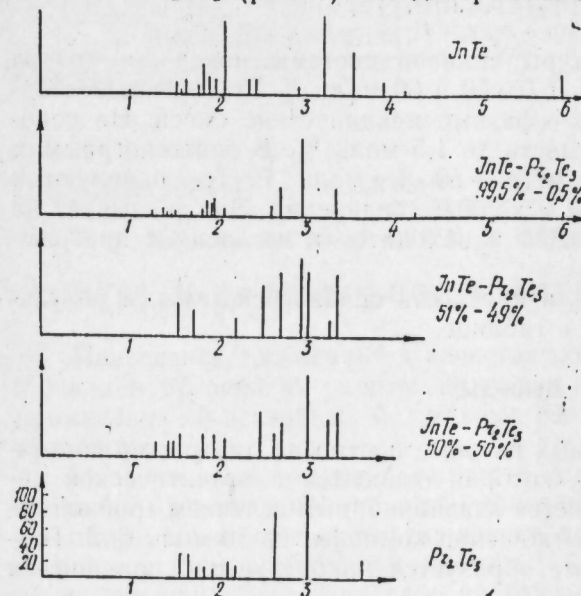


Рис. 2 Штрих диаграммы системы  $JnTe - Pr_2Te_3$

ма  $JnTe - Pr_2Te_3$  является квазибинарным сечением тройной системы  $Jn - Pr - Te$ .

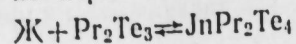
Зависимость плотностей и микротвердостей сплавов от состава

Состав сплавов, моль %		Плотность $г/см^3$	Микротвердость $кг/мм^2$ ( $p=20г$ )
$JnTe$	$Pr_2Te_3$		
100	—	—	—
99,5	0,5	6,292	—
99,0	1,0	6,295	—
97,0	3,0	6,305	—
95,0	5,0	6,316	97,2
90	10	6,342	100,3
80	20	6,376	—
70	30	6,450	180,3
60	40	6,506	—
51	49	6,556	300,9
50	50	—	314,9
49	51	6,568	—
40	60	6,620	—
30	70	6,678	—
20	80	6,737	—
10	90	6,798	—
1,0	99,0	6,853	—
0,5	99,5	6,856	—
—	100	—	—

Ликвидус системы  $JnTe - Pr_2Te_3$  состоит из трех ветвей: две крайние из них соответствуют первичной кристаллизации  $Pr_2Te_3$  и  $JnTe$ , а третий  $JnPr_2Te_4$ .



$\text{JnPr}_2\text{Te}_4$  образуется по перитектической реакции при 1275 К:



Исследование микроструктуры сплавов системы показало, что за исключением составов вблизи  $\text{JnTe}$ , 50 и 60 моль %  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$ , все остальные представляют собой двух — фазные механические смеси. На основе  $\text{JnTe}$  обнаружили растворимость до 1,5 моль %. В рентгенограммах сплава состава 50 моль %  $\text{JnTe}$  — 50 моль %  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  появляются линии, в которых не отражены исходные соединения. Это указывает на индивидуальность данного сплава и находится в согласии с диаграммой состояния.

Измерены микротвердость и плотность сплавов системы, и результаты измерения представлены в таблице.

#### Выводы

1. На основе полученных данных впервые построена диаграмма состояния системы  $\text{JnTe} - \text{Pr}_2\text{Te}_3$  которая относится к эвтектической системе с перитектикой и является квазибинарным сечением тройной системы  $\text{Jn} - \text{Pr} - \text{Te}$ : при соотношении компонентов 50 моль %  $\text{JnTe}$  — 50 моль %  $\text{Pr}_2\text{Te}_3$  в системе образуется incongruently плавящееся тройное соединение  $\text{JnPr}_2\text{Te}_4$ .
2. Тройное соединение  $\text{JnPr}_2\text{Te}_4$  синтезировано индивидуально, была определена микротвердость, плотность и параметры кристаллической решетки этого соединения:  $H_p = 314 \text{ кг/мм}^2$ ;  $d = 6,562 \text{ г/см}^3$ ;  $a = 5,72 \text{ \AA}$ .

#### Литература

1. Ярембаш Е. И., Елисеев А. А. Халькогениды редкоземельных элементов — М.: Наука, 1975. 2. Абрикосов Н. Х. и др. Полупроводниковые соединения, их получение и свойства. — М.: Наука, 1967. 3. Берг Л. Г. Введение в термографию. — М.: Наука, 1969. 4. Азаров Л., Бургер М. Метод порошка в рентгенографии. — М., 1961. 5. Харионов Л. Г. Определение микротвердости. — М.: Металлургиздат, 1967. 6. Панченко Е. В. и др. Лабораторная металлография. — М.: Металлургия, 1965.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 4.II 1985

П. И. Рустамов, А. Б. Агаев, Х. М. Мусаева  
 $\text{JnTe} - \text{Pr}_2\text{Te}_3$  СИСТЕМИ

Мәғаләдә  $\text{JnTe} - \text{Pr}_2\text{Te}_3$  системи тәдгиг едилмиш, алынмыш нәтичәләр әсасында системни һал диаграмы гурулмушдур. Систем  $\text{Jn} - \text{Pr} - \text{Te}$  үчлү системини квазибинар кәсидир вә компонентләрни 50 мол%:50 мол% инсәтнндә инконгруент  $\text{JnPr}_2\text{Te}_4$  бирләшмәси әмәлә кәлир.

P. G. Rustamov, A. B. Agayev, H. M. Musayeva

$\text{InTe} - \text{Pr}_2\text{Te}_3$  SYSTEM

On the basis of the obtained data for the first time a constitutional diagram of the system  $\text{InTe} - \text{Pr}_2\text{Te}_3$  was drawn up, which is a quasi-binary cross-section of triple system  $\text{In} - \text{Pr} - \text{Te}$ . At components ratio 50 mol. % : 50 mol. % in the system forms the incongruently melting triple compound  $\text{InPr}_2\text{Te}_4$ .

Чл.-корр. АН Азерб. ССР К. И. САДЫХОВ, С. М. ВЕЛИЕВА

### СИНТЕЗ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛКИЛФЕНОЛСУЛЬФАМИДОВ

Повышение требований к качеству моторных масел, вызванное ужесточением условий их работы, приводит к необходимости разработки и применения эффективных беззольных азот-, серу- и фосфорсодержащих присадок.

Известно, что амиды и аминные соли диалкилфенолсульфокислот являются многофункциональными присадками к моторным маслам, улучшающими их моюще-диспергирующие, антиокислительные, антикоррозионные и противозносные свойства [1—2]. В связи с этим представляет большой интерес разработка беззольных присадок на основе алкилфенолов.

Исходные алкилфенолы получены алкилированием фенола фракциями  $\alpha$ -олефинов  $\text{C}_{12} - \text{C}_{18}$  и  $\text{C}_{20} - \text{C}_{28}$  высокотемпературной олигомеризации этилена в присутствии бензолсульфокислоты (БСК). Алкилирова-

Таблица 1

Физико-химическая характеристика алкилфенолов

Показатели	Алкилфенолы	
	R-C <sub>12</sub> -C <sub>18</sub>	R-C <sub>20</sub> -C <sub>28</sub>
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	886,3	882,7
Вязкость при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	13,58	11,73
Показатель преломления $n_D^{20}$	1,4937	1,4895
Молекулярная масса	405	580
Групповой состав, % мас. парафино-олефиновые углеводороды	9,3	10,7
2,4-диалкилфенолы	19,2	18,7
2,6-диалкилфенолы	4,6	4,3
2-алкилфенолы	40,5	41,8
4-алкилфенолы	22,4	24,5

ние проводили при мольном соотношении фенол: олефины: БСК = 2:1:0,1 при температуре 120 °C в течение 6 часов. По окончании реакции алкилат промывали, сушили и подвергали вакуумной перегонке для удаления непрореагировавших исходных реагентов. Выход алкилфенолов составляет соответственно 85 % и 80 % на исходные олефины. Для изучения состава продуктов алкилирования фенола олигомерами этилена использована комбинированная методика жидкостного микрохроматографирования и ИК-спектроскопии. Физико-химическая характеристика алкилфенолов показана в табл. 1.

Сульфирование алкилфенола проводили 20%-ным олеумом в растворе нонана при температуре 35—40 °С в течение 4 часов. Полученные алкилфенолсульфокислоты нейтрализовали водным раствором мочевины до слабощелочной реакции при температуре 55—60 °С в атмосфере азота. Затем температуру реакционной смеси повышали до 155—160 °С и выдерживали при указанной температуре 6 часов. Продукты реакции растворяли в нонане, фильтровали от механических примесей и отгоняли растворитель. Выход алкилфенолсульфамидов составляет 90 % и 95 % мас. на алкилфенолы.

Синтезированные соединения охарактеризованы ИК-спектроскопией. В ИК-спектрах сульфамидов присутствуют две интенсивные полосы поглощения—1160 см<sup>-1</sup> и 1330 см<sup>-1</sup>, характерные для группы —SO<sub>2</sub>N<sup><</sup>. Полоса поглощения 3280 см<sup>-1</sup> соответствует колебаниям фенольного гидроксила. ИК-спектры сняты на спектрофотометре UR-20 в растворе четыреххлористого углерода в области 400—4000 см<sup>-1</sup>.

Таблица 2

Физико-химические и функциональные свойства алкилфенолсульфамидов

Показатели	Алкилфенолсульфамиды		ПМСя
	R—C <sub>12</sub> —C <sub>18</sub>	R—C <sub>20</sub> —C <sub>28</sub>	
Массовая доля активного вещества, %	79,1	82,5	33,2
Массовая доля, %			
серы	4,64	3,70	—
азота	4,10	3,12	—
Степень чистоты, мг/100 г	190	160	540
Щелочное число, мг КОН/г	11,8	13,5	135
Моющие свойства на установке ПЗВ (ГОСТ 5726—53), баллы*	0	0	0
Моющий потенциал при 20°C (ГОСТ 107-34—64), %	85	90	80
Термоокислительная стабильность при 250°C (ГОСТ 23175—78), мин*	86	99	20
Диспергирующие свойства при 250°C по методу [3], отн. ед.*	75	80	60
Противоизносные свойства на ЧШМ (ГОСТ 9490—75): диаметр пятна износа, мм*	0,53	0,45	0,60

\* Масло М-11 с 5% присадки

Физико-химические и функциональные свойства алкилфенолсульфамидов представлены в табл. 2. Там же для сравнения приводятся свойства товарной сульфонатной присадки ПМСя.

Как видно из приведенных данных, алкилфенолсульфамиды обладают высокими моюще-диспергирующими, противоизносными свойствами и термоокислительной стабильностью и по этим свойствам превосходят присадку ПМСя. С увеличением длины алкильного радикала алкилфенолсульфамидов эффективность их действия повышается.

Таким образом, полученные алкилфенолсульфамиды являются эф-

фективными беззольными присадками к моторным маслам, значительно улучшающими их функциональные свойства.

#### Литература

1. Лебедеко В. М., Трофимов В. А., Белов П. С. — Химия и технология топлив и масел, 1975, № 7, с. 45—47.
2. Сушко Е. Б., Белов П. С., Трофимов В. А. — Химия и технология топлив и масел, 1983, № 5, с. 36—38.
3. Гуаати Е. В., Рабинович П. Л., Гиавати О. Л. — Химия и технология топлив и масел, 1976, № 3, с. 60—62.

ИХП АН Азерб. ССР

Поступило 19. IV 1985

К. И. Садыхов, С. М. Валиева

#### АЛКИЛФЕНОЛСУЛФАМИДЛАРИН СИНТЕЗИ ВЭ ЭФФЕКТЛИЈИ

Магаләдә фенолун C<sub>12</sub>—C<sub>18</sub> вә C<sub>20</sub>—C<sub>28</sub> фраксиялы этилени олигомерләријлә алкиләшмәсиндән алынган алкилфеноллар әсасында сулфамидләрин синтези вә функционал хәссәләриндән бәһс олунур.

Мүәјјән едилмишидир ки, алынмыш ашгарлар жүксәк јујучу, оксидләшмәјә, сүртүлмәјә вә јејилмәјә гаршы хәссәләрә маликдирләр.

К. I. Sadykhov, S. M. Velieva

#### SYNTHESIS AND EFFICIENCY OF ALKYLPHENOL SULPHAMIDES

In this article synthesis and functional properties of sulphamides based on alkylphenols prepared by alkylation of phenols with C<sub>12</sub>—C<sub>18</sub> and C<sub>20</sub>—C<sub>28</sub> ethylene oligomers are described.

It is established that the additives thus obtained possess high detergent/dispersant, antioxidant, antiwear properties and are superior to commercial sulphonate additive PMSya.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 541.183

Н. Б. ДАДАШЕВ., С. И. АБАСОВ., чл.-корр. АН Азерб. ССР З. Г. ЗУЛЬФУГАРОВ

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КАТИОННЫХ ФОРМ ЦЕОЛИТА ТИПА V И ПРЕВРАЩЕНИЕ НА НИХ МЕТИЛЦИКЛОГЕКСАНА

Вопросу дегидрирования циклогексана и алкилциклогексанов на модифицированных цеолитах У уделяется большое внимание. В зависимости от модификации цеолита У, выход продуктов каталитического превращения циклогексана и алкилциклогексанов существенно изменяется [1—7]. Модификация цеолита У приводит также к изменению его молекулярно-ситовых свойств [8], которые в свою очередь могут привести к изменениям каталитических свойств за счет доступности активных центров. В связи с этим в настоящей работе, используя адсорбцию бензола и воды, исследованы изменения объема микропор при ионной модификации цеолита, которые сопоставлены с результатами каталитического превращения на них метилциклогексана в токе воздуха и гелия.

Объектами исследования служили образцы, модифицированные нонным обменом цеолита типа У, следующего состава: 0,73MgNaУ, 0,86CaNaУ, 0,93NdNaУ, а также отработанный образец 0,73MgNaУ. Методика приготовления образцов катализаторов и условия проведения реакций превращения метилциклогексана были аналогичны описанным [17].

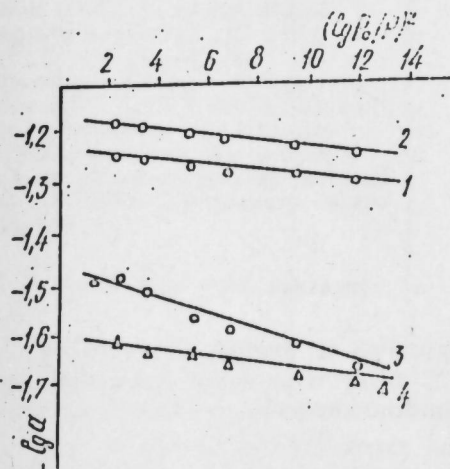


Рис. 1. Изотермы адсорбции бензола на образцах ионообменных цеолитов V. T = 293 К.

1 — CaNaV; 2 — NdNaV; 3 — MgNaV; 4 — MgNaV (отработанный)

Адсорбцию бензола и воды изучали в объемно-вакуумной установке гравиметрическим способом. Полученные при температуре 293К изотермы адсорбции являются удовлетворительными и описываются уравнением [9].

$$\lg a = \lg W_0 \rho - \frac{K}{\beta^2} \left( 2,303 RT \lg \frac{P_0}{P} \right)^2$$

где  $a$  — количество адсорбированного вещества (г/г);  $W_0$  — объем микропор ( $\text{см}^3/\text{г}$ );  $\rho$  — плотность жидкого адсорбата ( $\text{г}/\text{см}^3$ );  $K$  — константа определяющая распределение микропор;  $\beta$  — коэффициент аффинности;  $T, P$  — равновесная температура (К) и давление (тор);  $P_0$  — давление насыщенных паров адсорбата (тор).

Полученные изотермы представлены на рис. 1 и 2. Из этих изотерм, были найдены значения  $W_0$  — определенные по бензолу ( $W_{об}$  и воде  $W_{ов}$ ).

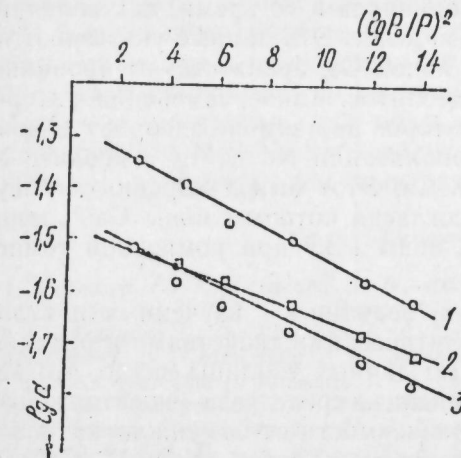


Рис. 2. Изотермы адсорбции  $\text{H}_2\text{O}$  на образцах ионообменных цеолитов V. T = 293 К. 1. — CaV; 2. — NaNaV; 3. — MgNaV

Их значения представлены в таблице.

Для цеолита У характерно наличие двух типов микропор: широких — со входными каналами 0,74 нм и узких — со входными каналами 0,28 нм [10]. Адсорбция бензола, в силу большого диаметра молекул

Влияние обменного катиона в цеолите У на объем микропор и на каталитическую активность в превращении метилциклогексана при T = 723 К

Образцы	$W_{об}$ $\text{см}^3/\text{г}$	$W_{ов}$ $\text{см}^3/\text{г}$	Газ-носитель	Общая конверсия, %	Сумма ароматических продуктов, %	Сумма продуктов крекинга, %
0,73MgNaУ	0,0336	0,0332	воздух	85,9	42,2	43,7
			гелий	48,4	9,9	38,5
0,86CaNaУ	0,057	0,0503	воздух	96,2	85,2	11,0
			гелий	48,0	20,6	27,4
0,93NdNaУ	0,0655	0,0332	воздух	95,5	84,5	11,0
			гелий	90,8	69,2	21,6
0,73MgNaУ отработан.	0,0249	0,0017	воздух	7,6	—	—
			гелий	9,2	—	—

(0,60 нм), может происходить только в широких микропорах цеолита, в то время как при адсорбции воды (критический диаметр 0,27 нм) молекулы адсорбата могут диффундировать в узкие микропоры. Согласно ТОЗМ [9], заполнение широких микропор водой должно наблюдаться при высоких значениях давления паров адсорбата. Поэтому величины

$W_{об}$  найденные путем экстраполяции начального участка изотерм адсорбции к  $P_0/P=1$ , отнесены к узким микропорам, недоступным для бензола. Аналогично, экстраполяция начальных участков изотерм адсорбции бензола к  $P_0/P=1$  позволяет полученные значения их величины за счет вторичной пористой структуры.

Согласно приведенным в таблице данным, при адсорбции бензола ионообменными цеолитами катионы по своему влиянию на объем микропор располагаются в ряд:  $Nd^{3+} \gg Ca^{2+} > Mg^{2+}$ . Изменение объема микропор при модификации цеолита У наблюдается и при адсорбции воды. Из таблицы видно, что объем микропор, определенный по воде, для образцов с катионами  $Nd^{3+}$  и  $Mg^{2+}$  одинаков в то время, как величина  $W_{об}$  Са-содержащего цеолита в 1,5 раза выше. Эти данные указывают на то, что ионы Nd и Mg, в отличие от ионов Са, препятствуют проникновению молекул воды в узкие поры цеолитов. Такие изменения адсорбционных свойств однотипных катализаторов при замене адсорбатов можно объяснить идентичностью мест локализации Nd и Mg в цеолите У, отличной от мест локализации ионов Са. Этот вывод хорошо согласуется с литературными данными [8], согласно которым ионы  $Ca^{2+}$  занимают места  $S_I$  и  $S_{II}$  в то время как ионы РЗЭ при комнатной температуре локализованы в местах  $S_I$  и  $S_{II}$ .

Полученные данные об изменении величин изученных катализаторов были сопоставлены с их каталитическими свойствами в реакции превращения метилциклогексана [7]. Из данных таблицы видно, что величины общей конверсии метилциклогексана в среде газа-носителя воздуха на изученных катализаторах, в зависимости от обменного катиона, располагаются в следующей последовательности:  $NdNaY \gg CaNaY > MgNaY$ , которая соответствует последовательности расположения этих катализаторов по их значениям  $W_{об}$  приведенным выше. Причем, это совпадение еще резче прослеживается, если выделить из общей концентрации метилциклогексана составляющую по суммарной ароматизации — основных продуктов превращения (см. табл.). Такое сопоставление активности катализаторов в процессе ароматизации метилциклогексана с их адсорбционной способностью по отношению к бензолу связано с относительной близостью размеров этих молекул. Таким образом, приведенные данные указывают на происходящее в процессе дегидрирования внутри широких микропор.

При замене газа-носителя воздуха на гелий общая конверсия метилциклогексана на изученных катализаторах располагается в следующий ряд по влиянию катионов:  $Nd^{3+} > Mg^{2+} \gg Ca^{2+}$ . Анализ продуктов превращения метилциклогексана указывает на изменение направления процесса в сторону роста реакции крекинга. При этом из таблицы видно, что наибольшей крекирующей способностью обладает Mg-содержащий образец, а наименьшей — Nd-содержащий.

Данные, приведенные в [7], указывают на решающую роль природы обменного катиона в изученном процессе. Поэтому для выяснения влияния причин объемов адсорбционного пространства на каталитические свойства, представляют интерес образцы модифицированные щелочноземельными элементами. В случае этих образцов полученные результаты указывают на то, что большее значение  $W_{об}$  и  $W_{об}$  для Са-содержащего образца по сравнению с Mg-содержащим сказывается в росте замещенных ароматических соединений в продуктах реакции:

катализатор	газ-носитель,	толуол	этил-бензол	ксилолы	псевдокумол,
	%	%	%	%	%
0,86СаУ	гелий	8,7	0,2	8,3	1,6
0,73М У	гелий	8,5	—	1,4	—

Особый интерес представляют результаты исследования адсорбционных свойств отработанного катализатора, которые получены с Mg-содержащим образцом. Из таблицы вытекает, что в случае адсорбции бензола, объем микропор, доступных для этого адсорбата, снизился на 26 % на отработанном Mg-содержащем образце по сравнению с неотработанным образцом. Адсорбция воды на отработанном катализаторе незначительна. В то же время каталитическое превращение метилциклогексана на отработанном 0,73MgNaY протекает также незначительно, в отличие от неотработанного образца. Причиной дезактивации катализатора в изученном процессе является коксоотложение. Ввиду того, что емкость микропор, определенная по бензолу У отработанного катализатора, мало изменяется по сравнению с неотработанным образцом, а емкость пор, доступных для воды, сильно изменяется, то отложение кокса в цеолите MgNaY происходит или в узких микропорах или покрывает всю доступную для реагента поверхность широких микропор.

#### Литература

1. Епишина Г. П., Грязкова З. В., Смирнова В. С., Крылова В. В., Буржанидзе М. И. Изв. АН СССР. Сер. химия, 1977, № 5, с. 997.
2. Грязнова З. В., Смирнова В. С., Епишина Г. П., Крылова В. В. Изв. АН СССР. Сер. хим., 1971, № 1, 1000.
3. Харламов В. В., Старостина Т. С., Миначев Х. М. Изв. АН СССР. Сер. хим., 1978, № 9, с. 2065.
4. Mochida I., Jitsumatsu T. — J. Catal., v. 36, No. 2, p. 361.
5. Миначев Х. М., Тагиев Д. Б., Зулфугаров З. Г., Харламов В. В. Изв. АН СССР. Сер. хим., 1978, № 2, с. 490.
6. Тагиев Д. Б., Дадашев Н. Б., Зулфугаров З. Г., Миначев Х. М. Докл. АН СССР, 1980, т. 252, № 4, с. 896—900.
7. Брек Д. Цеолитные молекулярные сита. — М.: Мир, 1976, с. 661—731.
8. Дубинин М. М. Успехи химии, 1982, т. 51, № 7, с. 1065—1074.
9. Ионё Г. К. Полуфункциональный катализ на цеолитах. — М.: Наука, 1982, с. 180.

ИНФХ АН АзССР

Поступило 6. III 1984

Н. Б. Дадашев, С. И. Абасов, З. Г. Зулфугаров

#### КАТИОНЛАШДЫРЫЛМЫШ V ТИП СЕОЛИТИН АДСОРБСИЈА ХАССЭСИНИН ВЭ МЕТИЛЦИКЛОГЕКСАНЫН ЧЕВРИЛМЭ РЕАКСИЈАСЫНДА АКТИВЛИЈИНИН ТЭДГИГИ

Магаләдә Mg<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>, Nd<sup>++</sup> катионлары илә модификасија едилмиш NaY тип сеолитин бензол вә су бухарыны адсорбсија етмә габиллијәти, вә еләчә дә метилциклогексанын оксикенин иштиракидә чеврилмә реаксијасындакы активликләри арасында олан гаршылыгы эләгә тәдгиг олуңмуш вә мүәјјән ганунаујуңлуғлар ашкар едилмишдир.

N. B. Dadashev, S. I. Abasov, Z. G. Zulfugarov

#### ADSORPTION PROPERTIES OF CATIONIC FORMS OF Y-TYPE ZEOLITE AND METHYL CYCLOHEXANE CONVERSION THEREON

The effect of exchanged cation (Mg, Ca, Nd) on the adsorption and catalytic properties of zeolite Y is studied and the interconnection thereof is shown.



УДК 541.128

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р. Б. АХВЕРДИЕВ, В. Р. МАРДУХАЕВ, чл.-корр. АН Азерб. ССР Б. А. ДАДАШЕВ

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОХРОМОВЫХ И АЛЮМОМЕДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ И ЭПР

Оксидные хромовые и медные системы нашли широкое применение в качестве катализаторов ряда промышленно важных химических процессов. Например, алюмохромовые оксидные системы активны в реакциях дегидрирования, дегидроциклизации, полимеризации и т. д. Алюмомедные оксидные системы проявляют высокую каталитическую активность в реакциях окисления СО, пропилена и других органических соединений.

В связи с этим возникает необходимость тщательного изучения каталитических систем, а также выявления энергетического состояния (координация и валентность) переходного металла в составе носителя.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Образцы для исследований готовили пропиткой  $\gamma$ - $Al_2O_3$  растворами нужной концентрации  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  или  $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$  и затем сушили при 105—120°C в течение 3 ч. Для разложения нитратов хрома и меди образцы прокачивали на воздухе при 500°C в течение 16—18 ч.

Спектры диффузного отражения в области 200—900 нм сняты на спектрофотометре «Unicam SP 8000».

Спектры ЭПР сняты на радиоспектрометре РЭ 1301.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Система  $Cr(1, 5 \text{ и } 10\%) - \gamma - Al_2O_3$ . В спектрах диффузного отражения  $\gamma - Al_2O_3$  после пропитки азотнокислым хромом и просушки наблюдаются полосы поглощения с максимумами при 566 и 408 нм (рис. 1, кр. 1, 3, 5), интенсивность которых растет по мере увеличения концентрации хрома. Таким же образом меняется окраска катализаторов от светло-зеленого до зеленого. Положение полос в спектре и их вид характерны для ионов  $Cr^{3+}$  в октаэдрической координации (переходы  ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}$  и  ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}$  соответственно). Аналогично [1] такое энергетическое состояние ионов  $Cr^{3+}$  можно отнести к соединению  $Cr(H_2O)_6^{3+}$ . Вероятно, после просушки координационная сфера ионов  $Cr^{3+}$  в соединении  $Cr(H_2O)_6^{3+}$  не изменилась.

После прокачивания на воздухе образцы приобретают светло-коричневую (1%) и темно-коричневую (5 и 10%) окраску; а в спектрах появляются полосы поглощения:

1. для  $Cr(1\%) - \gamma - Al_2O_3 - 356$  нм (рис. 1, кр. 2), которую можно отнести к  $Cr^{5+}$  или  $Cr^{6+}$ .

2. для  $Cr(5 \text{ и } 10\%) - \gamma - Al_2O_3 - 356$  и 705 нм (рис. 1, кр. 4 и 6). Эти полосы можно как и выше отнести к поглощению иона  $Cr^{5+}$  или  $Cr^{6+}$  [2].

Как видно, полоса при 705 нм для системы  $Cr(1\%) - \gamma - Al_2O_3$  не выявляется четко, что может быть связано с малой концентрацией нанесенного хрома.

Для всех систем после просушки наблюдаются полосы поглощения в областях 265 и 220 нм (рис. 1, 3, 5). Эти полосы можно отнести к двум типам электронных переходов с переносом заряда (ППЗ); 1 —  $H_2O \xrightarrow{e} Cr^{3+} (Cr^{r+})$  и 2 —  $O \xrightarrow{e} Cr^{3+} (Cr^{5+})$ . Полоса, при 265 нм наблюдавшаяся в виде плеча, после прокалки повышает свою интенсивность, а полоса при 220 нм наблюдается в виде плеча. Это показывает, что после прокалки доля вторых ППЗ увеличивается, а первых — уменьшается, что и наблюдается в спектрах.

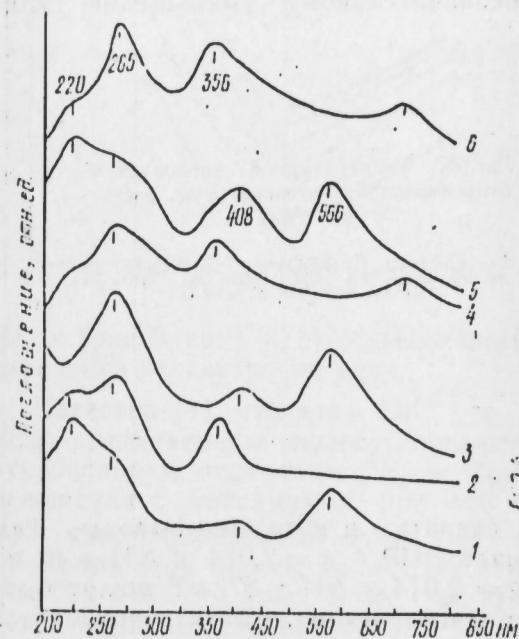


Рис. 1. Спектры диффузного отражения:

1—2 — Cr (1%) —  $\gamma$  —  $Al_2O_3$  соответственно после просушки и прокалки,  
3—4 — Cr (5%) —  $\gamma$  —  $Al_2O_3$  соответственно после просушки и прокалки,  
5—6 — Cr (10%) —  $\gamma$  —  $Al_2O_3$  соответственно после просушки и прокалки

В спектрах ЭПР этих же образцов (спектры не приводятся) после просушки наблюдается сигнал с  $g=1,981$  и шириной линии  $\Delta H=40$  мТ, который приписан иону  $Cr^{3+}$ . После прокалки на воздухе сигнал уширяется ( $\Delta H=87$  мТ и  $g=2,014$ ) и на фоне этого сигнала наблюдается узкий сигнал с шириной 4 мТ и  $g=1,97$ , который приписан иону  $Cr^{5+}$ . Этот вывод подтверждается результатами работы [3] где показано, что, в окисленных алюмохромовых катализаторах наблюдается два сигнала; широкая (60—80 мТ), связанная с микрокристалликами  $Cr_2O_3$  и узкая, шириною 4 мТ, приписываемая ионам  $Cr^{5+}$ . Основанием для такого вывода послужило отсутствие тонкой структуры спектра, которая должна была бы наблюдаться если бы эта линия была связана с изолированными ионами  $Cr^{3+}$ .

К такому же выводу пришли В. Б. Казанский и др. [1].

Представляло интерес исследование температурных областей преобразования валентных и координационных состояний ионов хрома.

С этой целью образцы  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  после пропитки азотнокислым хромом и сушки при  $105\text{--}120^\circ\text{C}$  подвергли прокалке на воздухе в интервале температур  $100\text{--}600^\circ\text{C}$  через каждые  $50^\circ\text{C}$ . При этом образец выдерживался при температуре прокалки в течение 30 мин, затем охлаждался до комнатной температуры и регистрировался спектр ЭПР.

Так, в интервале  $100\text{--}200^\circ\text{C}$  резко уменьшается интенсивность линии с  $g = 1,981$  ( $\Delta H = 40$  мТ) (рис. 2, кр. 1), которая приписана иону  $\text{Cr}^{3+}$ . При этом появляется сигнал в области  $g = 2,014$  ( $\Delta H = 87$  мТ) (рис. 2, кр. 2). Дальнейшая прокалка в интервале  $200\text{--}600^\circ\text{C}$  практически не влияет на интенсивность данной линии, но при этом на фоне широкой линии появляется узкий синглет от  $\text{Cr}^{5+}$  в области  $g = 1,970$  ( $\Delta H = 4$  мТ) (рис. 2, кр. 3), интенсивность которой монотонно возрастает при прокалке до  $500^\circ\text{C}$ . Дальнейшая прокалка до  $600^\circ\text{C}$  ведет к незначительному уменьшению этого сигнала.

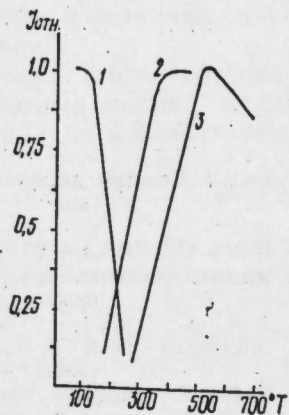


Рис. 2. Температурная зависимость относительной интенсивности спектров ЭПР

1 —  $\text{Cr}^{3+}$  в  $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3^{3+6}$ ; 2 —  $\text{Cr}^{3+}$  в  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; 3 —  $\text{Cr}^{5+}$  в  $\text{Cr}_2\text{O}_5$

Из вышесказанного можно сделать некоторые выводы. Так, уменьшение интенсивности сигнала ЭПР с  $g = 2,014$  и  $\Delta H = 40$  мТ и появление при этом линии с  $g = 2,014$  и  $\Delta H = 87$  мТ может быть следствием протекания процесса дегидратации, которая приводит к изменению лигандного окружения ионов  $\text{Cr}^{3+}$ , т. е. эти два сигнала можно отнести к иону  $\text{Cr}^{3+}$  в гидратированном и дегидратированном состоянии. Отсюда вытекает, что уже при температурах  $100\text{--}200^\circ\text{C}$  формируется устойчивое состояние ионов  $\text{Cr}^{3+}$  с кислородным окружением, которое не изменяется при дальнейшей прокалке катализатора до  $600^\circ\text{C}$ . Сигнал ЭПР от  $\text{Cr}^{5+}$  ( $g = 1,970$  и  $\Delta H = 4$  мТ) наблюдается, начиная с  $200^\circ\text{C}$ ; интенсивность его монотонно повышается до  $500^\circ\text{C}$ .

Таким образом, проведенные исследования дают возможность различить низкотемпературную ( $100\text{--}200^\circ\text{C}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ) и высокотемпературную ( $200\text{--}600^\circ\text{C}$ ,  $\text{Cr}^{5+}$ ) модификацию ионов хрома в составе алюмохромового катализатора.

На основе данных ЭПР, наблюдаемые в спектрах диффузного отражения полосы поглощения при  $356$  и  $705$  нм можно отнести к иону  $\text{Cr}^{5+}$ .

Система  $\text{Cu}(1, 5 \text{ и } 10\%)\text{-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . После пропитки  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  раствором азотнокислой меди и просушки на воздухе при  $105\text{--}120^\circ\text{C}$  в спектрах диффузного отражения наблюдается полоса поглощения в области

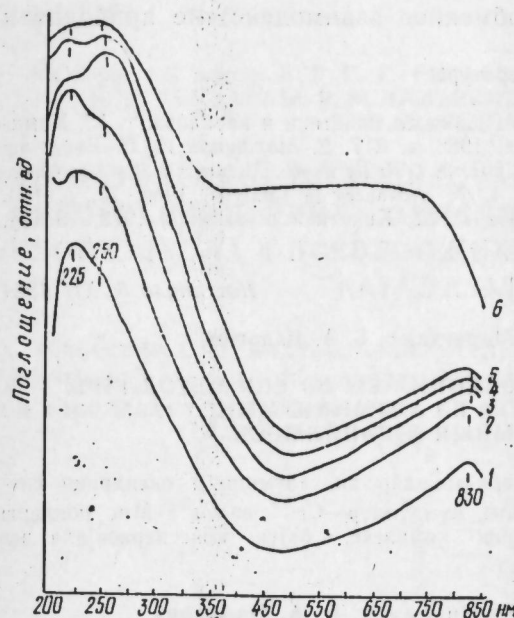


Рис. 3. Спектры диффузного отражения:

1—2 —  $\text{Cu}$  (1%) —  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ;  
3—4 —  $\text{Cu}$  (5%) —  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ;  
5—6 —  $\text{Cu}$  (10%) —  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

$830$  нм (рис. 3, кр. 1, 3, 5). Интенсивность полосы увеличивается по мере повышения концентрации меди.

Известно [4], что ионы  $\text{Cu}^{2+}$  в октаэдрической координации имеют единственную полосу поглощения в области  $830\text{--}850$  нм, обусловленную переходом  ${}^2E_g \rightarrow {}^2T_{2g}$ , поэтому наблюдаемую полосу поглощения с максимумом при  $830$  нм можно отнести к октаэдрически координированному иону  $\text{Cu}^{2+}$  в соединении  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ .

Кроме этой полосы наблюдается интенсивное поглощение в областях  $225$  и  $250$  нм (рис. 3, кр. 1, 3, 5). Последняя полоса наблюдается в виде плеча для системы  $\text{Cu}$  (1 и 5%) —  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

После прокалки на воздухе катализаторов  $\text{Cu}$  (1 и 5%) —  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  положение полос при  $830$ ,  $250$  и  $225$  не меняется. Но для системы  $\text{Cu}$  (10%) —  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  в видимой части спектра наблюдается непрерывное поглощение в области  $400\text{--}750$  нм (рис. 3, кр. 2, 4, 6), а полосы в УФ-области не меняют свое местоположение. Для всех прокаленных образцов наблюдается повышение интенсивности поглощения в области  $250$  нм, что особенно наглядно видно для  $\text{Cu}$  (5 и 10%) —  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  (рис. 3, кр. 4, 6).

По нашему мнению, полосы при  $225$  и  $250$  нм можно отнести к двум типам полос переноса заряда; 1 — к переходу  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$  ( $225$  нм) и 2 —  $\text{O} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$  ( $250$  нм). Такое отнесение объясняется тем фактом, что вода является более сильным лигандом, чем кислород и полоса, ответственная за переход  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ , должна выйти в более коротко-



волновой части спектра, чем переход  $O \rightarrow Cu^{2+}$ . После прокалики доля вторых переходов увеличивается (разрушается координационная сфера ионов  $Cu^{2+}$  в соединении  $Cu(H_2O)_6^{2+}$ ) и наблюдается повышение интенсивности полосы при 250 нм.

Причиной появления непрерывного поглощения в области 400—750 нм для системы  $Cu(10\%)\text{-}\gamma\text{-}Al_2O_3$  может быть образование ассоциатов  $Cu-O-Cu$ , где сильное обменное взаимодействие приводит к уширению полос поглощения.

#### Литература

1. Швец В. А., Казанский В. Б. В кн.: Проблемы кинетики и катализа. т. 13. Комплексообразование в катализе. — М.: Наука, 1968, с. 217. 2. Марфуни А. С. Введение в физику минералов. — М.: Недра, 1974, с. 201. 3. O'Reilly D. E., McIver D. S. — Am. Chem. Soc., Div. Petrol. chem., Gen. Papers, 1959, 4, 2; Advances in catalysis, 1960, 12, p. 100. 4. Хасанов Ф. Н., Воробьев В. Н., Талипов Г. Ш. Кинетика и катализ, 1978, 19 (3), с. 730—736.

ИНХП АН АзССР

Поступило 5. XII 1984

Р. Б. Нагвердиев, В. Р. Мардухаев, Б. А. Дадашов.

#### ДИФфуЗ ЭКСЕТДИРМЭ СПЕКТРОСКОПИЯСЫ ВЭ ЕПР МЕТОДЛАРЫ ИЛЭ АЛУМИНИУМХРОМ ВЭ АЛУМИНИУММИС КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫН ӨРЭНИЛМЭСИ

Мәгаләдә спектрларин анализи кәстәрилмишидир ки, алуминиум оксидинин сәт-инидә хром ионларынын ики валент һалы мүмкүндүр— $Cr^{3+}$  вә  $Cr^{5+}$  Миҗ ионлары сәтһдә кичик концентрасијада октаһедрик комплекс, бөјүк концентрасијада иҗә  $Cu-O-Cu$  ассоциатлары әмәлә кәтирир.

R. B. Akhverdiyev, V. R. Mardukhayev, B. A. Dadashev

#### COMPLEX STUDY OF ALUMINA-CHROMIA AND ALUMINA-CUPRIC CATALYSTS BY SPECTROSCOPY OF DIFFUSE REFLECTION AND ELECTRON-PARAMAGNETIC RESONANCE

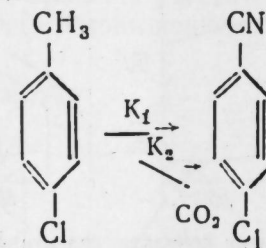
Two valent states of Cr-ions on the surface of  $\gamma\text{-}Al_2O_3$ —low-temperature (100—200°C)  $Cr^{3+}$  and high-temperature (200—500°C)  $Cr^{5+}$ —are found.

Copper ions at small concentrations form octahedral complexes, whereas at higher concentrations the formation of  $Cu-O-Cu$ -associates is possible.

Чл.-корр. АН Азерб. ССР Г. Г. РИЗАЕВ, А. А. АХУНДОВ, Р. К. БАБАЕВ,  
Н. И. ГЕПДАРЛЫ, Р. М. ТАЛЫШИНСКИЙ, М. Р. ЭФЕНДИЕВ,  
З. Ю. МАГЕРРАМОВА

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ *n*-ХЛОРБЕНЗОНИТРИЛА ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ АММОНОЛИЗОМ *n*-ХЛОРТОЛУОЛА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ Sb—Bi—V/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> КАТАЛИЗАТОРА

Кинетическую модель окислительного аммонолиза *n*-хлортолуола в изученной области варьирования параметров [1] можно выразить схемой параллельных превращений



в которой константы выражаются зависимостями  $K_1 = K_{0,1}e^{-E_1/RT}$   
 $K_{0,2} = K_{0,2}e^{-E_2/RT}$ , где  $E_2 < E_1$ .

Скорости целевого ( $\omega_1$ ) и бруттопревращения ( $\omega$ ) в температурном интервале 613—693 К описываются уравнениями

$$\omega_1 = \frac{\kappa_1 P_1}{1 + b_1 P_1}, \quad \omega = \frac{\kappa_1 P_1}{1 + b_1 P_1} + \frac{\kappa_2 P_1}{1 + b_2 P_1}$$

Поскольку при разработке математической модели диффузионная стехиометрия в первом приближении во внимание не принималась, то в соответствии с фундаментальным правилом реакционной стехиометрии Гиббса [2] для решения задачи достаточно рассмотрения только двух ключевых компонентов (нами выбраны *n*-хлортолуол и *n*-хлорбензонитрил).

Математическое моделирование выполнялось как и в случае [3] на основе «простой» двухфазной модели псевдооживленного слоя:

$$\frac{dx_1}{d\tau} = - \left[ \omega_1 + \beta \frac{298}{T} (x_1 - x_2) \right] \cdot \frac{1}{q},$$

$$\frac{dx_2}{d\tau} = - \beta \frac{298}{T} (x_2 - x_1) \cdot \frac{1}{1 - q},$$

$$\frac{dy_1}{d\tau} = \left[ \omega_1 - \beta \frac{298}{T} (y_1 - y_2) \right] \cdot \frac{1}{q},$$

$$\frac{dy_2}{d\tau} = -\beta \frac{298}{T} (y_2 - y_1) \cdot \frac{1}{1-q},$$

$$x_1(0) = x_2(0) = x_0,$$

$$y_1(0) = y_2(0) = 0.$$

Анализ процесса в условиях неограниченного межфазного обмена ( $\beta \rightarrow \infty$ ) показал, что вклад последовательных превращений начинает проявляться при  $T > 693$  К. Поэтому оценка показателей осуществлялась нами в области  $T = 613-693$  К.

Время контакта сопоставлялось при фиксированной полноте превращения  $\text{Cоп}V_{\text{min}} = 0,90$ .

Входное значение мольной доли *n*-хлортолуола составляло  $X_0 = 0,0336$ , мольное соотношение *n*-хлортолуол: воздух: аммиак = 1:18,5:10.

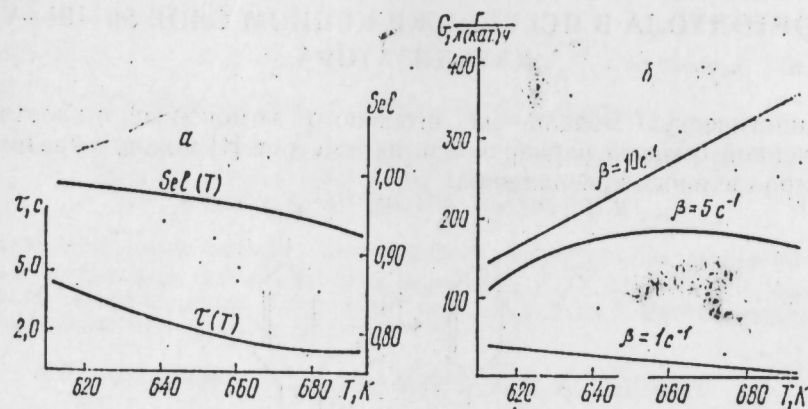


Рис. 1. Зависимость времени контакта, селективности (а) и производительности катализатора (б) от температуры

Как видно из рис. 1, для достижения заданной полноты превращения требуется  $\tau = 1,6$  с, а для  $\text{Sel} = 0,95$  температура процесса не должна превышать 670 К.

Для зависимостей  $G(T)$  характерен, по-видимому, экстремальный характер со сдвигом вправо максимума с увеличением интенсивности межфазного обмена.

Интенсивность межфазного обмена изучалась в интервале значений  $\beta = 0,2-10$  с<sup>-1</sup>. При этом установлено отсутствие сколько-нибудь существенного влияния  $\beta$  и  $\tau$  на селективность процесса:

$$\text{Sel}(\beta, \tau) = \text{const}$$

При заданных граничных условиях, следуя [4], степень использования катализатора определялась по формуле

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\kappa_1}{\beta}}$$

Из рис. 2 видно, что в зависимости от  $T$  и  $\beta$  степень использования катализатора может принимать различные значения: при 613 К —  $\eta = 0,09-0,83$ ; при 653 К —  $\eta = 0,04-0,68$ ; при 693 К —  $\eta = 0,02-0,50$ .

Зависимость времени контакта и производительности катализатора от  $\beta$  проиллюстрирована на рис. 3. Влияние усиливается с повышением температуры. В области слабого межфазного обмена ( $\beta < 1$  с<sup>-1</sup>) произ-

водительность катализатора не превышает 25-50 г/л кат. ч. при степени его использования  $\eta = 0,1-0,32$ . Для достижения фиксированного значения производительности  $\beta = 100$  г/л кат. ч. требуется создать интенсивность межфазного обмена  $\beta = 2-4$  с<sup>-1</sup>.

В условиях организованного кипящего слоя в области  $\beta = 5-10$  с<sup>-1</sup> производительность достигает значений, превышающих  $G = 200-$

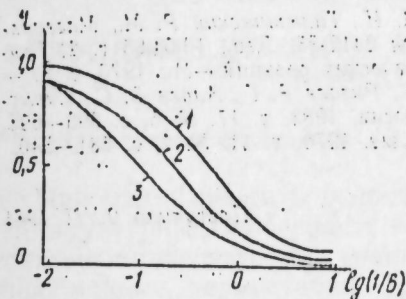


Рис. 2. Влияние интенсивности межфазного обмена на степень использования катализатора в процессе окислительного аммонолиза *n*-хлортолуола: 1—613 К, 2—653 К, 3—693 К

250 г/л кат. ч. Однако более высокие значения могут быть получены лишь ценой существенного снижения степени использования катализатора и селективности процесса с повышением температуры.

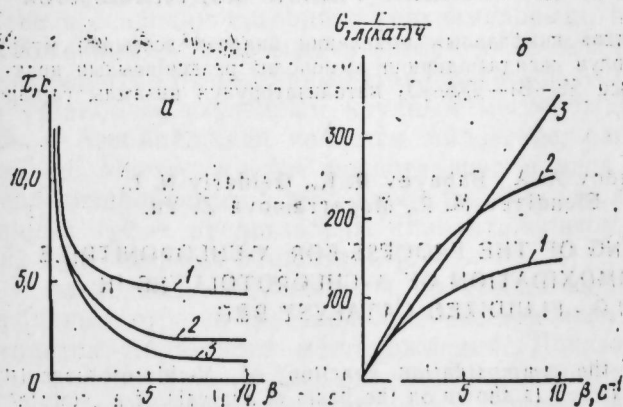


Рис. 3. Зависимость времени контакта (а) и производительности катализатора (б) от интенсивности межфазного обмена: 1—613 К, 2—653 К, 3—693 К

Таким образом, на основе результатов моделирования можно сделать предварительный прогноз относительно перспективности проведения процесса в организованном кипящем слое при температурах 613-653 К и интенсивном межфазном обмене.

#### Обозначения

- $P_1$  — парциальное давление *n*-хлортолуола
- $b_1$  — эффективные адсорбционные коэффициенты
- $x_1$ ;  $y_1$  — мольные доли *n*-хлортолуола и *n*-хлорбензонитрила в плотной фазе
- $x_2$ ;  $y_2$  — мольные доли *n*-хлортолуола и *n*-хлорбензонитрила в пузырьковой фазе
- $q$  — доля газа, проходящего в плотной фазе
- $\text{Sel}$  — селективность по *n*-хлорбензонитрилу



Сопв — конверсия *n*-хлортолуола  
 $\beta$  — коэффициент межфазного обмена,  $c^{-1}$   
 $\tau$  — условное время контакта, с  
*G* — производительность катализатора, г/л кат ч

Литература

1. Ризаев Р. Г., Гейдарлы Н. И., Шантуров М. И., Талышинский Р. М., Магеррамова З. Ю., Эфендиев М. Р. Деп. во ВИНТИ № 2412-85. Деп., 10.04.85 г. 2. Темкин М. И. Механизм и кинетика сложных каталитических реакций. — М.: 1970, с. 57 — 72. 3. Махлин В. А., Батурина М. В., Шейнин В. Е., Ризаев Р. Г., Алиев В. С., Слинтько М. Г. Теоретические основы химической технологии, 1983, т. 17, № 5, с. 693—695. 4. Слинтько М. Г., Шелле В. С. Кинетика и катализ, 1970, т. 11, № 2, с. 531—540.

Институт нефтехимических  
процессов им. Ю. Г. Мамадалиева  
АН АзССР

Поступило 9.VII 1985

Р. Г. Ризаев, А. А. Ахундов, Р. К. Бабаев, Н. И. Гейдарлы,  
Р. М. Талышинский, М. Р. Эфендиев, З. Ю. Магеррамова

Sb—Pb—V/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> КАТАЛИЗАТОРУН ГАЈНАР ЛАЈЫНДА  
*n*-ХЛОП-БЕНЗОНИТРИЛН ОКСИДЛЭШДИРИЧИ АММОНОЛИЗЛЭ  
*n*-ХЛОПТОЛУОЛДАН АЛЫНМА ПРОСЕТИНИН РИЈАЗИ МОДЕЛЛЭШМЭСИ

Мәгаләдә гајнар лајын «садә» икифазалы» моделинин анализин әсасында мүәј-  
јән едилмишдир ки, *n*-хлортолуолун оксидләшдиричи аммолиз реаксиясынын прак-  
тики мәгсәдәүјүн һәјата кечмәси Sb—Pb—V/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторунун низамлы гајнар  
лајында апарылмадыр.

Rizayev R. G., Akhundov A. A., Babayev R. K., Geidarly N. I.,  
Talyshinskii R. M., Efendiyev M. R., Magerramova Z. Yu.

MATHEMATICAL MODELLING OF THE PROCESS FOR *N*-CHLORONITRILE  
PRODUCTION BY AMMOXIDATION OF *N*-CHLOROTOLUENE IN  
Sb—Pb—V/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- FLUIDIZED CATALYST BED

The practical expedience of the ammoxidation reaction of *N*-chlorotoluene in  
Pb—V—Sb/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-fluidized catalyst bed is shown on the basis of analysis of a „simple“  
two-phase model of fluidized bed.

С. Н. ҚАСУМОВ, А. Г. СЕНДОВ, Р. С. МАМЕДОВ

ПРИРОДНЫЕ ЦЕОЛИТЫ АЗЕРБАЙДЖАНА — ЭФФЕКТИВНАЯ  
КОРМОВАЯ ДОБАВКА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. А. Мусасвым)

Природные цеолиты относятся к группе алюмосиликатов с каркасной структурой. Особенности кристаллического строения природных цеолитов объясняют их уникальные адсорбционные, каталитические, ионообменные, термостабильные и другие свойства, которые дают возможность успешно использовать их в различных отраслях народного хозяйства.

За последнее десятилетие геологическими исследованиями в различных структурно-фациальных зонах Азербайджана выявлены крупные месторождения природных цеолитов. Цеолитоносность в Азербайджане в основном связана с верхнемеловыми вулканогенно-осадочными отложениями, развитыми в северо-восточной части Малого Кавказа и с эоценовыми отложениями Нахичеванской АССР и Талыша.

Наиболее изученным крупным месторождением природных цеолитов в Азербайджане является Айдагское, расположенное в Таузском районе. Месторождение представлено в виде монозалежи, сложенной цеолитизированными пепловыми туфами. Цеолитовые минералы в указанных туфах представлены клиноптилолитом, содержание которого в них колеблется от 50 до 80 % [5].

Различными научными и производственными организациями республики и страны производились всесторонние исследования природных цеолитов Айдагского месторождения. Доказана возможность их использования в различных отраслях народного хозяйства.

В настоящей статье авторами сделана первая попытка использования природных цеолитов Айдагского месторождения как эффективной кормовой добавки. Цеолиты используют, заменяя соответствующим количеством часть кормосмеси или включая непосредственно в ее состав при изготовлении. Поскольку цеолиты не имеют питательной ценности, добавление их к готовому комбикорму снижает его питательность, что однако, как показали опыты, не влияет на продуктивность птицы. С другой стороны, кормление ее обходится дешевле благодаря некоторой экономии кормов.

Эффект от использования цеолитов в кормлении птицы обусловлен их природой и физико-химическими свойствами хотя механизм действия этих минералов в организме птицы до конца не выяснен. Считают, что само минеральное вещество цеолитов не участвует в пищеварении, однако, благодаря высокой способности его связывать воду и ионы, процесс пищеварения катализируется. Скорость прохождения корма по пищеварительному тракту птицы под влиянием цеолитов замедляется, что способствует более полному перевариванию и использованию питательных веществ.

Есть сообщения об уменьшении случаев заболеваний внутренних органов молодняка птиц при екармливании им цеолитов. Однако основная ценность их заключается в повышении усвояемости питательных веществ рациона и увеличении яичной продуктивности. Так, при добавлении в рацион несушек 3—5 % цеолитов, повышалась яйценосность и качество яиц, снижался расход корма [1].

Из зарубежных авторов Olveg M. установил высокую яйценосность кур [284 яйца] при наличии в рационе протенна 13,5% и 5% цеолитов [6].

На положительный эффект от применения цеолитов в кормлении сельскохозяйственных птиц указывают и другие авторы [2, 3, 4, 5].

Высказано мнение, что повышение усвояемости кормов под влиянием цеолитов может быть связано с внесением легкоусвояемой подвижной формы калия, кальция, некоторых микроэлементов, буферным эффектом туфа, стабилизирующим кислотность желудочного сока, а также поглощением и выносом из организма токсичных продуктов пищеварения и токсинов, попадающих с кормом.

Цеолиты используются в виде крошки или порошкообразном виде. Лучшие результаты дает внедрение в рацион птицы цеолитов в виде крошки с размером частиц 0,7—3 мм.

Увеличение размера частиц затрудняет поедание их молодняком, а также равномерное смешивание с другими компонентами комбикорма. Добавка цеолитов с оптимальным размером частиц в комбикорма увеличивает их сыпучесть. Ввод порошкообразного цеолитового туфа не только менее эффективен, но и менее технологичен.

Введение цеолитов в комбикорма для птиц обеспечивает, кроме того, снижение почти на 25% влажности помета и содержания в воздухе птичника аммиака, благодаря их сорбционным свойствам. Это улучшает микроклимат помещений и—как следствие—продуктивность птицы.

Основанием для начала нами опытных работ послужило решение совещания в Госплане Азербайджанской ССР «О вопросе использования природных цеолитов в народном хозяйстве» от 14 июля 1982 г.

Прежде всего Институтом геологии АИ Азерб. ССР был произведен силикатно-химический и спектральный анализ отдельных партий клинотилолитового туфа Айдагского месторождения (Таузский район). Содержание минерала клинотилолита в этих туфах составляло в среднем 66 % (59—77 %). Химически-окисный состав, использованных в наших опытах цеолитов следующий (в %):  $SiO_2 = 65,98$ ;  $Al_2O_3 = 14,19$ ;  $CaO = 3,65$ ;  $Na_2O = 2,99$ ;  $Fe_2O_3 = 2,07$ ;  $K_2O = 1,75$ ;  $MgO = 1,51$ ;  $TeO = 0,56$ ;  $TiO_2 = 0,30$ ;  $SO_3 = 0,22$ ;  $P_2O_5 = 0,05$ ;  $MnO = 0,03$ ;  $нии = 0,70$ .

Спектральный анализ показал, что в составе азербайджанских цеолитов встречаются 25 химических элементов, в том числе почти все необходимые для организма птиц макро- и микроэлементы.

Вредных и токсичных веществ в цеолитах нет, а содержание тяжелых металлов находится в пределах допустимой нормы.

Первые опыты по екармливанию цеолитов курам-несушкам были проведены в начале мая 1983 г. на Кировабадской птицефабрике. Опыты проводились в цехе № 1 промышленного стада несушек, где содержалось около 13000 кур. Содержание несушек—клеточное, одноярусное. Технологические процессы кормления, поения, сборы яиц и помета—

механизированы. В результате одомесячных подкормок кур цеолитами в дозе 1 и 2 % к объему комбикорма, не было установлено каких-либо нарушений в их организме и изменений в яичной продуктивности. 15 июня 1983 г. был начат новый вариант опытов по подкормке цеолитами в том же цехе № 1, его продолжительность составила 50 дней. Все поголовье несушек цеха № 1 (12900 голов) было взято под опыт, а идентичного, соседнего цеха № 10 с поголовьем 9000—под контроль. Куры опытного цеха были выделены в 3 группы по 4300 голов в каждой. 1 опытная группа получила комбикорм с добавками цеолитов в дозе 3 %, 2 группа—4 %, а 3—5 %.

За время опытов дважды производилось массовое взвешивание яиц. При этом установили, что средняя масса яиц у контрольных кур составила 52,91 г, а у подопытных (соответственно по группам) составила: в 1—52,90 г, во 2—53,25 г, в 3—53,77 г. К концу опытов в обоих цехах два дня подряд производился контрольный сбор яиц с целью выявления процента их боя.

В результате этих наблюдений было установлено, что битых яиц во время сбора в контрольном цехе оказалось 3,10 % к общему дневному сбору, в опытных группах соответственно меньше, а именно, в 1—2,49, во 2—2,75 и в 3—1,19%. Как видим, добавки цеолитов существенно влияют на толщину и прочность яичной скорлупы, в результате чего и значительно снижается бой яиц. В 3 группе, где несушки получали цеолитовые добавки в дозе 5 %—бой составил на 65,5 % меньше, чем в контрольном цехе.

Интересные данные были получены при сравнительном изучении физико-морфологического состава яиц. Было установлено, что с повышением дозы цеолитов в рационе кур-несушек содержание белка, как абсолютное, так и относительное, существенно снижается, а масса желтка и скорлупы с пленкой повышается. Так, если масса желтка яиц контрольных кур составляет  $15,26 \pm 0,12$  г, то в 1, 2, 3 группах, соответственно,  $15,31 \pm 0,45$ ;  $16,24 \pm 0,31$  и  $16,32 \pm 0,36$  г. ( $p < 0,01$ ).

Добавки цеолитов повышают массу скорлупы с пленкой, за счет утолщения скорлупы с 0,398 мм до 0,406 мм.

Коэффициент рефракции белка и желтка, который характеризует соотношение воды и сухих веществ в них, в основном, во всех группах оставался в пределах нормы. Однако нельзя не отметить тот факт, что этот показатель в опытных группах подвержен изменениям, хотя и статистически недостоверным, коэффициент рефракции белка яиц под действием добавок цеолитов снижается, а коэффициент рефракции желтка, наоборот, повышается.

В других показателях физико-морфологического анализа яиц существенных изменений не установлено.

Для подтверждения полученных данных нами на той же Кировабадской птицефабрике было проведено 2 производственных испытания. Первое с 25 октября 1984 г. по 10 января 1985 г. в цехе № 15 маточного стада с поголовьем 4400 несушек и 200 петухов, второе—в цехе № 12 промышленного стада с 23 января по 22 февраля 1985 г. на поголовье около 8000 кур-несушек подопытных и 3500 контрольных.

В связи с тем, что яйца от кур данного маточного стада использовались как товарные, т. е. не шли на инкубацию, мы в обоих цехах № 15 и № 12 цеолиты добавляли в дозе 5 % к объему комбикорма, в цехе № 12 линии кур в количестве 1750 голов получали цеолиты в дозе 7 %. Результаты этих производственных испытаний подтвердили полученные опытные данные.



Таким образом, опыты и производственные испытания показали, что при добавках цеолитов в рацион кур-несушек в дозе 5 % повышается яичная продуктивность на 3—5 яиц в год на курицу. Повышение яичной продуктивности происходит благодаря снижению на 60—70 % яичного боя, что составляет 3—5 % годовой яичной продуктивности несушки. Из-за укрепления и утолщения яичной скорлупы на 0,01—0,03 мм, а также повышения массы желтка, общая масса яиц, получивших цеолитовые добавки превышает контрольные на 2—3 г.

Для повышения яичной продуктивности немаловажное значение имеет также положительное влияние цеолитовых добавок на усвояемость питательных веществ рациона, особенно азота.

При использовании цеолитов снижается примерно на 50 % расход ракушек, доставка которых трудоемка и обходится недешево, особенно для периферийных птицефабрик.

На основании проведенных исследований и последующих производственных испытаний можно заключить, что использование природных цеолитов Азербайджана как минеральной добавки в кормлении кур-несушек экономически выгодно. Расчет экономической эффективности показал, что чистая прибыль на 1 несушку за год составляет около 70 копеек. Если учесть, что только на птицефабриках «Азербглавптицепрома» более миллиона кур-несушек, то прибыль получается весьма существенной.

#### Литература

1. Великанов В., Пчелкин Ю., Смагулов С. Эффективная добавка. — Птицеводство, 1983, № 4, с. 23—24.
2. Квашали Н. Ф. и др. Комбикорм для молодняка сельскохозяйственной птицы. — Автор. свид. ССР, кл. А 23 К 1/175, № 733618, заяв. 8.12.78, опубл. 20.05.80.
3. Ленкова Т., Синцорова О. Эффективная добавка к рациону. — Птицеводство, 1985, 14, с. 24—25.
4. Тимофеев Б. А., Босташвили Р. Г. Опыт применения цеолитов в животноводстве и ветеринарии — Сельское хозяйство за рубежом, 1984, № 11, с. 56—59.
5. Сеидов А. Г. и др. К вопросу минералогии и генезиса цеолитов и перспективы их поисков на территории Азербайджанской ССР. — Уч. зап. АГУ им. С. М. Кирова. Баку, 1973, № 5, с. 33—42.
6. Olver M. D. The effect of feeding clinoptilolite (zeolite) to laying hens. — S. Afr. J. Anim. Sci., 1983, 13, No. 2, 107—110.

НИИ животноводства им. Ф. А. Меликова

Поступило 25. VIII 1985

С. Н. Гасымов, А. И. Сеидов, Р. С. Маммадов

#### АЗЭРБАЈЧАНЫН ТЭБИИ СЕОЛИТЛЭРИ СЭМЭРЭЛИ ЖЕМ ЭЛАВЭСИДИР

Тэчрүбэ ишлэри Кировабад гушчулуг фабрикинде апарылмышдыр. Тэчрүбэ үчүн 13.000 сынаг вэ 9000 контрол јумуртлајан тојуг көтүрүлмүшдүр.

Жемләмә мүхтәлиф јемләрдән һазырланмыш јем гатышыгына Азәрбајчанын Ајдаг јатагынын сеолит туфларындан 3 вэ 5% сеолитли фраксиясы эләвэ етмәклә кечирилмишдир.

Мүэјјән едилмишдир ки, јумуртлајан тојугларын јем пајына 3—5% сеолит эләвэ етдикдә, јумуртанын ағы һәм мүтләг, һәм дә һисби гајдада нәзәрә чарпачаг дәрәчәдә азалыр, јумуртанын сарысы вэ габыгы исә артыр, јумуртанын гырылмасы исә 60—70% азалыр.

Тәдгигатын нәтичәләри вэ сонраки истеһсалат сынаглары көстәрмишдир ки, јумуртлајан тојугларын јем пајына минерал эләвәси кими тәбии сеолитләрдән истифадә етмәк итгисади чәһәтдән чоһ әһәмијјәтлидир.

Итгисади һесабламар көстәрмишдир ки, 1 јумуртлајан тојуг үчүн тәмиз мәнфәәт 1 илдә тәхминән 70 гәлик тәшкил едир.

S. N. Kasumov, A. G. Seidov, R. S. Mamedov

#### NATURAL ZEOLITES OF AZERBAIJAN — EFFECTIVE FODDER ADDITION

The experiments were conducted at Kirovabad poultry farm (13000 laying hens among which 9000 get this fodder addition). Three and 5% zeolites fraction from zeolitized tuffs of Alag deposit in Azerbaijan was added to fodder.

It is ascertained that the raise of zeolites dose in the ration of laying hens decreases the percentage content of white and the mass of yolk and shell increases and breakage of eggs decreases by 60—70%.

The results of investigations and further experiments show that the use of natural zeolites as mineral addition to fodder of laying hens is very profitable economically. Net profit per one laying hen in a year is about 70 copecks.

Я. З. КУРБАНОВ

**СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТА ЛИТИЯ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ**

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. Г. Гасановым)

В связи с развитием учения о патогенезе ишемической болезни сердца (ИБС) в последние годы стали уделять большое внимание состоянию метаболизма в сердечной мышце и экстракардинальным факторам.

В этой связи микроэлементам принадлежит особая роль. Установлено, что нарушение обмена определенных микроэлементов является фактором риска при ИБС и препараты, содержащие некоторые микроэлементы, широко используются в терапии ИБС (Л. Р. Ноздрюхина, 1974; Г. А. Бабенко с соавт., 1981; И. П. Ванджуря с соавт., 1978; Ю. В. Дельва, 1978 и др.).

Однако о роли микроэлемента лития в патогенезе и течении ИБС конкретных данных нет. В то же время твердо установлено, что литий является постоянной составной частью всех органов и биологических жидкостей организма (В. И. Вернадский, 1940; Bertrand 1951; В. М. Павлюк, 1968) и играет важную роль в физиологических и биохимических процессах (И. П. Радомски, 1953; А. О. Войнар, 1955).

Литий находится в тесной взаимосвязи с различными биохимическими активными веществами (катехоламины, серотонин, гистамин и др.), играющими важную роль в развитии и течении ИБС и ингибирует их действие (Дж. Г. Тагдиси, 1980; З. И. Собиева с соавт., 1981; Mandell, 1976 и др.). Катионы лития существенно влияют на обмен электролитов калия и натрия, соотношение которых при ИБС резко нарушается (Thompson с соавт., 1974, 1976 и др.).

Располагая этими данными и учитывая, что ИБС чаще встречается у лиц среднего и пожилого возраста, мы задались целью изучить сдвиги в содержании микроэлемента лития в сыворотке крови у больных ИБС в возрастном аспекте.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Содержание микроэлемента лития в сыворотке крови изучено у 110 больных (64 мужчины, 46 женщины) ХИБС (атеросклеротический коронарокардиосклероз, постинфарктный кардиосклероз, хроническая коронарная недостаточность) в возрасте от 41 до 84 лет. В возрасте от 41 до 60 лет было 53 больных, от 60 до 84 лет— 57 больных. ХИБС без клинически выраженной недостаточности кровообращения (0—I стадии) была диагностирована у 94 больных, недостаточность кровообращения II стадии—у 14. У 32 больных атеросклероз развился на фоне гипертонической болезни; 37 больных перенесли в прошлом инфаркт миокарда.

Диагноз ХИБС ставился на основании тщательного клинического, лабораторного и инструментального исследований.

По выраженности болевого синдрома больные разделены на 2 группы—с приступом стенокардии (62 больных) и без таковых (48 больных).

Содержание лития в сыворотке крови у больных ХИБС в стадии обострения и после лечения по группам больных в зависимости от возраста (средние данные  $M \pm$ )

Показатель	Норма (у 45)	Группы больных	Кол-во больных	Кол-во больных в зависимости от возраста		Дни заболевания	
				от 41 до 60 лет	старше 60 лет	1—5 день	23—26 день
Литий, мэкв/л	0,132	1	62	39	23	0,114 ± 0,00170 0,112 ± 0,00120	0,120 ± 0,00165 0,116 ± 0,00130
		2	48	14	34	0,117 ± 0,00145 0,113 ± 0,00140	0,122 ± 0,00165 0,116 ± 0,00129

Лечение больных было комплексным и включало по показаниям средства: коронарогенные, спазмолитические, сердечно-сосудистые, гипотензивные и противоатеросклеротические.

Содержание микроэлемента лития в сыворотке крови определяли до и после лечения в стационаре спектрофотометрическим способом на венгерском приборе «Спектроном 381 L». Стандартные растворы для определения лития готовили по методу Амбисена в модификации Г. М. Румянцева с соавторами.

Для сравнения полученных данных определяли содержание лития в сыворотке крови у 45 практически здоровых людей (контрольная группа). По данным отдельных авторов, содержание лития в сыворотке крови практически здоровых лиц варьирует в широких пределах и больше зависит от географических условий.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.** Исследования в динамике ХИБС показали, что в стадии обострения заболевания у больных I группы в возрасте до 60 лет и старше снижается содержание лития в сыворотке крови (соответственно до 0,114 ± 0,00170 и 0,112 ± 0,00120 мэкв/л). Снижается содержание лития в сыворотке и во 2 группе больных как в возрасте до 60 лет, так и старше (соответственно 0,117 ± 0,00145 и 0,113 ± 0,00140 мэкв/л). Как видно из таблицы, у больных обеих групп в возрасте свыше 60 лет снижение содержания лития в сыворотке крови более значительно, чем у больных в возрасте до 60 лет.

После лечения уровень лития в сыворотке крови несколько повышался и к концу лечения составлял: в I группе у 39 больных в возрасте до 60 лет увеличился с 0,114 ± 0,00170 до 0,120 ± 0,00165 мэкв/л; у 23 больных в возрасте старше 60 лет этот показатель увеличился с 0,112 ± 0,00120 до 0,116 ± 0,00130 мэкв/л; во 2 группе у 14 больных в возрасте до 60 лет увеличение лития составило 0,117 ± 0,00145 до 0,122 ± 0,00165 мэкв/л, а у 34 больных в возрасте старше 60 лет уровень лития увеличился с 0,113 ± 0,00140 до 0,116 ± 0,00129 мэкв/л.

У отдельных больных после лечения содержание лития в сыворотке крови (особенно в возрасте до 60 лет) приближается к норме. Однако у больных обеих групп средняя величина этого показателя не доходит



до нормы. Особенно у лиц свыше 60 лет содержание лития после лечения увеличивается незначительно по сравнению с исходным. Между тем клинические данные в это время указывают на ликвидацию процесса обострения болезни.

По-видимому, незначительное увеличение лития в сыворотке крови после лечения связано с тем, что в пожилом возрасте коронарный атеросклероз часто протекает тяжелее и на фоне сопутствующей патологии. Эти обстоятельства могут оказывать существенное влияние как на течение и клинические проявления коронарного атеросклероза, так и на содержание лития в сыворотке крови.

Таким образом, результаты наших исследований показали существенные изменения содержания лития в сыворотке крови больных ХИБС, а также некоторые закономерности изменений содержания микроэлементов в сыворотке крови, связанные со стадиями заболевания и возрастом больного.

Значит, изучение сдвигов в содержании микроэлементов лития в крови больных ХИБС в возрастном аспекте весьма перспективно.

#### Выводы

1. При ХИБС содержание микроэлемента лития в сыворотке крови снижается по сравнению с практически здоровыми.
2. Содержание лития в сыворотке крови у больных ХИБС с приступами стенокардии более низки, чем у больных без приступов.
3. Снижение лития в сыворотке крови у больных в возрасте старше 60 лет более выражено, чем у больных в возрасте до 60 лет. После лечения этот показатель увеличивался незначительно.
4. На содержание лития в сыворотке крови у больных ХИБС одновременно влияют как возраст больного, так и тяжесть заболевания.

#### Литература

1. Бабенко Г. А., Нейко Е. М., Ванджура И. П., Дельва Ю. В. *Врачебное дело*, 1981, № 3, с. 72—76.
2. Ванджура И. П., Дельва Ю. В., Нейко Е. М., Купновицкая И. Г., Дебенко М. В. Тез. докл. научн. конф.: Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине, Ивано-Франковск, 1978, с. 28.
3. Вернадский В. И. Биогеохимические очерки 1922—1932 гг. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940.
4. Войнар А. О. Значение микроэлементов в организме человека и животных. — М.: Знание, 1955.
5. Дельва Ю. В. VIII Всесоюзн. конф.: Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Ивано-Франковск, 1978, т. 2, с. 48—49.
6. Ноздрюхина Л. Р. Микроэлементы в медицине, вып. 5. — Киев: Здоровье, 1974, с. 70—75.
7. Павлюк В. М. Микроэлементы в медицине. — Киев, человека и животных. — М., 1953.
8. Рудянцева Г. М., Факгор М. И., Факгор М. И., 1968, с. 162—164.
9. Радомский И. П. Биологическая роль микроэлементов в организме Нефедьева М. И. — Невропат. и психатрия, 1970, № 11, с. 1712—1718.
10. Саратиков А. С., Алексеева Л. И., Агаркова В. П. Нейромедиаторы и механизм действия нейротропных и сердечно-сосудистых веществ (Тезисы докл. симпозиума). — М., 1979, с. 18—20.
11. Собиева З. И., Карпова И. И., Крижановская Е. Г. Бюлл. эксперим. биол. и мед., 1981, № 6, с. 694—696.
12. Тагдиси Дж. Г. Микроэлементы и нейрогуморальная регуляция. — Баку: Азернешр, 1980.
13. Bertrand D. Le lithium dans le sang humain. — Bull. stchim. biol., 1951, 33, 7, 829—830.
14. Mandell A. I. Effects of lithium on serotonin synthesis. — In: Bunney and Marphy. The neurobiology of lithium. — Neurosci. Res. Prog. Bull., 1976, 14, 169—173.
15. Thomsen K., Yensen Y., Olesen O. V. Lithium-induced loss of body sodium and the development of severe intoxication in rats. — Acta Pharmacol. Toxicol., 1974, 35, 4, 337—346.
16. Thomsen K., Yensen Y., Olesen O. V. Effect of prolonged lithium ingestion on the response to mineralocorticoids in rats. — J. Pharmacol. Exp. Ther., 1976, 196, 2, 463—468.

АМИ им. Н. Нариманова

Поступило 22. X. 1984

Ј. З. Гурбанов

#### ЈАШ АСПЕКТИНДЕ ИШЕМИК ХЭСТЭЛИЈИ ОЛАН ХЭСТЭЛЭРИН ГАН СЕРУМУНДА ЛИТИУМ МИКРОЕЛЕМЕНТИНИН МИГДАРЫ

Мәгаләдә мүүјән едилмишидир ки, үрәјин хроник ишемик хэстэлијини кәскинләшмә мәрһаләсиндә ган серумунда литиуми мигдары азалыр.

Бу хэстэлик заманы ган серумунда литиум микроэлементләрини сәвијјәсинә ејни заманда һәм хэстәнин јашы, һәм дә хэстэлијин кәскинләшмәси тәсир кәстәрир. 60 јашадәк хэстәләрә нисбәтән јашы 60-дан јухары олана хэстәләрдә һиполитемија даһа артыг нәзәрә чарпыр.

Ya. Z. Kurbanov

#### THE CONTENT OF LITHIUM MICROELEMENT IN BLOOD SERUM OF PATIENTS WITH THE ISCHEMIC DISEASE OF HEART IN AGE ASPECT

It is established that on the acute stage of the chronic ischemic disease of heart the lithium content of blood falls.

The patient's age and the heaviness of the disease influence simultaneously on the lithium level in blood serum of patients with the chronic ischemic disease of heart. Hypolithaemia is more expressed in patients older than 60 years than in those under 60 years.

А. Т. КУСНИКОВА

НЕОПУБЛИКОВАННАЯ ГАЗЕЛЬ НИЗАМИ

(Приведено академиком АН Азербайджанской ССР М. З. Джафаровым)

Низами Гинджевин, снискавший себе славу во всем мире своей бессмертной Шикаришей, на протяжении всей своей жизни писал также лирические стихотворения — кавьиды, в которых призывал правителей к справедливости, пикелы, в которых воспевал реальные человеческие чувства, а также четверостишия, в которых в лаконичной форме излагал свои взгляды на те или иные проблемы жизни и мироздания. По утверждению некоторых средневековых авторов, лирический диван поэта включал около двадцати тысяч двустиший. Однако, слава пяти поэм всегда составляла в тени лирику поэта. Поэтому из столь большого лирического наследия Низами до нас дошла лишь незначительная часть его касыд, пикелей и четверостиший.

Первое полное издание приписываемых Низами стихов опубликовал Вахид Дастирди, который отнес к числу стихотворений, несомненно принадлежащих Низами, всего пять касыд, пятьдесят шесть газелей, два кыт'а и девять рубай. Вслед за В. Дастирди другой иранский ученый (Саид Шафиси тоже собрал и опубликовал приписываемые Низами стихи. Однако, как справедливо отметили Е. Э. Бертельс и Р. М. Алиев, Шафиси включил в свое издание стихотворения не только самого Низами, но и многочисленных подражателей и последователей поэта, а также произведения других поэтов, именитых тахаллус Низам или Низами, что явилось шагом назад по сравнению с изданием В. Дастирди, в котором ученый отделил произведения, безусловно принадлежащие Низами, от сомнительных и явно Низами не принадлежавших.

Таким образом, все известные донные рукописи, содержащие лирические стихи Низами описаны и собраны в изданиях В. Дастирди и С. Шафиси. Однако количество стихов, принадлежащих Низами и содержащихся в этих сборниках, очень невелико и представляет собой лишь незначительную часть дивана поэта.

В журнале «ИндоИраника» за 1976 год, выходящем на английском языке в Калькутте, нами обнаружена статья заведующего отделением арабского и персидского языка Университета Дели доктора С. Абиди<sup>1</sup>. В этой небольшой статье С. Абиди сообщает, что им была обнаружена древняя рукопись под названием «Маджму'а-и Ши'ара-и-Намдар», которая может пролить свет на историю развития персоязычной литературы. В ней содержатся газели не только ряда практически неизвестных нам поэтов, но и ранее неопубликованные газели самых прославленных мастеров стиха. Этот сборник, по мнению автора, был составлен в Тирмизе Мухаммедом бин Ягмуром и переписан в конце XIV — начале XV в.

Сборник содержит произведения нескольких великих поэтов со времен Шахида Балхи до Саади и Хумама Табризи, т. е. поэтов с XI по XIV век. В рукописи имеется и доселе неизвестная газель Низами, полный текст и перевод которой мы и хотим привести.

تا کی دل سکینم از بجز خرمین باشد / زارم ز رخمان کشتی معشوق چنین باشد

که نغمه زمان آیم که خانه دران باشم / از ناز همی گوئی عاشق به از این باشد

جان رفت مرا ز غم تن نیز کنم قربان / باشد که همه رایت ای دوست چنین باشد

تو قدر وصال من دایم که نمیدانی / لیکن تو طلب میکنی کار تو همین باشد

بر من دل سنگینت آید و دست میسوزد / شاید من سکینم را این روز پسین باشد

من وصل نمیوم آورده بر بد نمود / گوید که بدین خوبی کی غلبه برین باشد

دادی تو بر او وعده گفتی که بلا خورد / گفتم که تو را وعده بسیار چنین باشد

بس گفت مرا در گوش من زان تو ام شوش / پذیرد که عاشق را از دم در این باشد

بر داشت نقاب از رخ لقا چون منی داری / گفتم چو توئی هرگز بر روی زمین باشد

Доколь мое бедное сердце разлукою будет томиться,  
горестный плач убивает меня, таков ведь удел влюбленных,

то в голос душа моя стонет, то рву на себе я одежды,  
а ты говоришь из кокетства — влюбленные и больше страдают,

от горя душа моя расстается с телом, но и жизнь я готов принести тебе  
в жертву,  
быть может, о друг мой, ты считаешь, что так и должно быть,

я знаю, что ты не знаешь цены нашей встречи,  
но ты требуешь, пусть твоим делом будет требовать,

твое каменное сердце не горит любовью ко мне,  
быть может, этот день окажется последним для меня.

я не ищу соединения с тобой, ведь я привык к воздержанности,  
а она сказала, разве райское блаженство может сравниться с моей красотой



ты дала мне обещание, сказал, что встретимся завтра,  
я ответил — Ты часто даешь такие обещания,

но она сказала — Молчи, я ведь твой,  
она думала, что влюбленного этим можно успокоить,

подняв вуаль с лица она спросила — У тебя есть такая как я?  
я ответил — Разве подобная тебе существует на земле?

Безусловно, трудно с уверенностью утверждать, что эта газель целиком принадлежит Низами, не исключено, что переписчики внесли некоторые изменения в первоначальный текст. Однако уже при первом прочтении газели можно, на наш взгляд, узнать стиль великого мастера. Газель отличается динамикой, простотой лексики, вторая часть ее построена на излюбленном поэтом приеме вопроса-ответа, что придает газели разговорные, народные интонации. Содержанием газели является человеческая, земная любовь поэта к кокетливой красавице, что также свойственно для лирики Низами.

Думается, что эта новая газель Низами должна быть принята во внимание при составлении нового сборника лирических произведений поэта. Хочется выразить надежду, что непосредственное ознакомление наших ученых с рукописью «Маджмуа'и Ши'ара-и-Намдар», которая хранится в Государственной Университетской Библиотеке Восточных Рукописей г. Мадрас под номером 183, позволит сделать выводы о характере этой рукописи и о достоверности содержащихся в ней стихов.

#### Литература

1. Abidi S. A. H. Some precious and valuable gazals of famous Persian poets. — Indo-Iranica. Calcutta, 1976, vol. 29, No. 1-4, p. 87-97.

Институт литературы им. Низами  
АН АзССР

Поступило 12. XII 1984

А. Т. Казимова

#### НИЗАМИНИН НЭШР ОЛУНМАМЫШ ГЭЗЭЛИ

Мәгалә Низаминин лирик ирсинин өйрәнилмәси кими актуал мөвзүя һәср олунмушдур. Бурада 1976-чы илдә Кәлкүттәдә инкилис дилиндә нәшр олунмуш «Индю Ираника» адлы журналда Делли университетинин эрәб вә фарс дили шөбәсинин мүдирин С. Абидинин мәгаләсиндәни данишилди. Мәгаләдә С. Абидин «Мәчмүеје шүәрајин намдар» адлы фарсдилли әдәбијјатин нүмунәләри топланмыш гәдим бир әл-җазма илә охучуларин таниш едир. Бу нүмунәләр ичәрисиндә Низамин Кәңчәвинин Ваһид Дәсткәрдин вә Сәид Нәфисин нәшрләриндә олијајан, индија гәдәр намә'лум бир гәзәлине тәсәдүф едир. Гәзәл өз үстүб вә сәнәткарлиг хүсусијјәтләрин илә Низаминин лирик ирсинә чох јахиндир. Мәгалә мүүәллифин һәмнин гәзәли рус дилинә тәрчүмәси илә бирликдә охучуларин мүүәкирәсинә тәгдим едир.

А. Т. Казимова

#### THE UNPUBLISHED GAZAL BY NIZAMI

The article deals with an important problem of the study of Nizami Gangevi's lyrical divan. The author gives an information about the article which was published by the head of the Arabic and Persian Department of Delhi University in "Indo-Iranica" journal in 1976. The author of the article Doctor S. A. H. Abidi discovered an ancient manuscript which comprised lyrical verses by some outstanding poets. The manuscript included one gazal by the great Azerbaijani poet Nizami Gangevi. This gazal has not been published in any of the known editions. The style of the gazal is very much similar to Nizami's. The author of the present article gives the text of this gazal and its Russian translation.

УДК 76030789

Б. И. Бархударов

#### АНАЛИТИК ФЕ'Л КОНСТРУКЦИЈАЛАРЫНЫН МҮРӘККӘБ, ТӘРКИБИ ВӘ ПЕРИФРАСТИК ФЕ'ЛЛӘРДӘН ФӘРГИ

(Азәрбајҗан ССР ЕА академики М. Ш. Ширәлијев тәгдим етмишдир)

Түрк дилләринин бәзиләриндә, ејни заманда Азәрбајҗан дили ја-зылы абидәләриндә хүсуси бир формаја тәсәдүф едирик ки, һәмнин форма елми әдәбијјатда аналитик фе'л конструкцијалары адланыр. Түрколокијаја анд бир сыра санбаллы әсәрләрдә аналитик фе'л кон-струкцијалары мурәккәб фе'лләрлә ејниләшдирилир вә бу група тәкчә мурәккәб фе'лләри дејил, ејни заманда тәркиби фе'лләри, перифрастик фе'л формаларыны, фразеоложи ваһидләри вә фе'ли сөз бирләшмә-ләрини дә дахил едирләр.<sup>1</sup>

Охучуја тәгдим олунан бу мәгаләдә биз аналитик фе'л конст-рукцијаларыны мурәккәб, тәркиби вә перифрастик-тәсвири фе'лләрдән фәргли чәһәтләрини көстәрмәк истәјирик.

Шүбһәсиз, бүтүн аналитик конструкцијаларын әсасыны сөз бир-ләшмәләри тәшкил едир. Сөз бирләшмәсинин грамматикләшмәси вә онун компонентләриндән биринин көмәкчи үнсүрә чеврилмәси нәтичә-синдә белә сөз бирләшмәләри синтаксисдән морфолокијанын тәдгигат объектинә кечмишдир. Бу конструкцијаларын маһијјәтинин шәрһи, әмәлә-кәлмә јолу, она охшајан бир сыра сөз бирләшмәләри формаларыны, мурәккәб фе'лләрин онлардан фәргләндирилмәсинин чох мүнүм нәзә-ри вә тәчрүби әһәмијјәти вардыр.

Мурәккәб фе'л мәсәләси тәкчә түрколожи әдәбијјатда дејил, үму-ми дилчиликдә һәллинин көзләјән мубаһисәли проблемләрдән биридир. Һәлә бу күнә гәдәр мурәккәб фе'лләрин сәрһәдди, бураја дахил олан компонентләрини маһијјәти һаггында үмуми бир фикир јохдур.

И. Нәчми түрк дилинин грамматикасына анд әсәриндә мурәккәб фе'лләрә хүсуси јер верир. Оун тәрифинә көрә, әкәр фе'л ики вә ја даһа артыг сөздән әмәлә кәлмишсә, о мурәккәб фе'лдир. Мәс.: *уара-білмек угативермек, мерат етмек, адам almak*<sup>2</sup>. Мүүәллифә көрә, бура-да ики сөз бирләшмиш вә јени мурәккәб фе'л јаранмышдыр. И. Нәчми гејд едир ки, мурәккәб фе'лләр ики јолла әмәлә кәлир: 1) фе'ли бағ-лама шәкилчиси гәбул етмиш фе'л+тәсриф олунан фе'л (*bil-ver-dur-ka-* вә с.); 2) ад+кениш мә'налы фе'л; а) *et, eyle, kil*; б) *ol*<sup>3</sup>.

Көрүндүјү кими, И. Нәчми һеч бир әсас олмадан перифрастик фе'л формаларыны да, мурәккәб фе'лләри дә, аналитик фе'л конструкција-

<sup>1</sup> Бах: Н. А. Баскаков. Каракалпакский язык, II, ч. 1. — М., П. Гольдерман. Турецкая грамматика. — М., 1977; Ibrahim, Necmi, Turko gramer. Jnenci Kivim. — Istanbul, 1924; Tnon Renu. Turk dili grameri (osmanfe lehcesi) — Istanbul, 1971; А. Г. Тыбыкова. Сложные глаголы в алтайском языке. — Горно-Алтайск, 1966; Tohsin Banguvglu, Turkocein Cramerl. — Jsfanbul, 1974.

<sup>2</sup> Ibrahim Necmi, Turkoce gramer. Jkmci mesm. | Jsfanbul 1929, s. 75.

<sup>3</sup> Jene opala. с. 85—86.

<sup>4</sup> Jeon Deny. Turk dili grameri (osmanli lehcesi). Istanbul, 1941, s. 465—478.

ларыны да, сабит фе'ли бирләшмәләри дә мүрәккәб фе'лләр һесаба едир.

Ж. Дени аналитик фе'л формаларыны даһа кениш мигјасда көтүрүр вә онларын үч јолла дүзәлдијини көстәрир: 1) перифрастик формалы фе'лләрлә; мәс.: јазмыш олмаг; 2) фе'ли бағлама шәкилчиси гәбул етмиш фе'лин көмәкчи фе'ллә бирләшмәси илә, мәс.: ала билмәк, баха дурмаг; 3) тәркиби фе'лләрлә; мәс.: гәтл етмәк, мүвәффег олмаг.<sup>4</sup>

Бүтүн түрк дилләриндә ики вә ја даһа артыг сөзүи бирләшмәси мүрәккәб фе'ли мүәјјәнләшдирмәк үчүн әсас көтүрүлүр. Ејни мәнзәрәни биз мүасир Азәрбајчан дилиндә мүрәккәб фе'лләр һаггында јазылмыш әсәрләрдә дә көрүрүк. Бурада мүрәккәб фе'лләрин сәрһәдди даһа да кенишләндирилир, аналитик јолла јаранан фе'л конструкциялары да мүрәккәб фе'л кими сәчијјәләндирилир.<sup>5</sup>

Л. С. Пейсиков һаглы олараг көстәрир ки, мүрәккәб фе'л аналитик конструкцияја анд едилә билмәз.<sup>6</sup>

Әсас вә көмәкчи фе'лдән ибарәт олан бу конструкциялар семантик вә грамматик хүсусијәтләри илә һәм сөз бирләшмәләриндән, һәм дә мүрәккәб фе'лдән фәргләнир. Мүрәккәб фе'лләр ики вә ја даһа чох фе'лин бирләшмәсиндән әмәлә кәлир. Аналитик фе'л конструкциялары исә фе'ли бағлама шәкилчиси әсас фе'л+көмәкчи фе'лдән ибарәт олур. Мүрәккәб фе'лин тәркибиндәки һәр бир компонент өзүнүн лексик мүстәгиллијини итирир вә нәтичәдә јени бир сөз (јени фе'л) јараныр, аналитик конструкцияларда исә белә дејилдир.<sup>7</sup>

Мүрәккәб фе'лләри аналитик фе'л конструкцияларындан фәргләндирән чәһәтләрдән бири будур ки, мүрәккәб фе'лләрдә һәр ики компонентин ајры-ајрылыгда мә'насы олмалы, һәр ики тәрәф фе'л олараг гәјнајыб-гарышмалы, ваһид бир лексем әмәлә кәтирмәлидир. Аналитик фе'л конструкцияларыны мүрәккәб фе'лләрдән фәргләндирән чәһәтләрдән бири онларын нитг просесиндә јаранмасыдыр.

Биз А. А. Јулдашевни фикри илә тамамилә шәрикик ки, фе'ли бағлама шәкилчиси гәбул етмиш әсас фе'лә дур-,кәл-,көр-,вар-кими модал мә'налы көмәкчи фе'лләрин бирләшмәсиндән әмәлә кәлән форманы мүрәккәб фе'л кими гәбул етмәк олмаз, чүнки белә һалларда мүрәккәб сөзләрдә олдугу кими, ики сөзүи бирләшмәси мүстәгил, јени бир мәфһум јаратмыр.<sup>8</sup>

Ад+ет (ејлә-,гыл-) көмәкчи фе'лләриндән ибарәт бирләшмәләри һансы морфоложи категоријаја анд олмасы мүбаһисәли мәсәләдир. Бәзи дилчиләр бу гәбил фе'лләри мүрәккәб<sup>9</sup>, бәзиләри исә тәркиби<sup>10</sup> һесаба едир. Е. В. Севортјан гејд едир ки, «ад+көмәкчи фе'л» формасы аналитик јолла фе'л јарадыр.<sup>11</sup> Ф. Бајрамов бу фикри әсас тута-

<sup>4</sup> Jeon Deny, *Türec dili grameri (osmanli lehces)*.—Istanbul, 1941, s. 465—478.

<sup>5</sup> Ба х.: Мүасир Азәрбајчан дили, II чилд.—Баки, 1980, с. 215—236.

<sup>6</sup> Л. С. Пейсиков. К типологии служебных глаголов в персидском языке. — Вопросы языка и литературы стран Востока», М., 1958, с. 160.

<sup>7</sup> Ба х.: Ходжаев А. Об одном из видов аналитических конструкций в узбекском языке. Аналитические конструкции в языках различных типов. /Тезисы докладов. Л., 1963, с. 19.

<sup>8</sup> Юлдашев А. А. Об аналитических формах настоящего времени в тюркских языках. Проблемы тюркологии и истории востоковедения. — Казань, 1964, с. 192.

<sup>9</sup> Ба х.: Азәрбајчан дилини грамматикасы, I һиссә,—Б., 1961; Мүасир Азәрбајчан дилини морфоложијасы.—АПИ нәширијати, Б., 1961.

<sup>10</sup> Ба х.: Севортян Э. В. Аффиксы глаголообразования в азербайджанском языке.—М., 1962.

<sup>11</sup> Севортян Э. В. Соотношение лексики и грамматики в тюркских языках.—Сб. Вопросы теории истории языка.—М., 1952, с. 363.

раг көстәрир ки, тәркиби фе'лләр аналитик сөз јарадычылығынын мәһсулудур.<sup>12</sup>

Ад+ фе'лдән әмәлә кәлән бирләшмәләрин биричи тәрәфини әсасән алынма сөзләр — әрәб вә фарс мәсдәрләри тәшкил едир. Икинчи тәрәф ролунда исә әсасән ет-, ејлә-, гыл- көмәкчи фе'лләри чыхыш едир. Мәс.: кәшф ет-, тәрк ет-, мат ејлә-, намаз гыл-, фәда гыл- вә с.

Аналитик фе'л конструкциялары тәркиби фе'лләрдән көклү сурәтдә фәргләнир. Бу фәрг, һәр шејдән әввәл, онлары әмәлә кәтирән тәрәфләрә анддир. Әкәр аналитик фе'л конструкцияларынын һәр ики компоненти фе'лләрдән ибарәтдирсә, тәркиби фе'лләрин биричи компоненти адәтән әрәб вә фарс дилләриндән алынмыш мәсдәрләр олур. Тәркиби фе'лләр јаратдыглары мә'на чаларлыгларына көрә дә аналитик фе'л конструкцияларындан фәргләнирләр. Бу бирләшмәләрдә фе'ликдән шәрти данышмаг олар. Бурада фе'лик алајышы јарадан көмәкчи фе'лдир.

Аналитик фе'л конструкциялары перифрастик-тәсвири фе'лләрдән дә фәргләнир. Бу фәрг һәр шејдән әввәл өзүнү семантик чәһәтдән көстәрир. Структур чәһәтдән дә перифрастик фе'лләр аналитик фе'л конструкциялардан фәргләнир. Перифрастик фе'лләр фе'л көкләринә заман шәкилчиләри әлавә едилмиш әсас фе'лә, еләчә дә фе'ли сифәтләрә ол- көмәкчи фе'линин әлавәси илә дүзәлир вә заман һәддини даһа дәгиг мүәјјәнләшдирмәјә, башлангыч һәдди, нәтичә, јекун вә с. билдирмәјә хидмәт едир. Бурада һәрәкәт һаггында алајыш тәсвир јолу илә верилир. Мәс.: кәлмиш олсун, кәлмиш олсајдым, кедәр олдуг вә с.

Аналитик фе'л конструкциясы истилаһы алтында фе'ли бағлама шәкилчиси гәбул етмиш әсас фе'ллә көмәкчи фе'лин бирләшмәсиндән јаранан, өз номинатив мә'насыны итирмиш вә әсас фе'ллә ифадә едилән һәрәкәтин ичрасынын нечә кечдијини билдирмәјә хидмәт едән конструкциялар нәзәрдә тутулур. Бу конструкцияларын ән характерик әламәтләриндән бири онларын грамматик истигамәтдә инкишафы, грамматикләшмәсиндир. Аналитик фе'л конструкциялары о конструкциялары адландырмаг олар ки, компонентләрин һәр икиси фе'л олсун. Биричи фе'л конструкциянын семантик мәркәзини, икинчи фе'л исә модал-грамматик мәркәзини тәшкил етсин. Аналитик фе'л конструкцияларында икинчи фе'лин анчаг модал-грамматик мә'насы олмалыдыр.

Азәрб. ССР ЕА Нәсими адына Дилчилик  
Институту

Алынмышдыр 3.VII 1985

Б. И. Бархударов

#### ОТЛИЧИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ГЛАГОЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ СЛОЖНЫХ, СОСТАВНЫХ И ПЕРИФРАСТИЧЕСКИХ ГЛАГОЛОВ

В статье рассматриваются дифференциальные признаки аналитических конструкций, отличающие их от названных групп глаголов.

Одна из самых характерных примет аналитических глагольных конструкций—это грамматикализация одного из непосредственно составляющих компонентов. При таких конструкциях один из компонентов в результате потери своего лексического значения превращается в формально-грамматический показатель.

<sup>12</sup> Байрамов Ф. Аналитические глаголообразование в языке эпоса «Книга моего Деда Коркуда». — Проблемы лингвистического анализа. М., 1966, с. 84.



## DIFFERENCES OF ANALYTIC VERBAL CONSTRUCTIONS FROM THE COMPLEX, COMPOSITE AND PERIPHRASTIC VERBS

This article deals with analysis of the analytic verbal constructions and their differences from the complex, composite and periphrastic verbs. Here analytic verbal construction term means constructions both components of which are verbs.

One of the most characteristic distinctions of these constructions is their grammatical development and grammaticalization. The first verb composes the semantic centre and the second—the modal-grammatical centre of the construction.

## ИМАРЕТЫ КАК ТИП ЗДАНИЙ В АРХИТЕКТУРЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. Усейновым)

В архитектуре каждого народа существовал определенный и устойчивый тип зданий. В Италии, например, таковыми были Палаццо знати [1, 63]. Палаццо (ит. PALAZZO) называли дворец, особняк, присущий итальянской архитектуре. В архитектуре Азербайджана подобный тип зданий называется имаретом. По объемно-планировочной структуре, архитектурно-художественной трактовке и утилитарно-функциональным требованиям имареты отличаются от дворцовых сооружений и жилых домов. По своим габаритам имареты меньше дворцов, но больше обычных жилых домов. Иногда из комплекса имаретов образуются дворцовые ансамбли. Ошибочно называть имарет «жилым домом» или «дворцом», имея в виду, что ни в одной публикации не был проанализирован этот тип зданий.

Любой дом, отличающийся от остальных богатством декора, лучшим строительным исполнением или же просто необычным архитектурным приемом, именовался местным населением имаретом. Например, в селении Минкенд Лачинского района жилой дом Исмаила Шахсуварова (1948 г.) назывался односельчанами имаретом. Отличался этот дом от остальных лишь тем, что имел цокольный этаж. В Азербайджане имареты не единичны [4, 73].

Расположенный в центре города Агдама «Имарет» представляет собой архитектурный комплекс, состоящий из нескольких зданий. Центральным объектом комплекса является здание с залом прямоугольной формы, размерами 7,5×7,3 м, перекрытый куполом. Имарет был построен в конце XVII или в начале XVIII века Ибрагим Халилом [5, 45—50], дедом карабахского Панах-хана [6, 69]. В селении Гусели (быв. Солтанлы) Лачинского района в 1766 г. (1180 г. хиджры) был построен имарет Гамзы Солтана. Имарет состоит из жилых комнат, перед которыми по всей длине, проходит большая веранда с аркадой.

До нас дошло также несколько жилых домов, занимающих как бы промежуточное положение между полудворцовыми зданиями и народным жильем. К таким зданиям (имаретам) относится ряд жилых домов Лагича. Двухэтажный жилой дом в Лагиче представляет однокорпусную застройку жилых помещений, расположенных в виде буквы «Г». Дом построил в первой половине XIX века мастер Гаджибаба, росписи выполнены мастером Ашрафом [7, 356].

В городе Шуше сохранилось немало имаретов. Среди них: построенный в 1849 г. трехэтажный имарет Гаджи Кули с плаком в форме удлиненного прямоугольника; имарет карабахской хана-поэтессы Навтаван; имарет Асадбека и др. Очень интересен для Шеки XVIII и первой половины XIX века двухэтажный имарет Гаджи Мустафы (улица Низами, 35).

Строго соответствуют планы двух этажей (по три помещения в каждом) в имарете Ширинбека Шихалиева, построенном в XVIII веке

[7,254]. По своей архитектурно-художественной трактовке развитым образцом имарета является так называемый «дом Шехихановых». Он представляет собой пример жилища феодала, своими архитектурными формами генетически связанного с архитектурой народного жилья.

Имарет Шихалихана в Кубе, построенный из необожженного кирпича, также очень интересен. В 1926 г., побывав в Нахичевани, В. И. Сысоев описал архитектуру имарета Нахичеванских ханов [9,97]. Подобного же характера сведения ряда путешественников о гянджинском имарете Джавид-хана, шемахинском и др., по существу, ничего нового к известному не добавляют [10,415].

Вошедший в списки ЮНЕСКО уникальный памятник мирового значения имарет Гусейнхана Муштага в г. Шеки является классическим образцом азербайджанского зодчества. Имарет Муштага построен в 1761—1762 г. архитектором Аббаскули [11, 86]. В документе, составленном в 1819 г. имарет Муштага был назван не дворцом, а домом [12,73].

В заключение хочется еще раз отметить важное значение имарета в архитектуре Азербайджана.

**Литература**

1. Бартеца И. А. Форма и конструкция в архитектуре. — Л.: Изд-во лит. по стр-ву, 1968. 2. Словарь иностранных слов. — М., 1964. 3. Азербайджанские сказки (на азерб. яз). — Баку, 1956. 4. Рзаев Н. К. Исследование малоизвестных памятников архитектуры Азербайджана. I научная конференция АЗНСИ. — Баку, 1976. 5. Мирза Адигезал-бек. Карабаг-наме. — Баку, 1950. 6. Ахмедбек Джаваншир. История Карабахского ханства. — Баку, 1961. 7. Усейнов М., Бретаницкий Л., Саламзаде А. История архитектуры Азербайджана. — М., 1963. 8. Буткова П. Г. Заниски персидского похода 1796 года. Материалы для новой истории Кавказа с 1722 по 1803 гг. Том II, СПб., 1860. 9. Сысоев В. Нахичевань на Араксе и древности Нах. АССР. — Изв. Азкомстар, Баку, 1929, ис. № 4. 10. Бретаницкий Л. С. Дворец шекинских ханов. — В кн.: Архитектура Азербайджана. — Баку, 1952. 11. Рзаев Н. К. О происхождении Шеки и Нухи. — Докл. АН Азерб. ССР, том XXIX, Баку, 1973, № 3. 12. Изв. АзФАН СССР, 1944, № 9. *Институт архитектуры и искусства* *Поступило 29.1 1986.*

**Ш. Рзаев**

**АЗЭРБАЙДЖАН МЕ'МАРЛЫГЫНДА ИМАРЭТ БИНА ТИПИ**

Мәгаләдә көстәриләр ки, һәр бир өлкәдә мүүжән сабит бина типләри олмушдур. Азәрбајҗан ме'марлығында белә типләрдән бири имарәтдир. Һәчм-планлашма гүрүлушуна, ме'марлыг-бәдини јарашыгына вә тәтбиғи-функционал тәләбатларына көрә имарәтләр сарајлардан вә ади јашајыш евләриндән фәргләнир. Имарәтләр өз һәчмләринә көрә сарајлардан хырда, ади јашајыш евләриндән исә ири олур. Бә'зән бир нечә имарәт сарај комплексини тәшкил едир.

Тәссүф олсуни ки, Азәрбајҗан ме'марлығына анд нәшр олуан әсәрләрини һеч бириндә имарәт бина типини ады чәкилмир.

Шәкидә Муштаг, Ағдамда Ибраһим Хәлил, Лачын рајонунда һүсүлү кәндиндә һәмзә Солтан, Ләһиңдә уста һачы Бабанын јаратдығы, Шушада һачы Гулу, Губадә Шихалиханни, Кәңчәдә Чавадханни, Нахчыванда Ханни вә дикәр имарәтләр ме'марлығымызда мүнүм мөвге тутур.

Shanar Rzaev

**IMARETS AS A TYPE OF CONSTRUCTIONS IN THE ARCHITECTURE OF AZERBAIJAN**

Each nation has its own definite and stable type of constructions in architecture. In Italy they were known as „palazzo“ of the elite. Similar types of constructions in the architecture of Azerbaijan are called „imarets“. Imarets differ from „palaces“ and other „dwelling buildings“ by their volumetric-spatial structure, architectural-artistical interpretation and utilitarian functional demands. Imarets are smaller than palaces, but larger than usual dwelling houses. Sometimes the complex of imarets form palaces-ensembles.

It is erroneously to call imaret „dwelling house“ or „palace“, as there is no any publication on this type of constructions.

Such imarets as Mushtaga in Sheki, Ibragim Khalil in Aghdam, Gamza Soltan in the village of Gusulu in Lachin region, imaret erected by architect Haji Gulii in Shusha, Shikhalikhan in Kuba, Javadkhana in Gyanja, Khan's imaret in Nakhichevan occupy the important place in the architecture of Azerbaijan.

**МҮНДӘРИЧАТ**

**Ријазиијат**

А. И. Шаһбазов. Чәкили һоломорф чевирмә операторунун мәхсуси алт фәзала-рынын өлчүсү	3
А. А. Каррыјев, Ј. Ч. Мәммәдов. Дифференциал тәйликләрин параболо-һипер-болук системинин һәлли нәзәријәсинә даир	6
К. Р. Ајда-задә. Пајланмыш параметрли дискрет оптимал идарәетмә мәсә-ләсинин һәллине даир	9

**Нәзәри физика**

Р. Х. Мурадов. Псевдоскалјар глјонинин икиннессәчлики парчаланмаларына даир	13
---	----

**Јарымкечиричиләр физикасы**

М. И. Әлијев, Х. Ә. Хәлилов. $Jn_{1-x} Ga_x As$ ( $x < 0,1$ ) бәрк мәһлулуида ИГ-шүаланманын удулма спектрләри	18
Ф. М. Һәшим-задә, Е. В. Таһиров. Сәрбәст јукдашыјычыларын вадиләрарасы фононлардан сәпилмәси просесиндә ишығын удулмасы нәзәријәси	21
В. Г. Мәммәдов, Н. З. Сүлејманов, Е. К. Һүсејнов, Н. Г. Исмајылов, Е. Ј. Са-лајев, Ә. Ш. Абдинов. Гамма-квантларла шүаландырылмыш $nSiLnSe_2$ монокри-сталларынын электрофизики хәссәләри	24

**Үзви кимја**

Р. М. Шамхалов, М. А. Шаһкәлдијев, Е. А. Агајева, Т. Ј. Искәндәрова. VI груп элементләринин ароматик бирләшмәләриндә elektrik эффектләри	28
Б. Г. Зейналов, О. А. Әләскәрова, С. А. Искәндәрова, Т. Һ. Дадашева. Диһид-родитсенклопент адненлтсенклоһексан карбон-туршуларынын алынмасы вә тәдғиги	32

**Гејри-үзви кимја**

Т. К. Ханмәммәдов, В. Т. Попов. Һидроген сулфидин јүксәк дәрәчәли оксид-ләшмә реаксиясынын механизми һағында	36
П. Һ. Рүстәмов, А. Б. Агајев, Х. М. Мусајева. $JnTe-Pr_2Te_3$ системи	40

**Нефт кимјасы вә нефт-кимја синтези**

К. И. Садыхов, С. М. Вәлијева. Алкилфенолсулфамидләрин синтези вә эф-фектлији	43
---	----

**Физики кимја**

Н. Б. Дадашов, С. Н. Аббасов, З. Һ. Зүлфугаров. Катнонлашдырылмыш V тип сеолитин адсорбенија хәссәсинин вә метилтсенклоһексанын чеврилмә реаксиясында активлијини тәдғиги	46
Р. Б. һазвердијев, В. Р. Мардухајев, Б. А. Дадашов. Диффуз әксетдирмә спектроскопијасы вә ЕПР методлары илә алүминиумхром вә алүминиумнис кат-лизаторларынын өјрәнилмәси	50

**Кинетика**

Р. Г. Ризајев, А. А. Ахундов, Р. К. Бабајев, Н. Һ. Һејдәрли, Р. М. Тәлишин-ски, М. Р. Әфәндијев, З. Ј. Мәһәррәмова. $Sb-Bi-V/Al_2O_3$ катализаторун гајнар лајында $n$ -хлор-бензонитрилини оксидләшдиричи аммонолизлә $n$ -хлортолуолдан алынма просесинин ријазии моделләшмәси	55
--	----



### Зоотехника

*С. Н. Гасымов, А. Г. Сејидов, Р. С. Мәмәдов.* Азәрбајчанын тәбін сеолитләри сәмәрәли јем әләвәсидир . . . . . 59

### Тибб

*Ј. З. Гурбанов.* Јаш аспектиндә ишемик хәстәлији олан хәстәләрини ган серумида литиум микроелементини мигдары . . . . . 64

### Әдәбијатшүнаслыг

*А. Т. Қазымова.* Низамини нәшр олунамаш гәзәли . . . . . 68

### Дилчилик

*Б. И. Бархударов.* Аналитик фе'л конструсијаларынын мүрәккәб, тәркиби вә перифрастик фе'лләрдән фәрги . . . . . 71

### Ме'марлыг

*Ш. Р. Рзајев.* Азәрбајчан ме'марлыгында имарәт биһа типни . . . . . 75

## СОДЕРЖАНИЕ

### Математика

*А. И. Шахбазов.* Размерности собственных подпространств операторов голоморфной взвешенной подстановки . . . . . 3  
*А. А. Қарриев, Я. Д. Мамедов.* К теории решений параболо-гиперболической системы дифференциальных уравнений . . . . . 6  
*К. Р. Айда-заде.* К решению задачи дискретного оптимального управления с распределенными параметрами . . . . . 9

### Теоретическая физика

*Р. Х. Мурадов.* К двухчастичным распадам псевдоскалярного глюония . . . 13

### Физика полупроводников

*М. И. Алиев, Х. А. Халилов.* Спектры поглощения ИК-излучения твердых растворов  $In_{1-x}Ga_xAs$  ( $x < 0,1$ ) . . . . . 18  
*Ф. М. Гашимаде, Э. В. Тагиров.* Теория поглощения света свободными носителями заряда при рассеянии на междолинных фононах . . . . . 21  
*В. К. Мамедов, Н. З. Сулейманов, Э. К. Гусейнов, Н. Қ. Исмаилов, Эль. Ю. Салаев, А. Ш. Абдинов.* Электрофизические свойства монокристаллов  $n-CuInSe_2$ , облученных  $\gamma$ -квантами . . . . . 25

### Органическая химия

*Р. М. Шамхалов, М. А. Шахгельдиев, Э. А. Агаева, Т. Ю. Искендерова.* Электронные эффекты в ароматических соединениях элементов VI группы . . . 28  
*Б. К. Зейналов, О. М. Алескерова, С. А. Искендерова, Т. Г. Дадашева.* Синтез и исследование дигидродициклопентадиенилциклогексанкарбоновых кислот . . 32

### Неорганическая химия

*Т. Қ. Ханмамедов, В. Т. Попов.* О механизме высокотемпературного окисления сероводорода . . . . . 36  
*П. Г. Рустамов, А. Б. Агаев, Х. М. Мусаева.* Система  $InTe-Pr_2Te_3$  . . . . . 40

### Химия нефти и нефтехимический синтез

*К. И. Садыхов, С. М. Велиева.* Синтез и эффективность алкилфенолсульфамидов . . . . . 43

### Физическая химия

*Н. Б. Дадашев, С. И. Абасов, Э. Г. Зульфугаров.* Адсорбционные свойства катионных форм цеолита типа V и превращение на них метилциклогексана . . . 46  
*Р. Б. Ахвердиев, В. Р. Мардухаев, Б. А. Дадашев.* Комплексное исследование алюмохромовых и алюмомедных катализаторов методами спектроскопии диффузного отражения и ЭПР . . . . . 50

### Кинетика

*Р. Г. Ризаев, А. А. Ахундов, Р. Қ. Бабаев, Н. И. Гейдарлы, Р. М. Талышинский, М. Р. Эфендиев, Э. Ю. Магеррамова.* Математическое моделирование процесса получения  $n$ -хлорбензонитрила окислительным аммонолизом  $n$ -хлортолуола в псевдооживленном слое  $Sb-Bi-V/Al_2O_3$  катализатора . . . . . 55

Медицина

И. З. Курбанов. Содержание микроэлемента лития в сыворотке крови у больных ишемической болезнью сердца и возрастном аспекте : : : : : 61

Литературоведение

А. Т. Кязимова. Неопубликованный газель Низами : : : : : 68

Языкознание

В. И. Бархударов. Отличие аналитических глагольных конструкций от сложноподчиненных и перифрастических глаголов : : : : : 71

Архитектура

Шанер Рзаев. Имарети как тип зданий в архитектуре Азербайджана : : : 75

Состав и набор 31, 10, 80. Подписано в печать 10.03.87; ФГ 18811. Формат бумаги 70x100/16; бумага типографская № 1. Гарантируемый шрифт литературный. Печать выдерживает: 5'54; печ. лист 0,9; 5'54; коэф. 0,9; 8'0; нел. лист 0,9; Тираж 500. Заказ 1197. Цена 70 коп.

Издательство «ЯМ»; 370143 Баку-119, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание Типографии «Красный Восток» Государственного комитета Азербайджанской ССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, Баку, ул. Ази Асланова, 80.

9. Текст статьи печатается на белой бумаге через два интервала на одной стороне листа стандартного размера, с полями с левой стороны (не более 20 мм) на одной стороне, с правой — 30–40 мм (знаки и строки). В тексте нельзя делать рукописные вставки и поправки.

Статьи, напечатанные на портативной машинке, не принимаются.

10. Текст статьи должен быть изложен кратко, тщательно отрецензирован и подписан авторами и печать. В математических статьях желательно избегать двусмысленности терминов, слов и т. п. При использовании в тексте сокращенных названий (кроме общепринятых) необходимо давать их расшифровку.

11. Математические и химические формулы и символы в тексте должны быть написаны четко. Следует избегать греческих обозначений, применяя, например, арабские показатели степени вместо радикалов, а также exp. Заномерованные формулы обязательно выделяются в красную строку, номер формулы ставится у правого края строки. Желательно нумеровать строки те формулы, на которые имеются ссылки. Подстрочные и надстрочные ссылки и степени следует отмечать караулом, дугой сверху и снизу:

$$R^n, r_n$$

Греческие буквы нужно обозначить (в кружок) красным караулом. Буквы греческого алфавита и рукописные в рукописях не использовать, векторные величины — подчеркивать черной, буквы латинского рукописного алфавита следует отметить на полях (например, П рукоп.).

Во избежание ошибок следует четко обозначать прописные (заглавные) и строчные буквы латинского алфавита, имеющие сходное начертание (C, K, P, Q, c, k, l, m, N, n, u, v, и т. д.), буквы I (i) и J (j), букву l и римскую единицу I, а также арабскую цифру 1 и римскую I<sub>v</sub> (вертикальная черта), l и стрих и индексах, l (латинское слово) и e. Прописные буквы подчеркиваются караулом двумя черточками снизу (C), а строчные — сверху (c):

Следует избегать знаков типа ≈ (возна), ⊕, ⊗, ⊗, ⊕, ⊕, ⊕, √, Δ (кряшки) над и под буквами, а также знаков:

$$и \times \underline{q}, \underline{f}, \underline{f}, \underline{f}$$

Латинские названия пишутся на машинке.

Слова «теорема», «лемма», «следствие», «определение», «замечание» и т. п. следует подчеркивать штриховой чертой, а текст утверждений типа теорем — волнистой чертой (исключая математические символы).

При выборе единиц измерения рекомендуется придерживаться международной системы единиц СИ.

12. При описании методики исследования следует ограничиваться оригинальной ее частью. При элементном анализе приводить только усредненные данные.

13. Необходимо тщательно проверить написание местных географических названий.

14. Цитированная литература приводится общим списком на отдельной странице: ссылки в тексте даются порядковым номером в круглых скобках над строкой (например, 1). Список литературы оформляется следующим образом:

для книг: инициалы и фамилия авторов, полное название книги, место и год издания;

для журнальных статей: инициалы и фамилия авторов, название журнала, номер тома, номер выпуска, страница и год издания.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

15. Все статьи должны иметь резюме на английском языке, кроме того, статьи, написанные на русском и азербайджанском языках, должны иметь резюме на азербайджанском и на русском соответственно.

Публикации статьи и «Дополнения» не принимаются напечатанным расширенным ее варианта в другом периодическом издании.



70 гэл.  
коп.

Индекс  
76855