



МƏ'РУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

том XL чилд

1984 • 10

ДАН Азерб. ССР публикует краткие сообщения об оригинальных, нигде не печатанных ранее, результатах научных исследований, представленные академиками 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 по решению Президиума АН.

В связи со всеми перечисленными «Доклады АН Азерб. ССР» и возможностями этого журнала.

Редакция журнала в соответствии с приведенными правилами принимает статьи в редакцию.

Статьи, присланные в редакцию, принимаются на АН.

1. Статьи, направляемые в редакцию, должны быть направлены в редакцию АН СССР или академика АН.

Статьи с просьбой напечатать в журнале.

2. Статья публикуется в журнале в порядке приоритета. Для этого необходимо указать в начале статьи.

3. Как правило, редакция принимает статьи.

4. «Доклады» помещаются в журнале в соответствии с правилами.

5. Авторы должны также дать индекс статьи (по ДК). К статье прилагается ответственный для передачи в редакцию.

6. В конце статьи необходимо указать фамилию, имя, отчество, телефон (служебный и домашний).

Кроме того, автор должен вести переговоры и переговоры.

7. Возвращение рукописи к печати. После получения рукописи редакцией. Доработанный экземпляр статьи, а также день получения редакцией.

8. В «Докладах» не более 6 страниц машинописного текста, включая и обозначения. Вклейки даются только в виде рисунков (карты, схемы, графики) и графический материал. Все данные в тексте должны быть выполнены четко, в соответствии с требованиями. Графики представляются в 2-х экземплярах, печатаны в 2-х экземплярах, рисунков мягким карандашом.

МЭ'РУЗЭЛЭР ДОКЛАДЫ

ТОМ XL ЧИЛД

№ 10

М. Б. РАГИМОВ

О СПЕКТРЕ ТЕЙЛОРА БЕСКОНЕЧНОГО ЧИСЛА КОММУТИРУЮЩИХ НАБОРОВ ОПЕРАТОРОВ

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

1. Очень важным для построения общей спектральной теории являются определение и свойства спектра Тейлора конечного набора коммутирующих между собой линейных ограниченных операторов в банаховом пространстве.

Выписываем основные используемые нами положения спектральной теории Тейлора [1, 2]. Пусть $T = (T_1, \dots, T_n)$ — конечный набор ограниченных линейных операторов из алгебры $\text{End } X$ — эндоморфизмов банахова пространства X . Обозначим через $\Lambda^p(\sigma, X)$ пространства внешних форм с конечным базисом $\sigma = (s_1, \dots, s_n)$ и с коэффициентами из банахова пространства X . По определению считается $\Lambda^0(\sigma, X) = \Lambda^n(\sigma, X) = X$, C^n — n -мерное комплексное линейное пространство.

Для каждого вектора $z_0 = (z_1^0, \dots, z_n^0) \in C^n$ рассмотрим точную последовательность

$$F(X; T) : 0 \rightarrow X = \Lambda^0(\sigma, X) \xrightarrow{\alpha_0 - z_0} \Lambda^1(\sigma, X) \xrightarrow{\alpha_1 - z_1} \dots \xrightarrow{\alpha_{n-1} - z_{n-1}} \Lambda^n(\sigma, X),$$

где кограничный оператор $\alpha - z_0 : \Lambda^i(\sigma, X) \rightarrow \Lambda^{i+1}(\sigma, X)$ ($0 \leq i < n$) определяется на каждом элементе $\varphi \in \Lambda^i(\sigma, X)$ формулой

$$(\alpha - z_0)\varphi = \left(\sum_{i=1}^n (z_i^0 - T_i) s_i \right) \wedge \varphi.$$

Определение [1]. Вектор $z_0 \in C^n$ относится к резольвентному множеству $\rho(T)$ набора операторов T , если комплекс $F(X; T)$ точен, т. е. группы когомологий $H^p(T; T) = \ker(\alpha_p - z_0) / \text{im}(\alpha_{p-1} - z_{p-1}) = \{0\}$ нулевые. Множество $\sigma(T) = C^n \setminus \rho(T)$ называется спектром Тейлора коммутирующего набора $T = (T_1, \dots, T_n)$.

Перечислим без доказательства основные свойства спектра Тейлора:

- 1) $\sigma(T)$ — непустое компактное подмножество из C^n ;
- 2) если $T' = (T_1, \dots, T_n, T_{n+1}) = T \cup T_{n+1}$, то $\sigma(T) = \pi(\sigma(T'))$, где $\pi : C^{n+1} \rightarrow C^n$ — проекция на первые n координат;
- 3) если $F(\sigma(T))$ — алгебра аналитических функций в окрестности $\sigma(T)$, то существует гомоморфизм

$$D(f) = f(T) : F(\sigma(T)) \rightarrow \text{End } X,$$

такой, что $1 \rightarrow I$ и $z_i \rightarrow T_i$ для любых $i = 1, 2, \dots, n$, и, более того, $\sigma(f(T)) = f(\sigma(T))$, где I — тождественный оператор. Если же $\sigma(T)$ является объединением двух непересекающихся спектральных частей

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Э. Ю. Салаев (главный редактор), Г. Б. Абдуллаев, М. Т. Абасов, Ал. А. Ализаде (зам. главного редактора), В. С. Алиев, Г. А. Алев, 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).

b_1 и σ_2 , то существуют проекторы $P_i \in \text{Eid } X$, коммутирующие с T_i ($i = 1, 2, \dots, n$), такие что $\sigma(T_i) = \sigma_i$, где $TP_i = (TP_1, \dots, TP_n)$.

2. Пусть X — комплексное банахово пространство и $L(X)$ — банахово пространство всех непрерывных линейных операторов, действующих в X . Пусть K — подмножество из $L(X)$ операторов, коммутирующих между собой.

В данной статье определен спектр Тейлора [1] этого набора операторов и исследуются его свойства.

Через K^* обозначим множество всех комплексных функционалов, определенных на множестве K с топологией поточечной сходимости на K (т. е. сеть $\{\varphi_n\} \subset K^*$ сходится к $\varphi \in K^*$, если $\varphi_n(A) \rightarrow \varphi(A) \forall A \in K$). Символ $\mathbb{C}$ обозначает комплексную плоскость, где $\mathbb{C}^n = \mathbb{C} \times \dots \times \mathbb{C}$.

Определение 1. Резольвентным множеством $\rho(K)$ набора K назовем совокупность тех $\varphi \in K^*$, для которых существует такой конечный набор $(A_1, \dots, A_n) \in K$, что набор $(\varphi(A_1), \dots, \varphi(A_n))$ не принадлежит совместному спектру Тейлора конечного набора $(A_1, \dots, A_n)$.

Определение 2. Множество $\sigma(K) = K^* \setminus \rho(K)$ назовем совместным спектром Тейлора набора K .

Следующее утверждение можно получить из определений и соответствующих свойств спектра Тейлора конечного набора коммутирующих операторов.

Теорема 1. Имеют место следующие утверждения:

- 1) $\sigma(K)$ есть непустое подмножество из K^* ;
- 2) если K — ограниченное замкнутое подмножество из банахова пространства $L(X)$, то $\sigma(K)$ — компактное подмножество из K^* ;
- 3) $\sigma(A) = \{\lambda(A)\}_{\lambda \in \sigma(K)}$.

Следующая теорема использует те или иные специфические свойства набора K .

Теорема 2. 1) если K — ограниченное замкнутое подмножество из $L(X)$ и $\sigma(K) = \sigma_1(K) \cup \sigma_2(K)$, где $\sigma_1(K)$, $\sigma_2(K)$ — замкнутые непересекающиеся подмножества из $\sigma(K)$, то банахово пространство X разлагается в прямую сумму инвариантных относительно всех операторов из K подпространств X_1 и X_2 , причем $\sigma(K|X_1) = \sigma_1$; $\sigma(K|X_2) = \sigma_2$, где $K|X_1$ и $K|X_2$ обозначают соответственно совокупность сужений операторов из K на X_1 и X_2 ;

2) если K — полугруппа (группа) операторов, то $\sigma(K)$ образует полугруппу (группу) функционалов;

3) если $\sigma(A)$ вещественен для любого $A \in K$, то $\sigma(K)$ состоит из вещественнозначных функционалов.

Для операторов набора K можно рассматривать функции от операторов. Однако в связи с тем, что набор K , вообще говоря, не является ограниченным подмножеством из $L(X)$, приходится рассматривать целые функции от операторов этого набора.

Наш подход к определению функций от операторов тесно связан с приложениями к дифференциальным и функциональным уравнениям с многомерным временем [3, 4], и поэтому он несколько отличается от общепринятого.

Определение 3. Пусть $f: \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ — целая функция. Функцией f от набора K называется отображение

$$A \rightarrow f(A) = \sum_{n=0}^{\infty} f_n A^n: K \rightarrow L(X), \text{ если } f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} f_n z^n.$$

Теорема 3. Имеет место следующее равенство

$$\sigma(f(K)) = f(\sigma(K)),$$

где $f(\sigma(K)) = \{f(\lambda(A)) = f(\lambda(A)), \lambda \in \sigma(K)\}$.

Отметим, что если K — счетное множество, то K^* можно естественным образом отождествить с $\mathbb{C}^\infty$ и поэтому $\sigma(K) \subset \mathbb{C}^\infty$. Отождествление K^* с $\mathbb{C}^\infty$ можно осуществить по правилу: $\varphi \in K^*$ ставится в соответствие последовательность $(\varphi(A_1), \varphi(A_2), \dots) \in \mathbb{C}^\infty$, если [предположить, что $K = (A_1, A_2, \dots)$ — упорядоченный набор операторов.

Соответствующие результаты могли бы быть получены и для бесконечного числа коммутирующих неограниченных операторов, если бы были получены соответствующие результаты для конечного набора неограниченных операторов. Один из подходов к определению спектра специальных классов неограниченных операторов был предпринят автором в работе [5].

В заключение автор выражает искреннюю благодарность проф. Дж. Э. Аллахвердиеву за ценные советы.

Литература

1. Taylor J. L. — J. Funct. Anal., 1970, 6, 172—191.
2. Taylor J. L. — J. Acta Math., 1970, 125, 1—2, 1—33.
3. Рагимов М. Б. — Докл. АН АзССР, 1979, т. XXXV, № 3, с. 9—12.
4. Рагимов М. Б. — Науч. тр. МВ и ССО АзССР. Сер. физ.-матем. наук, 1979, № 5, с. 110—116.
5. Рагимов М. Б. — Докл. АзССР, 1980, т. XXXVI, № 2, с. 13—17.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 19. V 1982

М. Б. Рагимов

СОНСУЗ САЈДА КОММУТАТИВЛИ ОПЕРАТОРЛАР ДӘСТӘСИННИ ТЕЈЛОР СПЕКТРИ НАГГЫНДА

Мәғаләдә сонсуз сајда коммутативлик хассәсинә малик операторлар дәстәсинни Тејлор спектрини үмүми тәрифи верилир вә онун хассәләри наггында теоремләр исбат олунур.

M. B. Ragimov

ON THE TAYLOR'S SPECTRUM OF THE INFINITE NUMBERS OF COMMUTATING FAMILY OPERATORS

In this paper the spectrum of Taylor for the infinite family of the commuting family operators on the Banach space and its structure are investigated.

Г. К. НАМАЗОВ

СТАБИЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ СМЕШАННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С РАЗРЫВНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

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

В области $Q = Q_1 \cup Q_2$, где $Q_i = \{l_{i-1} < x < l_i, 0 < t < \infty\}$ ($i = 1, 2$), рассмотрим уравнение вида

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a(x) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \beta(u) u \quad (1)$$

при начальном условии

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad (2)$$

граничных условиях

$$u_x(l_0, t) = f(u(l_0, t)), \quad u_x(l_2, t) = g(u(l_2, t)) \quad (3)$$

и условиях сопряжения

$$\begin{aligned} u(l_1 - 0, t) &= u(l_1 + 0, t), \\ \kappa_2 u_x(l_1 + 0, t) - \kappa_1 u_x(l_1 - 0, t) &= h(u(l_1, t)), \end{aligned} \quad (4)$$

где a, φ, f, g, h — известные функции, $\beta(u)$ — известный оператор, а κ_1 и κ_2 — положительные постоянные.

Предположим, что выполнены следующие условия:

- 1) $\varphi(x) \in C^3[l_0, l_2]$;
- 2) $f(s), g(s)$ и $h(s)$ — непрерывно дифференцируемые функции на $(-\infty, \infty)$ и $sf(s) \geq 0, sg(s) \geq 0, sh(s) \geq 0$; их производные неотрицательны всюду на $(-\infty, \infty)$;
- 3) $\beta(u)$ действует из $C(\bar{\Omega})$ в $C(\bar{\Omega})$ и

$$\beta(u) \leq -\gamma, \quad \gamma = \text{const} > 0;$$

$$4) \quad a(x) = \begin{cases} a_1(x) & \text{при } x \in [l_0, l_1], \\ a_2(x) & \text{при } x \in [l_1, l_2], \end{cases}$$

где $a_1(x)$ и $a_2(x)$ — положительные непрерывные функции соответственно в $[l_0, l_1]$ и в $[l_1, l_2]$;

5) $u(x, t) \in C^{(2,2)}(\bar{\Omega}_1), u_{txx}(x, t) \in C(\bar{\Omega}_1)$.

В данной статье приведены результаты изучения поведения решения задачи (1)–(4) при $t \rightarrow \infty$. Сформулируем лемму, которую будем применять при доказательстве основного результата.

Лемма. Пусть $b(x) \in C^{(2)}[a, b]$, тогда существует $A = \text{const} > 0$, такая, что имеет место неравенство

$$\int_a^b |f'(x)| dx \leq A \left(\int_a^b |f(x)|^2 dx + \int_a^b |f''(x)|^2 dx \right).$$

Справедлива следующая Теорема. Если выполнены условия 1)–5), то существуют такие положительные числа C и γ_0 , что

$$|u(x, t)| \leq C e^{-\gamma_0 t} \quad (4)$$

для любой точки $(x, t) \in Q$.

Доказательство. Рассмотрим функционал

$$E(t) = \frac{1}{2} \int_{l_0}^{l_2} K(x) (u_t^2 + u^2) dx, \quad (5)$$

где

$$K(x) = \begin{cases} \frac{\kappa_1}{a_1(x)}, & x \in [l_0, l_1], \\ \frac{\kappa_2}{a_2(x)}, & x \in [l_1, l_2]. \end{cases}$$

Из (5), после дифференцирования по переменной t , получим

$$E'(t) = \int_{l_0}^{l_2} \kappa(x) (u_t u_{tt} + uu_t) dx. \quad (6)$$

u_{tt} найдем из уравнения (1) и подставим в (6), тогда

$$E'(t) = \int_{l_0}^{l_2} \kappa u_t u_{txx} dx + \int_{l_0}^{l_2} \kappa \beta u^2 dx + \int_{l_0}^{l_2} \kappa u u_t dx. \quad (7)$$

Интегрируя по частям, преобразуем первый и третий интегралы в правой части (7). Имеем

$$\begin{aligned} J_1 &= \int_{l_0}^{l_2} \kappa u_t u_{txx} dx = \int_{l_0}^{l_2} \kappa_1 u_t u_{txx} dx + \int_{l_1}^{l_2} \kappa_2 u_t u_{txx} dx = \\ &= \kappa_1 u_t u_{xt} \Big|_{x=l_0}^{x=l_1} - \int_{l_0}^{l_1} \kappa_1 u_{xt}^2 dx + \kappa_2 u_t u_{xt} \Big|_{x=l_1}^{x=l_2} - \int_{l_1}^{l_2} \kappa_2 u_{xt}^2 dx = \\ &= -\kappa_1 u_t^2(l_0, t) f'(u(l_0, t)) - \kappa_2 u_t^2(l_2, t) g'(u(l_2, t)) - \\ &\quad - u_t^2(l_1, t) h'(u(l_1, t)) - \int_{l_0}^{l_2} \kappa u_{xt}^2 dx. \end{aligned}$$

отсюда

$$Y_1 = -R - \int_{l_0}^{l_2} \kappa u_{xt}^2 dx,$$

где

$$R = \kappa_1 u_t^2(l_0, t) f'(u(l_0, t)) + \kappa_2 u_t^2(l_2, t) g'(u(l_2, t)) + u_t^2(l_1, t) h'(u(l_1, t)).$$

Далее,

$$\begin{aligned} Y_2 &= \int_{l_0}^{l_2} \kappa u u_t dx = \int_{l_0}^{l_2} \kappa u (a u_{xx} + \beta u) dx = \int_{l_0}^{l_2} \kappa \beta u^2 dx + \\ &+ \int_{l_0}^{l_1} \kappa_1 u u_{xx} dx + \int_{l_1}^{l_2} \kappa_2 u u_{xx} dx = \kappa_1 u u_x \Big|_{l_0}^{l_1} - \int_{l_0}^{l_1} \kappa_1 u_x^2 dx + \kappa_2 u u_x \Big|_{l_1}^{l_2} - \\ &- \int_{l_1}^{l_2} \kappa_2 u_x^2 dx + \int_{l_0}^{l_2} \kappa \beta u^2 dx. \end{aligned}$$

Обозначив
 $H = \kappa_1 u(l_0, t) f(u(l_0, t)) + \kappa_2 u(l_2, t) g(u(l_2, t)) + u(l_1, t) h(u(l_1, t))$,
 легко увидим, что

$$Y_3 = -H - \int_{l_0}^{l_2} \kappa_1 u_x^2 dx + \int_{l_0}^{l_2} \kappa_2 u^2 dx.$$

Учитывая значения J_1 и J_2 в (7), получим

$$E'(t) = -H - R - \int_{l_0}^{l_2} \kappa_1 u_x^2 dx - \int_{l_0}^{l_2} \kappa_2 u_x^2 dx + \\ + \int_{l_0}^{l_2} \kappa_2 u^2 dx + \int_{l_0}^{l_2} \kappa_2 u^2 dx.$$

Отсюда следует, что

$$E'(t) \leq \int_{l_0}^{l_2} \beta \kappa (u^2 + u_x^2) dx.$$

Так как $\beta < -\gamma < 0$,

$$E'(t) \leq 2\gamma E(t).$$

Интегрируя последнее соотношение, будем иметь

$$E(t) \leq E(0) e^{-2\gamma t}. \quad (8)$$

Пользуясь уравнением (1) и неравенством (8), можно показать, что

$$\int_{l_0}^{l_2} u_{xx}^2 dx \leq C_1 e^{-2\gamma t}. \quad (9)$$

Здесь и в дальнейшем через C_i обозначим положительные постоянные, не зависящие от x и t .

Применяя лемму и учитывая (8) и (9), получим

$$\int_{l_0}^{l_2} u_x^2 dx \leq C_2 e^{-2\gamma t}. \quad (10)$$

Далее, для всех $x \in [l_0, l_1]$

$$|u(x, t) - u(l_0, t)| \leq \int_{l_0}^x \left| \frac{\partial u(\xi, t)}{\partial x} \right| d\xi \leq \sqrt{l_1 - l_0} \sqrt{\int_{l_0}^{l_1} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 d\xi}. \quad (11)$$

Аналогично при $x \in [l_1, l_2]$ находим

$$|u(x, t) - u(l_1, t)| \leq \sqrt{l_2 - l_1} \sqrt{\int_{l_1}^{l_2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 dx}. \quad (12)$$

Из (11) и (12) следует, что

$$|u(x, t) - u(l_1, t)| \leq |u(x, t) - u(l_0, t)| + |u(l_0, t) - u(l_1, t)| \leq C_3 e^{-2\gamma t}$$

при всех $(x, t) \in \bar{Q}$. Тогда

$$|u(x, t)| \leq |u(x, t) - u(l_1, t)| + |u(l_1, t)| \leq \\ \leq C_3 e^{-2\gamma t} + \frac{1}{l_1 - l_0} \int_{l_0}^{l_1} |u(x, t) - u(l_1, t)| dx +$$

$$+ \frac{1}{l_1 - l_0} \int_{l_1}^{l_2} |u(x, t)| dx \leq C_3 e^{-2\gamma t} + C_4 e^{-2\gamma t} + C_5 e^{-\gamma t}.$$

Отсюда следует, что утверждение теоремы верно.

Литература

1. Muszyński J. Badania jakościowe rozwiązań niektórych równań typu hiperbolicznego. — Zeszyty Nauk. Politech. Warsz. Matematyka, 1967, 13, 1—68.
2. Sadkowski Wawrzyniec. Properties of solutions of some mixed boundary value problems. — Demonstratio Mathematica, 1977, vol. X, № 3—4.

ЛГУ им. С. М. Кирова

Поступило 16. XI 1983

Г. К. Намазов

КЭСИЛЭН ЭМСАЛЛЫ ПАРАБОЛИК ТЭНЛИК ҮЧҮН ГАРЫШЫГ МЭСЭЛЭ ХЭЛЛИНИН ГЭРАРЛАШМАСЫ

Мэгалэдэ гейри-хэтти сэрхэд шэрти дахилиндэ кэсилэн эмсаллы параболит тэнлик үчүн гарышыг мэсэлэ хэллинин хэссэси тэдгиг олуур.

G. K. Namazov

THE STABILIZATION OF SOLUTION OF MIXED PROBLEM FOR PARABOLIC EQUATION WITH DISCONTINUOUS COEFFICIENTS

In this article the properties of the solution of mixed problem for some parabolic equation with discontinuous coefficients upon nonlinear boundary problem conditions are investigated.

Ф.Ш. МУХТАРОВ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕСКОНЕЧНОЙ НЕСАМОСОПРЯЖЕННОЙ МАТРИЦЫ ЯКОБИ ПО ДАННЫМ РАССЕЯНИЯ

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

В настоящей статье рассматривается обратная задача теории рассеяния для бесконечной несамосопряженной матрицы Якоби. В самосопряженном случае эта задача изучалась в [1].

Для уравнения Штурма-Лиувилля подобная задача исследована в [2]. Прямая задача для бесконечной несамосопряженной матрицы Якоби изучена в [3].

Рассмотрим бесконечную систему уравнений

$$b_1 y_1 + a_1 y_2 = \lambda y_1, \quad (1)$$

$$a_{n-1} y_{n-1} + b_n y_n + a_n y_{n+1} = \lambda y_n, \quad n = 2, 3, \dots,$$

где $\{y_n\}_1^\infty$ — искомое решение, λ — комплексный параметр и

$$a_n, b_n \in \mathbb{C}, a_n \neq 0, n = 1, 2, \dots, \sum_{n=1}^{\infty} e^{n\epsilon} (|1 - a_n| + |b_n|) < \infty, \quad (2)$$

$\mathbb{C}$ — поле комплексных чисел, а ϵ — некоторое фиксированное положительное число. Задача (1) эквивалентна нахождению вектора $\{y_n\}_0^\infty$, удовлетворяющего уравнению

$$a_{n-1} y_{n-1} + b_n y_n + a_n y_{n+1} = \lambda y_n, \quad n = 1, 2, \dots, a_0 = 1, \quad (3)$$

и начальному условию

$$y_0 = 0. \quad (4)$$

В уравнении (3) положим $\lambda = z \cos z$, где $z = \xi + i\tau$. Через ξ всюду в дальнейшем будем обозначать только вещественный параметр. В работе [3] показано, что если выполнено условие (2), то уравнение (3) + (4) имеет единственное решение $\{f_n z\}_0^\infty$, голоморфное по z в полуплоскости $\text{Im } z > -\frac{\epsilon}{2}$ (ϵ — то же число, что и в условии

(2)), непрерывное вплоть до прямой $\text{Im } z = -\frac{\epsilon}{2}$ и представимое в виде

$$f_n(z) = a_n e^{i n z} \left(1 + \sum_{m=1}^{\infty} A_{nm} e^{i m z} \right), \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

При этом числа a_n и A_{nm} связаны с коэффициентами уравнения (3) формулами

$$a_{n-1} = \frac{a_n}{a_{n-1}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

$a_n^2 = 1 + A_{n2} - A_{n-1,2} - (A_{n1} - A_{n-1,1}) A_{n1}$, $b_n = A_{n1} - A_{n-1,1}$ и A_{nm} удовлетворяет уравнению (основному уравнению обратной задачи)

$$F_{n+m} + A_{nm} + \sum_{k=1}^{\infty} A_{nk} F_{k+m+2n} = 0, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (5)$$

где F_m определяется через данные рассеяния

$\{s(z); z_1, \dots, z_a; M_n^1, \dots, M_n^a\}$ по формуле

$$F_n = \sum_{j=1}^a M_n^j e^{i n z_j} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi+i\epsilon}^{\pi+i\epsilon} [1 - S(z)] e^{i n z} dz.$$

Обратная задача теории рассеяния состоит в восстановлении уравнения (1) по данным рассеяния. При этом следует ответить на следующие вопросы:

1) Однозначно ли определяется уравнение (1) по данным рассеяния?

2) Указать эффективный алгоритм для вычисления коэффициентов уравнения (1) по данным рассеяния.

3) Найти необходимые и достаточные условия для того, чтобы заданная совокупность величин $\{S(z); z_1, \dots, z_a; M_n^1, \dots, M_n^a\}$ была данным рассеяния для некоторого уравнения вида (1) с коэффициентами из класса (2).

Результатом работы является следующая

Теорема. Для того чтобы совокупность величин $\{S(z), z_1, \dots, z_a; M_n^1, \dots, M_n^a\}$ была данным рассеяния некоторого уравнения вида (1) с коэффициентами из класса (2), необходимо и достаточно, чтобы выполнялись следующие условия:

I) функция $S(z)$ мероморфна в полуссе $|\text{Im } z| \leq \frac{\epsilon}{2}$ и в ней

$$S(z + 2\pi) = S(z), \quad S(z) \cdot S(-z) = 1;$$

II) справедливо равенство

$$\text{Ind } S + 2(m_1 + \dots + m_a) + \frac{2 - S(0) - S(\pi)}{2} = 0;$$

III) имеет место оценка

$$\sum_{m=1}^{\infty} e^{-\frac{\epsilon}{2} m} |F_{m+2} - F_m| < \infty;$$

IV) уравнение

$$h_m + \sum_{k=1}^{\infty} h_k F_{k+m+2n} = 0, \quad m = 1, 2, 3, \dots,$$

при каждом n ($n = 0, 1, 2, \dots$) имеет только нулевое решение $\{h_m\}_1^\infty$, удовлетворяющее оценке

$$\sum_{m=1}^{\infty} e^{-\frac{\epsilon}{2} m} |h_m| < \infty,$$

где ϵ — число из условия (2).

Необходимость условий сформулированной теоремы установлена в работе [3].

Автор выражает глубокую благодарность своим научным руководителям акад. АзССР Ф. Г. Максудову и Г. Ш. Гусейнову за постоянное внимание и руководство работой.

Литература

1. Гусейнов Г. Ш. — Докл. АН СССР, 1976, т. 227, № 6, с. 1289—1293.
2. Лянце В. Э. — Матем. сб., 1967, т. 72 (114), № 4, с. 537—557.
3. Гусейнов Г. Ш., Мухтаров Ф. Ш. — Изв. АН АзССР, Сер. физ. техн. и матем. наук, 1982, № 1, с. 13—22.
4. Гусейнов Г. Ш. — Докл. АН СССР, 1976, т. 231, № 5, с. 1045—1048.

Институт математики
и механики АН АзССР

Поступило 25. VI 1982

Ф. Ш. Мухтаров

ӨЗ-ӨЗҮ ИЛӘ ГОШМА ОЛМАЖАН СОНСУЗ ЯКОБИ МАТРИСНИНИ ВЕРИЛӘН ПАЈЛАНМАЈА КӨРӘ ГУРУЛМАСЫ

Мәғаләдә өз-өзү илә гошма олмажан сонсуз Якоби матриснини верилән пәјланмаја көрә гурулмасы үчүн зәрури вә кафи шәрт алынмышдыр.

F. Sh. Mukhtarov

THE RESTITUTION OF JACOB'S INFINITE NON-SELF-CONJUGATE MATRIX BY GIVEN SCATTERING

In this paper necessary and sufficient conditions of the solvability of the reverse problem of the scattering for Jacob's infinite non-self-conjugate matrix are obtained.

УДК 517

МАТЕМАТИКА

А. Д. ДЖАБРАНЛОВ, Р. Ш. МАМЕДОВ

К ВОПРОСУ О НЕРАВЕНСТВАХ МЕЖДУ ВЕСОВЫМИ НОРМАМИ ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФУНКЦИЙ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ, ОПРЕДЕЛЕННЫХ В ОБЛАСТИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР И. И. Ибрагимовым)

В статье исследуются дифференциальные свойства и весовые L_q -оценки частных производных функций, определенных в n -мерной области, принадлежащей весовому пространству, и нормированных с помощью набора смешанных производных. Исследование ведется методом интегральных представлений [1—3], причем аппаратом исследования является новое весовое интегральное представление функций многих переменных, доказанное в [4]. Полученные весовые оценки дополняют исследования [5] авторов. Близким вопросам для весовых пространств С. Л. Соболева посвящены работы [6—10].

Пусть область $G \subseteq E_n$. Функции $f_k(x)$ ($k = 0, 1, \dots, n$) измеримы и положительны в области G , т. е. весовые. Говорят, что

$$f \in L_q(G; b_0) \prod_{k=1}^n L_{p_k}^{-\alpha_k}(G; f_k), \quad (1)$$

если существуют в области G обобщения в смысле С. Л. Соболева производные

$$D^{m^k} f = D_1^{m_1^k} \dots D_n^{m_n^k} f \in L_{p_k}(G; b_k) \quad (k = 1, 2, \dots, n),$$

$$f \in L_{p_0}(G; b_0),$$

и конечна норма

$$\|f\|_n = \|f \cdot b_0\|_{L_{p_0}(G)} + \sum_{k=1}^n \|f_k \cdot D^{m^k} f\|_{L_{p_k}(G)}. \quad (2)$$

Замыкание множества достаточно гладких финитных в E_n функций в норме (2) обозначим через

$$L_{p_0}(G; b_0) \prod_{k=1}^n L_{p_k}^{<m^k>}(G; b_k). \quad (3)$$

Через $\varphi = \varphi(x; v) = (\varphi_1(x; v), \dots, \varphi_n(x; v))$ обозначим вектор-функцию, положительную в области G при $0 < v \leq H$ и дифференцируемую по параметру, такую, что

$$\lim_{v \rightarrow 0} \varphi_k(x; v) = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (4)$$

Пусть $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_n)$, где $\delta_k = +1$ или $\delta_k = -1$. Количество различных векторов δ равно 2^n . Эти различные вектора обозначаются через δ^i ($i = 1, 2, 3, \dots, 2^n$). Через $R_\delta(\varphi; H) = K_\delta$ обозначим множе-

ство точек $y = (y_1, \dots, y_n)$, координаты которых удовлетворяют неравенствам

$$C_k \leq \frac{y_k \delta_k}{\varphi_k(x; v)} \leq C_k^*, \quad 0 < v \leq H, \quad C_k, C_k^* = \text{const} > 0, \quad k=1, 2, \dots, n.$$

Множество $x + R_\delta(x; \varphi; H)$ называется весовым φ -рогом с вершиной в точке x . В каждой точке x при фиксированной φ и H имеется 2^n весового φ -рога. Если фиксировать δ и δ^i , то в каждой точке x имеется единственный весовой φ -рог, зависящий от точки.

Область $U \subset G$ называем частью области G , удовлетворяющей условию φ -рога, если существует вектор δ^i , такой, что $x + R_{\delta^i} \subset G$ при всех $x \in U$. Сама область G называется областью, удовлетворяющей условию весового φ -рога, если существует конечное количество частей ее, удовлетворяющих условию весового φ -рога, покрывающих эту область. Класс таких областей обозначается через $A(\varphi; H)$. Пусть функции g, ψ весовые и в области G удовлетворяют неравенства $C_1 g \leq \psi \leq C_2 g$, где $C_1, C_2 = \text{const}$. Этот факт коротко обозначим так: $g \sim \psi$ в области G .

Пусть $G \in A(\varphi)$ и $g = g(x)$ — некоторая весовая функция в области G . Говорят, что функция g удовлетворяет в области G условию Б, если существуют покрывающие область G ее части U_k ($k = 1, 2, \dots, N$), удовлетворяющие условию весового φ -рога, такие, что

$$\alpha_i \leq \frac{g(x)}{g(y)} \leq \beta_i; \quad \alpha_i, \beta_i = \text{const}$$

для всех $y \in x + R_{\delta^i}$ при $x \in U$, где δ^i именно тот из δ^k ($k = 1, 2, \dots, 2^n$), для которого $x + R_{\delta^i} \subset G$ при всех $x \in U_i$.

Пусть векторы $m^k = (m_1^k, \dots, m_n^k) \geq 0$, $v = (v_1, \dots, v_n) \geq 0$ целочисленные ($k = 1, 2, \dots, n$), т. е. $v_i > 0$, $m_i^k > 0$ — целые. Пусть, далее, $1 < p_k \leq q < \infty$ ($k = 0, 1, \dots, n$). Обозначим через Δ определитель с элементами

$$\alpha_{ik} = m_k^i + \frac{1}{p_k} - \frac{1}{p_0} \quad (ik = 1, 2, \dots, n),$$

через Δ_i — определитель, который отличается от Δ тем, что в нем вместо элементов i -й строки стоят координаты вектора $\left(v_i + \frac{1}{p_0} - \frac{1}{q}, \dots, v_n + \frac{1}{p_0} - \frac{1}{q}\right)$, а через Δ_{ci} — определитель, который отличается от Δ тем, что вместо элементов i -го столбца стоят единицы. Через A_{ki} обозначено алгебраическое дополнение элемента α_{ki} определителя Δ .

Теорема. 1) Пусть $1 < p_k \leq q < \infty$ ($k = 0, 1, \dots, n$), $m^k = (m_1^k, \dots, m_n^k) \geq 0$ ($k = 1, 2, \dots, n$) $v = (v_1, \dots, v_n)$ целочисленные, т. е. $m_i^k > 0$, $v_i > 0$ — целые, допускаем, что $m_k^k > 0$, $v_i \geq m_i^k$ ($i \neq k$) ($k = 1, 2, \dots, n$).

2) Пусть $G \in A(\varphi; H)$; $\varphi = (a_1 \omega_1, \dots, a_n \omega_n)$, где $\omega_i = \omega_i(v)$ ($0 < v \leq H$) — монотонно возрастающие дифференцируемые функции, причем $\lim_{v \rightarrow 0} \omega_i(v) = 0$;

$$a_i = \sigma_i^{\frac{1}{p_i}} \prod_{k=1}^n \sigma_k^{\frac{p_{ki}}{p_i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

причем σ_k дифференцируемы и удовлетворяют условию Б в области G .

3) Пусть

$$f \in L_{p_0}(G; b_0) \prod_{k=1}^n L_{p_k}^{< n, k >}(G; b_k),$$

где $b_k \sim \sigma_k$ ($k = 0, 1, \dots, n$) в области G .

4) Пусть

$$W_k(H) = \int_0^H \frac{\omega_k^1(v)}{\omega_k(v)} \prod_{i=1}^n [\omega_i(v)]^{m_i^k - v_i - \frac{1}{p_k} + \frac{1}{q}} dv < \infty, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

Тогда существует $H_0 > 0$ такое, что при $0 < H \leq H_0$ справедливо неравенство

$$\left\| \left(1 - \frac{1}{\Delta} \sum_{i=1}^n \Delta_i\right) \cdot \prod_{k=1}^n b_k^{\frac{\Delta_k}{\Delta}} D^v f \right\|_{L_q(G)} < C \left(W_0(H) \|b_0 f\|_{L_{p_0}(G)} + \sum_{i=1}^n W_i(H) \|b_i D^{m^i} f\|_{L_{p_i}(G)} \right), \quad (5)$$

где

$$W_0(H) = \prod_{i=1}^n \{\omega_i(H)\}^{-v_i - \frac{1}{p_0} + \frac{1}{q}},$$

C — константа, не зависящая от f и H .

Замечание 1. При $\omega_k = H^{s_k}$, $s_k > 0$, $H > 0$ ($k = 1, 2, \dots, n$), условия 4) теоремы имеют место, если

$$\epsilon_k = \sum_{i=1}^n \left(m_i^k - v_i - \frac{1}{p_k} + \frac{1}{q} \right) S_i > 0 \quad (k = 1, 2, \dots, n).$$

В этом случае результаты теоремы справедливы, если при некоторых k имеют место также равенства $\epsilon = 0$, при соответствующих k $1 < p_k < q < \infty$.

Замечание 2. В случае $m^k = (0, \dots, l_k, 0, \dots, 0)$, $l_k > 0$, $\omega_k = H^{l_k}$, $H > 0$, $p_k = p_0 = p$ ($k = 1, 2, \dots, n$) в предположении

$$\epsilon = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{l_i} - \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{q} \right) \sum_{i=1}^n \frac{1}{l_i} \geq 0,$$

где равенство $\epsilon = 0$ допускается при $1 < p < q < \infty$, неравенство (5) теоремы имеет вид

$$\left\| b_0^{\frac{1}{p}} \prod_{i=1}^n b_i^{\frac{1}{p_i} \left(v_i + \frac{1}{p} - \frac{1}{q} \right)} D^v f \right\|_{L_q(G)} < C \left(H^{-1} \|b_0 f\|_{L_p(G)} + \right.$$

$$+ H^* \sum_{k=1}^n \|b_k D_k^{1/2} f\|_{L_p(\Omega)},$$

из которого следует оценка промежуточных производных функций из весовых пространств типа пространства С. Л. Соболева.

Литература

1. Соболев С. Л. Некоторые применения функционального анализа в математической физике. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1950. 2. Бесов О. В., Ильин В. П., Никольский С. М. Интегральные представления функций и теоремы вложения. — М.: Наука, 1975. 3. Джабраилов А. Д. — Тр/МИАН, 1972, т. 117. 4. Джабраилов А. Д., Мамедов Р. Ш. — Докл. АН АзССР, 1981, т. XXXVII, № 10. 5. Джабраилов А. Д., Мамедов Р. Ш. — Докл. АН СССР, 1982, т. 262, № 5. 6. Успенский С. В. — Дифф. уравнения, 1967, т. 3, № 1. 7. Перепелкин В. Г. — Сиб. матем. журн., 1976, т. 17, № 1. 8. Бесов О. В. — Тр/МИАН, 1980, т. 156. 9. Лизоркин П. И. Тр/МИАН, 1980, т. 156. 10. Столбаев М. Тр/МИАН, 1979, т. 150.

АзНСи

Поступило 20. V 1982

А. Ч. Чэбрајылов, Р. Ш. Маммэдов

ОБЛАСТДА ТЭ'ЈИН ОЛУНМУШ ЧӨХДЭЛИШЭНЛИ ФУНКСИЈАЛАРЫН ГАРЫШЫГ ТӨРЭМЭЛЭРИНИН ЧЭКИЛИ НОРМАЛАРЫ АРАСЫНДАКЫ БЭРАБЭРСИЗЛИКЛЭР ҲАГГЫНДА

Магаләдә л-өлчүлү областда тэ'јин олунмуш функцијаларын гарышыг төрэмэлэринин чэкили L_p нормалары арасындакы бэрабэрсизликлэр өррөңлир.

$$\|D^{\vec{\alpha}} f \cdot b\|_{L_q(G)} \leq C \left(\|b_0 f\|_{L_{p_0}(G)} + \sum_{k=1}^n W_k(H) \|b_k D_k^{\vec{m}_k} f\|_{L_{p_k}(G)} \right)$$

бэрабэрсизликлэрин доғрулуғу үчүн шэртлэр көстэрилер.

A. D. Jabrailov, R. Sh. Mamedov

THE QUESTION OF THE INEQUALITIES BETWEEN WEIGHT STANDARDS OF PARTIAL DERIVATIVES OF MANY VARIABLES FUNCTIONS DEFINED IN THE DOMAIN

In this work the question about the inequality between weight standards of partial derivative of many variable's functions defined in the domain was considered.

УДК 622. 276. 031 : 53

МЕХАНИКА

З. Б. ХЕЙИРОВ

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ О ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ ПО ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОМУ КОЛЬЦУ

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

Задача о ламинарном прямолинейном движении вязкой жидкости между двумя цилиндрами представляет как теоретический, так и прикладной интерес. Однако эта задача подробно не исследована в случае несоосных цилиндров. Данная статья посвящена подробному исследованию этой задачи и нахождению эффективного приближенного решения задачи о движении вязкой жидкости как между соосными так и между несоосными цилиндрами.

Предположим, что несжимаемая однородная жидкость совершает прямолинейное движение между двумя несоосными круглыми цилиндрами или под действием постоянного перепада давления или же вследствие поступательного движения внутреннего цилиндра с постоянной скоростью вдоль своей оси. Очевидно, что поперечное сечение пространства между двумя круглыми цилиндрами — эксцентрическое кольцо. При помощи безразмерных координат радиус внешнего цилиндра сведем к единице и введем обозначения: Γ_1 и Γ_2 — внутренняя и внешняя границы эксцентрического кольца, O_1 и O_2 — их центры, причем точка O_1 лежит правее точки O_2 , A — правая точка пересечения прямой, проходящей через точки O_1 и O_2 , с контуром Γ_2 , ρ и φ — полярные координаты с полюсом в точке O_1 , с полярной осью $O_1 A$, a — радиус внутреннего цилиндра, ϵ — расстояние между осями цилиндров (эксцентриситет). Математически определение поля скоростей частиц жидкости в безразмерных переменных заключается в нахождении решения задачи

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} = \Delta v - a, \quad v(\rho, \varphi, 0) = v(\xi, \varphi, \tau) = 0, \quad (1)$$

$$v(\alpha, \varphi, \tau) = u, \quad v(\rho, \varphi, \tau) = v(\rho, \varphi + 2\pi, \tau) = v(\rho, -\varphi, \tau), \quad \xi = \sqrt{1 - \epsilon^2 \sin^2 \varphi} - \epsilon \cos \varphi,$$

где v и τ — скорость и время, Δ — оператор Лапласа в полярных координатах, a — перепад давления, а последнее равенство выражает собой уравнение контура Γ_2 .

1. Для установления необходимости учета отклонения цилиндров друг от друга рассмотрим стационарный случай задачи (1), когда

$$a = 0, \quad u = 1. \quad (2)$$

при помощи теории функций комплексного переменного найдено точное решение задачи и проведен расчет при числовых данных:

$\alpha = 0,6, \epsilon = 0; 0,0002; 0,002; 0,02.$ (3)
 вычислены значения скорости в точках, лежащих на концентрических окружностях с центром в точке O_1 и со значениями полярных координат

$$\rho = 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95.$$

$$\varphi = 0, 90, 180^\circ. \quad (4)$$

Как и следовало ожидать, при одном и том же значении полярного радиуса с увеличением полярного угла скорость растет и достигает максимального значения при $\varphi = 180^\circ$. Результаты расчета приводят к выводу о том, что при значениях эксцентриситета ϵ , удовлетворяющих условию

$$\epsilon \geq 0,02, \quad (5)$$

необходимо учесть отклонение осей цилиндров друг от друга.

2. Следует отметить, что провести расчет по точному решению задачи (1) для стационарного случая при условиях (2) не очень легко. Поэтому приведем следующее приближенное решение этой задачи:

$$v_1(\rho, \varphi) = \ln \frac{\rho}{\xi} \cdot \left(\ln \frac{\alpha}{\xi} \right)^{-1}, \quad (6)$$

построенное при помощи точного решения соответствующей задачи для случая концентрического кольца. Для установления погрешности, допускаемой приближенным решением (6), проведен расчет при числовых данных

$$\alpha = 0,6; \epsilon = 0,02. \quad (7)$$

Сравнение результатов расчета с соответствующими значениями точного решения показывает, что относительная погрешность отклонения приближенного решения (6) от соответствующего точного решения по абсолютной величине меньше 0,3%. Поэтому приближенное решение (6) можно считать эффективным решением задачи (1) для случая стационарного движения, когда выполняются условия (2).

3. В случае стационарного движения приближенное решение задачи (1), когда

$$a \neq 0, u = 0, \quad (8)$$

построенное при помощи точного решения соответствующей задачи для случая концентрического кольца, имеет вид

$$v_2(\rho, \varphi) = \frac{a}{4} \cdot [\rho^2 - \xi^2 - (\alpha^2 - \xi^2) v_1(\rho, \varphi)], \quad (9)$$

Для установления приемлемости решения (9) при помощи метода малого параметра найдено приближенное решение этой задачи в виде

$$v_3(\rho, \varphi) = \frac{a}{4} \cdot \{a_1(\rho) + \epsilon \cdot a_2(\rho) \cos \varphi + \epsilon^2 [a_3(\rho) + a_4(\rho) \cos 2\varphi] + \epsilon^3 [a_5(\rho) \cos \varphi + a_6(\rho) \cos 3\varphi]\}, \quad (10)$$

где введены обозначения

$$a_1(\rho) = \rho^2 - 1 + (1 - \alpha^2) \cdot \frac{\ln \rho}{\ln \alpha}, \quad a_2(\rho) = \left(\frac{2}{1 - \alpha^2} + \frac{1}{\ln \alpha} \right) \cdot \left(\rho - \frac{\alpha^2}{\rho} \right);$$

$$a_3(\rho) = \left(\frac{1 + \alpha^2}{1 - \alpha^2} + \frac{1}{\ln \alpha} \right) \cdot \left(1 - \frac{\ln \rho}{\ln \alpha} \right), \quad a_4(\rho) = \frac{1}{1 - \alpha^4} \cdot \left(\frac{2\alpha^2}{1 - \alpha^2} + \right) \quad (11)$$

$$+ \frac{1 + \alpha^2}{2 \ln \alpha} \left(\rho^2 - \frac{\alpha^4}{\rho^2} \right), \quad a_5(\rho) = \frac{1}{1 - \alpha^2} \left[\frac{1 + 31\alpha^2 - \alpha^4 + \alpha^6}{8(1 - \alpha^2)(1 - \alpha^4)} - \frac{\alpha^2}{(1 - \alpha^2) \ln \alpha} - \frac{1}{\ln^2 \alpha} \right] \cdot \left(\rho - \frac{\alpha^2}{\rho} \right),$$

$$a_6(\rho) = \frac{1}{(1 - \alpha^2)(1 - \alpha^6)} \times$$

$$\times \left[\frac{1 + \alpha^2 + \alpha^4}{3 \ln \alpha} + \frac{2\alpha^2(1 + \alpha^4)}{1 - \alpha^4} \right] \cdot \left(\rho^3 - \frac{\alpha^6}{\rho^3} \right),$$

причем следует отметить, что функция (10) представляет собой решение задачи (1) для случая стационарного движения, когда выполняются условия (8) с точностью до ϵ^3 , т. е. когда приближенное уравнение контура Γ_2 выражается в виде

$$\xi = 1 - \epsilon \cdot \cos \varphi - \frac{\epsilon^2}{2} \cdot \sin^2 \varphi. \quad (12)$$

По формулам (9) и (10) проведен расчет при числовых данных

$$\alpha = 0,6, a = -1, \epsilon = 0,02. \quad (13)$$

Сравнение результатов расчета показывает, что относительное отклонение значений скоростей, вычисленных по формулам (9) и (10), по абсолютной величине меньше 0,48%. А такая погрешность считается вполне приемлемой. С другой стороны, следует отметить, что проведение расчета по формуле (9) намного легче, чем по формуле (10). Поэтому решение (9) можно принять в качестве эффективного решения задачи (1) для случая стационарного движения, когда выполняются условия (8).

4. Далее, для установления приемлемости приближенных решений гидродинамических задач, найденных применением способа Слезкина—Тарга, рассмотрена задача о нестационарном движении жидкости между двумя соосными круглыми цилиндрами, а именно задача (1), с той лишь разницей, что в данном случае

$$\epsilon = 0, v(\rho, 0) = u \cdot \frac{\ln \rho}{\ln \alpha}. \quad (14)$$

Проведен расчет при числовых данных

$$\alpha = 0,6, a = -1, u = 1. \quad (15)$$

Сравнение полученных результатов приводит к заключению, что приближенным решением, полученным при помощи способа Слезкина—Тарга, можно пользоваться с большим успехом, так как наибольшая относительная погрешность его отклонения не превышает 0,007%. Поэтому решение, найденное способом Слезкина—Тарга, можно считать эффективным решением задачи.

5. Исходя из того, что в случае соосных цилиндров применение способа Слезкина—Тарга дает очень хорошие результаты, рассмотрена задача (1), когда выполняются условия (8) и (12). Последовательным применением способа Слезкина—Тарга и метода малого параметра решение этой задачи найдено в виде

$$v(\rho, \varphi, \tau) = [1 - \exp(-\beta^2 \tau)] \cdot v_3(\rho, \varphi), \quad (16)$$

где

$$\beta^2 = \left(4 - \frac{\epsilon^2}{1 - \alpha^2} \right) \cdot \left\{ \frac{2}{3} (1 + \alpha + \alpha^2) + \frac{1 - \alpha^2}{\ln \alpha} + \frac{\epsilon^2}{2} \left[\frac{1}{1 - \alpha} + \right. \right.$$

$$+ \frac{1+\alpha}{\ln \alpha} - 2 \cdot \left(\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} + \frac{1}{\ln \alpha} \right) \cdot \left(\frac{1}{1-\alpha} + \frac{1-\alpha}{\ln \alpha} \right) \Bigg]^{-1}. \quad (17)$$

а функция v_3 выражается в виде (10). Впереди на основании результатов проведенного расчета было установлено, что функции (9) и (10) очень мало отличаются друг от друга. Поэтому в формулу (16) вместе функции v_3 можем подставить функцию v_2 . Тогда будем иметь

$$\tau(\rho, \varphi, \tau) = [1 - \exp(-\beta^2 \tau)] \cdot v_2(\rho, \varphi). \quad (18)$$

Сравнение видов функций v_2 и v_3 показывает, что по формуле (16) провести расчет намного легче, чем по формуле (16). Поэтому функцию (18) можно назвать эффективным решением задачи (1), когда выполняется условие (8), так как формула (9) справедлива при всех значениях параметра α . По формуле (18) произведен расчет при числовых данных (13); установлено, что стационарное движение наступает при $\tau = 1$.

6. Наконец, отметим, что функция вида

$$v(\rho, \varphi, \tau) = [1 - \exp(-\beta^2 \tau)] \cdot \left\{ \frac{a}{4} (\rho^2 - \xi^2) + \left[\mu - \frac{a}{4} (\alpha^2 - \xi^2) \right] \cdot \tau_2(\rho, \varphi) \right\} \quad (19)$$

представляет собой эффективное решение задачи (1), где функция выражается в виде (6).

В заключение, можно сделать следующие выводы:

1. При исследовании движения жидкости между двумя несоосными цилиндрами несоосность цилиндров необходимо учитывать при значениях эксцентриситета, удовлетворяющих условию (5).

2. В случае безнапорного стационарного движения жидкости между двумя несоосными цилиндрами за эффективное решение задачи можно взять функцию (6).

3. В случае напорного стационарного движения жидкости между двумя соосными цилиндрами за эффективное решение задачи можно взять функцию (9).

4. В случае нестационарного движения жидкости между двумя соосными цилиндрами за эффективное решение задачи можно взять функцию, полученную при помощи способа Слезкина — Тарга.

5. В случае нестационарного движения жидкости между двумя несоосными цилиндрами за эффективное решение задачи можно взять функцию (16), найденную при помощи способа Слезкина — Тарга.

6. За эффективное решение задачи (1) можно взять функцию (19).

Глуховский пединститут

Поступило 2. IV 1983

З. Б. Хеjiров

МАJЕНИН ЕКССЕНТРИК ЂАЛГА УЗРЭ ЂАРЕКЭТИНЭ АИД ЂИДРОДИНАМИК
МАСЭЛЭЛЭРИН ЂАЛЛИНИН ЕФФЕКТИВ УСУЛЛАРЫНЫН ИШЛЭНМЭСИ

Магалэда маjенин ексцентрик ђалга узрэ ђарэкэтинин бэ'зи ђидродинамик масэла-
лэринин еффеkтив ђэллэринин тапылма усулларындан бэ'с едилир.

Z. B. Heyirov

THE ELABORATION OF EFFECTIVE METHODS FOR THE HYDRODYNAMICS
TASKS SOLUTIONS ON THE LIQUID MOVEMENT OVER THE ECCENTRIC RING

The criterion of cylinders axes deflexion calculation is set up, the methods for
finding of some hydrodynamics tasks effective solutions are worked out, and these
effective solutions are given.

А. И. МАМЕДОВ, Э. А. ГАШИМОВ

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫСЛОВОМ ГАЗОПРОВОДЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. А. Эфендизаде)

При эксплуатации газосборной сети для обеспечения высоких технико-экономических показателей внутрипромышленной транспортировки газа на первый план выдвигается решение задачи, связанной с предварительным расчетом и строгим обоснованием возникающих в процессе эксплуатации всевозможных возмущающих воздействий (изменение режима работы УКПГ — установка комплексной подготовки газа, головной компрессорной станции, переход с режима на режим и т. д.).

В связи с этим разработка инженерных методов расчета переходных процессов в газосборных сетях представляет важный научный и практический интерес.

Данная проблема в научной литературе освещена еще недостаточно. Изучение динамики в газосборных сетях с учетом разветвленности участков и распределенности их параметров, а также произвольности граничных условий связано с большими математическими трудностями. Использование для этой цели аналитических методов [1-3], широко используемых при расчете и исследовании переходных процессов в простых газопроводах становится невозможным.

С внедрением электронных вычислительных машин (ЭВМ) в практику инженерных расчетов весьма эффективно использование численных методов решения поставленной задачи.

В настоящее время одним из специализированных численных методов расчета переходных процессов в магистральных трубопроводах является метод [4, 5], основанный на теории импульсных систем. В качестве математического аппарата при этом используется дискретное преобразование Лапласа [6]. В данной статье дается дальнейшее развитие указанного метода для расчета переходных процессов в промышленном однониточном газопроводе при различных режимах работы.

Исходными уравнениями, описывающими процесс газопередачи по линейному горизонтальному газопроводу при малых скоростях потока, будут следующие дифференциальные уравнения в частных производных [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial P}{\partial x} &= K_1 \frac{\partial Q}{\partial t} + K_3 Q; \\ -\frac{\partial Q}{\partial x} &= K_2 \frac{\partial P}{\partial t}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $K_1 = Q_0 / FP_0$, $K_2 = FP_0 / C^2 Q_0$, $K_3 = 2aC_0 / FP_0$, $2a = \left(\frac{\eta \vartheta}{2D} \right)_{\text{ср}}$ — коэф-

фициент, линеаризованный по Чарному, x — линейная координата потока газа, t — координата времени; C_0 , P_0 — базовые значения расхода и давления в установившемся режиме; F — площадь поперечного сечения трубопровода; C — скорость звука в газовой среде, η — коэффициент гидравлического сопротивления, ϑ — скорость газового потока, D — диаметр трубопровода, P , C — избыточные значения давления и расхода над стационарными в относительных единицах. Начальные условия принимаются нулевыми.

Рассмотрим 2 случая: 1 — когда установившееся течение газа нарушено скачкообразным изменением расхода в начале газопровода при неизменном расходе в конце его, т. е. случай граничных условий:

$$Q(0, t) = A_1, \quad Q(l, t) = 0; \quad (2)$$

II — когда нарушение установившегося течения газа происходит при скачкообразном изменении расхода в конце газопровода при неизменном давлении в начале его:

$$P(0, t) = 0, \quad Q(l, t) = A_2, \quad (3)$$

Решением системы уравнений (1) при указанных начальных и граничных условиях (2) в операторной форме будут

$$P(x, s) = \frac{A_1}{S} \rho(s) \frac{\text{ch } \gamma(l-x)}{\text{sh } \gamma l}, \quad (4)$$

$$Q(x, s) = \frac{A_1}{s} \frac{\text{sh } \gamma(l-x)}{\text{sh } \gamma l}, \quad (5)$$

где $\gamma = \frac{1}{c} \sqrt{s(s+2\alpha)}$ — операторный коэффициент распространения

волны, $\rho(s) = \sqrt{\frac{s+2\alpha}{s}}$ — операторное волновое сопротивление; s — параметр преобразования Лапласа, $2\alpha = a$. Связью между непрерывным временем t и дискретным n для данной системы будет

$$t = \frac{nT}{\lambda}, \quad (6)$$

где $T = 2\tau$ — абсолютный период повторения решетчатой функции, τ — время распространения волны в один конец промышленного газопровода, λ — любое целое число (шаг дискретизации $\lambda = 1, 2, \dots$). Погрешность расчета связана с выбором λ [4, 5].

Выражения (4) и (5), согласно методике [4, 5], в дискретной форме в области оригиналов можно представить в виде

$$P[n, \delta] = A_1 \rho \left(\sum_{m=\theta_1}^n K_3[m] + \sum_{m=\theta_4}^n K_4[m] \right) - \sum_{m=\theta_2}^n K_2[m] P[n-m, \delta] - \sum_{m=0}^{n-1} K_1[n-m] P[m, \delta], \quad (7)$$

$$Q[n, \delta] = A_1 \left(\sum_{m=\theta_1}^n K_3[m] - \sum_{m=\theta_4}^n K_4[m] \right) + \sum_{m=\theta_5}^n K_5[m] Q[n-m, \delta] -$$

$$- \sum_{m=0}^{n-1} Q[m, \delta], \quad (8)$$

где ρ — волновое сопротивление без потерь, $\delta = \frac{x}{2l}$, $K_1[n] = e^{-\frac{\alpha T}{\lambda} n} \times$

$\times I_0 \left(\frac{\alpha T}{\lambda} n \right)$, $K_2[n] = l^{-\frac{\alpha T}{\lambda} n} \cdot I_0 \left(\frac{\alpha T}{\lambda} \sqrt{n^2 - \lambda^2} \right)$ при $n < \lambda$, $K_2[n] = 0$,

$$K_i[n] = \begin{cases} 0 & \text{при } n < \theta_i, \\ e^{-\theta_i} + \theta_i \sum_{m=\theta_{i+1}}^n e^{-\theta \cdot m} \frac{I_1(\sqrt{m^2 - \theta_i^2})}{\sqrt{m^2 - \theta_i^2}} & \text{при } n > \theta_i, \end{cases}$$

$\lambda = 3, 4, 5$; $\theta_3 = \lambda \delta$, $\theta_4 = \lambda(1 - \delta)$, $\theta_5 = \lambda$, $\theta_3' = \alpha T \delta$, $\theta_4' = \alpha T(1 - \delta)$,

$\theta_5' = \alpha T$, $\theta = \frac{\alpha T}{\lambda}$, I_0 , I_1 — соответственно бесселевы функции нулевого и первого порядков.

Решением системы уравнений (1) для второго случая в операторной форме будут

$$P(x, s) = -A_2 \frac{\rho(s)}{s} \frac{\text{sh } \gamma x}{\text{ch } \gamma l}, \quad (9)$$

$$Q(x, s) = \frac{A_2}{s} \frac{\text{ch } \gamma x}{\text{ch } \gamma l}. \quad (10)$$

Выражения (9), (10) согласно вышеизложенному в дискретной форме в области оригиналов можно представить в виде

$$P[n, \delta] = -A_2 \rho \left(\sum_{m=\theta_6}^n K_6[m] - \sum_{m=\theta_7}^n K_7[m] \right) - \sum_{m=\theta_8}^n K_2[m] P[n-m, \delta] - \sum_{m=0}^{n-1} K_1[n-m] P[m, \delta], \quad (11)$$

$$Q[n, \delta] = A_2 \left(\sum_{m=\theta_6}^n K_6[m] + \sum_{m=\theta_7}^n K_7[m] \right) - \sum_{m=\theta_8}^n K_5[m] Q[n-m, \delta] - \sum_{m=0}^{n-1} Q[m, \delta], \quad (12)$$

где

$$K_i[n] = \begin{cases} 0 & \text{при } n < \theta_i, \\ e^{-\theta_i} + \theta_i \sum_{m=\theta_{i+1}}^n e^{-\theta \cdot m} \frac{I_1(\theta \sqrt{m^2 - \theta_i^2})}{\sqrt{m^2 - \theta_i^2}} & \text{при } n > \theta_i, \end{cases}$$

$\theta_6 = 0,5 \lambda (1 - 2\delta)$, $\theta_7 = 0,5 \lambda (1 + 2\delta)$, $\theta_6' = \alpha \tau (1 - 2\delta)$, $\theta_7' = \alpha \tau (1 + 2\delta)$.

Полученные рекуррентные соотношения (7), (8), (11), (12) легко реализуются на ЭВМ. Причем шаг дискретизации λ в них надо выбрать так, чтобы, во-первых, достигалась достаточная точность, а во-вторых, m принимал целочисленное значение.

Литература

1. Марбин З. С., Герман В. Т. Исследование влияния инерционности газового потока на переходные процессы в промышленном газопроводе. — Тр./ВНИИКА-нефтегаз. М., 1972, вып. 4, с. 73—83. 2. Тарабрин Е. И., Пугачев В. И., Тараненко Б. Ф. — Нефть и газ, 1976, № 2, с. 75—80. 3. Жидкова М. А. Трубопроводный транспорт газа. — Киев: Наукова думка, 1973. 4. Мамедов А. И., Аскер-заде Б. А. — За техн. прогресс, 1980, № 8, с. 21—25. 5. Кадымов Я. Б., Мамедов А. И., Аскер-заде Б. А., Алиев Р. М. — Докл. АН АзССР, 1981, т. XXXVI, № 8, с. 45—48. 6. Цыпкин Я. З. Теория линейных импульсных систем. — М.: Физматгиз, 1963.

НИПИнефтехимавтомат

Поступило 27. IV 1984

А. И. Мамедов, Е. А. Гашимов

МУХТАЛИФ РЕЖИМЛАРДА МЭ'ДЭН-ГАЗ КЭМЭРИНДЭ КЕЧИД ПРОСЕСЛЭРИНИН ЭДЭДИ НЕСАБЛАМА УСУЛУ

Мөгаләдә мухтәлиф режимләрдә мә'дән-газ кәмәриндә кечид просессләринин эдәди һесаплама үсулундан бәһс олунур.

А. И. Мамедов, Е. А. Гашимов

NUMERICAL CALCULATION METHOD OF TRANSIENT PROCESSES IN A FIELD GAS PIPELINE UNDER DIFFERENT CONDITIONS

The numerical calculation method is given in this paper for transient processes in a field gas pipeline under different conditions.

УДК 548.73

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

М. И. АБДУЛЛАЕВ, Р. М. ИМАМОВ, А. В. МАСЛОВ,
И. Р. НУРИЕВ, Э. М. ПАШАЕВ, акад. АН АзССР Э. Ю. САЛАЕВ

ФОТОЭФФЕКТ ПРИ ДИФРАКЦИИ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ В БРЭГГ — ЛАУЭ-ГЕОМЕТРИИ

Исследования угловой зависимости внешнего фотоэффекта (см., напр. [1, 2]) показали перспективность применения его для изучения структурного совершенства твердых тел, и в основном структуры тонких нарушенных слоев, что связано с малой глубиной выхода фотоэлектронов $L_{\text{с}}$, составляющей несколько десятых микрона. В толстых кристаллах высокой степени совершенства при динамическом дифракционном рассеянии образуется стоячее волновое поле, представляющее собой когерентную суперпозицию падающей и дифрагированной волн. Распределение узлов и пучностей этого поля относительно атомных плоскостей сильно зависит от угла падения рентгеновских лучей на кристалл, что ведет к резкой угловой зависимости интенсивности неупругих процессов, которая уменьшается в случае, когда узлы поля приходятся на атомные плоскости, и, наоборот, увеличивается при совпадении пучностей поля с узлами кристаллической решетки. В тех случаях, когда фотоэлектроны выходят с малых по сравнению с глубиной проникновения рентгеновских лучей расстояний, зависимость интенсивности выхода фотоэлектронов от угла падения рентгеновских лучей оказывается весьма чувствительной к слабым искажениям кристаллической решетки в тонких приповерхностных слоях [3].

До недавнего времени исследования угловой зависимости фотоэлектронов при дифракции рентгеновских лучей проводились в геометрии Брэгга, когда стоячая волна образуется за счет отражения в объеме кристалла, а нарушения в тонком приповерхностном слое практически не искажают установившегося волнового поля. В этом случае измерения $\Delta d/d$, где d — межплоскостное расстояние, выявляются в направлениях, перпендикулярных к поверхностным плоскостям.

Недавно была предложена и экспериментально реализована дифракция рентгеновских лучей в геометрии Лауэ при скользких углах падения излучения на кристалл. При вращении кристалла вокруг вектора обратной решетки удалось многократно уменьшить длину экстинкции $L_{\text{с}}$ и получить угловые зависимости фотоэффекта, имеющие ярко выраженную дисперсионную форму. Эта схема позволяет обнаружить структурные нарушения в тонких приповерхностных слоях в кристаллографических направлениях, параллельных поверхности образца, при этом структурное совершенство матрицы, лежащей на глубине больше $L_{\text{с}}$ не играет никакой роли [4].

Наличие малой (порядка нескольких градусов) разъориентации поверхности кристалла относительно плоскостей дифракции, по кото-

рым этот кристалл был вырезан, позволяет переходить от дифракции в геометрии Лауэ к дифракции Брэгга при скользких (порядка 0,5—3°) углах падения. На рис. 1 приведена геометрическая схема эксперимента при наличии малого угла φ между поверхностью кри-

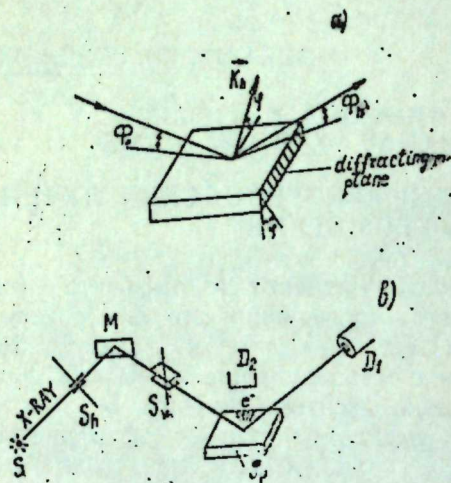


Рис. 1 Схема дифракции при скользких углах падения:
 K_h —вектор обратной решетки;
 S —источник рентгеновского излучения;
 S_h и S_v —горизонтальная и вертикальная щели;
 M —кристалл-монокроматор $Si(220)$ —отражения;
 S_p —исследуемый образец;
 D_1 и D_2 —детекторы рентгеновского излучения и фотоэлектронов соответственно.

сталла и соответствующим вектором обратной решетки. Углы падения Φ_0 и выхода рентгеновского излучения Φ_h связаны простым соотношением

$$\Phi_h = \Phi_0 - 2 \sin \theta_B \cdot \varphi, \quad (1)$$

где θ_B —угол Брэгга.

При $\Phi_0 > 2 \sin \theta_B \cdot \varphi$ реализуется дифракция в геометрии Лауэ, а при $\Phi_0 < 2 \sin \theta_B \cdot \varphi$ —в геометрии Брэгга. Вместе с тем предполагаемая схема позволяет в широких пределах варьировать величину фактора асимметрии дифракции $\beta = \frac{\gamma_0}{|\gamma_n|} = \frac{\Phi_0}{|\Phi_h|}$ (γ_0 и γ_n —направляющие косинусы падающей и дифрагированной волн) и, следовательно, глубину проникновения излучения в кристалл.

В стандартной геометрии брэгговской дифракции угловая зависимость выхода фотоэлектронов в явном виде отражает структуру волнового поля в тонком приповерхностном слое [3]:

$$\chi(\alpha) = |\vec{E}_0 + \vec{E}_h|^2. \quad (2)$$

Угловые зависимости такого типа впервые были получены в [5]. В работе [6] исследовались угловые зависимости фотоэффекта в условиях асимметричной брэгговской дифракции, когда исследуемый образец был определенным образом вырезан относительно плоскостей дифракции. При этом, однако, глубина проникновения рентгеновских лучей в кристалл заметно превосходила глубину выхода электронов L_{ex} . В результате при $\beta \ll 1$ была получена угловая зависимость фотоэлектронов со слабо выраженными максимумом и минимумом и с заметно увеличенной угловой областью брэгговского отражения. И, наоборот, при $\beta \gg 1$ угловая зависимость была сильно сжата в угловом пространстве и имела ярко выраженные экстремумы.

В рассматриваемом нами случае ситуация меняется коренным образом. Как известно, в промышленности для удобства дальнейших

технологических воздействий кристаллы вырезаются под углом 4—5° относительно плоскостей дифракции, лежащих на поверхности. Наличие этой разьориентации позволяет легко реализовать соотношение $L_{el} \gg L_{ex}$.

Для выхода фотоэлектронов в условиях брэгговского отражения запишем выражение [3].

$$\chi(\alpha) = \mu_0/\gamma_0 \{1 + \beta P_R(\alpha) + 2\sqrt{\beta} \operatorname{Re}(e_{h1} R(\alpha))\} \langle \exp(-\mu(\alpha)z) \rangle \quad (3)$$

$$\equiv \mu(\alpha) [1 - F_R(\alpha)] \langle \exp(-\mu(\alpha)z) \rangle \quad (4)$$

Здесь $R(\alpha)$ —амплитуда брэгговского отражения:

$$R(\alpha) = (2\epsilon(\alpha) - \chi_0) / \sqrt{\chi_h \chi_n}, \quad (5)$$

$$\epsilon(\alpha) = \frac{1}{2} [\chi_0 + \sqrt{\beta} \sqrt{\chi_h \chi_n} (Y \pm \sqrt{Y^2 - 1})], \quad (6)$$

$$Y = [2\beta - \chi_0(1 + \beta)] / 2\sqrt{\beta} \sqrt{\chi_h \chi_n}; \quad (7)$$

параметр α —величина отклонения от точного выполнения условия Брэгга:

$$\alpha = -2 \sin 2\theta_B \Delta\theta, \quad \Delta\theta = \theta - \theta_B, \quad (8)$$

$$\mu(\alpha) = 2(K/\gamma_0) \operatorname{Im} \epsilon(\alpha), \quad F_R(\alpha) = |R(\alpha)|^2. \quad (9)$$

Угловые скобки означают усреднение по функциям вероятности выхода фотоэлектронов из кристалла $P(z)$:

$$\langle \dots \rangle = \int dz P(z) \dots \quad (10)$$

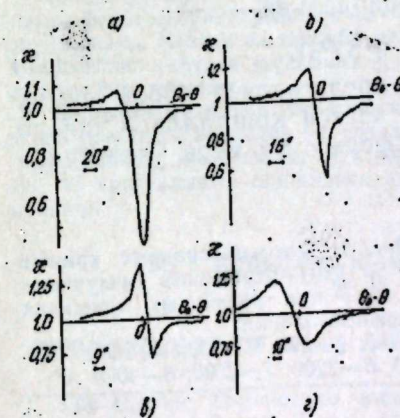


Рис. 2. Фотоэмиссионные кривые для $Si(220)$ —отражения (излучение $Cu K_{\alpha 1}$) при скользких углах падения:
 a — $\Phi_0=0,5^\circ$ —геометрия Брэгга; b — $\Phi_0=1,5^\circ$ —геометрия Брэгга; c — $\Phi_0=3,0^\circ$ —геометрия Брэгга; d — $\Phi_0=3,0^\circ$ —геометрия Лауэ

Все остальные обозначения соответствуют обозначениям, принятым в [3]. Коэффициент $\mu(\alpha)$ определяет глубину проникновения рентгеновских лучей в кристалл. При $\operatorname{Re} Y = 0$

$$\mu(y=0) = 2/L_{ex}, \quad (11)$$

$$L_{ex} = 2 \sqrt{\gamma_0/|\gamma_n|} / K |\chi_h|. \quad (12)$$

При углах, далеких от угла Брэгга,

$$\mu = \mu_0/\gamma_0. \quad (13)$$

где μ_0 —обычный линейный коэффициент поглощения рентгеновских лучей.

В нашем случае при $L_{el} \gg L_{ex}$ и при заданном значении угла φ малая величина L_{ex} соответствует как малым углам входа излучения в кристалл, так и скользким углам выхода дифрагированной волны

из образца, форма же угловых зависимостей выхода фотоэлектронов будет значительно трансформироваться при изменении величины фактора асимметрии β (рис. 2а, б, в). Кривые на рис. 2, б, в представляют собой экспериментальные результаты при различных значениях Φ_0 .

Экспериментальная установка описана в [7]. В качестве исследуемого образца были взяты совершенные кристаллы Si, вырезанные по плоскостям (111) с разориентацией относительно поверхности 4° . Отражающими плоскостями являлись плоскости (220). Излучение $\text{Cu K}\alpha$. Измерения велись по двухкристальной бездисперсионной схеме. Вакуум в объеме поддерживался 10^{-5} торр. В качестве детекторов электронов были использованы стандартные ВЭУ-6. С целью увеличения счета электронов применен блок из трех ВЭУ-6. На кристалл подавался отрицательный потенциал — 3 В.

В случае $\beta \ll 1$ при $\Phi_0 = 0,5^\circ$ (кр. 2в) из выражения (13) видно, что независимо от величины отклонения от брегговского положения глубина проникновения $1/\mu(\alpha) < L_{ei}$. В этом случае

$$\kappa(\alpha) = 1 - P_R(\alpha). \quad (14)$$

Очевидно, что наличие на поверхности образца аморфной пленки приводит к изменению формы фотоэмиссионной кривой. Так, если в идеальной части кристалла интенсивность образования фотоэлектронов в соответствии с (2) пропорциональна квадрату величины суммарного поля, то в аморфной части за счет хаотического расположения атомов интенсивность появления фотоэлектронов пропорциональна.

$$|\vec{E}_0|^2 + |\vec{E}_h|^2 = |\vec{E}_0|^2 (1 + \beta P_R). \quad (15)$$

В результате выход фотоэлектронов представляет собой сумму фотоэлектронов от идеальной и аморфной частей кристалла. Судя по рис. 3, кривая фотоэмиссии меняет свою форму по мере увеличения

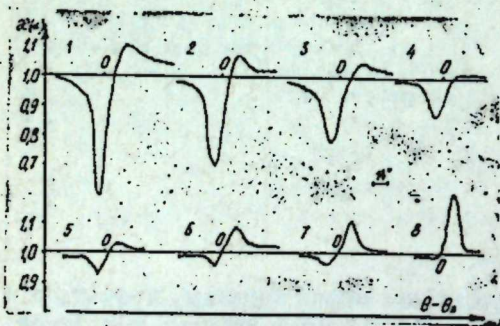


Рис. 3. Фотоэмиссионные кривые для Si (220)—отражения (излучение $\text{Cu K}\alpha$) при различных толщинах аморфной пленки: 1— 10° ; 2—50; 3—800; 4—1300; 5—1700; 6—2200; 7—2500; 8—4000 $\text{\AA}$.

толщины аморфного слоя и при толщинах, сравнимых с L_{ei} , приобретает форму кривой рентгеновского отражения. Как видно из рис. 3, данный метод является весьма перспективным при самых тонких слоях—100—200 $\text{\AA}$. В данной статье в качестве исследуемых образцов использовались кристаллы кремния с аморфными слоями SiO_2 различной толщины на поверхности. Проводилось измерение толщины аморфной пленки SiO_2 , получаемой на поверхности совершенных образцов Si в зависимости от времени окисления. Сравнение результатов, полученных при измерении фотоэмиссии электронов с другими оптическими методами, показало хорошее совпадение в определении толщины аморфного слоя с точностью до 8—10%.

Таким образом, предложенная методика может быть весьма полезна при анализе структуры поверхности после различных технологических воздействий (ионная имплантация, эпитаксиальное наращивание и т. д.).

Авторы выражают благодарность А. Е. Коропий и А. А. Самохиной за помощь в приготовлении образцов с аморфными слоями.

Литература

1. Круглов М. В., Созонтов Е. А., Шемелев В. Н., Захаров Б. Г. — Кристаллография, 1977, т. 22 с. 693.
2. Созонтов Е. А., Круглов М. В., Захаров Б. Г. — Электрон. техника. Сер. 6 Мат-лы, 1979, вып. 7, 108.
3. Афанасьев А. М., Кош В. Г. — ЖЭТФ, 1978, т. 74, вып. 1, с. 300.
4. Афанасьев А. М., Иманов Р. М., Маслов А. В., Пашаев Э. М. — Докл. АН СССР, 1983, т. 273, с. 609.
5. Шемелев В. Н., Круглов М. В., Пронин В. Н. — ФТТ, 1970, т. 12, с. 2495.
6. Takahashi T. and Kikuta S. Journ. Phys. Soc., 1979, vol. 46, 5.
7. Бугров Д. А., Иманов Р. М., Пашаев Э. М. — ПТЭ, 1984, №2, с. 213.

Поступило 17. II. 1984

М. И. Абдуллаев, Р. М. Иманов, А. В. Маслов, И. Р. Нуриев,
Е. М. Пашаев, Е. Ю. Салаев

БРЕГГ-ЛАУЖЕ ЧЭКИЛИШИНДЭ РЕНТГЕН ШҰАЛАРЫНЫН ДИФРАКЦИЈАСЫ ЗАМАНЫ ЈАРАНАН ФОТОЕФФЕКТ

Магаләдә Брегг-Лаује чэкилишиндә рентген шұаларынын дифракцијасы заманы чыхан фотоэлектронларын дүшмә буцағындан асылылығыны өјрәнән методика тәсвир олуишудур. Нәзәри вә тәҷрүби олараг мүәјјән едилмишдир ки, тәдгиг едилән кристалын сәтһинә рентген шұасынын дүшмә буцағындан асылы олараг фотоэффект әјриси дәјишиклијә уғрајыр.

Сәтһиндә мүхтәлиф галынылгы SiO_2 аморф тәбәгәси олан Si монокристалы үзәриндә апарылан өлчәмәләр бу методиканын сәтһдәки әңиф дәјишикликләрә һәссас олдуғуну көстәрир. Фотоэффект әјрисинин бу дәјишмәсиндән истифадә олунараг тәдгиг едилән Si кристалынын сәтһиндәки аморф SiO_2 тәбәгәсинин галынылгы мүәјјәләшдирилмишдир.

M. I. Abdullaev, R. M. Imamov, A. V. Maslov, I. R. Nuriev,
E. M. Pashaev, E. Yu. Salaev

PHOTOEFFECT OF X-ray DIFFRACTION IN THE BRAGG—LAUE GEOMETRY

The angular dependence measurement technique of photoelectron efficiency is described at the Bragg X-ray diffraction in the Laue geometry. The transformation of photoeffect curves is demonstrated in dependence of X-ray incident angle on the crystal surface under study. The results of measurements on Si-crystals with an amorphous film SiO_2 of different thickness show the highest sensitivity of the proposed technique to weak disturbances at surface layers and are in good agreement with the data of optical methods.

Акад. АН АзССР М. И. АЛИЕВ, Х. А. ХАЛИЛОВ

ПОГЛОЩЕНИЕ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ СВОБОДНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ В КРИСТАЛЛАХ $Ga_{1-x}In_xAs$ ($x \leq 0,05$)

Твердые растворы $Ga_{1-x}In_xAs$ используются для изготовления инфракрасных детекторов и лазеров [1]. В этой связи представляют интерес оптические свойства монокристаллов $Ga_{1-x}In_xAs$ в широком интервале длин волн. В настоящей статье исследуется поглощение инфракрасного излучения свободными носителями (электронами) в системе $Ga_{1-x}In_xAs$ с концентрацией $N = (2-7) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Теория о поглощении свободными электронами изучена при классическом распределении носителей [2] для исходных компонентов, образующих сплавы $Ga_{1-x}In_xAs$. Однако, как показывают опыты работ [3], исследование поглощения свободными носителями совместно с электрическими измерениями позволяет более подробно анализировать механизмы рассеяния электронов в соединениях $A^{III}B^V$. Поэтому совместное исследование оптических и электрических свойств системы $Ga_{1-x}In_xAs$ должно во многом способствовать изучению сплавного рассеяния и зонной структуры в этих твердых растворах.

Теория об изменении запрещенной зоны в полупроводниковых сплавах рассмотрена на основе модели виртуального кристалла. При малых концентрациях второго компонента это приближение дает энергетические уровни с точностью до первого порядка [4]. Далее, Пармен-тер [5] рассмотрел влияние высоких порядков и сделал поправки к модели виртуального кристалла, с помощью которого объясняется неупорядоченная флуктуация в потенциале и изменение в волновой функции. Из этих предсказаний ожидается существование в сплавах локализованных электронных состояний в области запрещенной зоны. В дальнейшем Маттук [6] показал влияние нарушений дальнего и ближнего порядков на зонную структуру сплавов.

Поглощение инфракрасного излучения в сплавах $Ga_{1-x}In_xAs$ с различными содержаниями арсенида индия исследовалось при комнатной температуре. На рис. 1 показана зависимость коэффициента поглощения α от длины волны λ для этих образцов. В области достаточно длинных волн ($\lambda \geq 10 \text{ мкм}$) экспериментальная зависимость $\alpha = C/\lambda^{\gamma}$ (см^{-1}) находится в согласии с рассчитанной на основании классического выражения для поглощения на свободных электронах. Постоянная C при данном механизме рассеяния зависит от эффективной массы электронов.

Экспериментальные результаты постоянной C для $GaAs$ и сплавов $Ga_{1-x}In_xAs$ при $x=0,02$ и $0,05$ изменялись в интервале $(1,3-2,3) \times 10^{-10}$, соответствующие расчетные значения при рассеянии на ионизированных примесях — в пределах $(1,2-3,9) \cdot 10^{-10}$.

Эффективное сечение поглощения на длине волны 10 мкм увеличивается от 1,2 для $x=0,02$ до $1,5 \text{ Å}^2$ при $x=0,05$, что указывает на существование дополнительного механизма поглощения, по-видимому, связанного со сплазным рассеянием электронов.

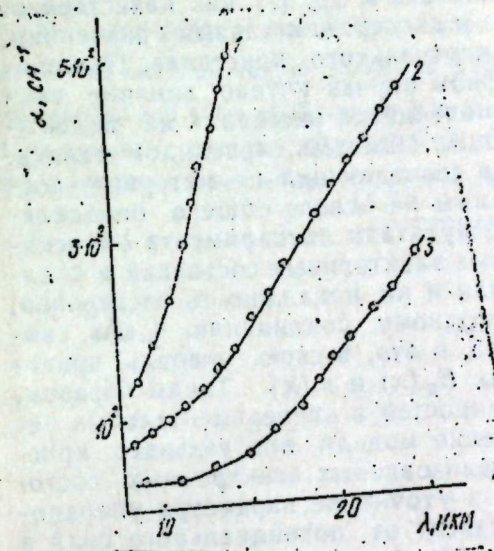


Рис. 1. Спектральные зависимости сплавов $Ga_{1-x}In_xAs$ ($x=0,02$ и $0,05$) (кр. 2—3) и арсенида галлия (кр. 1) в области поглощения на свободных электронах ($\lambda \geq 10 \text{ мкм}$)

Рассмотрена также зависимость $\alpha \sim \lambda^{\gamma}$, которая выполняется в области высоких частот ($\omega^2 \gg 1$). Показатель степени γ от 1,8 для $GaAs$ увеличивается до 2,1 при $GaAs+5 \text{ мол. \% } InAs$. Ранее уста-

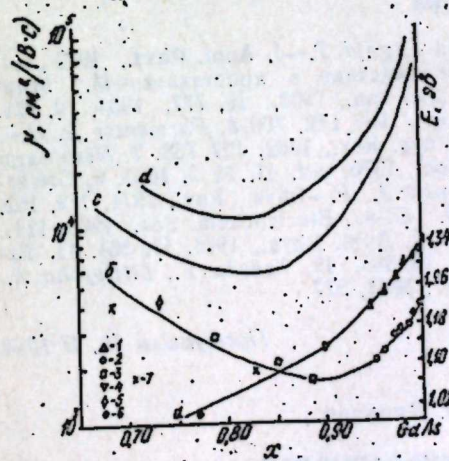


Рис. 2. Изменение запрещенной зоны (кр. а) и подвижности электронов (кр. б) в сплавах $Ga_{1-x}In_xAs$: 1—2—наши данные; 3—7—данные работ [8—12]

новлено, что при прочих равных условиях для исходных соединений $GaAs$ и $InAs$ γ зависит от концентрации носителей заряда N . Так как в нашем случае N в исследованных образцах меняется практически незначительно, изменение показателя степени γ можно приписать свойству твердого раствора.

Представляет немалый интерес наблюдаемый нами тот факт, что подвижность носителей заряда μ увеличивается с ростом содержания арсенида галлия (рис. 2, кр. б) только в том интервале составов

($x = 0-0,01$), где наблюдается более быстрый рост ширины E_0 запрещенной зоны (рис. 2, кр. а). Расчетные значения подвижности от состава $\mu(x)$ (кр. d) на основе модели виртуального кристалла также расходятся с экспериментальными результатами в сплавах $Ga_{1-x}In_xAs$, богатых арсенидом галлия. Результаты расчетов $\mu(x)$, проведенных (кр. c) по теории Нишинага и др. [7], как качественно, так и количественно более близки к экспериментальным значениям, нежели расчеты согласно модели виртуального кристалла. По-видимому, это связано с тем, что в первом случае учтено влияние смещения края зоны проводимости и потенциала рассеяния на подвижность электронов в сплавах $Ga_{1-x}In_xAs$, богатых арсенидом галлия. Поэтому возможно, что возрастание совпадающих по интервалу составов кривых $E_0(x)$ и $\mu(x)$ объяснимы на основе общего определяющего фактора. В данном случае результаты эксперимента объясняются учетом влияния локализованных электронных состояний в сплавах как на изменение края зоны, так и на подвижность электронов. По мере приближения состава к исходному соединению $SaAs$ снимаются нарушения дальнего порядка, и это, в свою очередь, приводит к более быстрому росту кривых $E_0(x)$ и $\mu(x)$. Таким образом, в сплавах $Ga_{1-x}In_xAs$ наличие особенностей в экспериментальных зависимостях $E_0(x)$ объясняется согласно модели виртуального кристалла, а $\mu(x)$ — согласно теории локализованных электронных состояний. Дальнейшее развитие теории и уточнение параметра упорядочения, который, в свою очередь, зависит от потенциального поля в кристалле, позволят более подробно анализировать данные эксперимента для количественной характеристики этих свойств сплавов $Ga_{1-x}In_xAs$.

Литература

1. Takeda Y., Sasaki A., Imamura Y. and Tagaki T. — J. Appl. Phys., 1976, vol. 47, 5405.
2. Фен Г. Фотон-электронное взаимодействие в кристаллах. — М.: Мир, 1969.
3. Haga E., Kimura H. — Journ. Phys. Soc. Jpn., 1963, 18, 777; 1964, 19, 471.
4. Williams E. W. and Rehn Victor. — Phys. Rev., 1968, 172, 799.
5. Parmenter R. H. — Phys. Rev., 1955, 99, 1759.
6. Mattuc R. D. — Phys. Rev., 1962, 127, 738.
7. Nishinaga T., Hori O. and Uchiyama S. — Jpn. J. Phys. Soc., 1976, vol. 41, № 5, 1603.
8. Glucksman M., Enstrom R. E., Mittelman S. A., Appert J. P. — Phys. Rev., 1974, 139, 162.
9. Conrad R. W., Hoyt P. Z. and Martin D. D. — J. Electrochem. Soc., 1966, 114, 164.
10. Katoda T., Osaka F., Sugano T. — Jpn. J. Appl. Phys., 1974, 13, 561.
11. Takeda Y., Sasaki A. — Jpn. J. Appl. Phys., 1980, 19, 383.
12. Takeda Y., Littlejohn A., Hauser J. R. — Electronics letters, 1981, vol. 17, № 11, 377.

Институт физики АН АзССР

Поступило 25. II 1983

М. И. Әлиев, Х. Ә. Хәлилов

$Ga_{1-x}In_xAs$ ($x < 0,05$) КРИСТАЛЛАРЫНДА ИНФРАГЫРМЫЗЫ ШҮАЛАНМАНЫН СЭРБӘСТ ЭЛЕКТРОНЛАРЛА УДУЛМАСЫ

Мәгәләдә инфрагырмызы шүаланманын ($\lambda = 9-25$ мкм) сәрбәст электронларла удулмасы системн $Ga_{1-x}In_xAs$ кристалларында тәдгиг едилир. Нәтичәдә кестәрилмишдир ки, удулманын эффектив кәсији (α/N) вә $\alpha \sim \lambda^{-1}$ ифадәсиндә γ -ның бәрк мәһлуларда артмасы электронларын әринтидән сәпәләнмәси һадисәси илә изаһ едила биләр.

M. I. Aliyev, Kh. A. Khalilov

FREE CARRIERS ABSORPTION OF IR RADIATION IN $Ga_{1-x}In_xAs$ ($x < 0.05$) CRYSTALS

The investigation of free carrier absorption in $Ga_{1-x}In_xAs$ ($x < 0.05$) crystals with in the IR radiation region ($\lambda = 9-25$ mkm) was made. The absorption effective cross-section and slope of the curve γ in the $\alpha \sim \lambda^{-1}$ law are observed to increase the cInAs content in the alloy. This is indicative of the existence of the additional absorption mechanism, which is apparently connected with the electron scattering mechanism.

Чл.-корр. АН АзССР М. Г. ШАХТАХТИНСКИЙ, Б. А. ГУСЕЙНОВ,
М. А. КУРБАНОВ, Ю. Н. ГАЗАРЯН, А. О. ГУЛИЕВ

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА ПОЛИЭТИЛЕН — ЦТС

В последнее десятилетие интерес к пирозлектрическим свойствам полимеров, широко применяющимся в качестве ИК-приемников вместо кристаллических или керамических материалов, все более возрастает [1]. Эти приемники обладают большим быстродействием вследствие малой теплоемкости пленок; кроме того, они имеют большую площадь и обладают хорошими физико-механическими свойствами. В основном внимание сконцентрировано на исследовании пирозлектрических свойств поливинилиденфторида (ПВДФ) и его сополимеров. В ПВДФ после поляризации в электрическом поле порядка 200 мВ/м при 373 К [2] наблюдается достаточно высокий пирокоэффициент — до 40 мкКл/(м²·К) и пироэффект считается связанным с поляризацией, возникающей при ориентации диполей в объеме полимера [3]. Однако пирозлектрический эффект в ПВДФ в большей степени зависит от условий изготовления пленки, условий поляризации, нестабилен по величине и во времени. Для успешного использования полимеров в пирозлектрических приемниках излучения необходимо увеличить их пирокоэффициент и улучшить стабильность пироэффекта. Одним из путей решения этой задачи является использование полимерных композиций, наполненных порошком сегнетоэлектрической керамики. В [4] исследовались пирозлектрические свойства композиций ТГС — кремний — органическая резина. При содержании ТГС 60 об.% получен $\gamma = 16$ мкКл/(м²·К). В работе [5] изучались пирозлектрические свойства полимерных композитов, которые получались введением в расплав ПЭ и ПВДФ пудры сегнетокерамики РbTiO₃ и ЦТС. Образцы поляризовались при постоянном напряжении 1,4 кВ при температуре 160 °С в течение 1 ч. Для состава ПВДФ — РbTiO₃ получено, что с увеличением содержания РbTiO₃ в смеси от 10 до 70 об.% γ нелинейно растет от 10 до 130 мкКл/(м²·К).

В данной статье приведены результаты исследования пирозлектрических свойств полимерной композиции на основе полиэтилена высокой плотности, наполненного порошком керамики ЦТС-19, в зависимости от напряжения и температуры поляризации. Порошки полиэтилена высокой плотности (ПЭ) и керамики ЦТС-19 смешивались при объемном содержании ЦТС-19 от 30 до 60%. Из смеси при температуре 433 К и давлении 10 МПа прессовались пленки в виде дисков диаметром 40 мм и толщиной 0,1 мм. Прессование проводилось между двумя алюминиевыми фольгами, толщина образца задавалась прокладкой. В процессе прессования к образцу припрессовывались алюминиевые электроды диаметром 30 мм. Образцы выдерживались под дав-

лением в течение 10 мин., а затем быстро охлаждались до комнатной температуры в воде.

Далее образцы поляризовались при температурах от комнатной до 413 К при напряженностях поля от 5 до 8 МВ/м. Образцы выдерживались при данной температуре в поле в течение часа, а затем ох-

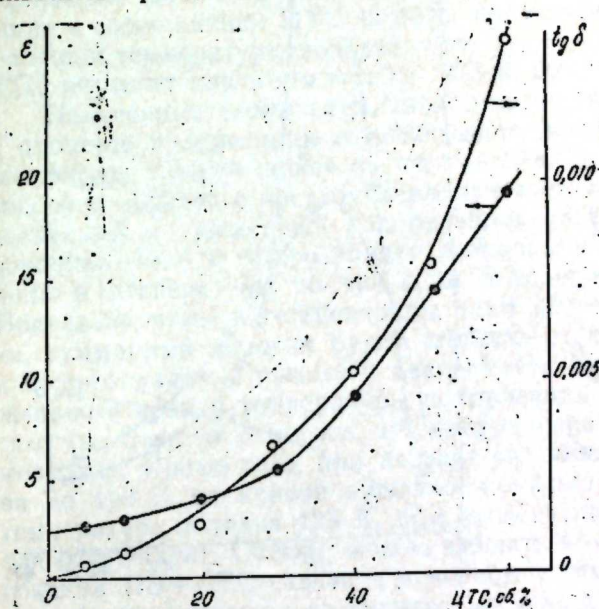


Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ от содержания ЦТС в композите

лаждались в поле до комнатной температуры в течение 30 мин. Поляризованные образцы помещались в экранированную камеру между двумя электродами, подсоединенными ко входу электрометра — вольтметра В7-30, и нагревались с постоянной скоростью 8 К/мин. Регистрация тока производилась с помощью двухкоординатного самописца, на вход X которого подсоединялась термopара, измеряющая температуру образца.

При многократных нагреваниях образца до 373 К с последующим охлаждением до комнатной температуры ток постепенно уменьшался до 7—8 циклов нагрева. В дальнейших циклах нагрева по величине он практически не менялся. При нагревании образца до 413 К ток достигал максимума при температуре порядка 383—393 К, а затем уменьшался. При последующих нагревах до 373 К ток воспроизводился по величине. Пирокоэффициент γ рассчитывался по величине тока, по формуле $\gamma = \frac{I}{A \cdot \beta}$, где A — площадь электродов, β — скорость нагрева образца.

На рис. 1 приведена зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса уже диэлектрических потерь композитов от содержания ЦТС. Как видно, диэлектрическая проницаемость с увеличением количества ЦТС возрастает от 2,4 до 20.

На рис. 2 показана зависимость отношения пирокоэффициента к диэлектрической проницаемости от температуры для композиций с различным содержанием ЦТС при температуре поляризации 373 К и напряженности электрического поля $E_n = 6$ МВ/м. Достаточно большой

пирокоэффициент имеют композиции с содержанием ЦТС более 40 об. %.

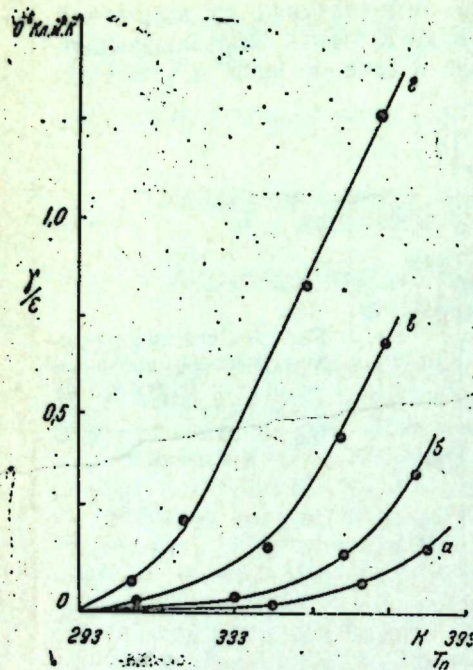


Рис. 2. Зависимость γ/ϵ от температуры для композитов с различным содержанием ЦТС: а — 30; б — 40; в — 50; г — 60 об. %

На рис. 3 приведена зависимость γ/ϵ от напряженности поля поляризации при температуре 373 К для композиций с содержанием ЦТС

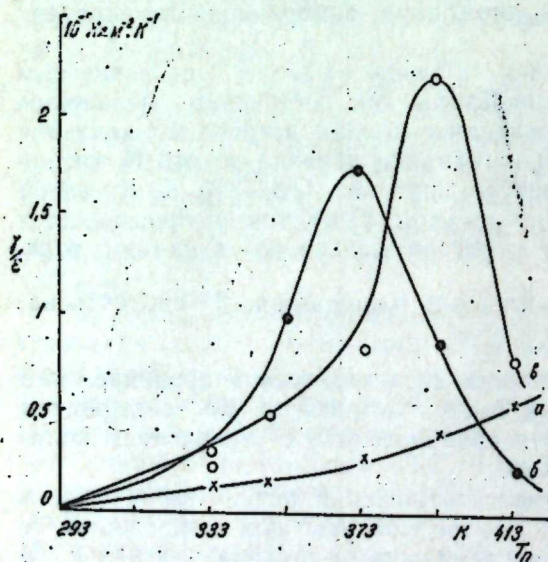


Рис. 3. Зависимость γ/ϵ от напряженности поля поляризации

Рис. 4. Зависимость γ/ϵ от температуры поляризации

40% (кр. а), 50% (кр. б) и 60% (кр. в). Как видно, для композиции с содержанием ЦТС 40% пирокоэффициент с увеличением напряжен-

ности поля поляризации возрастает и достигает насыщения при $E_{\text{п}} \sim 6,2$ МВ/м, а для композиций с содержанием ЦТС 50 и 60% имеет максимум при напряженностях поля порядка 6,1—6,3 МВ/м.

На рис. 4 приведена зависимость γ/ϵ от температуры поляризации при напряженности поля поляризации 60 МВ/м для композиций с содержанием ЦТС 40% (кр. а), 50% (кр. б) и 60% (кр. в). Для композиции с содержанием ЦТС 40 об. % пирокоэффициент возрастает с увеличением температуры поляризации; для композиций, содержащих 50% ЦТС, он имеет максимум при $T_{\text{п}} = 373$ К, 60% — при 393 К.

Полученные результаты, по-видимому, можно объяснить тем, что в процессе поляризации в композиции возникает два рода зарядов: гомозаряд, образующийся за счет инжекции носителей заряда с электродов в образец с последующим захватом их ловушки, и гетерозаряд, связанный с дипольной поляризацией частичек ЦТС. Скорости накопления гомо- и гетерозарядов различны и зависят от напряженности поля и температуры поляризации и содержания ЦТС в композиции. Поскольку гомо- и гетерозаряды дают пироток противоположного знака, суммарный пироток будет зависеть от соотношения величин гомо- и гетерозарядов. Поэтому в зависимости пирокоэффициента от напряженности поля и температуры поляризации должны наблюдаться максимумы. Следует отметить, что направление пиротока соответствует гомозаряду. Кроме того, при нагревании образца в первом цикле нагрева до 443 К на кривой пиротока появляется второй максимум — при температуре порядка 423 К, при последующем нагреве до 373 К пироток отсутствует. Отсюда можно сделать вывод, что пироеффект в композиции ПЭ+ПТС связан в основном с гомозарядом, локализованным в глубоких ловушках на границе раздела двух фаз — ПЭ и ЦТС.

Литература

1. Mc Fee J. H., Bergman Y. G., Jr., Crane G. R.—Ferroelectrics, 1972, 3, 305.
2. Day A. W., Hamilton G. A., Peterson R. L., Phelan R. T., Jr., Mullen L. O.—Appl. Phys. Lett., 1974, 24, 456.
3. Wada J., Hayakawa R.—Jap. J. Appl. Phys., 1976, 15, 2041.
4. Mendiola J., Jimenez B., Alemany C., Maurer E.—Ferroelectrics, 1981, 33, № 1—4, 1201.
5. Yamazaki H., Kitayama T.—Ferroelectrics, 1981, 33, № 1—4, 147.

СКБ „Регистр“ Института физики АН АзССР

Поступило 5. VII 1983

М. И. Шахтахтински, Б. Э. Гусейнов, М. Э. Гурбанов, J. Н. Газарян, А. О. Гулиев
ПОЛИЭТИЛЕН — ЦТС — 19 КОМПОЗИСИЯСЫНЫН ПИРОЭЛЕКТРИК ХАССЭЛЭРИ

Мәғаләдә полиетилен — ЦТС — 19 полимер композисијасы пироэлектрик эффект композисијада ЦТС — 19-ун һәчми һисәбәтіндән вә полјаризәләшмә шәраитиндән асылы оларғ тәдғиг едилмишдир.

Фәз едилр ки, композисијада пироеффект әсасән полиетилен вә ЦТС-и ајыран сәрһәддә јерләшән дәрин тәләләрдәки һомо-јүкләрлә шәртләнир.

М. G. Shakhhtakhtinsky, B. A. Guseinov, M. A. Kurbanov,
Yu. N. Gazaryan, A. O. Guliev

PYROELECTRIC EFFECT OF THE POLYETHYLENE-PZT COMPOSITE

The effect of polarization conditions and volume contents of PZT in polyethylene-PZT composites on the pyroelectric coefficient was investigated. It is suggested that pyroeffect in composites is due to the homocharges localized in depth traps on the interface between PE and PZT.

УДК 538.111

ТЕОРИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Чл.-корр. АН АзССР Ю. М. СЕИДОВ, А. М. СУЛЕЙМАНОВ

К ТЕОРИИ ДВУХМАГНОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА
В СИНГЛЕТ-ТРИПЛЕТНЫХ АНТИФЕРРОМАГНЕТИКАХ

В предыдущей работе [1] нами было рассмотрено двухмагнонное поглощение света в синглет-триплетных ферромагнетиках. Настоящая статья посвящена исследованию возможности поглощения света в синглет-триплетных антиферромагнетиках.

Гамильтониан синглет-триплетного антиферромагнетика, находящегося в однородном электрическом поле $\vec{E}$, можно записать в виде

$$H = H_0 - \vec{E} \cdot \vec{p}, \quad (1)$$

где

$$H_0 = \sum_i V_{кр.i} - \sum_{i,j} I(i-j) \vec{I}_i \cdot \vec{I}_j - D \cdot \left(\sum_i I_i^2 \cdot J_i^2 + \sum_j I_j^2 \cdot J_j^2 \right) \quad (2)$$

есть оператор энергии системы, а

$$\vec{p} = \sum_{i,j} \vec{\pi}_{ij} \cdot (\vec{I}_i \cdot \vec{I}_j) \quad (3)$$

— электрический дипольный момент системы, связанный с парой спинов i -го и j -го ионов.

Здесь $V_{кр.i}$ — потенциал кристаллического поля i -го иона, который дает синглетное основное и триплетное возбужденное состояния, разделенные энергетической щелью Δ , $\vec{I}_i$ — полный угловой момент i -го иона, $I(i-j)$ — эффективное обменное взаимодействие между i -м и j -м ионами, D — константа анизотропии, $\vec{\pi}_{ij}$ — вектор электрической поляризации для синглет-триплетных антиферромагнетиков. В данном случае $I(i-j) < 0$, т. е. рассматриваемая система антиферромагнитная.

Вычислим и исследуем диэлектрическую восприимчивость, обусловленную электрическим дипольным моментом в синглет-триплетных антиферромагнетиках. Для этого воспользуемся техникой двухвременной функции Грина [2]. В первом приближении по $\vec{E}$ диэлектрическая восприимчивость выражается через соответствующие функции Грина следующим образом:

$$\vec{\epsilon}(\omega) = -i \int_{-\infty}^{+\infty} dt' \cdot e^{i\omega(t-t')} \cdot \langle \langle \vec{p}(t) | \vec{p}(t') \rangle \rangle. \quad (4)$$

В представлении псевдоспинового формализма [3] гамильтониан (2) и электрический дипольный момент (3) имеют вид

$$H_0 = \Delta \cdot \left(\sum_i \vec{S}_i \cdot \vec{T}_i + \sum_j \vec{S}_j \cdot \vec{T}_j \right) - \sum_{i,j} I(i-j) \cdot (\alpha \vec{S}_i + \beta \vec{T}_i) \cdot (\alpha \vec{S}_j + \beta \vec{T}_j) -$$

$$- D \cdot \left[\sum_i (\alpha S_i^2 + \beta T_i^2) + \sum_j (\alpha S_j^2 + \beta T_j^2) \right], \quad (5)$$

$$\vec{p} = \sum_{i,j} \vec{\pi}_{ij} \cdot (\alpha \vec{S}_i + \beta \vec{T}_i) \cdot (\alpha \vec{S}_j + \beta \vec{T}_j), \quad (6)$$

где $\vec{S}$ и $\vec{T}$ — новые спиновые операторы, соответствующие спину 1/2 и вводимые преобразованием $\vec{I} = \alpha \vec{S} + \beta \vec{T}$ с действительными коэффициентами α и β [3].

Выражая гамильтониан (5) через операторы вторичного квантования с помощью преобразования Гольштейна—Примакова для спиновых операторов $\vec{S}$ и $\vec{T}$ (учитывая антиферромагнитность спинов $\vec{S}$ и $\vec{T}$ соответственно для четных и нечетных узлов), переходя от узельного представления к импульсному и выбирая соответствующее преобразование [4], диагонализующее гамильтониан (5), получим для H_0 и $\vec{p}$ следующие выражения:

$$H_0 = \sum_k (\omega_{k1} \alpha_k^+ \alpha_k + \omega_{k2} \beta_k^+ \beta_k + \omega_{k3} j_k^+ j_k + \omega_{k4} \xi_k^+ \xi_k), \quad (7)$$

$$\vec{p} = \sum_k (\vec{\Pi}_{k1} \cdot p_{k1} + \vec{\Pi}_{k2} \cdot p_{k2} + \vec{\Pi}_{k3} \cdot p_{k3} + \vec{\Pi}_{k4} \cdot p_{k4}). \quad (8)$$

Здесь ω_{k1} , ω_{k2} , ω_{k3} , и ω_{k4} — энергии элементарных возбуждений синглет-триплетных антиферромагнетиков [4]. Коэффициенты $\vec{\Pi}_{k1}$, $\vec{\Pi}_{k2}$, $\vec{\Pi}_{k3}$, $\vec{\Pi}_{k4}$ и операторы p_{k1} , p_{k2} , p_{k3} , p_{k4} имеют следующий вид:

$$\vec{\Pi}_{k1} = \vec{\Pi}_{k2} = [(a^2 S + \beta^2 T) \cdot (u_{1k} u_{2k} + v_{1k} v_{2k}) + c \beta \sqrt{ST} \times \\ \times (u_{1k}^2 + u_{2k}^2 + v_{1k}^2 + v_{2k}^2)] \cdot \vec{\pi}(k),$$

$$\vec{\Pi}_{k3} = [2 \alpha \beta \cdot \sqrt{ST} \cdot (u_{1k} u_{2k} + v_{1k} v_{2k}) + a^2 S (u_{1k}^2 + v_{1k}^2) + \\ + \beta^2 T (u_{2k}^2 + v_{2k}^2)] \cdot \vec{\pi}(k),$$

$$\vec{\Pi}_{k4} = [2 \alpha \beta \cdot \sqrt{ST} \cdot (u_{1k} u_{2k} + v_{1k} v_{2k}) + a^2 S (u_{1k}^2 + v_{1k}^2) + \\ + \beta^2 T (u_{2k}^2 + v_{2k}^2)] \cdot \vec{\pi}(k),$$

$$p_{k1} = \alpha_k \beta_{-k} + \alpha_k^+ \beta_{-k}^+,$$

$$p_{k2} = j_k \xi_{-k} + j_k^+ \xi_{-k}^+,$$

$$p_{k3} = j_k \beta_{-k} + j_k^+ \beta_{-k}^+,$$

$$p_{k4} = \alpha_k \xi_{-k} + \alpha_k^+ \xi_{-k}^+.$$

где $\vec{\pi}(k) = \sum_{i,j} \vec{\pi}_{ij} \cdot e^{-ik(\vec{R}_i - \vec{R}_j)}$ — Фурье-образ вектора $\vec{\pi}_{ij}$, u_{1k} , u_{2k} , v_{1k} , v_{2k} — коэффициенты унитарного преобразования, диагонализующего H_0 [4].

Таким образом, спектр ω_k коллективных возбуждений рассматриваемой системы состоит из четырех ветвей — двух магнонных ($u=1,2$) и двух «магнитных экситонных» ($u=3,4$). С другой стороны, электрический дипольный момент (8) описывает следующие четыре процесса

возможного поглощения света коллективными модами в синглет-триплетных антиферромагнетиках:

1) поглощение света с возбуждением одного магнона ветви $\kappa=1$ и одного магнона ветви $\kappa=2$;

2) поглощение света с возбуждением одного «экситона» ветви $\kappa=3$ и одного «экситона» ветви $\kappa=4$;

3) поглощение света с возбуждением одного магнона ветви $\kappa=2$ и одного «экситона» ветви $\kappa=3$;

4) поглощение света с возбуждением одного магнона ветви $\kappa=1$ и одного «экситона» ветви $\kappa=4$ с противоположно направленными волновыми векторами.

Таким образом, возможность двухмагнонного поглощения в синглет-триплетных антиферромагнетиках богаче, чем в синглет-триплетных ферромагнетиках [1] из-за наличия четырех ветвей спектра.

Для вычисления диэлектрической восприимчивости, соответствующей каждому из вышеупомянутых четырех процессов, будем использовать формулу (4). Для удобства введем следующие обозначения:

$$\vec{p}_{(1)} = \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 1} \cdot p_{\kappa 1}, \quad (9)$$

$$\vec{p}_{(2)} = \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 2} \cdot p_{\kappa 2}, \quad (10)$$

$$\vec{p}_{(3)} = \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 3} \cdot p_{\kappa 3}, \quad (11)$$

$$\vec{p}_{(4)} = \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 4} \cdot p_{\kappa 4}. \quad (12)$$

Подставляя (9) в (4), для диэлектрической восприимчивости $\vec{\epsilon}(\omega)$, соответствующей процессу (1) поглощения света в синглет-триплетных антиферромагнетиках, получим следующее выражение:

$$\vec{\epsilon}_{(1)}(\omega) = -2\pi i \cdot \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 1} \cdot G(p_{\kappa 1}; \omega); \quad (13)$$

где $G(p_{\kappa 1}; \omega)$ — Фурье компонента двухвременной функции Грина типа

$$G(p_{\kappa 1}(\tau_1); p_{\kappa 1}(\tau_2)) = -i \cdot \theta(\tau_1 - \tau_2) \cdot \langle [p_{\kappa 1}(\tau_1), p_{\kappa 1}(\tau_2)] \rangle. \quad (14)$$

Из уравнения движения для функции $G(p_{\kappa 1}; \omega)$ получим

$$G(p_{\kappa 1}; \omega) = \frac{(2\pi)^{-1} \cdot \vec{\Pi}_{\kappa 1} \cdot \langle \alpha_{\kappa}^+ \alpha_{\kappa} + \beta_{\kappa} \beta_{\kappa}^+ \rangle}{\omega - (\omega_{\kappa 1} + \omega_{\kappa 2})}. \quad (15)$$

Подставляя (15) в (13), для $\vec{\epsilon}_{(1)}(\omega)$ имеем

$$\vec{\epsilon}_{(1)}(\omega) = -i \cdot \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 1} \cdot \vec{\Pi}_{\kappa 1} \cdot \langle \alpha_{\kappa}^+ \alpha_{\kappa} + \beta_{\kappa} \beta_{\kappa}^+ \rangle / (\omega - (\omega_{\kappa 1} + \omega_{\kappa 2})). \quad (16)$$

Как видно из (16), в данном процессе (процессе 1) поглощения света синглет-триплетным антиферромагнетиком участвуют два магнона, т.е. поглощение электромагнитного излучения сопровождается возбуждением двух магнонов — одного магнона из ветви 1 (с энергией $\omega_{\kappa 1}$) и одного магнона из ветви 2 (с энергией $\omega_{\kappa 2}$).

Теперь, подставляя (10) в (4), можно найти выражение для ди-

электрической восприимчивости $\vec{\epsilon}_{(2)}(\omega)$, соответствующей процессу 2) поглощения света в синглет-триплетных антиферромагнетиках:

$$\vec{\epsilon}_{(2)}(\omega) = -2\pi i \cdot \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 2} \cdot G(p_{\kappa 2}; \omega). \quad (17)$$

Из уравнения движения для функции Грина $G(p_{\kappa 2}; \omega)$ можно получить

$$G(p_{\kappa 2}; \omega) = \frac{(2\pi)^{-1} \cdot \vec{\Pi}_{\kappa 2} \cdot \langle j_{\kappa}^+ j_{\kappa} + \xi_{\kappa} \xi_{\kappa}^+ \rangle}{\omega - (\omega_{\kappa 3} + \omega_{\kappa 4})}. \quad (18)$$

Подставляя (18) в (17) для $\vec{\epsilon}_{(2)}(\omega)$ находим

$$\vec{\epsilon}_{(2)}(\omega) = -i \cdot \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 2} \cdot \vec{\Pi}_{\kappa 2} \cdot \langle j_{\kappa}^+ j_{\kappa} + \xi_{\kappa} \xi_{\kappa}^+ \rangle / (\omega - (\omega_{\kappa 3} + \omega_{\kappa 4})). \quad (19)$$

Как видно из (19), в этом процессе (процессе 2) поглощения света синглет-триплетным антиферромагнетиком участвуют два «экситона», т.е. поглощение света сопровождается возбуждением двух «экситонов» — одного «экситона» из ветви 3 (с энергией $\omega_{\kappa 3}$) и одного «экситона» из ветви 4 (с энергией $\omega_{\kappa 4}$).

Аналогичными вычислениями можно найти выражения для диэлектрических восприимчивостей $\vec{\epsilon}_{(3)}(\omega)$ и $\vec{\epsilon}_{(4)}(\omega)$, соответствующих процессам 3) и 4) поглощения света в синглет-триплетных антиферромагнетиках:

$$\vec{\epsilon}_{(3)}(\omega) = -i \cdot \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 3} \cdot \vec{\Pi}_{\kappa 3} \cdot \langle \beta_{\kappa}^+ \beta_{\kappa} + j_{\kappa} j_{\kappa}^+ \rangle / (\omega - (\omega_{\kappa 2} + \omega_{\kappa 3})). \quad (20)$$

$$\vec{\epsilon}_{(4)}(\omega) = -i \cdot \sum_{\kappa} \vec{\Pi}_{\kappa 4} \cdot \vec{\Pi}_{\kappa 4} \cdot \langle \alpha_{\kappa}^+ \alpha_{\kappa} + \xi_{\kappa} \xi_{\kappa}^+ \rangle / (\omega - (\omega_{\kappa 1} + \omega_{\kappa 4})). \quad (21)$$

Применение полученных выражений диэлектрических восприимчивостей (16), (19) — (21) для анализа двухмагнонного поглощения в конкретном синглет-триплетном антиферромагнетике будет рассмотрено нами в отдельной работе.

Литература

1. Сендов Ю. М., Сулейманов А. М. — Докл. АН АзССР, 1980, т. XXXVI, № 7.
2. Тябликов С. В. Квантовые методы теории магнетизма. — М.: Наука, 1965.
3. Blume M. and Hsieh Y. Y. — Phys. Rev., 1972, В 6, 2684.
4. Сулейманов А. М. — Изв. АН АзССР. Сер. физ.-техн. и матем. наук, 1976, № 4.

Институт физики АН АзССР

Поступило 14. XI 1983

Ж. М. Сеидов, А. М. Сулейманов

СИНГЛЕТ-ТРИПЛЕТ АНТИФЕРРОМАГНИТЛЭРДЭ ИШЫҒЫН ИКИМАГНОНЛУ УДУЛМАСЫ НЭЗЭРИЛЖЭСИНЭ ДАИР

Мәгәләдә синглет-триплет антиферромагнитләрдә ишығын икимагнонлу удулмасын дан бәһс олунур. Бурада грин функциясы методундан истифаде едилмиш, системин

диелектрик гаврајычылыгы һесаблинмышдыр. Диелектрик гаврајычылыгы үчүн алынмыш ифадәни тәдқиғ етмәклә, синглет-триплет ферромагнитләрдә ишығын икинмаг-нонлу удулмасы һадисәсиниһи мүмкүн олмасы мүүжән едилмишдир.

Yu. M. Seidov, A. M. Suleimanov

THE THEORY OF TWO-MAGNON ABSORPTION OF LIGHT IN THE SINGLET-TRIPLET ANTIFERROMAGNETS

The two-magnon absorption of light in the singlet-triplet antiferromagnets is investigated. We used the multi-time Green function method. It elucidated the possibility of two-magnon absorption of light in the singlet-triplet antiferromagnets.

УДК 547.261 543.331

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

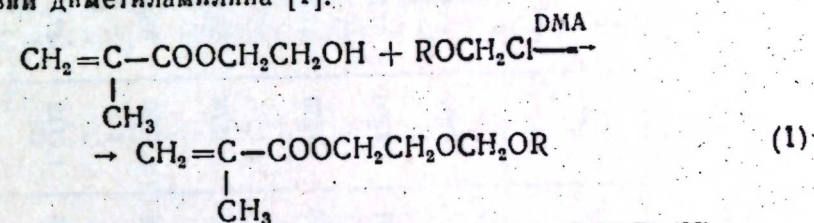
А. С. РЗАЕВ, Я. Д. ГАСЫМОВА, Р. К. АЛЕКПЕРОВ

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ β-АЛКОКСИМЕТОКСИЭТИЛМЕТАКРИЛАТОВ

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

Литературные данные о свойствах эфиров метакриловых кислот относятся в основном к незамещенным алкиловым эфирам метакриловой кислоты. Что же касается алкоксизамещенных алкиловых эфиров метакриловой кислоты, то они почти не исследованы. Целью нашего исследования является синтез и изучение взаимного влияния кратной связи алкоксиметоксиналкиловых групп в алкоксиметоксиметакрилате на реакционные свойства молекул в целом.

β-Алкоксиметоксиэтилметакрилаты (I—VII) были получены взаимодействием α-хлорметилалкиловых эфиров с оксиалкилметакрилатом в присутствии диметиламина [1]:



R=CH₃ (I); C₂H₅ (II); C₆H₁₃ (III); C₃H₇ (IV); C₂H₄Cl (V); C₆H₁₁ (VI); COCH₂Cl (VII)

константы полученных соединений приведены в таблице.

Найдено, что, в отличие от алкилметакрилатов [2], этоксиметоксизтилметакрилат не вступает в реакцию со вторичными аминами ни по кратной связи, ни по карбоалкоксигруппе. По-видимому, это является следствием влияния метильной группы на реакционную способность молекулы в целом.

Изучено взаимодействие β-этоксиметоксизтилового эфира метакриловой кислоты с метиловым спиртом. Найдено, что независимо от температуры (20—40°) и времени (6—12 ч), в отличие от алкиловых эфиров метакриловой кислоты которые в аналогичных условиях образуют продукты присоединения [3], алкоксиметоксизтилметакрилаты в реакцию с указанным спиртом не вступают.

Следовательно, в данном случае накопление кислородных атомов в карбоэтоксиметоксиналкильной группе приводит к увеличению ее основности, в результате чего уменьшается реакционная способность кратной связи.

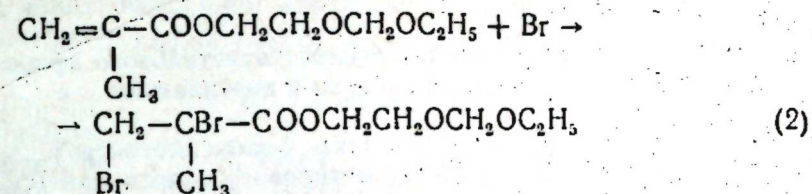
Бромирование этоксиметоксизтилметакрилата при низкой темпе-

Физико-химические константы β-алкоксиметоксиэтиловых эфиров метакриловой кислоты общей формулы $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{OR}$

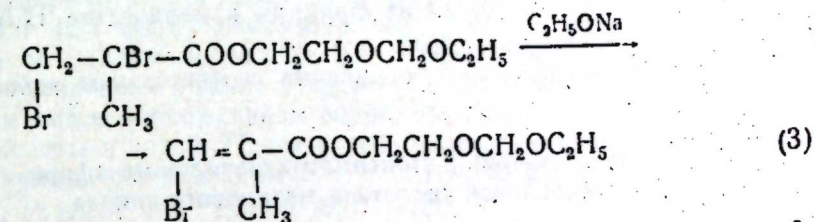
№ соединения	R	Т. кип., °C (p, мм)	Выход, %	d_4^{20}	n_D^{20}	MR _D		Найдено, %		Ф-ла	Вычислено, %	
						найд.	выч.	C	H		C	H
II	C ₂ H ₅	69(1)	76	0,9905	1,4242	48,45	48,72	57,70	8,82	C ₉ H ₁₀ O ₄	57,44	8,51
III	C ₆ H ₅	140(1)	78	0,9521	1,4380	67,27	66,75	63,66	9,62	C ₁₃ H ₁₄ O ₄	63,93	9,83
IV	C ₃ H ₇	100—101 (3)	80	1,0113	1,4450	52,63	52,88	60,32	8,21	C ₁₀ H ₁₆ O ₄	60,00	8,00
V	C ₃ H ₇ Cl*	126(1)	75	1,1393	1,4578	53,27	53,54	48,67	6,92	C ₉ H ₁₃ O ₄ Cl	48,54	6,74
VI	C ₆ H ₁₁	163—164 (1)	71	1,0425	1,4720	65,00	65,26	64,71	9,22	C ₁₃ H ₂₂ O ₄	64,46	9,09
VII	COCH ₂ Cl**	130(1)	72	1,2280	1,4712	47,52	47,23	46,35	5,41	C ₈ H ₁₁ O ₄ Cl	46,49	5,33

Примечание. *—найдено Cl, %—16,11, выч. 15,9; **—найдено Cl, %—17,21, выч. 17,19.

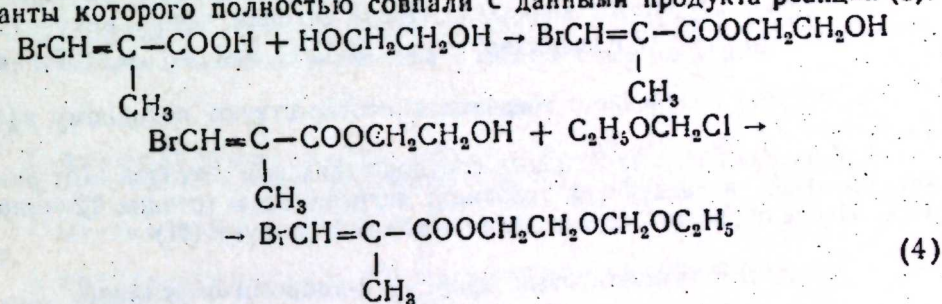
ратуре [4] был получен с высоким выходом β-этоксиметоксиэтиловый эфир 2,3-дибромизомасляной кислоты (VIII):



При действии метилатом натрия на (VIII) в условиях [5] получен *транс*-β-этоксиметоксиэтиловый эфир β-бромметакриловой кислоты (IX):



Для доказательства строения (IX) вначале была получена *транс*-β-бромметакриловая кислота, из которой затем синтезирована *транс*-β-оксиэтил-β-бромметакриловая кислота; взаимодействием последней с α-хлорметилэтиловым эфиром в условиях [1] получен эфир (IX), константы которого полностью совпали с данными продукта реакции (3):



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

β-Метоксиметоксиэтиловый эфир метакриловой кислоты (1)

К раствору 13 г (0,1 моля) β-оксиэтилового эфира метакриловой кислоты и 12 г (0,1 моля) диметиланилина в 60 мл эфира при 5°C в токе азота по каплям прибавляли 8 г (0,1 моля) свежеперегнанного α-хлорметилметилового эфира, растворенного в 25 мл серного эфира. Перемешивание продолжали 3 ч при 30°C. После охлаждения реакционную массу промывали водой, 3%-ным раствором соляной кислоты и 3%-ным раствором углекислого калия. После сушки хлористым кальцием и отгонки эфира вакуумной разгонкой выделено 15,1 г 87%-ного эфира 1:1. кип. 78—79°C (3 мм), d_4^{20} 1,0354, n_D^{20} 1,4354. MR_D найд. 43,88, выч. 44,03.

Найдено, %: C 55, 23;
Вычислено, %: C 55, 17;

H 8, 34.
H 8, 04.

C₈H₁₄O₄.

По аналогичной методике синтезированы β -алкоксиметоксиэтиловые эфиры метакриловой кислоты II—VII, константы которых приведены в таблице.

Взаимодействие β -этоксиметоксиэтилового эфира метакриловой кислоты и диэтиламина

К раствору 18,8 г (0,2 моля) β -этоксиметоксиэтилового эфира метакриловой кислоты в 50 мл метилового спирта при 0°C и перемешивании в течение 30 мин по каплям прибавляли 7,3 г (0,1 моля) диэтиламина. После десятичасового перемешивания при комнатной температуре массу промывали водой и высушивали хлористым кальцием. Вакуумной разгонкой выделена фракция в количестве 17,5 г.: т. кип. 69°C (1 мм), d_4^{20} 0,9900, n_D^{20} 1,4235.

Константы выделенного соединения соответствуют исходному эфиру (II).

Взаимодействие β -этоксиметоксиэтилового эфира метакриловой кислоты и метилового спирта

а. Смесь 18,8 г (0,1 моля) II, 8 г (0,25 моля) метилового спирта, содержащего 0,3 метилата натрия, при комнатной температуре перемешивали в течение 6 ч. Затем добавляли 50 мл эфира. Реакционную массу промывали 5%-ным раствором углекислого натрия и высушивали безводным хлористым кальцием. После отгонки эфира вакуумной разгонкой выделено 17 г вещества: т. кип. 68°C (1 мм), d_4^{20} 0,9897, n_D^{20} 1,4240.

Константы полученного соединения соответствуют исходному эфиру (II).

б. При аналогичных мольных соотношениях компонентов этот опыт был проведен в следующих условиях: нагревание в течение 12 ч при 40°C. После обработки был выделен исходный продукт (II).

β -этоксиметоксиэтиловый эфир, α , β -дибромизомасляной кислоты (VIII)

К смеси 9,9 г (0,05 моля) β -этоксиметоксиэтилового эфира метакриловой кислоты и 50 мл хлороформа при -5°C по каплям добавляли 8 г (0,05 моля) брома в 20 мл хлороформа. Затем реакционную массу дважды промывали 3%-ным раствором углекислого натрия, сушили безводным хлористым кальцием. После отгонки хлороформа вакуумной разгонкой выделено 15,5 г (89%) VIII: т. кип. 132—133°C (2 мм), d_4^{20} 1,5711, n_D^{20} 1,4927. M_R_D найд. 64,34. выч. 64,03.

Найдено, %: C 31, 19; 31, 27; H 4, 384, 69; Br 45, 49; 45, 68. $C_9H_{16}O_4Br_2$.

Вычислено, %: C 31, 03; H 4, 59; Br 45, 98.

Транс- β -этоксиметоксиэтиловый эфир β -бром-метакриловой кислоты (IX)

а. К раствору 17,4 г (0,05 моля) VIII в 50 мл метилового спирта при температуре -5°C добавляли 30 мл метилового спирта, содержа-

щего 2,7 г метилата натрия. Перемешивание продолжали 20 мин. Затем добавляли 100 мл эфира. Из эфирного экстракта отгоняли эфир и метиловый спирт; вакуумной разгонкой выделено 12,4 г (93,5%) IX: т. кип. 119—120°C (1 мм), d_4^{20} 1,3338, n_D^{20} 1,4720. M_R_D найд. 56,06, выч. 56,43.

Найдено, %: C 40, 25; 30, 39; H 5, 42; 5, 75; Br 29, 77; 29, 81. $C_9H_{15}O_4Br$.

Вычислено, %: C 40, 44; H 5, 61; Br 29, 96.

ИК-спектр, cm^{-1} : 1605 ($CH=C<$), 1765 ($C=O$), 1130, 1063 ($O-C-O$), 1080, 1190 ($C-O-C$).

б. К смеси, состоящей из 16,7 г (0,08 моля) транс- β -оксипропилового β -бромметакрилата (полученного из β -бромметакрилата и этиленгликоля), 12,1 г (0,1 моля) диметиланилина в 50 мл эфира при 10°C в токе азота по каплям добавляли 9,4 г (0,1 моля) свежеперегнанного α -хлорметилэтилового эфира. Перемешивание продолжали 4 ч при 30°C. Затем смесь обрабатывали водой, промывали 5%-ным раствором соляной кислоты и водой. После сушки хлористым кальцием и отгонки эфира вакуумной разгонкой выделено 14,7 г (69%) соединения: т. кип. 119—120°C (1 мм), d_4^{20} 1,3255, n_D^{20} 1,4700.

Выводы

1. Впервые синтезированы 9 сложных эфиров и исследованы их физико-химические свойства.

2. Состав и структура синтезированных соединений доказаны микроэлементарным методом анализа и физическими методами.

Литература

1. Мамедов Шамхал.—Изв. АзФАН ССР, 1943, №3, с. 20-28.
2. Binovic M. K.—Bull. Soc. Chim., 1949, №3-4, p. 206.
3. Purdie T., Marsha W.—J. Chem. Soc., 1891, 59, 474.
4. Mislow B. K., Hellman H. M.—J. Amer. Chem. Soc., 1951, v. 78, I, p. 244-246.
5. Вейганд-Хильгетат. Методы эксперимента в органической химии.—М.: Химия, 1968, с. 99.

АПИ им. В. И. Ленина

Поступило 3. XII.1982

Э. С. Рзаев, J. Ч. Гасимова, Р. Г. Элакбаров

β -АЛКОКСИМЕТОКСИЭТИЛМЕТАКРИЛАТЫН СИНТЕЗИ ВЭ БЭ'ЗИ ТӨРЭМЭЛЭРИНИН ТЭДГИГИ

Мэгалэдэ β -алкоксиметоксипропилового β -бромметакрилата синтези вэ алкоксиметоксипропилового метакрилата икитат рабитэ илэ алкоксиметоксипропил группуну бүтөвлүкдэ молекулу кимжэ-ви хассэлэринэ тэ'сире өйрөнилмишдир.

A. S. Rzayev, Ya. D. Kasimova, R. K. Alekperov

THE SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF SOME DERIVATIVES OF β -ALCOXYMETHOXYETHYLMETACRYLATES

The aim of this investigation is the synthesis and the study of the multiple connection of alcoxymethoxyalkyl group in the alcoxymethoxymetacrylate and the research of the reactionary molecule properties in common.

Чл.-корр. АН АзССР ДЖ. И. ЗУЛЬФУГАРЛЫ, А. Б. АГАЕВ,
Р. А. АЗАДАЛИЕВ, У. Р. АЛИЕВА

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ CdTe—Gd₂Te₃

В последние годы большое внимание уделяется изучению полупроводниковых соединений на основе редких и редкоземельных элементов.

Сесквителлуриды, относящиеся к теллуридам РЗЭ подгруппы итрия, представляют собой тугоплавкие полупроводники с дефектной кристаллической решеткой типа Th₃P₄·Gd₂Te₃, например, при 65 К [1] является сверхпроводником с шириной запрещенной зоны $\Delta E = 0,74$ эВ [1], CdTe — перспективный фоточувствительный материал с высокой подвижностью носителей тока [3]:

$$\mu_e = 1,8 \cdot 10^3 \text{ см}^2/(\text{В.с.})$$

$$\mu_h = 600 \text{ см}^2/(\text{В.с.})$$

CdTe — высокоомный полупроводник с шириной запрещенной зоны $\Delta E = 1,43\text{—}1,57$ эВ [2]. Поэтому изучение характера химического взаимодействия между сесквителлуридом гадолиния и теллуридом кадмия, а также некоторых электрофизических свойств сплавов из области твердых растворов имеет, наряду с практическим, несомненно, и научное значение.

Синтез сплавов системы CdTe—Gd₂Te₃ проводили из элементарных компонентов (Cd, Gd, Te) при 1150—1200°C. Образцы сплавов системы для дальнейшего исследования отжигались в течение 250 ч при температуре 950—1000°C — в зависимости от содержания компонента CdTe. Гомогенизация и равновесность сплавов контролировались методами РФА, МСА и измерением микротвердости [1—3].

МСА показал, что в системе на основе CdTe растворяется до 1,5 мол. % Gd₂Te₃. Судя по результатам физико-химического исследования, в системе CdTe—Gd₂Te₃ образуется инконгруэнтно плавящееся соединение состава CdGd₂Te₄ [3].

Для определения границ твердых растворов на основе CdTe синтезировали сплавы состава 0,5; 7; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0 Омол. % Gd₂Te₃. Эти сплавы отжигали в течение 200 ч при температурах 200, 600 и 800°C, затем с помощью методов физико-химического анализа определяли границы твердых растворов, которые при комнатной температуре простираются до 1,5 мол. % Gd₂Te₃.

Электропроводность и термоэдс измеряли на поликристаллических образцах потенциометрическим методом в интервале от комнатной температуры до 750 К.

Электропроводность (ζ) сплавов с ростом содержания в них Gd₂Te₃

до 0,7 мол. % повышается почти на 1 один порядок. С дальнейшим увеличением содержания второго компонента в CdTe значение электропроводности уменьшается. При этом коэффициент термоэдс сначала резко (более чем в 6 раз) уменьшается (от 580 мкВ/град для CdTe до 50 мкВ/град для сплава, содержащего 0,3 мол. % Gd₂Te₃), а затем возрастает до 300 мкВ/град для сплава, содержащего 1 мол. % Gd₂Te₃. Такое изменение электропроводности объясняется тем, что малые количества Cd играют роль акцепторной примеси в узлах кристаллической решетки CdTe, вызывая увеличение проводимости. Дальнейшее повышение концентрации Gd₂Te₃ в сплавах приводит к образованию твердых растворов замещения, с чем и связано последующее уменьшение электропроводности.

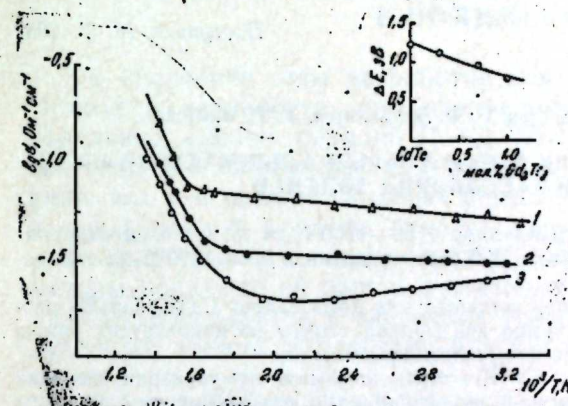


Рис. 1. Зависимость электропроводности от температуры:
1 — 0,1% Gd₂Te₃—99,9% CdTe;
2 — 0,05% Gd₂Te₃—99,95% CdTe;
3 — 0,07% Gd₂Te₃—99,93% CdTe

Измерение коэффициента термоэдс показывает, что в области максимума электропроводности термоэдс сначала уменьшается, а затем увеличивается. Максимумы кривых электропроводности соответствуют максимумам термоэдс. Такое изменение ζ и α обычно характерно

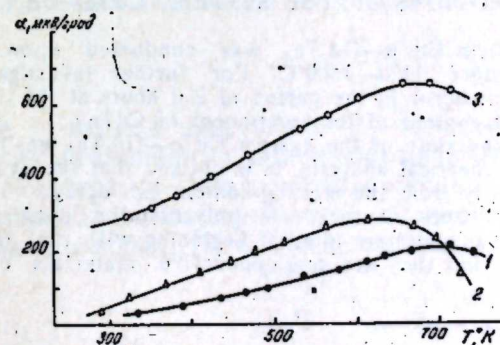


Рис. 2. Зависимость термоэдс от температуры:
1 — 0,1% Gd₂Te₃—99,9% CdTe;
2 — 0,5% Gd₂Te₃—99,95% CdTe;
3 — 0,07% Gd₂Te₃—99,93% CdTe

для твердых растворов. Тип проводимости CdTe и всех сплавов на его основе сохраняется электронным.

Температурная зависимость электропроводности сплавов (CdTe_{1-x}) (Gd₂Te₃)_x приводится на рис. 1. Как видно, электропроводность сплавов в зависимости от температуры увеличивается по экспоненциальному закону в области высоких T. Вычисленная энергия термической активации для этих сплавов по наклону зависимости $\lg \zeta \sim f(10^3/T)$

меняется в интервале 1,37—0,88 эВ. Полученные значения отвечают области собственной проводимости. Значение ΔE уменьшается от 1,37 эВ для CdTe до ~0,90 эВ для сплава, содержащего 1 мол. % Cd_2Te_3 . Значение термоэдс в зависимости от температуры увеличивается, проходя через максимум, в районе 625—670 К, а затем падает (рис. 2). По-видимому, характер изменения α обусловлен подвижностью носителей тока.

Литература

1. Физические свойства халькогенидов редкоземельных элементов/Под ред. В. П. Жузе. — Л.: Наука, 1973. 2. Угай Я. А. Введение в химию полупроводников. — М.: Высшая школа, 1975. 3. Рустамов П. Г., Алиев О. М., Курбанов Т. Х. Тройные халькогениды редкоземельных элементов. — Баку: Элм, 1981.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 18. V. 1982

Ч. И. Зүлфугарлы, А. Б. Агаев, Р. Э. Азадәлиев, У. Р. Әлијева

CdTe — Gd_2Te_3 СИСТЕМИНДӘ БӘРК МӘҖЛУЛЛАРЫН АЛЫНМАСЫ ВӘ БӘЗИ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ ХАССӘЛӘРИН ТӘДҖИГИ

CdTe— Gd_2Te_3 системиндәки бәрк мәҖлуллар 1150—1200°C-дә тәркиб элементләриндән синтез едилмишдир. Алынган нүмунәләр 250 саат мүддәтиндә 950—1000°C-дә дәмләнмәҖе гоҗулмушдур.

Физици-кимјәви анализин нәтиҗәләри әсасында илк дәфә олараг CdTe— Gd_2Te_3 системинин һал диаграмы гурулмуш, системини квазибинар олдуғу вә инконгруент әријән Cd Gd_2Te_3 бирләшмәсинин әмәлә кәлдији мүәјјәнләшдирилмишдир.

Отар температурундан башлајараг 750°K-ә гәдәр алынмыш нүмунәләрини електрик кечиричилији вә термо е. һ. г. өлчүлүш вә нүмунәләрини n-тип јарымкечиричи олдуғлары тәјјин едилмишдир.

Dj. I. Zulfugarly, A. B. Agayev, R. A. Azadaliyev, U. R. Aliyeva

THE RECEIVING AND INVESTIGATION OF SOME ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF THE SOLID SOLUTIONS OF THE SYSTEM CdTe— Gd_2Te_3

The synthesis of alloys of the system CdTe— Gd_2Te_3 was conducted upon the elementary components at the temperature 1150—1200°C. For further investigation specimens of alloys of the system were burnt in the period of 250 hours at the temperature 950—1000°C depending on the content of the component of CdTe.

For the first time the diagram of the state of the system CdTe— Gd_2Te_3 was built on the basis of the results of physico-chemical analysis. It is defined that the system is a quasi-binar and is formed incongruently from the melting content Cd Gd_2Te_3 .

Electroconductivity and thermo-emf were measured on polycrystalline specimens with the potentiometric method in the temperature interval beginning with the room temperature up to 750K. It is defined that they are semiconductive materials of p-type.

Чл.-корр. АН АзССР М. М. ГУСЕЙНОВ, Э. Б. ЗЕЙНАЛОВ,
Б. Ю. ТРИФЕЛЬ, В. А. КЕРИМОВА

О ПРИМЕНЕНИИ МОДЕЛЬНЫХ ЦЕПНЫХ РЕАКЦИЙ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА АНТИОКСИДАНТОВ В ПОЛИМЕРАХ

В последние годы разработан комплекс методов оценки антиоксидантной активности ингибиторов-антиоксидантов с использованием модельных цепных реакций [1—3]. Эти методы позволяют определять кинетические характеристики антиоксидантов как в индивидуальном виде, так и в составе сложных композиций. Например, с помощью модельной цепной реакции удалось проанализировать антиоксиданты в ряде природных и синтетических композиций [4—7]. Однако указанные методы пока еще не нашли достаточно широкого применения для анализа антиоксидантов в заводских условиях, хотя по достоверности полученных данных и удобству эти методы заслуживают особого внимания.

В данной статье излагаются результаты количественного анализа антиоксидантов в бутилкаучуке (БК) производства Сумгаитского завода синтетического каучука (СК). Анализ проводили с помощью модельной цепной реакции инициированного окисления кумола.

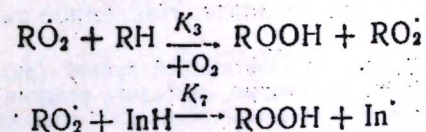
Легко показать, что если окисление кумола или другого углеводорода RH проводить в присутствии антиоксиданта [InH], то при условии обрыва всех цепей на ингибиторе выполняется соотношение [4].

$$\tau = \frac{f_n (\ln H)_0}{\omega_i}, \quad (1)$$

где τ — период индукции, f — коэффициент ингибирования, равный числу реакционных цепей, обрываемых одной ингибирующей группой ингибитора, n — число ингибирующих групп, ω_i — скорость инициирования. Для ингибированного окисления при малых степенях превращения, когда $[RH] \approx [RH]_0$, справедливо также выражение

$$\frac{\Delta(O_2)}{[RH]} = -\frac{K_3}{K_7} \ln(1 - t/\tau), \quad (2)$$

Здесь $\Delta(O_2)$ — количество поглощенного кислорода, RH — концентрация углеводорода, K_3 и K_7 — константы скорости соответственно продолжения и обрыва цепей:



Из уравнений (1) и (2) можно рассчитать концентрации ингибиторов-антиоксидантов $[InH]$ и соответствующие константы скорости ингибирования K_7 , л/(моль·с).

В качестве объекта исследования использовали БК промышленной марки «2545» с неопределенностью $2,4 \pm 0,2\%$ и содержанием согласно паспорту $0,18\%$ ($8,2 \cdot 10^{-3}$ моль/кг) введенного антиоксиданта — неозона-Д (норма по ТУ 38003169-79 — $0,1-0,3\%$). Других ингибирующих добавок полимер не содержал. Действительно, анализ БК «2545», взятого в концентрации 5 г/л, при ω окисления кумола $7,14 \cdot 10^{-8}$ моль/(л·с) и 60°C показал, что в анализируемом полимере содержится один вид ингибирующих центров.

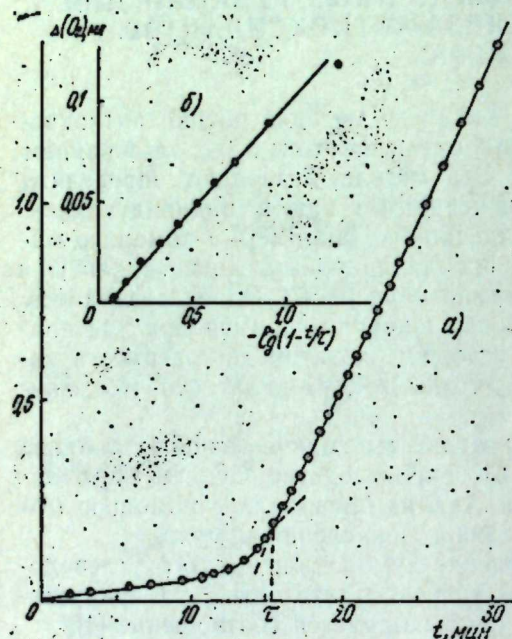


Рис. 1. Кинетическая кривая поглощения кислорода (а) и ее полулогарифмическая анаморфоза (б) в реакции инициированного окисления кумола в присутствии БК «2545», содержащего неозон-Д, $\omega = 7,14 \cdot 10^{-8}$ моль/(л·с), концентрация полимера $[BK] = 5$ г/л, объем реакционной смеси 10 мл, 60°C .

На рис. 1 представлены кинетическая кривая поглощения кислорода (а) в реакции инициированного окисления кумола в присутствии БК и ее полулогарифмическая анаморфоза (б).

Из рисунка видно, что анаморфоза представляет собой одну прямую линию без изломов, что свидетельствует о наличии в системе одного антиоксиданта [4, 7]. По тангенсу угла наклона прямой (рис. 1 б) и с использованием соотношений (1) и (2) находим $K_7 = (6,8 \pm 0,5) \cdot 10^4$ л/(моль·с) и по периоду индукции — τ^* -величину, $f_n [InH] = (5,7 \pm 0,4) \cdot 10^{-5}$ моль/л. Полученное значение K_7 совпадает с имеющимися данными для неозона-Д [3, 4, 7]. Согласно этим же данным коэффициент ингибирования i для неозона-Д равен 2 ($n=1$). Отсюда концентрация ингибитора равна $[InH] = (2,85 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$ моль/л или, если рассчитать на полимер, $(5,7 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$ моль/кг, т. е. величина почти в 1,5 раза меньше указанной в паспорте. Найденное значение concentra-

* τ определяется графически на кинетической кривой (рис. 1 а) как точка пересечения двух прямых: прямой, на которую «выходит» реакция после израсходования ингибитора, и касательной к кривой с тангенсом угла наклона, вдвое меньше, чем у первой прямой [4].

ции неозона-Д совпадает в пределах ошибки эксперимента с результатами анализа той же партии полимера при других ω и добавках БК. На рис. 2 представлены кинетические кривые поглощения кислорода при окислении кумола с добавками 0,5 (1), 2,5 (2), 15 г/л (3) БК «2545», содержащего неозон-Д. Полученные из периодов индукции τ_1 , τ_2 и τ_3 (рис. 2) значения концентраций равны соответственно $[InH]_1 = (5 \pm 1) \cdot 10^{-3}$, $[InH]_2 = (5,9 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$ и $[InH]_3 = (5,8 \pm 0,4) \times 10^{-3}$ моль/кг. Таким образом, действительное количественное содержание неозона-Д в этой партии БК «2545» оказалось равной не $8,2 \cdot 10^{-3}$ моль/кг, а $[InH]_{cp} = (5,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$ моль/кг.

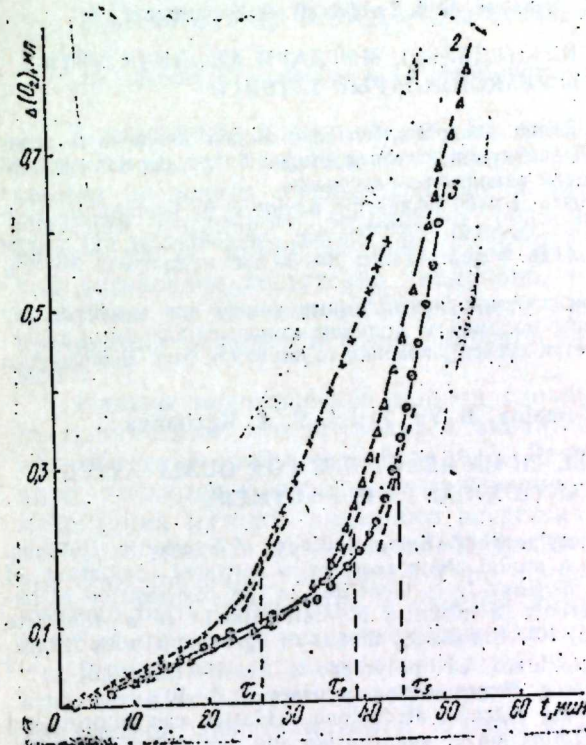


Рис. 2. Кинетические кривые поглощения кислорода в реакции инициированного окисления кумола с добавками 0,5 — 1 ($\omega = 3,4 \cdot 10^{-9}$), 2,5 — 2 ($\omega = 1,35 \cdot 10^{-8}$), 15 г/л — 3 ($\omega = 6,8 \cdot 10^{-8}$ моль/(л·с) БК «2545», содержащего неозон-Д, 60°C .

Относительная ошибка в определении K_7 и концентрации антиоксиданта зависит от условий проведения эксперимента и, как правило, находится в пределах 3—10%. Методы, используемые в настоящее время в ЦЗЛ многих химических предприятий, имеют погрешность, достигающую 30%.

Таким образом, реакцию инициированного окисления кумола можно предложить как ускоренный метод определения концентрации и качественной характеристики — константы скорости ингибирования K_7 антиоксиданта неозона-Д в бутылкаучуке.

Авторы выражают благодарность д-ру хим. наук Г. П. Гладышеву и д-ру хим. наук В. Ф. Цепалову (ИХФ АН СССР, г. Москва) за ценные советы.

Литература

1. Эмануэль Н. М., Гладышев Г. П., Цепалов В. Ф., Пиотровский К. Б. — Деп. в ВИНТИ 25. IX 1973, № 6815-73.
2. Эмануэль Н. М., Гладышев Г. П., Цепалов В. Ф., Пиотровский К. Б. — Деп. в ВИНТИ 25. IX 1973, № 6815-73.

шев Г. П., Денисов Е. Т., Цепалов В. Ф., Харитонов В. В., Пиотровский К. Б. Тестирование химических соединений как стабилизаторов полимерных материалов: ИХФ АН СССР. — Черногловка, 1973. 3. Гладышев Г. П., Цепалов В. Ф. — Усп. хим., 1975, т. 44, с. 1830. 4. Цепалов В. Ф., Харитонов А. А., Гладышев Г. П., Эмануэль Н. М. — Кинетика и катализ, 1977, т. 18, с. 1261, 1395. 5. Цепалов В. Ф., Харитонов А. А., Зейналов Э. Б., Гладышев Г. П. — Азерб. хим. журн., 1981, № 4, с. 113. 6. Харитонов А. А., Козлова З. Г., Цепалов В. Ф., Гладышев Г. П., Понг К. Д., Мис В. Дж. — Кинетика и катализ, 1980, т. 21, с. 1600. 7. Харитонов А. А. Канд. дис. — ИХФ АН СССР, 1979.

Институт хлороорганического синтеза
АН АзССР

Поступило 19. IV 1983

М. М. Гусейнов, Е. Б. Зейналов, Б. J. Трифел, В. Э. Керимова

ПОЛИМЕРЛЭРДЭ АНТИОКСИДАНТЛАРЫН МИГДАРИ АНАЛИЗИ ҮЧҮН ЗЭНЧИРВАРЫ РЕАКСИЈАЛАРЫН ТЭТБИГИ

Мәгаләдә инишаторла оксидләшмиш изопропилбензолун модел зәнчирвары реаксиясынын көмәји илә Сумгайт СК заводунда истәһсал едилән бутил каучукунун тәркибиндәки антиоксидантларын мигдари анализи верилмишдир.

Бу заман бир антиоксидант неозон-Д идентификасия олунмуш вә көстәрилмишдир ки, полимердә онун мигдары $[I]H = (5,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$ мол/кг, инкибиторлуг сүр'әтинин сабити илә $K_7 = (6,8 \pm 0,5) \cdot 10^4$ л/мол.сан. = дир. Анализ 20—30 дәг. мүддәтиндә 3—10% дәгигликлә апарылмышдыр.

Кумолун модел зәнчирвары оксидләшмә реаксиясынын көмәји илә анализ үсүлү завод лабораторияларында, мүхтәлиф полимер вә полимер композисияларынын тәркибиндә олан антиоксидантларын кинетик хусусијјәтләрини тәјин етмәк үчүн экспрес-үсүл кими тәтбиг олуна биләр.

M. M. Guseinov, E. B. Zeinalov, B. Yu. Trifel, V. A. Kerimova

ON APPLICATION OF MODEL CHAIN REACTIONS FOR QUALITATIVE ANALYSIS OF ANTIOXIDANTS IN POLYMERS

The antioxidants involved in butyl rubber (Sumgait Plant of Synthetic Rubber) are quantitatively analyzed through a model chain reaction of initiated oxidation of isopropenylbenzene (cumene). The neozone-D is identified in the composition of butyl rubber. The qualitative characteristic of inhibitor is determined. It is the rate constant of inhibition $K_7 = (6,8 \pm 0,5) \cdot 10^4$ l/mol-sec, that is in agreement with literature data. The concentration of antioxidant in polymer is $[I]H = (5,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$ mol/kg. Analysis period is 20—30 min, determination accuracy is 3—10%.

Analysis method with model chain reaction of cumene oxidation can be proposed for the works laboratories for determination of quantitative and qualitative characteristics of antioxidants introduced into the composition of different polymers.

УДК 541.127.001.572

ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

В. А. АБАСКУЛИЕВ, А. Г. АБИЛОВ, В. Н. ПИСАРЕНКО

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ НЕЛИНЕЙНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ В ЗАДАЧАХ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР В. С. Алиевым)

В настоящее время наметилась тенденция использовать для описания кинетики химических реакций теоретические модели. Преимущества последних очевидны. Модели выводятся на основе глубокого изучения стадийного механизма реакции и потому имеют четкую теоретическую интерпретацию. Если механизм химических превращений установлен достаточно подробно, то теоретическая модель, построенная на его основе, позволяет прогнозировать закономерности протекания реакции в более широкой области, чем область эксперимента [1].

Однако теоретические модели сложны по структуре и нелинейны по параметрам, что приводит к значительным трудностям при решении обратной кинетической задачи. Разработанные методы, как правило, являются формальным применением к случаю нелинейной параметризации методов линейного регрессионного анализа. В то же время опыт многих исследователей свидетельствует о том, что проведение линейаризации, нелинейной по параметрам кинетической модели, должно быть обосновано в каждом конкретном случае [2], иначе могут быть получены неверные результаты.

Предлагаемый подход свободен от указанного недостатка и заключается в расчете апостериорной плотности распределения оценок параметров, представляемой в виде разложения по биортогональной системе полиномов Чебышева — Эрмита. С использованием апостериорной плотности распределения рассчитываются обобщенные оценки максимального правдоподобия и устанавливаются их совместные доверительные области.

Пусть в результате реализации плана $\epsilon(n)$ со спектром $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ получена выборка $(y_1, y_2, \dots, y_n)$, где y_i — вектор наблюдения в i -м опыте размерности k .

Предположим, что кинетическая модель, выведенная на основе механизма реакции, имеет вид

$$\frac{dn}{dt} = F(\eta, x, \theta),$$

где x — q -мерный вектор управляемых переменных, θ — p -мерный вектор параметров. Допустим также, что для каждого выборочного $y_i (i = \overline{1, n})$ справедливы соотношения

$$M(y_i | x_i) = \eta_i, y_i = f(x_i, \theta) + \epsilon_i,$$

где $f(x_i, \theta) = \eta(\tau_0) + \int F(\eta, x_i, \theta) dt$, M — символ математического ожидания, ϵ_i — вектор ошибок i -го опыта, который считаем распределенным нормально с нулевым средним и неизвестной дисперсионно-ковариационной матрицей Σ .

Определим по экспериментальной выборке оценки максимального правдоподобия θ^+ и Σ^+ соответственно кинетических параметров и элементов Σ . Оценки максимального правдоподобия, как известно, определяются из условия

$$L(\theta^+, \Sigma^+) = \max_{\theta, \Sigma} L(\theta, \Sigma);$$

здесь $L(\theta, \Sigma)$ — функция правдоподобия выборки, имеющая в рассматриваемом случае вид

$$L(\theta, \Sigma) = (2\pi)^{-kn/2} \cdot |\Sigma|^{-n/2} \exp \left(-\frac{1}{2} \sum_{u=1}^k \sum_{i=1}^n \sigma^{ui} \sum_{l=1}^n e_{lu} e_{il} \right) = (2\pi)^{-kn/2} \cdot |\Sigma|^{-n/2} \exp \left[-\frac{1}{2} \text{Tr}(\Sigma^{-1} A(\theta)) \right], \quad (1)$$

где $e_i(\theta) = y_i - f(x_i, \theta)$ — оценки ошибок наблюдений, $i = \overline{1, n}$, $A(\theta) = \sum_{u=1}^k e_u(\theta) e_u^T(\theta)$, $\Sigma^{-1} = [\sigma^{ui}]$ — матрица, обратная Σ , Tr — след матрицы.

Очевидно, что определение максимума функции правдоподобия (1) эквивалентно минимизации критерия

$$S(\theta^+, \Sigma^+) = \min_{\theta, \Sigma} \text{Tr}(\Sigma^{-1} A(\theta)).$$

Поэтому предполагается, что $\text{Tr}(\Sigma^{-1} A(\theta))$ достаточно гладкая функция и величины θ^+ и Σ^+ , доставляющие ей минимум, могут быть определены численно. Тогда восстановление апостериорной (после реализации плана $\epsilon(n)$) плотности распределения оценок вектора параметров осуществляется следующим образом.

Моделируется на ЭВМ, согласно плотности распределения $\Lambda(\theta, \Sigma^+)$, последовательность псевдослучайных величин $\{\epsilon_u\}$, $u = 1, 2, \dots$. Каждый y_u , являющийся реализацией вектора наблюдений y , определяется по соотношениям

$$y_u = f(x_i, \theta^+) + \epsilon_u, \quad i = \overline{1, n}.$$

Выборочное значение вектора оценок θ_u^+ , соответствующее y_u , рассчитывается из условия

$$S(\theta_u^+) = \min_{\theta_u} \text{Tr}[(\Sigma^+)^{-1} A(\theta_u)]. \quad (2)$$

Процедура расчета θ_u^+ повторяется многократно для получения выборки векторов оценок требуемого объема.

Неизвестная плотность распределения оценок, обозначаемая $P(\theta)$, аппроксимируется отрезком ряда по многочленам Чебышева—Эрмита:

$$P^+(\theta) = h(\theta - \theta^+) \sum_{i=1}^L \frac{C_{m_1, \dots, m_p}}{m_1! m_2! \dots m_p!} H_{m_1, \dots, m_p}(\theta - \theta^+),$$

где $h(\theta - \theta^+) = |D|^{1/2} \varphi(\theta - \theta^+)$, $(2\pi)^{p/2}$, $\varphi(\theta - \theta^+) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^p d_{ij} \times \right.$

$\times (\theta_i - \theta_i^+) (\theta_j - \theta_j^+) \}$, $D = [d_{ij}]$ — информационная матрица оценок, $C_{m_1, \dots, m_p}$ — неизвестные коэффициенты разложения, $P^+(\theta)$ — приближение к функции $P(\theta)$, $H_{m_1, m_2, \dots, m_p}(\theta - \theta^+)$ — прямая система полиномов Чебышева—Эрмита, определяемая как

$$H_{m_1, \dots, m_p}(\theta - \theta^+) = (-1)^{m_1 + m_2 + \dots + m_p} \varphi^{-1}(\theta - \theta^+) \frac{\partial^{m_1 + m_2 + \dots + m_p}}{\partial \theta_1^{m_1} \partial \theta_2^{m_2} \dots \partial \theta_p^{m_p}} \varphi(\theta - \theta^+).$$

Сопряженная система полиномов Чебышева—Эрмита представляется в виде

$$G_{m_1, \dots, m_p}(\theta - \theta^+) = (-1)^{m_1 + m_2 + \dots + m_p} \varphi^{-1}(\theta - \theta^+) \frac{\partial^{m_1 + m_2 + \dots + m_p}}{\partial (\theta_1^*)^{m_1} \partial (\theta_2^*)^{m_2} \dots \partial (\theta_p^*)^{m_p}} \varphi(\theta^* - \theta^+),$$

где $\varphi(\theta^* - \theta^+) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^p d_{ij}^* (\theta_i^* - \theta_i^+) (\theta_j^* - \theta_j^+) \right\}$, d_{ij}^* — элементы ковариационной матрицы оценок, θ_i^* — переменная, связанная с θ линейным соотношением $\theta_i^* = \sum_{j=1}^p d_{ij} \theta_j$ ($i = \overline{1, p}$).

Система полиномов Чебышева—Эрмита $\{H_{m_1, \dots, m_p}, G_{m_1, \dots, m_p}\}$ является биортогональной с весом $h(\theta)$ в p -мерном пространстве R_p , т. е. выполняется

$$\int_{R_p} h(\theta) G_{l_1, l_2, \dots, l_p}(\theta) \cdot H_{m_1, m_2, \dots, m_p}(\theta) d\theta = m_1! \dots m_p! \cdot \delta_{l_1 m_1} \cdot \delta_{l_2 m_2} \cdot \dots \cdot \delta_{l_p m_p}, \quad (3)$$

где δ_{ij} — символ Кронекера, $\delta_{ij} = \begin{cases} 0 & i \neq j, \\ 1 & i = j. \end{cases}$

Из свойства (3) следует, что выбор коэффициентов разложения $C_{m_1, m_2, \dots, m_p}$ в виде $C_{m_1, m_2, \dots, m_p} = \int_{R_p} G_{m_1, m_2, \dots, m_p}(\theta - \theta^+) P(\theta) d\theta$ обеспечивает

минимум расхождения $P(\theta)$ и $P^+(\theta)$ в норме $L_2(h)$.

Для вычисления $C_{m_1, m_2, \dots, m_p}$ используется метод Монте-Карло, так как

$$C_{m_1, m_2, \dots, m_p} = M \{ G_{m_1, m_2, \dots, m_p}(\theta - \theta^+) \} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N G_{m_1, m_2, \dots, m_p}(\theta_u^+ - \theta^+), \quad (4)$$

где N — объем выборки векторов оценок θ_u^+ , $u = 1, 2, \dots, N$.

Итак, моделируя на ЭВМ очередную реализацию ϵ и рассчитывая путем минимизации критерия (2) выборочное значение вектора θ , по соотношениям (4) коэффициенты $C_{m_1, m_2, \dots, m_p}$ уточняются. По выборке

θ_i^+ , $i = 1, 2, \dots$, оцениваются также стандартные отклонения коэффициентов разложения. Процедура уточнения продолжается до тех пор, пока $C_{m_1, m_2, \dots, m_p}$ не удовлетворит заданной точности.

При известной $P^+(0)$ обобщенная оценка максимального правдоподобия определяется из условия

$$S(\theta) = \max_{\theta} P^+(\theta).$$

С высокой точностью рассчитываются также границы совместных доверительных областей. При заданном уровне значимости α имеем

$$Pr(\theta^{ист} \in \Omega) = \int_{\Omega} P^+(\theta) d\theta = 1 - \alpha.$$

$$\Omega = \{\theta \mid P^+(\theta) \leq c_0: st\},$$

т. е. определяется вероятность, с которой ограниченная область параметрического пространства $\Omega \subset R_p$ накрывает истинное значение вектора параметров $\theta^{ист}$.

Таким образом, в предложенном методе не вводится ограничений на степень нелинейности кинетической модели. В частном случае, если кинетическая модель линейна по параметрам, метод приводит к оценкам максимального правдоподобия.

Метод использовался при проведении параметрической идентификации нелинейной по параметрам кинетической модели реакции гидрирования ацетиленовых и олефиновых углеводородов и показал себя существенно более эффективным (в смысле точности и надежности полученных результатов) по сравнению с традиционными методами.

Литература

1. Темкин И. М. — Кинетика и катализ, 1972, т. XIII, вып. 3, с. 555.2. Нахимов В. В. — Завод. лабор., 1978, т. 44, № 3, с. 325. 3. Сироджинов С. Х. — Тр./И-т математики и механики АН УзССР, 1949, вып. 5, с. 70.

ИНХП им. Ю. Г. Мамедалиева

Поступило 30. XI 1981

В. А. Абаскулиев, Э. Н. Эбилов, В. Н. Писаренко

КИМЈАВИ КИНЕТИКА МАСАЛАЛАРИНДА ПАРАМЕТРЛАРИН ГЕЈРИ-ХЭТТИ ГИЈМЭТЛЭНДИРИЛМАСИ МЕТОДУ ЁАГГЫНДА

Мағаллада кимјави кинетика масалаларинда гејри-хэтти параметрли моделин параметрларинин апостериор сығлығынын пайланмасындан (АСП) бәһс олунур. АСП Чебышев-Ермит чоғһадлисиндән дүзәлдилмиш консуз сыранын сонлу бир һиссәси илә апроксимасија олунур.

Бурада АСП илә максимал охшарлығын үмүмиләшдирилмәси тәјин олунур вә инанымлы областлар мүнәјјән едилир.

V. A. Abaskuliyev, A. G. Abilov, V. N. Pysarenko

ON ONE METHOD OF NONLINEAR ESTIMATION OF PARAMETERS IN THE PROBLEMS OF CHEMICAL KINETICS

The method of reduction of the posterior distribution density (PDD) of the parameter estimates of a nonlinear parametrized model of chemical kinetics is proposed. The numerical algorithm of PDD approximation is performed by series of Chebyshev-Hermit polynomials.

The method allows us to calculate the generalized estimates of maximal likelihood and to specify confidence intervals with high precision, without linearization of a model.

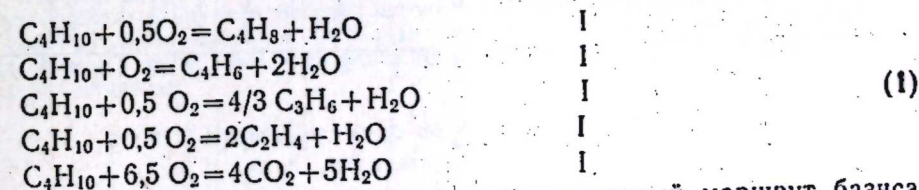
Р. М. ТАЛЫШИНСКИЙ, В. С. ГАДЖИ-КАСУМОВ, Р. Г. РИЗАЕВ,
А. А. АХУНДОВ, Э. М. ГУСЕЙНОВА

ИНВЕРСИЯ БАЗИСА ИТОГОВЫХ МАРШРУТОВ СЛОЖНЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

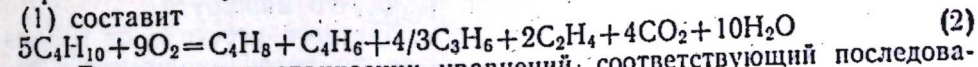
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Т. Н. Шахтахтинским)

В [1—3] изложены основные представления и терминология, необходимые для изучения кинетики сложных химических процессов. Целью статьи является развитие методологии подбора кинетических моделей реакций с запутанным механизмом. Выбор удобного для управления процессом стехиометрического базиса может быть осуществлен путем стехиометрического анализа. Будем исходить из следующих положений. Любой стехиометрический базис можно свести к параллельным маршрутам превращения исходных веществ. Преобразование первоначального базиса в эквивалентный назовем его инверсией. Инверсия базиса осуществляется линейной комбинацией исходных итоговых уравнений или же соответствующим транспонированием [3] первоначальной матрицы стехиометрических коэффициентов этих уравнений. Определение оптимального (наиболее удобного и корректного для кинетического анализа управления) стехиометрического базиса является необходимым и существенным этапом при составлении любой кинетической модели многомаршрутной реакции и обеспечивает лучшую сходимость с опытными данными в предположении заданной стадийной схемы. Стехиометрические числа итоговых маршрутов, транспонирующие первоначальную матрицу в эквивалентную, называются инверсионными.

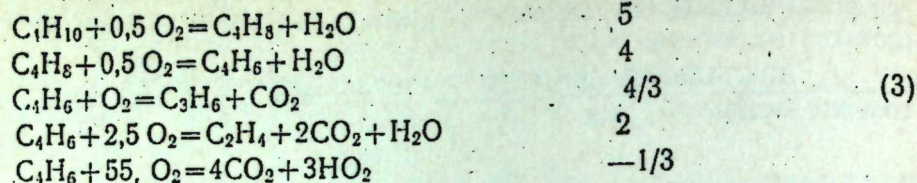
В качестве примера рассмотрим реакцию одностадийного окислительного дегидрирования *n*-бутана в дивинил. Для описания процесса необходимо и достаточно 5 стехиометрических уравнений:



При стехиометрических числах ($\nu_i = 1$) суммарный маршрут базиса (1) составит



Базис стехиометрических уравнений, соответствующий последовательно-параллельному превращению *n*-бутана на оксидном никельсодержащем катализаторе [4], описывается системой



С использованием инверсионных чисел базиса (3) сложение стехиометрических уравнений приводит к суммарному маршруту (2), отвечающему базису (1). Инверсия базиса может быть представлена соответствующим транспонированием путем перемножения строк и столбцовым сложением произведений стехиометрических коэффициентов на инверсионные числа (табл. 1, 2).

Эквивалентность матриц (табл. 1, 2) определяется итоговой строкой

Таблица 1

Матрица стехиометрических коэффициентов базиса (1)

Маршрут	Стехиометрические коэффициенты, a_i								ϵ_j
	C_4H_{10}	C_4H_8	C_4H_6	C_3H_6	C_2H_4	CO_2	H_2O	O_2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
I	-1	1	0	0	0	0	1	-0,5	1
II	-1	0	1	0	0	0	2	-1	1
III	-1	0	0	4/3	0	0	1	-0,5	1
IV	-1	0	0	0	2	0	1	-0,5	1
V	-1	0	0	0	0	4	5	-6,5	1
Σ	-5	1	1	4/3	2	4	10	-9	

Таблица 2

Матрица стехиометрических коэффициентов базиса (2)

Маршрут	Стехиометрические коэффициенты, a_i								ϵ_j
	C_4H_{10}	C_4H_8	C_4H_6	C_3H_6	C_2H_4	CO_2	H_2O	O_2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
I	-1	1	0	0	0	0	1	-0,5	5
II	0	-1	1	0	0	0	1	-0,5	4
III	0	0	-1	1	0	1	0	-1	4/3
IV	0	0	-1	0	1	2	1	-2,5	2
V	0	0	-1	0	0	4	3	-5,5	-1,3
Σ	-5	1	1	4/3	2	4	10	-9	

$$\Sigma = \sum_{j=1}^5 a_i \epsilon_j, \quad (4)$$

где a_i — стехиометрический коэффициент по i -му компоненту; ϵ_j — инверсионное (или стехиометрическое) число j -го маршрута.

Обратим внимание на возможность обратного перехода от базиса (1) к базису (3). Для этого стехиометрические числа маршрутов в базисе (1) следует заменить инверсионными числами, обеспечивающими переход к суммарному маршруту базиса (3), стехиометрические

числа которого для всех 5 маршрутов $\epsilon_j = 1$. Инверсионные числа базиса (1) и итоговая строка его в данном случае запишутся как

$$\begin{array}{rcl}
 \epsilon_j & 0; & -2; \quad 3,4; \quad 1/2; \quad 7/4 \\
 \Sigma & -1; & 0; \quad -2; \quad 1; \quad 7; \quad 6; \quad -10
 \end{array}$$

Нетрудно показать, что инверсия базиса (1) параллельных маршрутов в базисе последовательных превращений сводится к следующим инверсионным числам и стехиометрическим коэффициентам суммарного маршрута:

$$\begin{array}{rcl}
 \epsilon_j & 0; & 0; \quad 0; \quad 0; \quad 1 \\
 \Sigma & -1; & 0; \quad 0; \quad 0; \quad 0; \quad 4; \quad 5; \quad -6,5
 \end{array}$$

Проведенный стехиометрический анализ может быть использован при постановке прямых и обратных [5] кинетических задач. По ходу кривых селективности задается гипотетический суммарный маршрут, являющийся как бы индикатором распознавания оптимального базиса.

Таким образом, инверсионные числа базиса отражают вклады частных реакций в суммарный маршрут и, следовательно, в определенной мере и статический закон селективности. Поскольку в зависимости от условий в пределах одного стадийного механизма выбор того или иного базиса может оказаться более или менее корректным, возникает проблема создания динамических кинетических моделей, включающих граничные условия инверсии.

Литература

1. Темкин М. И. — В сб.: Механизм и кинетика сложных каталитических реакций. Лекции, прочитанные на I симпозиуме IV Междунар. конгресса по катализу. М.: Наука, 1970, с. 57—72.
2. Снаговский Ю. С., Островский Г. М. — В кн.: Моделирование кинетики гетерогенных каталитических процессов. М.: Химия, 1976, с. 3—10.
3. Киперман С. Л. — В кн.: Основы химической кинетики в гетерогенном катализе. М.: Химия, 1979.
4. Гаджи-Касумов В. С., Ризаев Р. Г., Сейфуллаева Ж. М., Талышинский Р. М., Агаев Ф. М. — Тр. V конф. по окислительному гетерогенному катализу. Баку, 1981, т. I, с. 265.
5. Спивак С. И., Ахмадишин З. Ш., Шмалев А. С. — В кн.: Мат-лы 3-й Всесоюз. конф. по кинетике гетерогенных каталитических реакций. Калинин, 1980, т. 2, с. 384—388.

ИНХП им. Ю. Г. Мамадалиева

Поступило 16. V 1983

Р. М. Талышинский, В. С. Гаджигасумов, Р. Г. Ризаев, А. А. Ахундов, Е. М. Гусейнова

МҮРЭККЭБ КИМЖЭВИ РЕАКСИЈАЛАРЫН МАРШРУТЛАРЫ ЧӨМИ БАЗИСИНИН ИНВЕРСИЈАСЫ

Мөгалдэд долашгь механизми мурэекэб стационар кимжэви реаксияларын оптималь кинетик моделлэринин сечилмэсинин методоложи чөһөтлэриндэн бөһс олунур.

Маршрутларын эффектив базисинин онун инверсиясынын көмөжү илэ сечилмэси үсүлү тэклиф едиллр. ЕНМ үчүн инверсия алгоритми жарыдылмасынын принципчэ мүмкүнлүү көстөриллр.

R. M. Talyshinsky, V. S. Gadzhi-Kasumov, R. G. Rizayev,
A. A. Akhundov, E. M. Guseinova

INVERSION OF TOTAL ROUTES BASIS FOR COMPLEX CHEMICAL REACTIONS

Methodological aspects of selection of optimal kinetic models for complex stationary chemical reactions with knotty mechanism are discussed.

The method of effective route basis selection by means of its inversion is proposed. Fundamental possibility of inversion algorithm creation for a computer is revealed.

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Г. Г. ГУСЕВЦОВ, А. С. АМИРОВ, И. Р. АМИРАСЛАНОВ,
чл.-корр. АН АзССР Х. С. МАМЕДОВ

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА CuSmS_2

Существование фазы состава CuLX_2 установлено при изучении системы $\text{Cu}_2\text{X}-\text{L}_2\text{X}_3$ (где $\text{X}=\text{S}, \text{Se}, \text{L}=\text{от La до Tb}$) [1]. В работе [2], наряду с описанием образующихся соединений этой системы, приведены также параметры кристаллической решетки моноклинной фазы CuSmS_2 , а именно: $a=6,39$, $b=6,79$, $c=7,10$ Å, $\beta=98,17^\circ$, $P2_1/b$, $z=4$. В работе же [3] для данной фазы с почти совпадающими параметрами решетки методом химического анализа установлена формула Cu_3SmS_3 . Настоящая статья посвящена прямой расшифровке кристаллической структуры Cu_3SmS_3 и выяснению этих противоречий.

Монокристаллы для структурного анализа выращены методом ХТР из поликристаллического Cu_3SmS_3 [3]. Исследуемые кристаллы—вишневого цвета, без выраженного габитуса. Параметры моноклинной ячейки определены предварительным фотометрическим методом и уточнены на автодифрактометре «Синтекс Р21» (MoK_α -излучение, графитовый монохроматор). Параметры моноклинной решетки следующие: $a=6,496$ (33); $b=7,133$ (23), $c=6,799$ (23) Å, $\beta=98,31^\circ$. Ф. гр. $P2_1/C$, $z=4$, $d=4,64$ г/см³, $V=311,51$ (21) Å³. Структура решена на основе 1216 независимых ненулевых отражений, окончательный R -фактор при анизотропном уточнении без поправки на поглощение составляет 0,082 ($R=8,2\%$). Все расчеты выполнены на мини-ЭВМ «Нова-1200» по программе ХТЛ, которой снабжена система «Синтекс Р21».

Анализом трехмерного патерсона на первом этапе были зафиксированы координаты тяжелого Sm, расчет электронной плотности на основе этих координат выявил позицию одного Cu и двух S. Уточнение координат базисных атомов приведено в таблице.

Координаты независимых атомов в структуре*

Атомы	x	y	z
Sm	0,1931 (29)	0,4486 (23)	0,3027 (24)
Cu	0,4119 (38)	0,8442 (73)	0,4377 (80)
S ₁	0,0767 (142)	0,7274 (110)	—0,0005 (112)
S ₂	0,4093 (137)	0,1149 (103)	0,2172 (110)

Примечание. * —анизотропные тепловые параметры находятся у авторов.

Таким образом, все призматические и тетраэдрические пустоты, образованные атомами серы, регулярно заполнены соответственно атомами Sm и Cu. Этот факт доказывает, что состав монокристаллов, выра-

щенных из поликристаллического состава Cu_3SmS_3 , в работе [3] дан неправильно и он отвечает стехиометрии CuSmS_2 в соответствии с работой [2].

Основные межатомные расстояния в структуре следующие:

Sm-семивершинник

Sm—S1	= 2,886 (8)
—S1'	= 2,838 (9)
—S1''	= 2,798 (8)
—S1'''	= 2,827 (8)
—S2	= 2,868 (8)
—S2'	= 2,859 (9)
—S2''	= 2,997 (8)

Cu-тетраэдр

Cu—S1'	= 2,333 (11)
—S2	= 2,443 (9)
—S2'	= 2,341 (10)
—S2''	= 2,479 (9)

$$\text{Sm—Sm}=3,997 (2)$$

$$\text{Cu—Cu}=2,586 (8) \quad \text{—} \quad 3,656 (6)$$

$$\text{Sm—Cu}=3,232 (6) \quad \text{—} \quad 3,571 (6)$$

На рис. 1 а, б и 2 приведены соответствующие проекции кристаллической структуры CuSmS_2 .

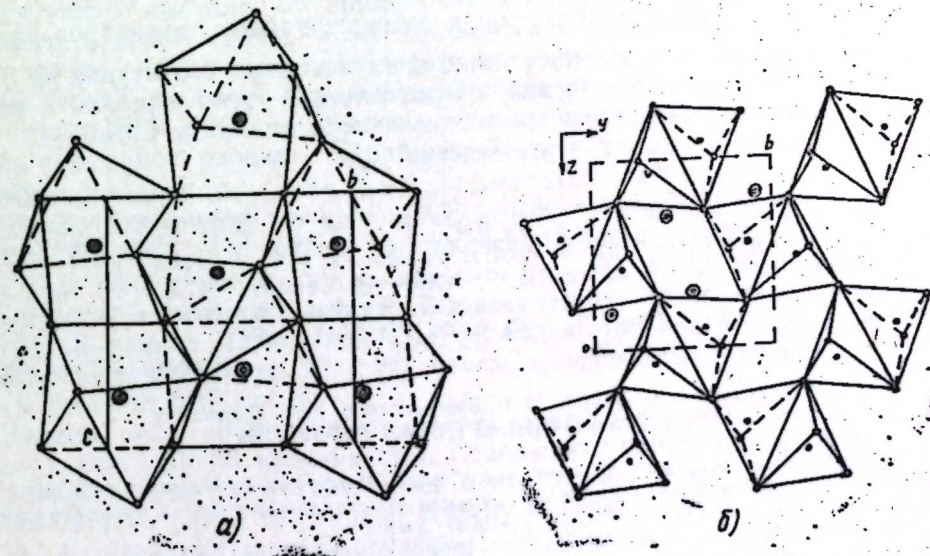


Рис. 1.

а — слой из семивершинников самария; б — сетка из димеризованных купрохалькогенидных тетраэдров в структуре CuSmS_2

Наиболее наглядным элементом структуры CuSmS_2 является сетка, составленная из димеризованных по ребру купрохалькогенидных тетраэдров (рис. 1б). Подобные двусторонние сетки с плоской группой Pgg чередуются в структуре перпендикулярно к оси a (рис. 2). Между этими сетками формируется слой из семивершинников атомов самария (рис. 1а). Связанные между собой общими ребрами эти полиэдры имеют форму искаженной одношапочной тригональной призмы, которая довольно часто встречается для РЗЭ. Хотя и не столь часто, как внутри слоя, имеются также общие ребра и между полиэдрами трансляционно идентичных слоев семивершинников. Таким образом, сетки купрохалькогенидных тетраэдров как бы чередуются в трехмерной

матрице из полиэдров $P39$. Простота химического состава в данном случае обусловлена комплементарностью сетки и слоя в пределах двумерной электронной ячейки с малыми параметрами.

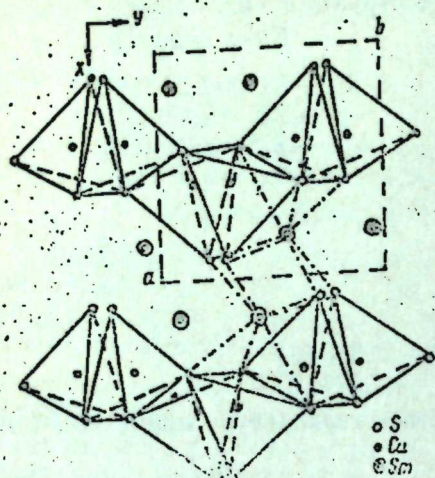


Рис. 2. План структуры CuSmS_2

Расстояние между атомами меди димеризованных тетраэдров равно 2,586 Å, что и наблюдается обычно в аналогичных структурах [4, 5].

Представляют теоретический и практический интерес области существования этой структуры среди химических аналогов CuSmS_2 .

Литература

1. Julien-Pouzol M., Guittard M., Adolphe C. — C. R. Acad. Sci. Paris, 1968, t. 267, serie C, 823.
2. Julien-Pouzol M., Guittard M. — Ann. Chim., 1972, t. 7, p. 253.
3. Алиев У. М., Гамидов Р. С., Гусейнов Г. Г. — Изв. АН СССР. Неорганич. мат-лы, 1972, т. VIII, № 10.
4. Гусейнов Г. Г., Мамедов Х. С., Мусаев Ф. Н., Амирасланов И. Р. Структур. химия, 1979, т. 10, № 1, с. 89—95.
5. Усубалиев Б. Т., Мозсумов Э. М., Амирасланов И. Р., Мамедов Х. С. — Докл. АН АзССР, 1980, т. XXXVI, № 4, с. 40.

Институт физики АН АзССР

Поступило 8. II. 1982

Г. Г. Гусейнов, А. С. Эмиров, И. Р. Амирасланов, Х. С. Мамедов
 CuSmS_2 -НИН КРИСТАЛ ГУРУЛУШУ

Магаләдә рентгенструктур тәдқиғат ысулу ilə CuSmS_2 -нин гурулушу өйрәнилмишдир. Моноклин сингониянын $P2_1/C$ фаза групунда кристаллашан гәфәсин параметрләри беләдир: $a=6,496$, $b=7,133$, $c=6,799$ Å, $\beta=98,31^\circ$, $z=4$.

Мүәјјән едилмишдир ки, мис атомлары S атомларындан тәшкил олунараг димерләшмиш тетраэдрләрин мәркәзләриндә јерләшир. Димерләшмиш купросулфид тетраэдрләриндән ибарәт шәбәкәләр арасында координасија әдәди 7 олан Sm атомлары јерләшмишдир. 1216 рефлекс үчүн сон R-фактор 0,082-дир.

G. G. Guseinov, A. S. Amirov, I. R. Amirasanov, Kh. S. Mamedov

CRYSTAL STRUCTURE OF CuSmS_2

The crystal structure of CuSmS_2 was determined. The given compound crystallizes in monoclinic syngony. The cell constants are $a=6.496$ (33), $b=7.133$ (23), $c=6.799$ (23) Å, $\beta=98.31^\circ$, $P 2_1/C$.

The copper atoms are situated in the centres of dimerized tetrahedron consisted of atoms of S. The atoms of Sm are arranged between networks containing the dimerized copper-sulphide tetrahedrons. The coordination number is equal to 7. Final R-factor for 1216 reflections is 0.082.

УДК 631.41:631.811+631.452

АГРОХИМИЯ

Чл.-корр. АН АзССР А. Н. ГЮЛЬБАХМЕДОВ, Н. А. АГАЕВ, А. М. АЗИМОВ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЦИНКА В ПОЧВАХ ПОДГОРНОЙ РАВНИНЫ КАРАБАХСКОЙ СТЕПИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

Эффективность применяемых в сельском хозяйстве микроэлементов определяется, наряду с уровнем агротехники, также физиологическими особенностями возделываемых сельскохозяйственных культур и содержанием подвижных форм микроэлементов в почвах.

Хорошего эффекта от применения микроэлементов можно ожидать только в том случае, если имеющиеся в почве запасы того или иного из них не могут удовлетворить потребность растений в критический период их роста и развития. Исходя из этого нами в течение пяти лет (1978—1982) изучалось содержание подвижного цинка в почвах подгорной равнины Карабахской степи в пределах Агдамского района.

Цинк присутствует во всех почвах. Его количество зависит от характера материнских пород, от содержания органического вещества, структуры почвы, pH и других показателей. По А. П. Виноградову [1], в среднем цинка в почвах земного шара содержится около 5·10⁻³%. В почвах Латвийской ССР [4] количество подвижного цинка колеблется от следов до 26 мг/кг почвы, в почвах Украинской ССР [3] — в пределах 0,13·10⁻³%.

Запасы цинка в различных почвах хлопководческой зоны Азербайджанской ССР [2] неодинаковы. Содержание цинка широко варьирует как по почвенным типам, так и по отдельным разностям почв. Средние запасы цинка составляют 0,45·10⁻³ — 6,8·10⁻³%.

Н. А. Агаев [5] отмечает разную обеспеченность горно-луговых почв микроэлементами. Нами анализировались горно-лесные, коричневые, горные серо-коричневые, горно-каштановые, каштановые, лугово-каштановые, луговые почвы, т. е. изучением были охвачены основные, наиболее распространенные почвенные комплексы Агдамского района.

Содержание подвижного цинка в почвах определяли в ацетатно-аммонийной буферной вытяжке с pH 4,8. Конечное определение цинка проводили дитизиновым методом.

В большинстве почв Агдамского района содержание подвижного цинка намного меньше. Так, более чем на 70% площади количество подвижного цинка в почвах колеблется от 0,01 до 3,5 мг/кг. На основании результатов массовых анализов почвы подгорной равнины Карабахской степи по обеспеченности цинком объединены нами в три группы (очень низкая, низкая и средняя), которые и легли в основу составления картотграмм (таблица).

Как видно из таблицы, в первую группу входят почвы, очень низко обеспеченные цинком (0,01—1,3 мг/кг), во вторую — почвы, содержащие подвижного цинка в пределах 1,3—3,5 мг/кг. Это низко обеспеченные почвы подгорной равнины Карабахской степи Азербайджанской ССР по содержанию подвижного цинка

Группы	Содержание цинка, мг/кг		Степень обеспеченности почвы, мг/кг	Почвы
	пределы колебаний	Среднее		
I	0,01—1,3	0,98	Очень низкая	Горно-коричневые послелесные маломощные; горные серо-коричневые маломощные; горно-серо-коричневые неполноразвитые; горно-каштановые маломощные; горно-каштановые окультуренные маломощные; каштановые маломощные; горно-каштановые среднеспособные; горные серо-коричневые среднеспособные; горно-каштановые солонцеватые; горно-каштановые перегнойно-сульфатные (гажевые); каштановые орошаемые маломощные; каштановые неполноразвитые; обыкновенные серо-коричневые солонцеватые давноорошаемые; светло-каштановые давноорошаемые солонцеватые
II	1,3—3,5	2,76	Низкая	Горно-лесные коричневые карбонатные; горно-коричневые послелесные среднеспособные; горные серо-коричневые слитые; горно-каштановые окультуренные слитые; горно-каштановые гипсоносные; горно-каштановые окультуренные среднеспособные; коричневые светлые; каштановые среднеспособные; каштановые орошаемые среднеспособные; лугово-каштановые давноорошаемые слитые; луговые среднегумусные давноорошаемые
III	3,5—5,8	5,22	Средняя	Горно-лесные коричневые типичные; горно-коричневые послелесные мощные; горно-коричневые послелесные окультуренные; горные серо-коричневые мощные; горные серо-коричневые окультуренные; горно-каштановые мощные; горно-каштановые окультуренные мощные; лугово-коричневые каштановые мощные; каштановые гипсоносные; каштановые орошаемые мощные; каштановые давноорошаемые; каштановые давноорошаемые солонцеватые; каштановые давноорошаемые слитые; лугово-каштановые давноорошаемые; лугово-каштановые давноорошаемые среднеспособные
IV			—	Не пригодные к использованию земли

печенные подвижным цинком почвы. Наконец, третью группу составляют почвы, средне обеспеченные подвижным цинком — от 3,5 до 5,8 мг/кг.

Таким образом, большинство почвенных разностей подгорной равнины Карабахской степи в пределах Агдамского района отличается невысоким содержанием подвижного цинка — в пределах 0,01—5,8 мг/кг. С целью создания благоприятных условий питания сельскохозяйственных культур в этом районе, поднятия уровня плодородия почв и получения высокого стабильного урожая сельскохозяйственных культур необходимо дифференцированное применение микроудобрений наряду с другими мероприятиями в системе химизации земледелия.

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. 2. Гюльяхмедов А. Н. Микроэлементы в почвах зоны хлопководства Азербайджана и эффективность их применения под хлопчатник. — Баку, 1961. 3. Власюк П. А. Содержание подвижных форм микроэлементов цинка, бора, кобальта и меди в почвах Украинской ССР. — В сб.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Рига, 1956. 4. Пейве Я. В. Содержание микроэлементов (В, Си, Zn, Mn, Co, Mo) в почвах СССР и эффективность применения микроудобрений: Докл. сов. почвоведов к VII Междунар. конгрессу в США. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. 5. Агаев Н. А. Содержание микроэлементов в профиле горно-луговых почв северо-восточного склона Большого Кавказа. — Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук, 1981, № 1, с. 28—31.

Институт почвоведения и агрохимии
АН АзССР

Поступил 6. III-1983

Ә. Н. Күләхмедов, Н. А. Агаев, А. М. Әзимов

АЗЕРБАЙДЖАН ССР ГАРАБАГ ДУЗУ ДАҒӘТӘЖИ-ТОРПАГЛАРЫНДА СИНКИН ЈАЈЫЛМАСЫ

Мәғаләмә 1978—1982-чи илләрә Гарабаг дүзү дағәтәжи һиссәсиндә јерләшән Агдам рајону торпагларында синк микроэлементинин мütәһәррик формасы өјрәтилишиди. Апарылмыш анализатор нәтичәсиндә рајонун торпаглары синкин мигдарына көрә үч група бөлүнүр:

- I. Тәркибиндә ән аз мигдарда (0,01—1,3 мг/кг) синк олан торпаглар;
- II. Тәркибиндә аз мигдарда (1,3—3,5 мг/кг) синк олан торпаглар;
- III. Тәркибиндә орта мигдарда (3,5—5,8 мг/кг) синк олан торпаглар.

A. N. Gulakhmedov, N. A. Agaev, A. M. Azimov

THE SPREAD OF ZINC IN FOOTHILL PART SOILS OF KARABAG PLAIN OF THE AZERBAIJAN SSR

The mobile form of zinc was studied in foothill part soils of Karabag plain of the Azerbaijan SSR in 1978—1982. Analysis was carried out. According to the quantity of zinc, the soils of the region are divided into: 1. the soils with very little quantity of zinc (0.01—1.3 mg/kg); 2. the soils with little quantity of zinc (1.3—3.5 mg/kg); 3. the soil with middle quantity of zinc (3.5—5.8 mg/kg).

Г. Г. ГУСЕИНОВ

МОДУЛЬ ДРЕНАЖНОГО СТОКА В УСЛОВИЯХ ЛЕНКОРАНСКОЙ МУГАНИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР В. Р. Волобуевым)

Одним из критериев оценки эффективности влияния дренажной сети на минерализованные грунтовые воды является величина дренажного стока, обуславливающего эффект солеудаления [1, 3, 4, 7—10]. Модуль дренажного стока имеет большое значение при определении междреннего расстояния, пропускной способности, гидротехнических параметров коллекторов.

Отечественный опыт по эксплуатации дренажа засоленных земель показывает, что модуль дренажного стока является величиной, переменной во времени, и испытывает влияние почвенно-климатических и хозяйственных факторов рассматриваемого объекта. В зависимости от сочетания и действия этих факторов (поливной нормы и продолжительности поливов; уровня грунтовых вод; наличия питания грунтовых вод подземными напорными водами; характера растительного покрова; суммарного испарения и др.) он изменяется во времени и пространстве.

Для определения модуля дренажного стока в литературе приводится ряд эмпирических формул [1, 2, 8], широко используемых в практике проектирования и строительства дренажа.

Описаны в литературе и косвенные методы определения модуля дренажного стока в зависимости от коэффициента полезного действия оросительной системы [11].

Практика показывает, что наиболее точное значение модуля дренажного стока можно получить, основываясь на непосредственных наблюдениях, которые позволяют установить роль отдельных факторов, на него влияющих. Такой же метод использован нами при определении модуля дренажного стока в условиях ленкоранской Мугани, где дренажную сеть только начинают строить и потому исследование дренажного стока не проводилось. Для южной Мугани (соседнего массива) модуль дренажного стока определен в [5]. По данным автора, в условиях южной Мугани максимальный пятидневный показатель модуля дренажного стока не превышал 0,105 л/с с 1 га, а среднемесячный — 0,09 л/с с 1 га.

Модуль дренажного стока исследовался нами на участке кормового севооборота, расположенном в северо-восточной части Джалилабадского района на территории совхоза им. 40 лет Азербайджана. Площадь участка, орошаемого из канала им. Азизбекова (31 га) в 1976—1978 г. находилась под люцерной и в 1979 г. под кукурузой.

На участке построены открытые горизонтальные дрены и коллектор. Глубина открытых дрена 3,0 м, междренные расстояния — 300 м,

длина дренажа — 1000 м, глубина коллектора — 3,5 м. В конце 1975 г. перед началом опытных работ дрены были очищены. Дрены и коллектор работают нормально, и сток по ним хороший.

По рельефу опытный участок неровный, имеются отдельные повышения и понижения, разница между ними — 5—30 см. Общий уклон местности — в пределах 0,004—0,005. Почвы — лугово-коричневые, сформированы главным образом на суглинистых и глинистых делювиальных наносах. Коэффициент фильтрации 1,0—3,0 м/сут, коэффициент впитывания для первого и второго часа — $1,62 \cdot 10^{-3}$ и $0,83 \cdot 10^{-3}$ м.

Наблюдения за дренажным стоком велись с помощью водосливов типа Чиполетти (ширина порога 75 см), установленных в устье дрена. Колебания горизонтов воды у их порогов регистрировались в период поливов дважды в день (в 9 и 18 ч) и один раз в день в остальное время года — при последующем фиксировании условий работы водосливов (затопленность или незатопленность).

В последующем по полученным данным произведено вычисление расходов дрена по формуле.

$$Q = c \cdot m \cdot b \cdot H^{3/2},$$

где C — расход, л/с, H — действующий напор над порогом водослива, м, b — ширина порога водослива, м, c — коэффициент, учитывающий затопление водослива, m — коэффициент расхода.

Среднемесячные, среднегодовые и среднесезонные значения модуля дренажного стока для опытного участка приведены в таблице.

Модуль дренажного стока, л/с с 1 га.

Месяцы	годы			
	1976	1977	1978	1979
I	—	0,09	0,08	0,07
II	—	0,08	0,07	0,08
III	—	0,09	0,06	0,08
IV	0,08	0,08	0,06	0,07
V	0,14	0,13	0,13	0,12
VI	0,13	0,12	0,11	0,08
VII	0,11	0,12	0,10	0,11
VIII	0,14	0,08	0,12	0,12
IX	0,10	0,11	0,10	0,09
X	0,09	0,09	0,09	0,08
XI	0,08	0,07	0,08	0,07
XII	0,09	0,07	0,07	0,07
Средне- довой	0,11	0,09	0,09	0,09
Весна	0,11	0,10	0,08	0,09
Лето	0,13	0,11	0,11	0,10
Осень	0,09	0,09	0,09	0,08
Зима	0,09	0,08	0,07	0,07

Как видно, по отдельным дренам они формируются в основном под влиянием вегетационных поливов и значительно варьируют во времени. Наиболее высокие значения модуля дренажного стока отмечаются в период весенне-летних вегетационных поливов. В 1976 г. суточные, пятидневные и месячные максимумы модуля дренажного стока составляли соответственно 0,18; 0,16—0,15 и 0,12 л/с с 1 га.

Снижение их происходит с прекращением вегетационных поливов на опытном участке, когда суточные, пятидневные и месячные величины составляют соответственно 0,10; 0,09—0,08; 0,08—0,07 л/с с 1 га.

Модуль дренажного стока летом в 1,5 раза больше, чем в осенне-зимний период, что обуславливается вегетационными поливами. Поэтому при проектировании дренажа и определении междренних расстояний модуль дренажного стока необходимо брать в его максимальных значениях. К аналогичному выводу пришли и другие исследователи [4—6].

Максимальные месячные показатели за все годы наблюдений соответствуют весенне-летнему периоду. Эти величины для 1976, 1977, 1978, 1979 гг. составляли соответственно 0,11—0,13; 0,09; 0,10—0,11; 0,09—0,08; 0,08—0,11; 0,09—0,10; 0,09—0,07; 0,08—0,7 л/с с 1 га.

В настоящее время проектными организациями для расчета междренних расстояний широко применяется формула С. Ф. Аверянова [1]. Среднегодовые расчетные значения модуля дренажного стока для аналогичных грунтовых условий у них — 0,22—0,28 л/с с 1 га, т. е. более высокие, чем полученные нами. В связи с этим расчетные значения междренних расстояний оказываются излишне загущенными. Результаты наших исследований показывают, что среднегодовые значения модуля дренажного стока в эксплуатационный период не превышают 0,12 л/с с 1 га. Целесообразно, как нам представляется, при проектировании междренних расстояний в условиях ленкоранской Мугани за оптимальную среднегодовую величину модуля дренажного стока принимать не 0,22—0,28, а 0,12 л/с с 1 га. Это позволит увеличить междренние расстояния в среднем в 1,5 раза и тем самым расширить полезную площадь земель, используемых под сельхозкультуры, на 5—10% и соответственно удешевить строительство.

В почвенно-грунтовых условиях ленкоранской Мугани с помощью формулы Аверянова при значении модуля дренажного стока 0,25 л/с с 1 га междренние расстояния составляют 300 м, а при 0,12 л/с с 1 га это расстояние увеличивается и достигает 450 м при равных значениях других параметров, входящих в формулу.

Литература

1. Аверянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. — М.: Колос, 1978.
2. Азизов К. З.: Автореф. канд. дис. — Баку, 1972.
3. Азизов К. З., Исмаилов Д. М. — В сб.: Орошаемые почвы и методы их изучения. Ташкент, 1976. с. 3—11.
4. Багиров Ш. Н.: Автореф. канд. дис. — Баку, 1961.
5. Беседнов Н. А.: Автореф. докт. дис. — М., 1955.
6. Бехбудов А. К. — Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук, 1960, № 4.
7. Волобуев В. Р. — Изв. АЗФАН СССР, 1940, № 6, с. 55—64.
8. Костяков А. Н. Основы мелиорации. — Изд. V. — М.: Сельхозгиз, 1960.
9. Легостаев В. М., Коньков Б. С. Мелиоративное районирование. — Ташкент: Госиздат УзССР, 1951.
10. Осипов Э. Р., Побережский Л. Н. — Тр. ТИИМСХ, 1973, вып. 59, с. 121—130.
11. Шпанин Г. Н. — Гидротехника и мелиорация, 1959, № 7, с. 50—54.

Институт почвоведения и агрохимии
АН АзССР

Н. Н. Гусейнов

Поступило 1. II 1982

ЛЭНКЭРАН МУҒАНЫ ШЭРАИТИНДЭ ДРЕНАЖ АХЫМЫ МОДУЛУ

Лэнкэран Муғаны шэраитиндэ апарылан тэдгигатлары арашдырдыгда белэ нэтичэжэ кэлмэк олур ки, истисмар дөврүндэ дренаж ахымы модулуиун орта иллик гүжмэти һәр һектардан 0,11 л/сан-дэн артыг олмур.

Һазырда дренләри ләйһәләшдирмә ишләриндә дренаж ахымы модулуиун орта иллик гүжмэти һәр һектардан 0,22 вә 0,28 л/сан гәбул едиллр. Дренаж ахымы модулуиун орта иллик гүжмэтинин һәр һектардан 0,12 л/сан гәбул едилмәси даһа мәгсәдәуҗундур.

Дренаж ахымы модулуиун орта иллик гүжмэтинин һәр һектардан 0,12 л/сан гәбул едилмәси дренләрарасы мәсәфәни 1,5 дэфә артырмаға вә бунунла да кәнд тәсәррүфаты биткиләри алтында истифадә олунан әкин саһәсини 5—10% артырмаға һыкан верәр.

G. G. Guselnov

MODULUS OF DRAINAGE FLOW IN THE LENCORAN-MUGAN CONDITIONS

Our investigations results and many years data confirm that optimum average annual modulus of drainage flow in exploitation period exceeds the value of 0.12 l/sec/hect.

М. Р. КУРБАНОВ

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕМЯН ХЕНОМЕЛЕСА, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В СУХИХ СУБТРОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АПШЕРОНА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР В. И. Ульянищевым)

В проблеме интродукции и акклиматизации растений важное место отводится изучению качества семян интродуцированных растений, так как именно качество семян, формирующихся в новых природно-экологических условиях, является одним из основных критериев оценки успешности интродукции растений в новом регионе.

В связи с этим нами с применением рентгенографических методов [1—3] изучено качество семян 3 видов хеномелеса — *Chaenomeles Lindl.* (*Ch. japonica* (Thunb.) Lindl. — х. японского, или айвы японской, *Ch. maulei* (Mast.) C. K. Schneid. — х. маулеи, *Ch. sinensis* (Thouin.) Koehne. — х. китайского), интродуцированных в сухих субтропических условиях Апшерона [4], где они хорошо растут, нормально проходят весь цикл сезонного развития и начиная с 2—3-летнего возраста ежегодно цветут и плодоносят.

Дешифрирование рентгенограмм семян видов рода хеномелеса показало, что на снимках хорошо просматриваются семядоли и кончик зачаточного корешка, их форма и степень развития (рис. 1.). Почечка почти не просматривается, так как зародыш расположен слишком плотно. Поэтому при определении жизнеспособности семян учитывали в основном величину зародыша, степень заполнения им объема семени и расстояние кончика корешка от микропиле. Семена хеномелеса по этим показателям делятся на 5 эмбриоклассов:

I — семена пустые; II — зародыш заполняет менее 1/2 объема семени; III — зародыш заполняет от 1/2 до 3/4 объема семени; IV — зародыш заполняет более 3/4 объема семени, но неплотно прилегает к семенной кожуре; V — зародыш целиком заполняет полость семени.

Рентгенографическое изучение качества семян хеномелеса местной репродукции показало, что все 3 вида в сухих субтропических условиях Апшерона формируют семена хорошего качества, жизнеспособность которых в зависимости от вида составляет 86—88%, а средний класс их развития 4,13—4,31, т. е. семена относятся в основном к IV (26—39%) и V классам (43—54%) развития (табл. 1.).

Пустые семена формируются только у двух видов: *Ch. japonica* и *Ch. maulei*, и то в незначительном количестве (3—5%).

Одним из основных и объективных показателей качества семян является их всхожесть, которая характеризуется количеством нормально проросших семян за определенный срок и при определенных условиях проращивания. Однако следует отметить, что всхожесть се-

мян зависит не только от внешних условий, но и от внутренних условий самих семян.

Опыты по проращиванию семян хеномелеса китайского показали, что между классом развития семян и их всхожестью и энергией прорастания существует положительная зависимость. Так, семена IV и

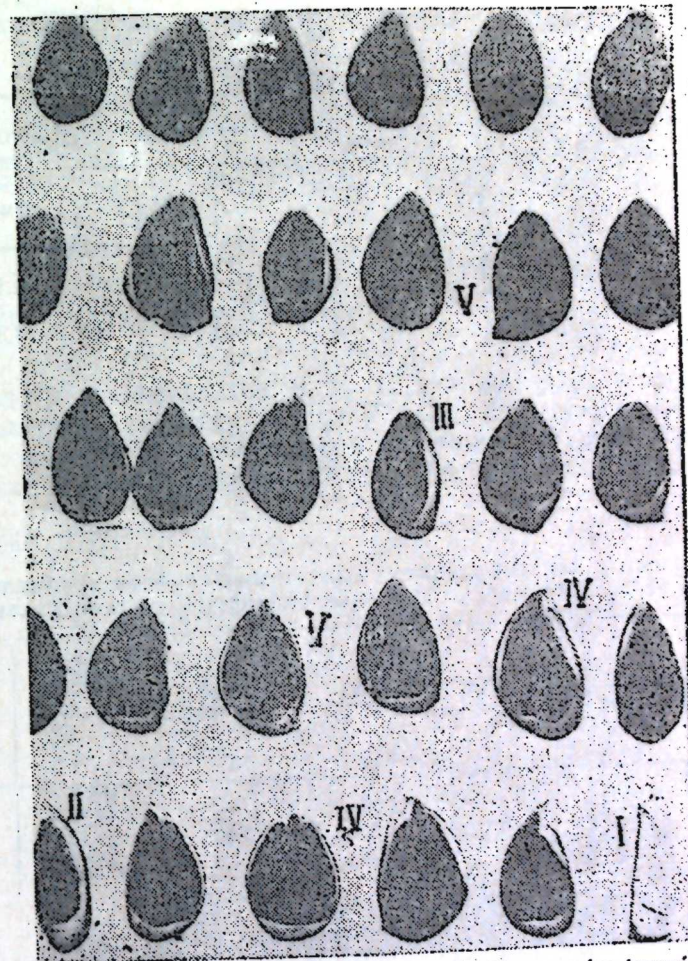


Рис. 1. Рентгенограмма семян (позитив) *Chaenomeles japonica* (I—V эмбриоклассы)

V классов развития проросли соответственно на 76—80%, а семена III класса — всего лишь на 54%, причем продолжительность периода прорастания семян первых (33 дня) короче на 2 дня. Семена IV и V классов по сравнению с III проросли более энергично. Так, энергия прорастания семян IV и V классов развития составила соответственно 71—77%, а III — 50%, что указывает на наличие прямой связи между классами развития, т. е. внутренним развитием семян хеномелеса китайского и их всхожестью и энергией прорастания.

Однако следует отметить, что всхожесть и энергия прорастания семян хотя и являются основными показателями их качества, однако характеризуют его лишь на начальных стадиях развития семян. По-

Этому для дальнейшего изучения проросших семян хеномелеса китайского их высевали отдельно по классам развития и выращивали сеянцы. В конце вегетационного периода сеянцы выкапывали, измеряли длину и диаметр стебля, определяли вес надземной и подземной частей и подсчитывали число листьев.

Таблица 1

Показатели качества семян видов хеномелеса

Вид	Класс развития семян, %					Средний класс развития семян	Жизнеспособность, %
	I	II	III	IV	V		
<i>Chaenomeles japonica</i>	5	2	11	39	43	4,13	87
<i>mauvei</i>	3	5	12	30	50	4,19	86
<i>sinensis</i>	—	3	17	26	54	4,31	88

Результаты показали, что по всем вышеуказанным показателям растения, выращенные из семян V класса развития, превосходят растения, полученные из семян IV, а тем более III класса развития (табл. 2, рис. 2). Отсюда следует, что между классами развития се-

Таблица 2

Показатели роста и развития однолетних сеянцев хеномелеса китайского, выращенных из семян различных классов развития

Класс развития семян	Длина стебля, см	Диаметр стебля, мм	Вес надземной части	Вес подземной части	Вес сеянца	Число листьев
			г			
III	37	2	1,20	0,9	2,10	17
IV	37	2,3	1,25	1,0	2,25	19
V	66	4	2,30	1,9	4,20	32

мян, т. е. степенью развития зародыша хеномелеса китайского и линейными и весовыми показателями выращенных из них растений, существует прямая связь. Увеличение класса развития семян вызывает такое же изменение в линейных и весовых показателях выращенных из них растений, что подтверждается ранее сделанными выводами для маклюры оранжевой [5].

Одним из основных показателей качества семян является вес 1000 семян. Этот показатель для семян хеномелеса китайского в зависимости от класса их развития варьирует следующим образом: V класс — 47,50 г; IV класс — 46,83 г; III класс — 44,23 г; II класс — 43,15 г; I — класс — 42,28 г. Это свидетельствует о том, что между весом семян и их классом развития существует положительная корреляция. Эту зависимость необходимо учитывать при сборе и отборе семян для посева, что позволит высевать доброкачественные семена.

При рентгенографической оценке качества семян видов хеноме-

леса необходимо обращать особое внимание на развитие зародыша, т. е. класс их развития.

Итак, сбор и отбор для посева нужно проводить из числа семян

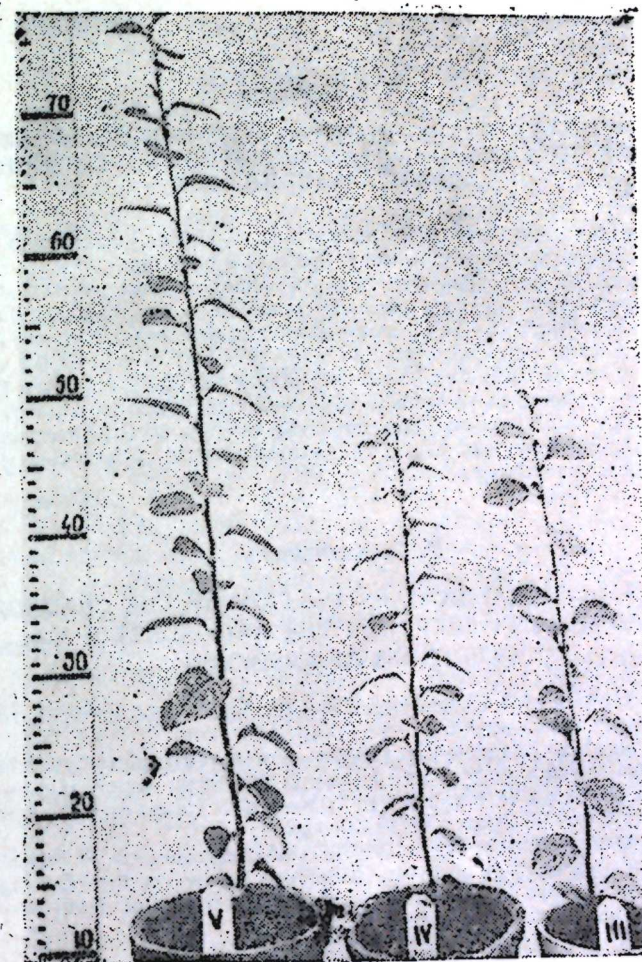


Рис. 2. Сеянцы *Chaenomeles sinensis*, выращенные из семян различных классов развития

IV и V классов развития. Это позволит получить ранние дружные и рослые всходы, что очень ценно для практических работ по семенному размножению видов хеномелеса, а возможно, и других растений.

Литература

1. Некрасов В. И. Основы семеноведения древесных растений при интродукции. — М.: Наука, 1973, с. 63—78.
2. Смирнова Н. Г. Рентгенографическое изучение семян лиственных древесных растений. — М.: Наука, 1978, с. 10—15.
3. Курбанов М. Р. Рентгенография семян с увеличением как новый метод по определению их жизнеспособности. — В сб.: XVII сессия совета ботанических садов Закавказья по вопросам интродукции, зеленого строительства, физиологии и защиты растений. Тбилиси: Мецниереба, 1981, с. 102—104.
4. Агамиров У. М. Новые древесные породы для озеленения Апшерона. — Баку: Элм, 1977, с. 67—70.
5. Курбанов М. Р. Ранняя диагностика и оценка наследственных качеств семян по

всхожести, росту и развитию выращенных из них растений. — В сб.: Теоретические и методические вопросы изучения семян интродуцированных растений. Баку, 1981, с. 100—102.

Ботанический сад
Института ботаники АН АзССР

Поступило 20. XII 1981

М. Р. Гурбанов

АБШЕРОНУН ГУРУ СУБТРОПИК ИГЛИМИ ШЭРАНТИНДЭ ФОРМАЛАШМЫШ ХЕНОМЕЛЕС ТОХУМЛАРЫНЫН КЕФИЛЈАТИНИН РЕНТКЕНОЛОЖИ ГИМЈАТЛАНДИРИЛМӘСИ

Мәғаләдә ренткеноложи методлар васитәсилә Абшерон шэрантинә интродукција едилмиш үч нөв Хеномелес тохумларынын кефијјәти өјрәнилип.

Ашкар едилмишдир ки, Абшеронун гуру субтропик иглими шэрантиндә Хеномелес нөвләри јахшы кефијјәтли тохумлар әмәлә кәтирир. Белә ки, нөвдән асылы олараг тохумларын һәјат габилијјәти 86—88%, онларын инкишафынын орта синфи исә 4,13—4,31 арасында дәјишир. Јә'ни тохумлар әсасән IV (26—39%) вә V (43—54%) инкишаф синфинә анд олур. Бу исә онларын рүшејмләринин јахшы инкишаф етмәсини кәстәрир. Она кәрә дә сәпин үчүн тохум тәдарүк едәркән онун инкишаф синфинә, јә'ни рүшејмин инкишафына хүсуси диғгәт јетирмәк вә IV, V инкишаф синфиндән олан тохумлара үстүлүк вермәк лазымдыр. Белә олдуғда һәмин тохумлардан еркән, күтләви вә јахшы бөјүмә габилијјәтинә малик чүчәртиләр алынар.

М. R. Kurbanov

THE ROENTGENOGRAPHICAL ESTIMATION OF THE CHAENOMELES SEED QUALITY SHAPED IN THE ARID SUBTROPICAL CONDITIONS OF APSHERON

The quality of seeds of 3 Chaenomeles species introduced in Apsheron was studied by roentgenographical methods.

It is carried out that Chaenomeles species in arid subtropical conditions of Apsheron form seeds of good quality, its lifetime is 86—88%, depending on the species, and the middle class of its development is 4.13—4.31. It means that the seeds are of IV (26—39%) and V (43—54%) classes of development.

The embryo development or the class of the development is important during roentgenographical estimation of seeds. Therefore the seeds for sowing are to be gathered and selected from the number of IV and V classes of development. It permits to get early, united and tall sprouts.

ИСТОРИЈА

Р. БАДИРБЕЈЛИ

ТРИ ПОЛЬСКИХ ИСТОЧНИКА О ВНЕШНЕЙ ПОЛИТИКЕ УЗУН-ХАСАНА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР З. М. Бунятовым)

Несмотря на то что история азербайджанского государства Ак-Коюнлу уже описана такими исследователями, как И. П. Петрушевский [10, 11, 12], Дж. М. Ибрагимов [3, 4, 5] и О. А. Эфендиев [15], из еще встречающихся отрывочных сведений об этом государстве можно заключить, что работа в этой области не закончена. Сделать этот вывод нам позволили обнаруженные недавно три польских источника: «История Польши» [8], написанная в 1480 г. Яном Длугошем (во второй половине XIX в. его труд был переведен на польский язык, а в 1964—1970 гг. переиздан на латинском языке), «Записки янычара» Михайловича, созданные им в Польше в период с 1497 по 1501 г. [2, 21, 22] и «Письма Великого Турка» [21], составленные Старовольским в виде подборки писем турецкого султана, ответов на них и пояснений к ним.

Все эти авторы, хотя и по-разному, освещают одно и то же событие — войну между Турцией и Ак-Коюнлу¹. Так в 32 главе «Записок» автор повествует о вторжении турецких войск во владения Узун-Хасана и о попытках навязать ему бой. Но Узун-Хасан избегал столкновений с противником. Не выдержав неопределенности, султан послал к Узун-Хасану под видом перебежчика своего шута с заданием убедить его в том, что он отступает. Узун-Хасан поверил шуту, послал вперед своего сына, а потом подоспел сам и разгромил турок [2, 84—85].

Ян Длугош описывает этот бой несколько иначе. Он сообщает, что в четверг 10 августа 1473 года около города Харситшан (скорей всего, Шабин-Карахиссар. — Р. Б.) шах Персии и нижней Армении Хуссенкассен (Узун-Хасан. — Р. Б.) разбил турок, окружив их четырьмя отрядами, которыми командовали его старший сын Угорлимбек (Угурлу-Мухаммед-Мирза. — Р. Б.), младший сын Сейнель (Зейнал-мирза. — Р. Б.) и какой-то «великий паша» Баяндур и он сам [17, 555—556]. В «Письмах» этих подробностей нет.

Интересна по этому поводу точка зрения советских исследователей. Так, А. Д. Новичев в разделе о завоевании Малой Азии своего монументального труда по истории Турции хотя и называет Узун-

¹ Правда, составитель комментариев к «Запискам» и переводчик А. И. Рогов утверждает, что к этому времени их автор был уже вне пределов Турции и, следовательно, не мог участвовать в описываемых событиях [2, 20]. Можно предполагать, что автор включил в мемуары от своего имени чей-то рассказ. Однако в любом случае это не должно заслонить от нас значимости мемуаров.

Хасана главным врагом турок, о поражении Мехмеда II Завоевателя под Малатией не говорит ни слова [9, 52]. И. П. Петрушевский сухо констатирует, что в 1473 г. под Малатией Узун-Хасан одержал победу над турками [10, 100]. И только Дж. М. Ибрагимов сообщает, что в ходе этого боя Узун-Хасан приказал начать ложное отступление и, поймав противника на хитрость, разгромил его [4, 86].

И. П. Петрушевский и А. Д. Новичев конкретно не высказываются и о том, кто командовал турецкими войсками под Малатией, хотя из их текста можно понять, что руководил боем сам султан. Дж. М. Ибрагимов же утверждает, что турецкими войсками под Малатией командовал Хасмурад — один из выдающихся османских военачальников [4, 91—92]. Клугош конкретно не говорит об этом, но сообщает, что после боя Узун-Хасан освободил пленников, среди которых был «Кашмурад, великий и могучий царь» [17, 556]. И только Михайлович утверждает, что боем командовал сам султан: «Если бы не янычары, был бы убит сам султан» [2, 85].

Турецкий исследователь Халил Янальчик сообщает, что Узун-Хасан выбрал момент, когда турецкая армия, которой командовал сам султан, начала переправляться через Евфрат, отсек часть войска, во главе которого оказался беглярбек Румелии Хасмурад, и разгромил ее [18, 520]. Это сообщение Янальчика, правда, отражает полководческое искусство Узун-Хасана, но в то же время принижает его значение, так как сводит в ранг случайных. Необъективную точку зрения турецкого исследователя нужно проверить сообщениями незаинтересованных свидетелей, что входит в задачу исследований уже медиевистов.

И последнее — о сыне Узун-Хасана Зейнал-мирзе. Длугош утверждает, что «в этой битве poleg Сейнель, сын Хуссенкассена» [17, 556]. Михайлович подтверждает это, но почему-то называет его «одноглазым Мустафой» [2, 85]. Старовольский же, составитель пояснений к «Письмам», сообщает, что после поражения под Малатией султан отомстил Узун-Хасану, собственноручно убив его сына [21, 1]. О сыне Узун-Хасана Зейнал-мирзе в генеалогических таблицах отмечается, что такой сын был и что он умер в 1473 г. [6, 38; 16, 290]. Турецкие исследователи также упоминают о нем только в генеалогической таблице [19, 265]. Однако известно, что в этом бою Зейнал-мирза погиб, а голова его была отрублена турками [22, 132], вероятно, для устрашения непокорившихся или с целью получения награды.

Наибольший интерес вызывает сообщение Длугоша, в котором говорится, что в первых числах февраля 1474 г. с миссией от Узун-Хасана прибыл венецианец Катарино Зено. Он передал королю подарки и письма, содержащие предложение о совместном ударе по туркам весной 1474 г., а затем уехал. Однако, кроме официального, Катарино Зено имел еще и тайное послание к королю Казимиру IV такого содержания: «...шах персидский Хуссенкассен имеет двух дочерей дивной красоты, рожденных с Катериной, дочерью цезаря Трапезунта, из которых старшую он хочет дать одному из сыновей твоих в жены, и скоро по-христиански она будет окрещена. В приданое за ней он даст тебе всю страну Грецию, которую ты не раньше возьмешь, пока шах выгонит турка из Константинополя, и всей Грецией из-под его власти освобожденной ты сможешь обладать». Далее он обещал поддержать Казимира в его притязаниях против венгерского короля

Матнаша Хуньяди. «Это дружественное и приветливое брачное предложение король Казимир принял безразлично и с пренебрежением, только ответив, что на него Хуссенкассену через своих послов даст ответ» [17, 567—568].

Трудно даже предположить, чтобы такой опытный дипломат, как Узун-Хасан, мог сделать подобное авантюристическое предложение своему предполагаемому союзнику по войне против турок, да еще будущему свекру дочери. Скорее всего, дело происходило так. Узун-Хасан сообщил, что матерью его дочери является Екатерина, дочь трапезундского императора². Этим он достигал сразу двух целей: во-первых, показывал, что сам имеет настолько высокое положение среди других владык Востока, что трапезундские императоры породнились с ним; во-вторых, коль скоро она является наследницей трапезундских Комнинов, близких родственников византийских Комнинов, брак с ней может дать ее мужу или сыну право на византийскую корону, когда Константинополь будет освобожден от турок. А право такого наследования для средневековья было далеко не пустым звуком, тем более что вскоре после падения Константинополя появились слухи о непрочности власти турок в Византии и предсказывавшие, что те там продержатся не более 300 лет [7, 77—78]. Поэтому можно предположить, что Узун-Хасан намекнул или даже прямо заявил об этом.

О тайной миссии Зено Длугош ясно говорит, что он *ознакомил* короля [17, 567]. А это может означать только то, что Зено передал королю устное предложение. Этим и можно объяснить такой текст, услышанный Длугошем уже от короля, который, как известно, к этому предложению отнесся отрицательно. Этим можно объяснить также и то, что о предложении Узун-Хасана породниться с Казимиром почти никто не знал. Правда, в 1618 г. об этом в пояснениях к «Письмам» писал еще и Старовольский; но, видимо, этому факту никто из европейских ученых не поверил. Следует подчеркнуть, что это пока единственное известное нам сообщение о предложении азербайджанского монарха породниться с европейским правителем, и в частности с польским королем. Мы пока не можем ни подтвердить, ни опровергнуть это сообщение, а потому должны принять его как факт.

Говоря о миссии Зено к Казимиру IV, Старовольский еще сообщает, что через послов императора священной Римской империи Фридриха III (1425—1490) Узун-Хасан напомнил ему о создании антитурецкой Лиги. Но тут же добавляет, что европейские монархи не смогли договориться, и Узун-Хасан был отдан «на съедение» турку. Далее он повторяет сообщение Длугоша о матримониальном предложении Узун-Хасана, утверждая, что письмо было написано на халдейском языке [21, 2], по всей вероятности, полагая, что государство Ак-Коюнлу берет свое начало от трапезундской провинции Халден [14, 87]. Далее Старовольский сообщает, что союзниками Узун-Хасана в войне против Турции были синопский бей Исмайл и караманский бей [21, 3, 6]. Спасаясь от нашествия Мехмеда II, все беки Малой Азии в разное время прибегали к помощи Узун-Хасана [18, 525]. Не

² К. Э. Босворт же ее почему-то называет «Деспина родом из Византии» [1, 224], хотя в то время это означало не имя, а жену правителя деспота. Однако до принятия мусульманства она была не Екатериной, а Феодорой [14, 135; 6, 205; 22, 101, 113, 135, 138].

были исключением и последние беки Карамана Исхак-бей и его сыновья Пир-Ахмед и Касым-бей [20, 326, 327]. К сожалению, Старовольский не уточняет, о ком идет речь. Последнее сообщение Длугоша относится к 1475 г., когда к польскому королю приехал посол от Узун-Хасана — «Исаак из Трапезунта, родом грек, магометанского вероисповедания» (тогда правильнее было бы назвать его Исхак, а не Исаак. — Р. Б.) с предложением начать весной войну против султана, ослабленного поражением в Валахии. Король Казимир уклонился от ответа, и посол поехал выполнять свою миссию в Венгрию, Рим, Венецию [17, 591, 592].

Таким образом, три польских источника XV, XVI и XVII вв. еще раз подтвердили наличие связей государства Ак-Коюнлу со странами Центральной Европы, по-новому осветив некоторые события войны Турции с Ак-Коюнлу и выявив неизвестный факт предложения Узун-Хасана польскому королю Казимиру IV выдать замуж за его сына свою дочь, скрепив тем самым военный союз против Турции.

Литература

1. Босворт К. Э. Мусульманские династии. — М.: Наука, 1971.
2. Записки янычара, написанные Константином Михайловичем из Островицы. — М.: Наука, 1978.
3. Ибрагимов Дж. М. Азербайджанские государства ширваншахов, Кара-Коюнлу и Ак-Коюнлу. — Науч. арх. Ин-та истории АН АзССР, № 2026 (на азерб. яз.).
4. Ибрагимов Дж. М. Очерки истории Азербайджана в XV в. — Баку, 1958/на азерб. яз.
5. Ибрагимов Дж. М. Феодалные государства на территории Азербайджана в XV в. — Баку, 1962.
6. Каждан А. П. Завоевание турками Морей, островов Эгейского моря и Трапезундской империи. — В кн.: История Византии. — М.: Наука, 1963, т. 3.
7. Крымский А. История Турции и ее литературы. — М., 1916, т. I.
8. Миллер И. С. Длугош Ян. — В кн.: СИЭ, т. 5.
9. Новичев А. Д. История Турции. — Л.: Изд. ЛГУ, 1963, т. I.
10. Петрушевский И. П. Государства Азербайджана в XV в. — В сб. статей по истории Азербайджана. Баку: Изд-во АН АзССР, 1949, вып. I.
11. Петрушевский И. П. Азербайджан до Хулагинов. — В кн.: Очерки истории СССР/пер. феодализма IX—XV вв. М., Изд-во АН СССР, 1953.
12. Петрушевский И. П. Азербайджан. — В кн.: Очерки истории СССР/пер. феодализма — конец XV — нач. XVII в. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
13. Тураев Б. Халден. — В кн.: Энциклопедический словарь Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона. СПб., 1903, т. XXXVII.
14. Успенский Ф. И. Очерки из истории Трапезундской империи. — Л.: 1929.
15. Эфендиев О. А. Образование азербайджанского государства Сефевидов в нач. XVI в. — Баку: АН АзССР, 1961.
16. Эфендиев О. Азербайджанское государство Сефевидов в XVI в. — Баку: Элм, 1981.
17. Jana Dlugosza kanonika krakowskiego Dzietla Wszystkie. — Kraków, 1850, т. 5.
18. *Janalğı Halil*. Mehmed II. — In: *Islam ansiklopediası*. Istambul, 1957, т. 7.
19. *Jananç Mykrim Halil*. Akkojunlular. — In: *Islam ansiklopediası*. Istambul, 1940, т. 1.
20. *Tekindag Sihabendin*. Karamanllar. — In: *Islam ansiklopediası*. Istambul, 1955, т. 6.
21. Wietkiego Turka Listy przez Szymona Starowolskiego, nauk Wyzwolonych u Philosophię Bakataura co itzyka Polskiego z Lacinskiego przelożone w Krakowie roku Panskiego 1618.
22. Woods John E. Akqoyunlular: Clan, Confeederation, Empire. — Chicago, 1976.

Р. Бадирбэгли

ҮЧ ПОЛЖАК МЭНБЭЈИ УЗУН ХЭСЭНИН ХАРИЧИ СИЈАСЭТИ НАГГЫНДА

Мәгаләдә XV, XVI вә XVII әсрләрә анд үч полжак мәнбәји әсасында Ағгојуилу дәвләти илә Османлы дәвләти арасындакы муһарибәдән бәһс олуур. Мүәллиф һәмчинин индијәдәк елм әләминә мә'лум олмајан јени факт кәстәрир. Узун һәсән өз гызыны Полша кралы IV Казимирын оглуна вермәји тәклиф едәрәк Түркия әлејһинә һәрби иттифакы мөһкәмләндирмәк истәјирди.

R. Badyrbeily

THREE POLISH SOURCES ON FOREIGN POLICY OF UZUN-HASAN

The article reports on the war between Ak-Koyunlu and Turkey and also cites an unknown fact of Uzun-Hasan's proposal to the Polish king Kazimir IV of marrying his daughter to the son of the latter, authenticating by this act their military union directed against Turkey.

ИСТОРИЯ

Ф. Ш. ШАБАНОВ, Т. П. ДАДАШЕВ

ПУБЛИКАЦИЯ ТРУДОВ ТУРКОЛОГОВ АЗЕРБАЙДЖАНА
В ЗАРУБЕЖНОЙ ПЕЧАТИ
(1960—1982 гг.)

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР З. М. Буниятовым)

Ленинские принципы мирного сосуществования государств с различными социально-политическими системами, впервые закрепленные в Декрете о мире и договорах страны Советов о дружбе и добрососедстве со странами зарубежного Востока, в том числе с Турцией, явились незыблемой основой внешнеполитического курса КПСС и Советского государства. Последовательно претворяя в жизнь заветы В. И. Ленина, Советский Союз создает все условия для культурного и научного обмена и связи советских ученых с учеными Турции, Ирана, Афганистана, разработки ими актуальных проблем истории, экономики, общественной мысли, литературы, права этих стран для выступления с докладами по этим проблемам на общесюзных и зарубежных конференциях, для публикации в зарубежной печати научных трудов.

В это благородное дело вносят свой вклад и ученые Азербайджана, прежде всего Института востоковедения республиканской Академии наук. С первых же дней создания института (март 1958 г.) была определена его научная направленность: «Комплексное изучение наиболее актуальных проблем экономики, истории, общественно-политической, идеологической мысли народов Ближнего и Среднего Востока, историко-культурных и литературных связей Азербайджана с восточными странами, подготовка и изучение памятников культуры Востока» [1].

В деле выполнения задач, поставленных перед востоковедческой наукой, определенную работу провели туркологи Азербайджана. За период с 1960 по 1982 г. они выступили с докладами на 17 симпозиумах в Москве, Киеве, Ташкенте, Баку, в Мюнхене, Берлине, Анкаре, Канберре, Софии, Праге, на XXV конгрессе востоковедов 1960 г. в Москве, на конгрессе солидарности народов Азии, Африки и Латинской Америки 1967 г. в Баку, на III конгрессе по изучению стран Юго-Восточной Европы 1974 г. в Бухаресте, на первом конгрессе по балканистике 1981 г. в Софии, на VI, VII, VIII и IX конгрессах Турецкого исторического общества 1960, 1970, 1976, 1981 гг. в Анкаре.

Для изучения вопросов истории, экономики и идеологии Турции большой интерес представляют также отчеты азербайджанских ученых о поездках в Софию и Турцию [2].

За рубежом туркологи Азербайджана публикуют свои работы в виде научных докладов, тезисов или статей. Так, доклад действитель-

ного члена республиканской Академии наук доктора исторических наук проф. З. М. Буниятова «Выдающиеся личности Конийского султана в соч. Ибн-ал-Фувата», прочитанный им на турецком языке на VIII конгрессе Турецкого исторического общества, был опубликован в специальном «Сборнике докладов» [3]. Еще раньше, в 1970 г., в Анкаре были изданы тезисы его доклада (на турецком языке) на VII конгрессе Турецкого исторического общества на тему: «Деятельность Хорезмшаха Джелал-ад-Дина Манкбурны на Кавказе в 1225—1226 гг.» [4].

Опубликован за рубежом ряд научных докладов на международных конференциях и статей по различным вопросам истории Турции доктора исторических наук проф. Г. З. Алиева [5], работы кандидата экономических наук И. В. Алибекова по вопросам экономики современной Турции, экономической политики турецкого правительства, экономического сотрудничества Турции с зарубежными странами [6].

Среди работ туркологов Азербайджана определенное место занимают статьи и научные доклады по вопросам общественной, философской, эстетической мысли современной Турции. В работах Э. Гасановой [7], написанных по турецким источникам с использованием публикации турецких авторов, рассматриваются вопросы идеологии турецкого буржуазного национализма, пути и формы распространения марксистских идей в Турции.

Изучением и исследованием вопросов эстетической мысли в современной Турции занимается Э. Заманова. В ее работах [8], опубликованных за рубежом, прослеживается процесс зарождения, формирования эстетической мысли в передовых слоях турецкого общества, показано плодотворное влияние ленинских философских идей на становление демократической эстетической мысли в Турции.

Заслуживают внимания работы доктора юридических наук Ф. Ш. Шабанова [9], написанные на основе изучения и анализа материалов, почерпнутых из турецких, русских, западноевропейских источников. В них раскрываются социально-экономические и политические предпосылки и причины, приведшие Османскую империю к упадку и распаду, выявляются социальная сущность и значение турецких реформ 1839—1970 гг., дается характеристика системы организации органов государственной власти и управления, законодательства и правовой системы Турции в период танзимата.

Турецкая научная общественность, отмечая заслуги действительных членов Академии наук Азербайджанской ССР Г. М. Араслы, М. Ширалнева и З. М. Буниятова в деле развития научных связей между Советским Азербайджаном и республиканской Турцией, присвоила им почетные ученые звания: в 1957 г. Г. Араслы избран почетным членом, а М. Ширалнев — членом-корреспондентом Турецкого лингвистического общества, З. Буниятов в 1981 г. — членом-корреспондентом Турецкого исторического общества. В связи с 50-летием образования Турецкой республики (1973 г.) акад. Г. Араслы был награжден Почетной грамотой турецкого правительства [10].

Примечания

¹ Востоковедение в Советском Азербайджане/Под ред. А. С. Сумбатзаде. — Баку, 1964.

² Ализаде А. А. VI Турецкий исторический конгресс/Проблемы современной Турции. — М., 1963, с. 207—217.

³ Буниятов З. М. Выдающиеся личности Конийского султаната в соч. Иби-ад-Фувата. — В сб. докл. на VIII конгрессе Турецкого исторического общества. Анкара, 1976.

⁴ Буниятов З. М. Деятельность Хорезмшаха Джедал ад-Дина Манкбурни на Кавказе в 1225—1226 гг.: Тез. докл. на VII конгрессе Турецкого исторического общества. — Анкара, 1970.

⁵ Алиев Г. З. Туркология в Советском Азербайджане. — Этюде Балканик. София, 1979, № 1/на тур. яз.; Из истории туркологии в Советском Азербайджане. — В кн.: Мат-лы XXVIII Всемирн. конгресса востоковедов. Канберра, 1979/на англ. яз.; Образование республиканского режима в освещении азербайджанской прессы (20-е годы): Тез. докл. на VIII конгрессе Турецкого исторического общества. — Анкара, 1976/на тур. яз.; Роль Ататюрка в установлении и оздоровлении дружбы между Турцией и Советским Союзом: Бюлл. фак-та полит. знаний Анкарского ун-та. — Анкара, 1981, т. 36/на тур. яз.

⁶ Алибеков И. В. О причинах промышленной отсталости Турции. — Этюде Балканик, София, 1979, № 3; Принципы этатизма в экономической политике и идеологии кемализма. — Ази, Африка, Латинская Америка, Берлин, 1975, № 5/на нем. яз.

⁷ Гасанова Э. Ю. Социалистическая мысль в Турции. — Мизан (Весы). Кембридж, 1965, т. 7, № 5/на англ. яз.; О концепции туркизма в идеологии младотурок/Акты первого международного конгресса по изучению балканистики и стран Юго-Восточной Европы. — Этюде Балканик, София, 1970, № 1; Советские исследования по кемализму. — В кн.: Мат-лы VII конгресса Турецкого исторического общества. Анкара, 1973/на тур. яз.; Освещение общественно-политических взглядов М. К. Ататюрка в трудах советских ученых: Тез. докл. VIII конгресса Турецкого исторического общества. — Анкара, 1976/на тур. яз.; Кемалистский принцип «национализма» и его трактовка в современной Турции. — Азия, Африка, Латинская Америка, Берлин, 1979, № 5/на нем. яз.

⁸ Заманов Э. «Критический анализ» философии исламского искусства в Турции. — В кн.: Мат-лы VII Междунар. эстетического конгресса. Бухарест, 1976/на англ. яз.; Модернизм и традиции исламо-турецкого искусства: Тез. докл. на V Междунар. конгрессе по турецкому искусству. — Будапешт, 1975/на англ. яз.

⁹ Шабанов Ф. Правовые основы верховной власти в Османской империи: Тез. докл. VI конгресса Турецкого исторического общества. — Анкара, 1961/на тур. яз.; Русские писатели XIX в., о сущности танзимата. — В кн.: Мат-лы VII конгресса Турецкого исторического общества. Анкара, 1973/на тур. яз.; По поводу одной рецензии. — Этюде Балканик, София, 1971, № 4.

¹⁰ Корнеев К. К. Научные связи СССР со странами Азии и Африки. — М., 1977, с. 189—197.

Институт востоковедения АН АзССР

Поступило 28. I 1983

Ф. Ш. Шабанов, Т. П. Дадашов

АЗЕРБАЙДЖАН ТУРКОЛОГЛАРЫНЫН ЭСЭРЛЭРИНИН ХАРИЧИ МЭТБУАТДА НЭШРИ (1960—1982-чи ИЛЛЭР)

Ичтиман-сијаси гурулушлары мухтәлиф олан өлкәләрлә достлуг вә меһрибан гоншулуг мүнәсибәтләринин мөһкәмләnmәси принципини рәһбәр тутан Азербайжан туркологлары харичи өлкә алимләри илә әлағәләрини бејнәлхалк конфранс вә симпозиумларда елми эсәрләрини, чыхышларыны, мәрузәләрини мүбадилә етмәк јолу илә һәјата кечириләр.

Туркијәнин елми ичтиманјјәти Совет Азербайжаны илә елми әлағәләрини мөһкәмләnmәси вә даһа да инкишаф етдирилмәсинә бөјүк әһәмијјәт верәрәк республиканын бир чох көркәмли алимләринә јуксәк елми адлар вермишдир.

F. Sh. Shabanov, T. P. Dadashov

PUBLICATION OF WORKS OF THE TURCOLOGISTS OF AZERBAIJAN IN FOREIGN PRESS (1960—1982)

The connections of the turcologists of Azerbaijan with foreign scientists were in the form of exchange of publications, reports at international conferences. The turkish academic circles gave rewards to a number of Azerbaijanian scientists.

С. К. КӘРИМОВ

ЗАР, ПАПЫ ВӘ НАЧЫГӘРВӘНД ОЈКОНИМЛӘРИ НАГГЫНДА

(Азербайжан ССР ЕА академики Н. Н. Әлијев тәғдим етмишдир)

Зар, Папы вә Начыгәрвәнд Азербайжан топонимикасында бу вахта-дәк өјрәнилмәмиш өјконимләрәндир. Лакин бу өјконимләр халгымызын кечмиши илә бағлы топонимик фактлар вә һәтта, тарихи мә'хәз олмағ е'тибарилә чох марағлыдыр.

ЗАР. Һазырда Азербайжан ССР-ин Кәлбәчәр вә Ермәнистан ССР-ин Абовјан рајонларында Зар [2,57; 4,188], Чәнуби Азербайжан эразисиндә Кәләзар [8,500] адлы кәндләр мөвчуддур. 1590-чы илә анд сәнәддә көстәриллр ки, Шәрур гәзасынын беш наһијәсиндән бири Зар адланыр [7,375]. XIX әсрдә Тифлис губернијасынын Гори гәзасында Зар кәнди, Гарс вилајәтиндә Зарушад кәнди вә чајы гејдә алынмышдыр [11,96].

Фавстос Бузанд V әср һадисәләри илә әлағәдар оларағ гәдим Ермәнистан эразисиндә Заравәнд вә Заришат јашајыш мәнәгәләринин адларыны чәкир [6,17; 133—134]. VII әсрә анд мәнбәдә исә Заравәнд Ермәнистанын вилајәтләриндән бири кими гејд олунур [3,47]. Бу вилајәт Иранын шимал-гәрбиндә индики Салмас вилајәтидир [14,88]. Заришат исә, шүбһәсиз ки, мүасир Туркијәнин Гарс вилајәтиндә гејдә алынған Зарушад кәндидир. Гејд едәк ки, Иран дилләриндә «вәнд» етник мәнсубијјәт билдирир [13, 152]; Заравәнд, јә'ни «Зар нәсли», јахуд «Зар тајфасына мәнсуб нәсил». Иран мәншәли «шат» компоненти «өлкә», «шәһәр» мә'насындадыр [1,30]; Заришат, јә'ни «Зар шәһәри».

В. А. Жучкевич еһтимал едир ки, Зар өјконими ермәни мәншәли нәсил ады илә әлағәдардыр [5,231]. Лакин бу фикирлә разылашмағ чәтиндир.

Тарихи әдәбијјатлардан мә'лум олур ки, Зар адланан халқИранда Фарс вилајәтинин чәнуб наһијәләриндә, Фарс көрфәзинин саһилләриндән тутмуш Кирмана гәдәр эразидә инди дә јашајыр. Чәнуби Азербайжан тәдғигатчысы Сәид Нәфисинин јаздығына көрә, зарларын адәт вә ән'әнәләри хүррәмиләр һаггында јазылан адәтләрини ејнидир вә онлар мухтәлиф рајонларда дағынығ һалда јашајырлар [9,155].

Шүбһәсиз ки, ислам дининин чох күчлү олдуғу Иран кими бир өлкәдә зарларын Һазырда хүррәмилик адәт вә ән'әнәләрини јашатмасы һеч дә тәсадүфи дејилдир. Бу факт еһтимал етмәјә әсас верир ки, зарлар хүррәмилик адәт вә ән'әнәләрини мәһз Бабәк һәрәкәти дөврүндән әсрләр кечирәрәк букүнәдәк јашатмышлар. Әкәр беләдирсә, демәли, зарлар бу һәрәкәтын фәал иштиракчылары олмушлар.

Иран мәншәли Зар етноними илә бағлы топонимик ареаллар белә бир фикир сөјләмәјә имкан верир ки, бу тајфа гәдим дөврләрдә Иранын шимал-гәрбиндә вә Сүник кијазлығы эразисиндә* мәскун олмуш вә ола билсин сонралар мүәјјән тарихи һадисәләр нәтичәсиндә Фарс вилајәтинин чәнуб наһијәләринә, Фарс көрфәзи саһилләринә сыхышдырылмышлар.

* Сүник кијазлығы — Азербайжанын индики Дағлыг Гарабағ вә Кәлбәчәр-Зәнҗилан эраһсыны, Ермәнистан ССР-ин чәнуб-шәрг һиссәсини әһатә едирди.

ПАПЫ (Чэбрајыл рајону). Папы — Лур тајфаларындан биринин адыдыр вэ бу тајфа хазырда да Иранын Луристан эразисиндэ јашамададыр [13,165]. Папы ојконими дэ һәмин тајфанын адындандыр, лакин марағлыдыр ки, Папы тајфасы илэ Папы кәндинин сакинлэри арасында һеч бир етник элагэ јохдур. Папы кәндинин әввәлки ады «Дурсунлу» олмушдур вэ илк сакинлэри Чэбрајыл рајонундакы Гәрәр - Дурсун (индики Гарар) кәндиндән кәчән 8—10 азербайҗанлы аиләсидир.

Араз боју илэ элагәси олан малдар тајфалар бу эразидән һәмишә ғышлаг, ғыш отлаг саһәлэри кими истифадә етмишләр. Азербайҗанын шимал һиссәси Русијаја бирләшәнәдәк Иранда јашајан папыларын Араз-бојунда ғышлаг јери олмушдур. Русијаја бирләшдикдән сонра јенә дэ «Папы јери» адланан бу јер сонралар Гәрәр - Дурсун кәндинин ғышлағы олмушдур. Совет һакимијјәти илләриндә һәмин кәнддән кәчүб кәлән аиләләр бурада даими мәскунлашараг Папы кәндини салмышлар. Бу кәнд әввәлчә әһалиси Гәрәр - Дурсун кәндиндән кәлдијинә кәрә «Дурсунлу», сонра исә салындығы эразинин ады илэ «Папы адланмышдыр.

ҺАЧЫГӘРВӘНД (Мирбәшир рајону). Ојконим трансформасијаја уғрамышдыр вэ дүзкүн јазылыш формасы «Ачы Кәрравәнд» олмалыдыр. XIX әсрин ахыры вэ XX әсрин әввәлләринә анд рус мәхәзләриндә ад «Аджи-Герравенд» шәклиндә јазылмышдыр [11,7; 12,122]. Гејд едәк ки, хазырда јерли әһали дэ ады «Ачы Кәрравәнд» кими тәләффүз едир.

Кәрравәнд (Кәrr - а - вәнд) адынын тәркибиндәки «а» бирләшдиричи сәс, «вәнд» исә, јухарыда гејд етдијимиз кими, «нәсли», «ушағы» мәнасында олуб, етник мәнсубијјәт билдирир.

Антик мүәллифләрдән Птолемей (II әср) гејд едир ки, Каспи дәннин шимал-гәрб саһилләриндә уд, оланд, исонд вә геррләр јашајырлар (10,119). Ејни заманда о, Герр (Кәrr) чајынын да адыны чәкир (10,118). Тәдгигатчылардан С. А. Ковалевскинин фикринчә, Герр чајы индики Уллучај (Улучај), А. Јановскијә кәрә индики Көјчајдыр. С. Н. Муравјов исә ејтимал едир ки, бу чај Кирдиман, Ағсу вә Пирсаат чајларындан биринин гәдим ады олмалыдыр [10,127,131,147]. Көрүндүјү кими, гејд етдијимиз бүтүн тәдгигатчылар Герр тајфасынын ады илэ ејнилик тәшкил едән Герр гидронимини Азербайҗан эразисиндә ахтарырлар. Бүтүн бунлар ејтимал етмәјә әсас верир ки, һачыгәрвәнд (Ачы Кәрравәнд) ојконими мәншә етибарилә гәдим герр (кәrr) этноними илэ бағлыдыр.

Ајдындыр ки, Гәрвәнд (Кәрравәнд) этноним олдуғу үчүн «Һачы» титулу илэ һеч бир бағлылығы ола билмәз вэ бу титул јалныз шәхс адларынын әввәлиндә ишләнә биләр. Чөл тәдгигаты заманы мәлум олду ки, кәндин сакинлэри әввәлләр Мардакерт рајонундакы «Ачы дүзү» дејилән јердә мәскунлашдығларына кәрә, кечмиш Чаваншир гәзасындакы диһәр Хан Гәрвәнд (Хан Кәрравәнд), Имарәт Гәрвәнд (Имарәт Кәрравәнд) вә Гәрвәнд (Кәрравәнд) кәндләриндән фәргләндирмәк үчүн бу кәндин адына һәмин дүзүн адыны элавә етмишләр.

Әдәбијјат

1. Адонц Н. Армения в эпоху Юстиниана. — Ереван: Изд. Ереван ун-та, 1971. 2. Азербайҗан ССР инзибати-эрази бөлкүсү. Бақы, Азәрнәшр, 1979; 3. Армянская география VII века по Р. Х. — СПб, 1877; 4. Армянская ССР. Административно-территориальное деление. — Ереван, 1964; 5. Жучкевич В. А. Общая топонимика — Минск: Высшая школа, 1980; 6. История Армении Фавстоса Бузанда. — Ереван: Изд.-во АН Арм. ССР, 1953; 7. Kirzloglu Fahrettin Dr. M. Osmanlılar'ın Kafkas-ellerini fehi (1451—1590) — Ankara, 1976; 8. Азербайҗан тарихинә, гәдим абидәләринә вә ет-

нографиясына бир бахыш. Тһран, 1349 (фарс дилгидә); 9. Сәид Нәфиси. Азәрбајҗан гәһрәманы. Бабәк Хүррәмдин. Бақы, Азәрбајҗан ССР ЕА Нәшријјаты, 1960; 10. Муравьев С. Н. Птолемеева карта Кавказской Албании и уровень Каспия. — Вестн. древней истории, 1983, № 1. 11. Пагирев Д. Д. Алфавитный указатель к пятигерстной карте Кавказского края. — Тифлис, 1913. 12. Свод статистических данных, извлеченных из посемейных списков населения Кавказа. — Тифлис, 1888. 13. Трубецкой В. В. Бахтияры: Этнические процессы и состав населения в странах передней Азии. — М. — Л.: Изд.-во Вост. лит.-ры, 1963. 14. Фома Мецопский. История Тимур-Ланка. — Баку: Изд.-во АН АзССР, 1957.

Тарих институту

Алыммышдыр З. VIII. 1982

С. К. Керимов

ОБ ОЙКОНИМАХ ЗАР, ПАПЫ И ГАДЖИГЕРВЕНД

В статье рассматривается этимология ойконимов *Зар* (Кельбаджарский район), *Папы* (Лачинский район) и *Гаджигервенд* (Мир-Баширский район). Показано, что ойконимы *Зар* и *Папы* являются отражением ираноязычных этнонимов *Зар* и *Папы*. Ойконим *Гаджигервенд* является искажением правильной формы *Аджи Герравенд*. *Герравенд* происходит от названия древнего племени герр, а компонент *аджи* — от названия Аджи дюзин (в Мардакертском районе), где поселились герравендцы.

S. K. Kerimov

ABOUT THE OIKONYMS Zar, Papy AND Gadjigervend

The article presents the etymology of oikonyms *Zar* (Kelbadjar region), *Papy* (Lachyn region) and *Gadjigervend* (Mir-Bashir region). The author shows, that oikonyms *Zar* and *Papy* reflect the names of Iranian language group ethnonyms *Zar* and *Papy*. The given form of oikonym *Gadjigervend* is the representation of the correct form of *Adji Geravend*. *Geravend* is the name of tribe, and component *adji* comes from the name of place *Adji dyuzi* (Mardakert region), where this tribe settled earlier.

МҮНДӘРИЧАТ

Ријазийјат

- М. Б. Рәһимов. Сонсуз сайда коммутативли операторлар дәстәсинин тәләр спектри һагында 3
- К. Г. Намазов. Кәсилән әмсаллы параболлик тәклик үчүн гарышыг мәсәлә һәллинин гәрарлашмасы 6
- Ф. Ш. Мухтаров. Өз-өзү илә гошма олмајан сонсуз Јакоби матрисинин верилән пайланмаја көрә гурулмасы 10
- А. Ч. Чәбрајылов, Р. Ш. Мәммәдов. Областда тәјин олунмуш чох-дәјишәли функцијаларын гарышыг төрәмәләринин чәкили нормалары арасындакы барабарсылыклар һагында 13
- З. Б. Хәјиров. Мајенин эксцентрик һалга үзрә һәрәкәтинә анд һидродинамик мәсәләләрин һәллинин ефектив үсулларынын ишләnmәси 17

Техники кибернетика

- А. И. Мәммәдов, Е. А. Һәшимов. Мүхтәлиф режимләрдә мәдән-газ кәмәриндә кечид просесләринин әдәди һесаплама үсулу 21

Јарымкечиричиләр физикасы

- М. И. Абдуллајев, Р. М. Имамов, А. В. Маслов, И. Р. Нузијев, Е. М. Пашајев, Е. Ј. Салајев. Брегг-Лаује чәкилишиндә ренткен шүаларынын дифраксијасы заманы јаранан фотоефект 25
- М. И. Әлијев, Х. Ә. Хәлилов. $\text{Са}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ ($x < 0,05$) кристалларында инфрагырмызы шүаланманын сәрбәст электронларла удулмасы 30
- М. Һ. Шахтактински, Б. Ә. Һүсәјнов, М. Ә. Гурбанов, Ј. Н. Ј. Н. Газарјан, А. О. Гулијеч. Полиетилен—ЦТС-19 композисијасынын пироелектрик хассәләри 34
- Ј. М. Сејидов, А. М. Сүләјманов. Синглет-триплет антиферромагнитләрдә ишығын икимагнонлу удулмасы нәзәријәсинә даир 38

Үзви кимја

- Ә. С. Рзајев, Ј. Ч. Гасымова, Р. Г. Әләкбәров. β -алкоксиметоксипетилметакрилатын синтези вә бәзи төрәмәләринин тәдгиги 43

Гејри-үзви кимја

- Ч. И. Зүлфугарлы, А. Б. Ағајев, Р. Ә. Азадәлијев, У. Р. Әлијева. $\text{CdTe}-\text{Cd}_2\text{Te}_3$ системиндә бәрк мәнлулларын алынмасы вә бәзи электрофизики хассәләрин тәдгиги 48

Физики кимја

- М. М. Һүсәјнов, Е. Б. Зејналов, Б. Ј. Трифел, В. Ә. Қәримова. Полимерләрдә антиоксидантларын мигдары анализи үчүн зәңчирвары реаксијаларын тәтбиги 51

Кимјәви кинетика

- В. А. Абасгулијев, Ә. Һ. Әбилов, В. Н. Писаренко. Кимјәви кинетика мәсәләләриндә араметрләрин гејри-хәтти гижмәтләндирилмәси методу һагында 55

Нефт кимјасы вә нефт-кимја синтези

- Р. М. Тәлишински, В. С. Һачыгасымов, Е. М. Һүсәјнова. Мү-эәккәб кимјәви реаксијаларын маршрутлары чәми базисинин инверсијасы 59

Кристаллографија

- Г. Һ. Һүсәјнов, А. С. Әмиров, И. Р. Әмирасланов, Х. С. Мәм-мәдов. CuSmS_2 -нин кристал гурулушу 62

Агрокимја

- Ә. Н. Күләһмәдов, Н. А. Ағајев, А. М. Әзимов. Азәрбајчан ССР Гарабаг дүзү дағәтәји торпагларында синкин јайылмасы 65

Торпаг мелиорасијасы

- Һ. Һ. Һүсәјнов. Ләнкәран Муған шәрантиндә дренаж ахымы модулу 68

Ботаника

- М. Р. Гурбанов. Абшеронун гуру субтропик иглими шәрантиндә форма-лашмыш хеномелес тохумларынын кејфијјәтинин ренткеноложи гижмәтләнди-рилмәси 72

Тарих

- Р. Бәдирбәјли. Үч полјак мәнбәји Узун Һәсәнин харици сијәси һагында 77
- Ф. Ш. Шабанов, Т. П. Дадашов. Азәрбајчан түркологларынын әсәр-ләринин харици мәтбуатда нәшри (1960—1982-чи илләр) 82

Топонимика

- С. К. Қәримов. Зар, папы вә һачыгәрвәнд ојконимләри һагында 85

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

- М. Б. Рагимов. О спектре тейлора бесконечного числа коммутирующих наборов операторов 3
- Г. К. Намазов. Стабилизация решения смешанной задачи для параболического уравнения с разрывными коэффициентами 6
- Ф. Ш. Мухтаров. Восстановление бесконечной несамосопряженной матрицы якобы по данным рассеяния 10
- А. Д. Джабрилов, Р. Ш. Мамедов. К вопросу о неравенствах между весовыми нормами частных производных функций многих переменных определенных в области 13

Механика

- Э. Б. Хейиров. Разработка эффективных методов решения гидродинамических задач о движении жидкости по эксцентрическому кольцу 17

Техническая кибернетика

- А. И. Мамедов, Э. А. Гашимов. Численный метод расчета переходных процессов в промышленном газопроводе при различных режимах 21

Физика полупроводников

- М. И. Абдуллаев, Р. М. Имамов, А. В. Маслов, И. Р. Нуриев, Э. М. Пашаев, акад. АН АзССР Э. Ю. Салаев. Фото эффект при дифракции рентгеновских лучей в в брэгг—лауэ-геометрии 25
- Акад. АН АзССР М. И. Алиев, Х. А. Халилов. Поглощение ИК-излучения свободными носителями в кристаллах $Ga_{1-x}In_xAs$ ($x < 0,05$) 30
- Чл.-корр. АН АзССР М. Г. Шахтахтинский, Б. А. Гусейнов, М. А. Курбанов, Ю. Н. Газарян, А. О. Гулиев. Пирозлектрические свойства композита полиэтилен—ЦТС 34

Теория твердого тела

- Чл.-корр. АН АзССР Ю. М. Сендов, А. М. Сулейманов. К теории двухмагнитного поглощения света в синглет-триплетных антиферромагнетиках 36

Органическая химия

- А. С. Рзаев, Я. Д. Гасимова Р. К. Алекперов. Синтез и исследование некоторых производных β -алкоксиметоксипропиламетакрилатов 43

Неорганическая химия

- Чл.-корр. АН АзССР Дж. И. Зулфугарлы, А. Б. Агаев, Р. А. Азадалев, У. Р. Алиева. Получение и исследование некоторых электрофизических свойств твердых растворов системы $CdTe-Gd_2Te_3$ 48

Физическая химия

- Чл.-корр. АН АзССР М. М. Гусейнов, Э. Б. Зейналова, Ю. Б. Трифель, В. А. Керимова. О применении модельных цепных реакций для количественного анализа антиоксидантов в полимерах 51

Химическая кинетика

- В. А. Абаскулиев, А. Г. Абилов, В. Н. Писаренко. Об одном методе нелинейного оценивания параметров в задачах химической кинетики 55

Химия нефти и нефтехимический синтез

- Р. М. Талышинский, В. С. Гаджикасумов, Р. Г. Ризаев, А. А. Ахундов, Э. М. Гусейнова. Инверсия базиса итоговых маршрутов сложных химических реакций 59

Кристаллография

- Г. Г. Гусейнов, С. А. Амиров, И. Р. Амирасланов чл.-корр. АН АзССР Х. С. Мамедов. Кристаллическая структура $CuSmS_2$ 62

Агрохимия

- Чл.-корр. АН АзССР А. Н. Гюльяхмедов, Н. А. Агаев, А. М. Азимов. Распространение цинка в почвах подгорной равнины карабахской степи Азербайджанской ССР 65

Мелиорация почв

- Г. Г. Гусейнов. Модуль дренажного стока в условиях Ленкоранской мугани 68

Ботаника

- М. Р. Курбанов. Рентгенографическая оценка качества семян хеномелеса формирующихся в сухих субтропических условиях Апшерона 72

История

- Р. Бадирбейли. Три польских источника о внешней политике Узун-Хасана Ф. Ш. Шабанов, Т. П. Дадашев. Публикация трудов туркологов Азербайджана в зарубежной печати (1960—1982 гг.) 82

Топонимика

- С. К. Керимов. Об ойконимах зар, папы и гаджигервенд 87

9. Текст статьи печатается на белой бумаге через два интервала на одной стороне листа стандартного размера, с полями с левой стороны (не более 28 строк на одной странице по 58—60 знаков в строке). В тексте нельзя делать рукописные вставки и вклейки.

Статьи, напечатанные на портативной машинке, не принимаются.

10. Текст статьи должен быть изложен кратко, тщательно отредактирован и подписан авторами в печать. В математических статьях желательно избегать доказательств теорем, лемм 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 вписаны четко. Следует избегать громоздких обозначений, применяя, например, дробные показатели степени вместо радикалов, а также *exp*. Занумерованные формулы обязательно выключаются в красную строку, номер формулы ставится у правого края страницы. Желательно нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки. Подстрочные и надстрочные индексы и степени следует отмечать карандашом, дугами сверху и снизу:

R^n , r_n

Греческие буквы нужно обводить (в кружок) красным карандашом. Буквы готического шрифта и рукописные в рукописях не использовать, векторные величины — подчеркивать черным, буквы латинского рукописного шрифта следует отметить на полях (например, *H* *рукоп.*).

Во избежание ошибок следует четко обозначать прописные (заглавные) и строчные буквы латинского алфавита, имеющие сходное начертание (*Cc*; *Kk*; *Pp*; *Oo*; *Ss*; *Ji*; *Vv*; и т. д.), буквы *I(i)* и *J(j)* букву *I* и римскую единицу *I*, а также арабскую цифру *1* и римскую *I* (вертикальная черта), *I* и штрих в индексах, *I* (латинское эль) и *e*. Прописные буквы подчеркивают карандашом двумя черточками снизу (*C*), а строчные — сверху (*c*).

Следует избегать знаков типа $\sim$ (волна), $\odot$, $\oplus$, $\otimes$; $\square$, $\square$, $\diamond$, $\vee$, $\wedge$

(крышки) над и под буквами, а также знаков:

$\hbar$ $\times$ $\pounds$, ϕ , ϕ , ϕ , $\pounds$

Латинские названия вписываются 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 элементарном анализе приводить только усредненные данные.

13. Необходимо тщательно проверить написание местных географических названий.

14. Цитируемая литература проводится 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 фамилии 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.

Публикация статьи в «Докладах» не препятствует напечатанию расширенного ее варианта в другом периодическом издании.

Сдано в набор 05. 10. 84. Подписано к печати 14. 01. 85. ФГ 00503. Формат бумаги 70×100^{1/16}. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. лист 7,47. Усл. кр.-отт. 7,47. Уч.-изд. лист 6,12. Тираж 610. Заказ 1405. Цена 70 коп.

Издательство «Элм».

370143 Баку-143, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание
Типография «Красный Восток» Государственного комитета Азербайджанской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Баку, ул. Ази Асланова, 80.