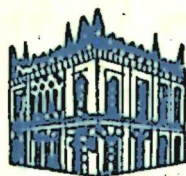


17-168
11



ISSN 0002-3078

АЗЕРБАЙДЖАНСР ЕЛМЛЕР АКАДЕМИЈАСЫ
АКАДЕМИЯ НАУН АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

МƏ'РУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXIX ЧИЛД

1983 • 11

476

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, объем которых допускает их публикацию в установленные решением Президиума АН Азерб. ССР сроки.

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

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

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

Статьи с просьбой направить их на представление редакцией не принимаются.

2. Статья публикуется по мере поступления. Единственным поводом для внеочередной публикации является исключительная важность сообщения и соображения приоритета. Для этого необходимо специальное решение редколлегии.

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

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

5. Авторы должны определить раздел, в который следует поместить статью, а также дать индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК). К статье прилагается отпечатанный на машинке реферат в двух экземплярах, предназначенный для передачи в один из реферативных журналов ВИНТИ.

6. В конце статьи нужно указать полное название учреждения, в котором выполнено исследование, фамилии всех авторов а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный и домашний) каждого соавтора.

Кроме того, авторский коллектив должен указать лицо, с которым редакция будет вести переговоры и переписку.

7. Возвращение рукописи автору на доработку не означает, что статья принята к печати. После получения доработанного текста рукопись вновь рассматривается редколлекцией. Доработанный текст автор должен вернуть вместе с первоначальным экземпляром статьи, а также ответом на все замечания. Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи.

8. В «Докладах» публикуются статьи, занимающие не более $\frac{1}{4}$ авторского листа (6 страниц машинописи). В этот объем входят текст, таблицы, библиография (не больше 15 источников) и рисунки, число которых не должно превышать четырех, включая обозначения «а», «б» и т. д. в том числе вклейки на мелованной бумаге. Вклейки даются только для микрофотографий большого увеличения. Штриховые рисунки (карты, схемы и т. п.) на вклейках не печатаются, а даются на кальке. Текст и графический материал представляются в двух экземплярах. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и графиках недопустимо. Рисунки должны быть выполнены четко, в формате, обеспечивающем ясность передачи всех деталей. Фотографии представляются на глиняной бумаге. Подписи к рисункам должны быть напечатаны в 2-х экземплярах через два интервала на отдельной странице. На обороте рисунков мягким карандашом указываются фамилии авторов, название статьи и номер рисунка.

(Продолжение на третьей странице обложки)

МӘ'РУЗЭ

ДОКЛА

ТОМ XX

Писать разборчиво

Шифр

Докладчик А.М. Азерб.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

© Издательство „Элм“ 1983 г

Сдано в набор 06. 12. 83. Подписано к печати 13. 02. 84. ФГ 00522. Формат бумаги 70×100^{1/16}. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литератур. Печать высокая. Печ. лист 8,12. Уч. изд. лист 6,61. Тираж 620. Заказ 1588. 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.

Адрес: г. Баку, Коммунистическая, 10. Редакция „Известий Академии наук
 Азербайджанской ССР“

УДК 517.956.2

МАТЕМАТИКА

Р. И. ДЖАМАЛОВ

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕОРЕМЫ О РЕШЕНИЯХ ВЫРОЖДАЮЩИХСЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ 2-ГО ПОРЯДКА

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

Рассмотрим в ограниченной области D , лежащей в n -мерном евклидовом пространстве R^n ($n \geq 3$) точек $x = (x_1, \dots, x_n)$ эллиптический оператор

$$L = \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \left[a_{ij}(x) \frac{\partial}{\partial x_j} \right] + \sum_{i=1}^n b_i(x) \frac{\partial}{\partial x_i} + c(x) \quad (1)$$

с измеримыми ограниченными старшими коэффициентами, удовлетворяющими условию

$$\lambda(x) |\xi|^2 \leq \sum_{i,j=1}^n a_{ij}(x) \xi_i \xi_j \leq M |\xi|^2 \quad (2)$$

где $M > 0$ — константа, а функция $\lambda(x) > 0$ может стремиться к нулю при приближении x к точке $x^0 \in \partial D$ (∂D — граница области D). Пусть далее $u(x)$ есть решение из $W_{2,loc}^1(D)$ задачи Дирихле $Lu = 0$ в D , $u|_{\partial D} = f$, где f — непрерывная функция, являющаяся следом на ∂D некоторой функции из $W_2^1(D)$.

Точка x^0 называется регулярной относительно задачи Дирихле, если при любой $f \in C(\partial D)$ $\lim_{x \rightarrow x^0} u(x) = f(x^0)$.

В случае, когда $\lambda(x) \geq \text{const} > 0$, $b_i(x) = c(x) = 0$, критерий регулярности граничной точки получен в [1]. В [2] доказана оценка модуля непрерывности решения вблизи границы.

В настоящей заметке даются достаточные условия регулярности граничной точки для вырождающихся уравнений при наличии младших членов. Кроме того приведены теоремы типа Фрагмена — Линделефа для решений вырождающихся на бесконечности уравнений ($\lambda(x) \rightarrow 0$ при $|x| \rightarrow \infty$) и теорема о росте решений в ограниченных областях. Для равномерно эллиптических уравнений аналогичные результаты получены в [2] и [3].

Пусть $E \subset B$ — множество в R^n . Назовем меру μ на E допустимой если $\int_E |x - y|^{2-n} d\mu(y) \leq 1$ при $x \in \bar{E}$. Число $\text{cap } E = \sup \mu E$, где верхняя грань берется по всем допустимым мерам, называется винеровской емкостью множества E .

Емкость множества E , порожденную ядром $\rho^{2-n}(x, y) = \left(\sum_{i,j=1}^n A_{ij} \right)$

$(y)(x_i - y_i)(x_j - y_j) \left(\sum_{i,j=1}^n A_{ij} \right)^{\frac{2-n}{2}}$ обозначим через $\kappa(E)$, где $\|A_{ij}\|$ — матрица обратная к матрице $\|a_{ij}\|$.

Условимся в следующих обозначениях:

$$\zeta_R^x = \{x \mid |x - x^0| < R\}, \quad \Omega_{R_1 R_2}^x = \zeta_{R_1}^x \setminus \zeta_{R_2}^x, \quad R_1 > R_2 > 0,$$

$$\mathfrak{D}_{\kappa R}^x = \left\{ x \mid \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - x_i^0)^2}{a_{ii}(R)} < (\kappa R)^2 \right\}, \quad q(R) = c_1 \lambda_{c_2 \lambda^{1/2}(R)}(R).$$

Константы, зависящие только от размерности пространства будем обозначать через c с соответствующими индексами.

Достаточные условия регулярности граничной точки даются в следующих трех теоремах.

Теорема 1. Пусть в ограниченной области $D \subset R^n$ определены коэффициенты оператора L , удовлетворяющие условиям (2), $b_i(x) = O(\lambda(x)/|x - x^0|)$, $c(x) \leq 0$. Для того, чтобы точка $x^0 \in \partial D$ была регулярной относительно задачи Дирихле, достаточно, чтобы

$$\int_0^\infty \xi(r) \gamma(r) \frac{dr}{r} = \infty,$$

где $\gamma(r) [q(r)r]^{2-n} \text{sap}(\Omega_{[5+q(r)/2]r, [5-q(r)/2]r}^x \setminus D)$, $\xi(r) = c_3 \lambda^{1/q(r)}(r)$.

Основу доказательства составляет получение аналога так называемой леммы о возрастании работы [4].

Теорема 2. Пусть в ограниченной области $D \subset R^n$ определены коэффициенты оператора L , удовлетворяющие условиям (2), $b_i(x) = O(\lambda(x)/|x - x^0|^{1-\delta})$, $c(x) \leq 0$. Для того, чтобы точка $x^0 \in \partial D$ была регулярной относительно задачи Дирихле, достаточно, чтобы

$$\lim_{r \rightarrow 0} q(r) \exp \left[c_4 \int_r^\infty q(\tau) \gamma(\tau) \frac{d\tau}{\tau} \right] = \infty,$$

где $\gamma(\tau) [q^{-1}(\tau)\tau]^{2-n} \text{sap}(\Omega_{[3/4-1/q(\tau)]\tau, [1/4-1/q(\tau)]\tau}^x \setminus D)$, $\delta > 0$.

Теорема 3. Пусть в ограниченной области $D \subset R^n$ определены коэффициенты оператора L , удовлетворяющие условиям (2), $a_{ij}(x) = 0$ при $i \neq j$, $b_i(x) = O(\lambda(x)/|x - x^0|)$, $c(x) \leq 0$. Для того, чтобы точка $x^0 \in \partial D$ была регулярной относительно задачи Дирихле, достаточно, чтобы

$$\int_0^\infty \gamma(r) \frac{dr}{r} = \infty,$$

где $\gamma(r) = (c_5 r)^{2-n} \times (\mathfrak{D}_{(5+c_5/2)r}^x \setminus \mathfrak{D}_{(5-c_5/2)r}^x \setminus D)$.

Аналогичный результат для недивергентных вырождающихся уравнений был получен в [5].

Следствие. Если точки $x^0 \in \partial D$ можно коснуться вершиной

некоторого конуса, целиком лежащего вне области, то приведенные теоремы допускают соответственно следующие максимальные скорости вырождения минимального собственного значения: $\left(\ln \ln \ln \frac{1}{r} \right)^{-2+\varepsilon}$,

$$\left(\ln \ln \frac{1}{r} \right)^{-2+\varepsilon} \text{ и } \left(\ln \frac{1}{r} \right)^{\frac{2}{2-n}}, \text{ где } \varepsilon > 0.$$

Теорема 4. Пусть в неограниченной области $D \subset R^n$ определены коэффициенты оператора L , удовлетворяющие условиям (2), $\text{div } b(x) \geq 0$, $(B(x), x) \leq 0$, $c(x) \leq 0$. Пусть далее u — решение уравнения $Lu = 0$ в D , непрерывное в $\bar{D}$ и равное нулю на ∂D . Тогда либо 1) $u \equiv 0$ в D , либо 2)

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{\max_{|x|=R} |u(x)|}{\lambda^{n/4}(R) \exp \left[c_6 \int_r^R q(\tau) \gamma(\tau) \frac{d\tau}{\tau} \right]} > 0,$$

где $\gamma(\tau) = \tau^{2-n} \text{sap}(\zeta_{\hat{0}}^x \setminus D)$, а $r > 0$ — достаточно большое число.

Теорема 5. Пусть в неограниченной области $D \subset R^n$ определены коэффициенты оператора L , удовлетворяющие условиям (2), $a_{ij}(x) = 0$ при $i \neq j$, $b_i(x) \approx c(x) \equiv 0$. Пусть далее u — решение уравнения $Lu = 0$ в D , непрерывное в $\bar{D}$ и неположительное на ∂D . Тогда либо 1) $u \leq 0$ в D , либо 2)

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{\max_{|x|=R} |u(x)|}{\exp \left[c_7 \sum_{i=m_0}^{\lfloor \ln R \rfloor} \gamma(R_i) \right]} > 0,$$

где $\gamma(R_i) (c_8 R_i)^{2-n} \times (\mathfrak{D}_{(5+c_8/2)R_i}^0 \setminus \mathfrak{D}_{(5-c_8/2)R_i}^0 \setminus D)$, $R_i = 2^i$, $m_0 > 0$ — достаточно большое число.

Теорема 6. Пусть в ограниченной области $D \subset R^n$ определены коэффициенты оператора L , удовлетворяющие условиям (2), $b_i(x) \equiv c(x) \equiv 0$. Пусть далее u — решение уравнения $Lu = 0$ в D , непрерывное в $\bar{D}$ и равное нулю на ∂D . Тогда

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{\max_{|x|=r} |u(x)|}{r^{2-n} q(r) \exp \left[c_9 \int_r^\infty \lambda^{q(\tau)}(\tau) \gamma(\tau) \frac{d\tau}{\tau} \right]} > 0,$$

где $\gamma(\tau) = \tau^{2-n} \text{sap}(\zeta_{\hat{0}}^x \setminus D)$, а $R > 0$ достаточно мало.

Схема доказательства теорем 2, 4 и 6 близка к методу работы [2].

Автор выражает благодарность И. Т. Мамедову и Ю. А. Алхуту за ценные советы и внимание к работе.

1. Литтман У., Стампакия Г., Вайнбергер Г. Ф. Сб. переводов "Математика", 9:2, стр. 72—97. 1965. 2. Мазья В. Г. Матем. заметки, т. 2, № 2, стр. 209—220, 1967. 3. Новрузов А. А. "ДАН СССР", т. 139, № 6, стр. 1301—1307, 1961. 4. Ландис Е. М. Матем. сб., т. 76 (118), № 2, стр. 186—213, 1968. 5. Дильмурадов Н. Поведение решений вырождающихся эллиптических уравнений второго порядка в ограниченных и неограниченных областях. Канд. дисс. Баку, 1982.

АзНИИ энергетики

Поступило 27. IV 1983

Р. И. Чамалов

ЧЫРЛАШАН 2-чи ТЭРТИБ ЕЛЛИПТИК ТЭНЛИКЛЭРИН ХЭЛЛЭРИ НАГГЫНДА БЭ'ЗИ ЛИМИТ ТЕОРЕМЛЭРИ

Мәгаләдә чырлашан 2-чи тәртиб эллиптик тәнликләрнин хәлләринин сәһәд хас-сәләри өйрәнилир. Дирихле мәсәләси үчүн сәһәд нөгтәси регулярилыгынын кафилик шәртләри верилир. Мәһдуд вә геҗри-мәһдуд областларда хәлләрнин артмасы наггында теоремләр исбат едиллир.

R. I. Djamalov

SOME LIMIT THEOREMS ON THE SOLUTIONS OF THE SECOND ORDER DEGENERATIVE ELLIPTIC EQUATIONS

This paper treats boundary properties of the solutions of the second order degenerative elliptic equations. Sufficient conditions of the boundary point regularity in regard to Dirichlet problem are presented. The theorems about solutions growth into the unbounded and bounded regions are proved.

УДК 517.97

МАТЕМАТИКА

ФАН ЗУЙ ХАЙ

О ЗАДАЧЕ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ ОБЪЕКТАМИ В ЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ ИГРАХ

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

Дифференциальные игры преследования несколькими объектами рассматривались во многих работах, например, в [2—4]. В этих работах доказывались теоремы об окончании игры за конечное время.

Настоящая работа посвящена получению достаточных условий успешного завершения преследования несколькими управляемыми одного убегающего. Условия даются в эффективной форме.

Пусть движение вектора z в n -мерном евклидовом пространстве R^n описываются системой разностных уравнений:

$$z(k+1) = Az(k) + Bu(k) - Cv(k); \quad (1)$$

$$z(0) = z_0$$

где $k = 0, 1, \dots$ — номер шага, $z(k) \in R^n$ — вектор состояния системы (1) на k -ом шаг; A, B, C соответственно матрицы с размерами $n \times n$, $p \times n$, $q \times n$. Управления $u(k), v(k)$ удовлетворяют ограничениям:

$$u(k) \in P_k, v(k) \in Q_k, k = 0, 1, \dots, \quad (2)$$

где $P_k \subset R^p, Q_k \subset R^q$ — выпуклые и компактные множества, $k = 0, 1, \dots$

В R^n задано некоторое множество $M = \bigcup_{i=1}^m M_i^*$, $M_i^* = M_i^0 + M_i$, где

M_i^0 — подпространство пространства R^n , и M_i — выпуклое и замкнутое множество, принадлежащее в L_i , причем L_i — ортогональное дополнение к M_i^0 в R^n , $i = 1, \dots, m$. Будем говорить, что игра (1) — (2) из начального состояния $z_0 \in M$ заканчивается за k_1 шагов, если при любых управлениях $v(0), \dots, v(k_1-1), v(i) \in Q_i, i = 0, 1, \dots, k_1-1$, используя некоторую информацию о позиции игры, можно построить управления преследователя $u(0), \dots, u(k_1-1), u(i) \in P_i, i = 0, 1, \dots, k_1-1$ такие, что

$$z(k_1) = A^{k_1} z_0 + \sum_{i=0}^{k_1-1} A^{k_1-i-1} Bu(i) - \sum_{i=0}^{k_1-1} A^{k_1-i-1} Cv(i) \in M.$$

Через π_i обозначаем оператор ортогонального проектирования из R^n на L_i , $i = 1, \dots, m$. Пусть $\omega_i(R, s), \kappa \geq s+1$ — некоторая функция из $(1, 2, \dots, +\infty) \times [0, 1, \dots, R-1]$ в R^1 , $i = 1, \dots, m$. Далее пусть $\theta_i(\kappa, s, j)$ $R \geq s+1, s \geq j$ — некоторая функция из $(1, 2, \dots, +\infty) \times [0, 1, \dots,$

$\kappa - 1] \times [0, 1, \dots, s]$ в K^1 , $i = \overline{1, m}$. Пусть $R \geq s + 1$, $u(s) \in P_s$, $v_s = (v(0), \dots, v(s)) \in Q_0 x \dots x Q_s$, тогда положим

$$\Phi_i(r, s, u(s), v_s) = \pi_i A^{\kappa-1-s} B u(s) - \sum_{j=0}^s \beta_i(r, s, j) \pi_i A^{\kappa-1-j} C v(j) - \omega_i(r, s) M_i,$$

$$\Phi_i(r, s, v_s) = \sum_{u(s) \in P_s} \Phi_i(r, s, u(s), v_s),$$

$$[\Phi_i(r, s) - (-\omega_i(r, s) M_i + \pi_i A^{\kappa-1-s} B P_s)^* - \sum_{j=0}^s (\beta_i(\kappa, s, j) \pi_i A^{\kappa-1-j} C Q_i),$$

$$i = \overline{1, m}$$

Условие 1. Пусть $\Phi_i(r, s) \neq \emptyset$, $i = \overline{1, m}$ при всех $r \geq s + 1$: $s = 0, 1, \dots$. Из условия 1 следует, что существует функция

$$\gamma(r, s) = (\gamma_1(r, s), \dots, \gamma_m(r, s)), \gamma_i(r, s) \in L_i, i = \overline{1, m}$$

такая, что $\gamma_i(r, s) \in \Phi_i(r, s)$ для всех $r \geq s + 1 \geq 1$, $i = \overline{1, m}$. Зафиксируем ее и положим

$$\xi_i(r, z) = \pi_i A^{\kappa} z + \sum_{j=0}^{R-1} \gamma_i(r, j), i = \overline{1, m}.$$

Положим

$$\Omega_i(r, s, z, v_s) = \{p_i \geq 0: -p_i \xi_i(r, z) \in \Phi_i(r, s, v_s) - \gamma_i(r, s)\}.$$

Введем в рассмотрение множество

$$\Sigma(m) = \left\{ \alpha(m) = (\alpha_1, \dots, \alpha_m): \alpha_i \geq 0, \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1 \right\}.$$

Пусть $\kappa \geq s + 1 \geq 1$, $\alpha(m) \in \Sigma(m)$, $v_s \in Q_0 x \dots x Q_s$, тогда положим

$$\rho(r, s, z, v_s, \alpha(m)) =$$

$$= \max \left\{ \sum_{i=1}^m \alpha_i \rho_i(r, s, z, v_s): \rho_i(r, s, z, v_s) \in \Omega_i(r, s, z, v_s) \right\}$$

$$i = \overline{1, m}$$

Введем в рассмотрение функцию

$$\lambda(R, z) = 1 - \min_{v_{\kappa-1}} \max_{\alpha(m) \in \Sigma(m)} \sum_{s=0}^{R-1} \rho(r, s, z, v_s, \alpha(m))$$

Здесь минимум берется по всевозможным $v_{\kappa-1} = (v(0), \dots, v(R-1)) \in Q_0 x \dots x Q_{R-1}$. Обозначим $K(z)$ — первое положительное целое число, такое, что $\lambda(K(z), z) \leq 0$.

Если такого не существует, то положим $K(z) = +\infty$.

Теорема 1. Пусть выполнены условия;

1) существуют функции $\omega_i(r, s)$ и $\beta_i(r, s, j)$, $i = \overline{1, m}$ такие что выполнено условие 1,

2) существует функция $\gamma(\kappa, s) \in \Phi(\kappa, s)$ такая, что $K^* = K(z_0) < +\infty$, причем

$$\sum_{s=0}^{\kappa-1} \omega_i(K^*, s) = 1 \text{ для всех } i = \overline{1, m} \quad (3)$$

$$\sum_{j=0}^{\kappa-1} \beta_i(K^*, s, j) = 1 \text{ для всех } j = \overline{0, K^* - 1}; i = \overline{1, m} \quad (4)$$

Тогда дискретная игра (1) — (2) может быть закончена из начального состояния $z_0 \in M$ за $K(z_0)$ шагов.

Замечание 1.

а) Пол жим

$$\lambda_i(\cdot, z) = 1 - \min_{v_{\kappa-1}} \sum_{s=0}^{\kappa-1} \rho_i(r, s, z, v_s); i = \overline{1, m}$$

Обозначим $K_i(z)$ — первое положительное целое число, такое, что $\lambda_i(K_i(z), z) \leq 0$, $i = \overline{1, m}$. Очевидно, что при всех $i = \overline{1, m}$, при всех $\kappa = 0, 1, \dots$ имеем $\lambda(\kappa, z) \leq \lambda_i(\kappa, z)$, т. е.

$K(z) \leq K_i(z)$ при всех $i = \overline{1, m}$.

б) Если положить при всех $i = \overline{1, m}$

$$\omega_i(r, s) \equiv \frac{1}{r},$$

то равенство (3), фигурирующее в предположении 2 теоремы 1 выполнено автоматически.

в) Если положить

$$\rho_i(r, s, j) = \begin{cases} 1, & \text{если } j = s \\ 0, & \text{если } j < s \end{cases}$$

$s = \overline{0, r-1}$, то равенство (4), фигурирующее в предположении 2 теоремы 1 выполнено автоматически.

Обозначим

$$\hat{\Phi}_i(R, s, u(s), v_s) = \pi_i A^{\kappa-1-s} B u(s) - \sum_{j=0}^s \beta_i(\kappa, s, j) \pi_i A^{\kappa-1-j} C v(j),$$

$$\hat{\Phi}_i(r, s, v_s) = \pi_i A^{\kappa-1-s} B P_s - \sum_{j=0}^s \beta_i(r, s, j) \pi_i A^{\kappa-1-j} C v(j),$$

$$\hat{\Phi}_i(R, s) = \pi_i A^{\kappa-1-s} B P_s - \sum_{j=0}^s \beta_i(r, s, j) \pi_i A^{\kappa-1-j} (C Q_i);$$

$$i = \overline{1, m}$$

Условие 2. Пусть $\hat{\Phi}_i(r, s) \neq \emptyset$, $i = \overline{1, m}$ при всех $r \geq s + 1$, $s = 0, 1, \dots$. Из условия 2 следует, что существует функция

$$\hat{\gamma}(r, s) = (\hat{\gamma}_1(r, s), \dots, \hat{\gamma}_m(r, s)); \hat{\gamma}_i(r, s) \in L_i, i = \overline{1, m},$$

такая, что $\hat{\gamma}_i(r, s) \in \hat{\Phi}_i(r, s)$ для всех $r \geq s + 1 \geq 1$; $i = \overline{1, m}$. Зафиксируем ее и положим

$$\hat{\xi}_i(\kappa, z) = \pi_i A^{\kappa} z + \sum_{j=0}^{\kappa-1} \gamma_i(\kappa, j), i = \overline{1, m}$$

Положим

$$\hat{\Omega}^i(r, s, z, v_s) = \{ \rho_i \geq 0: -\rho_i^+ (\hat{\xi}_i(\kappa, z) - M_i) \cap \cap (\Phi_i^+(R, s, v_s) - \gamma_i^+(r, z)) \neq \infty \}, i = \overline{1, m}.$$

Пусть $R \geq s+1$, $\alpha(m) \in \Sigma(m)$, $v_s \in Q_0, x \dots x \in Q_s$, тогда положим

$$\rho(\kappa, s, z, v_s, \alpha(m)) = \max \left\{ \sum_{i=1}^m \alpha_i \rho_i(\kappa, s, z, v_s) : \right. \\ \left. : \rho_i(r, s, z, v_s) \in \hat{\Omega}_i(r, s, z, v_s); i = \overline{1, m} \right\}.$$

Введем в рассмотрение функцию

$$\hat{\lambda}(r, z) = 1 - \min_{\gamma_{\kappa-1}} \max_{\alpha(m) \in \Sigma(m)} \sum_{s=0}^{\kappa-1} \rho(r, s, z, v_s, \alpha(m))$$

Обозначим $\hat{K}(z)$ — первое положительное целое число, такое, что $\hat{\lambda}(\hat{K}(z), z) \leq 0$. Если такого не существует, то положим $\hat{K}(z) = +\infty$.

Теорема 2. Пусть выполнены условия:

2) существуют функции $\rho_i(R, s, j)$, $i = \overline{1, m}$ такие, что условие 2 выполнено,

2) существует функция $\hat{\gamma}(R, s) \in \hat{\Phi}(R, s)$ такая что $\hat{K}^* = \hat{K}(z_0) < +\infty$, причем

$$\sum_{s=j}^{\hat{K}^*-1} \rho_i(\kappa, s, j) = 1 \text{ для всех } j = 0, \hat{K}^*-1, i = \overline{1, m}.$$

Тогда дискретная игра (1) — (2) может быть закончена из начального состояния $z_0 \in M$ за $\hat{K}(z_0)$ шагов.

Замечание 2.

1) Аналог предыдущего следствия и для теоремы 2.

2) При $M_i = \{0\}$, $i = \overline{1, m}$ теоремы 1 и 2 совпадают.

Автор благодарит А. Я. Азимова за ценные советы.

Литература

1. Понтрягин Л. С. ДАН СССР, т. 174, № 6, стр. 1278—1280, 1967. 2. Пшеничный Б. Н., Чикрий А. А., Раппопорт И. С. ДАН СССР, т. 256, № 3, стр. 530—536, 1981. 3. Григоренко Н. Л. ДАН СССР, т. 249, № 5, стр. 1040—1043, 1979. 4. Чикрий А. А. ДАН СССР, т. 246, № 6, стр. 1306—1309, 1979. 5. Сатимов Н. Ю. ДАН УзССР, № 11, стр. 3—4, 1979.

ХЭТТИ ДИСКРЕТ ОЈУНЛАРДА БИР НЕЧЭ ОБЈЕКТИН ТЭГИБ МЭСЭЛЭСИ

Мэгалэда хэtti дискрет ојунларда бир нечэ објектин башга објекти тэгиб мэсэлэснэ бахылыр.

$$z(\kappa+1) = Az(\kappa) + Bu(\kappa) - Cv(\kappa); z(0) = z_0 \\ u(\kappa) \in P_\kappa; v(\kappa) \in Q_\kappa$$

бурада терминал чохлуг $M = \bigcup_{i=1}^n M_i^*$; $M_i^* = M_i^0 + M_i$ шэклиндэdir, белэ ки, $M_i^0 = R^n$

фэзасынын алт чохлуғудур. Ојунун верилмиш башлангыч вэзијэтдэн баша чатмасы үчүн эффектив кафи шэртлэр алынмышдыр.

ABOUT A PROBLEM OF PURSUIT BY SOME OBJECTS IN LINEAR DISCRETE GAMES

In this paper linear discrete game of pursuit by some objects with geometrical restriction on control is considered. Effective sufficient conditions are presented which guarantee the possibility of completing the pursuit from a given initial state of game.

Г. М. АЗИМОВА, И. М. ГУСЕЙНОВ

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ РАССЕЯНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

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

1. Рассмотрим бесконечную систему уравнений

$$\begin{cases} a_n y_{n+1}^{(2)} + b_n y_n^{(2)} + P_n y_n^{(1)} = \lambda y_n^{(1)}, \\ b_n y_n^{(1)} + a_{n-1} y_{n-1}^{(1)} - P_{n-1} y_n^{(2)} = \lambda y_n^{(2)}, \end{cases} \quad n = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

с начальным условием

$$y_0^{(1)} = 0. \quad (2)$$

Здесь λ — комплексный параметр, $a_n > 0$, $b_n < 0$,

$$J_m a_n = J_m b_n = J_m P_n = 0,$$

$$|a_n - 1|, |b_n + 1|, |P_n| \leq \frac{C}{(1+n)^{2+\varepsilon}} \quad (\varepsilon > 0)^* \quad (3)$$

В настоящей работе решается обратная задача теории рассеяния (ОЗТР) для системы уравнений (1).

Система уравнений (1) при $a_n \equiv 1$ является разностным аналогом системы уравнений типа Дирака, ОЗТР которой решена в работах [1, 2] (см. также [3]). Для разностных уравнений второго порядка подобная задача рассматривалась в работах [4, 5].

2. Обозначим через $l^2(1, \infty; R^2)$ гильбертово пространство векторов $y = \{(y_n^{(1)}, y_n^{(2)})\}_{n=1}^{\infty}$ таких, что $\sum_{n=1}^{\infty} (|y_n^{(1)}|^2 + |y_n^{(2)}|^2) < +\infty$, со ска-

лярным произведением $\langle x, y \rangle = \sum_{n=1}^{\infty} (x_n^{(1)} \overline{y_n^{(1)}} + x_n^{(2)} \overline{y_n^{(2)}})$.

Пусть L — минимальный оператор, порожденный в $l^2(1, \infty; R^2)$ левой частью системы уравнений (1).

Теорема 1. Пусть выполнены условия (3). Тогда:

а) оператор L является самосопряженным;

б) непрерывный спектр оператора L заполняет весь отрезок $[-2, 2]$;

в) оператор L имеет конечное число простых собственных значений, лежащих вне отрезка $[-2, 2]$.

* Здесь и далее, через C будем обозначать положительные постоянные, вообще говоря, разные в различных неравенствах.

В уравнениях (1) положим $\lambda = 2 \sin \frac{Z}{2}$, где $Z = \sigma + i\tau$. Здесь и

всюду в дальнейшем σ — вещественный параметр.

Теорема 2. При выполнении условий (3), система уравнений (1) имеет набор решений $\{u_n(\sigma)\}_{n=1}^{\infty}$, $\{u_n(z_j)\}_{n=1}^{\infty}$, $j = 1, 2, \dots, P$, обладающих следующими свойствами:

1) справедливо равенство Парсеваля

$$\frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} u_n(\sigma) u_m^*(\sigma) d\sigma + \sum_{j=1}^P u_n(z_j) u_m^*(z_j) = \delta_{nm} E_2, \quad n, m = 1, 2, \dots,$$

где δ_{nm} — символ Кронекера, а $\lambda_j = 2 \sin \frac{z_j}{2}$ — собственные значения

оператора L ; $E_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

2) при $n \rightarrow \infty$ имеет место асимптотика

$$u_n(\sigma) = f_n^0(\sigma) - S(\sigma) f_n^0(\sigma) + O(1), \quad -\infty < \sigma < +\infty,$$

$$u_n(z_j) = m_j f_n^0(z_j) [1 + O(1)], \quad j = 1, 2, \dots, P$$

где $S(\sigma)$ — непрерывная функция, такая, что $\bar{S}(\sigma) = S^{-1}(\sigma)$. m_j — положительные числа и $f_n^0(\sigma) = \begin{pmatrix} e^{i\frac{\sigma}{2}} \\ -i \end{pmatrix} e^{in\sigma}$.

Определение. Совокупность величин $\{S(\sigma), z_j, m_j, j = 1, 2, \dots, P\}$ называется данными рассеяния задачи (1) — (2).

ОЗТР для задачи (1) — (2) формулируется следующим образом. Можно ли, зная данные рассеяния, восстановить систему уравнений (1), т. е. определить a_n, b_n и P_n ($n = 1, 2, \dots$), и, если это возможно, дать метод восстановления; найти условия для того, чтобы заданные величины $S(\sigma), z_j$ и m_j ($j = \overline{1, P}$) были данными рассеяния задачи типа (1) — (2).

3. Пусть выполнены условия (3). Тогда система уравнений (1) при $\lambda = 2 \sin \frac{z}{2}$ имеет решение $f_n(z) = \begin{pmatrix} f_n^{(1)}(z) \\ f_n^{(2)}(z) \end{pmatrix}$, представимое в виде

$$f_0^{(1)}(z) = \alpha_0^{(1)} \left\{ e^{i\frac{z}{2}} \left(1 + \sum_{m=1}^{\infty} K_{0m}^{11} e^{imz} \right) - i \sum_{m=1}^{\infty} K_{0m}^{12} e^{imz} \right\},$$

$$f_n(z) = \alpha_n \left\{ E_2 + \sum_{m=1}^n K_{nm} e^{imz} \right\} f_n^0(z). \quad (\text{см. [6]}).$$

$$\text{Здесь } E_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, K_{nm} = \begin{pmatrix} K_{nm}^{11} & K_{nm}^{12} \\ K_{nm}^{21} & K_{nm}^{22} \end{pmatrix}, \alpha_n = \begin{pmatrix} \alpha_n^{(1)} & 0 \\ 0 & \alpha_n^{(2)} \end{pmatrix},$$

K_{nm}^{ij} и $\alpha_n^{(i)}$ ($i, j = 1, 2$) — вещественные числа, причем (см. [6])

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = E_2, \quad |K_{nm}^{ij}| \leq \frac{C}{\left(1 + n + \left[\frac{m}{2} \right] \right)^{1+\varepsilon} (1+n)^{1-\varepsilon}},$$

$$a_n = \frac{\alpha_n^{(2)}}{\alpha_n^{(1)}}, \quad b_n = -\frac{c_n^{(1)}}{\alpha_n^{(2)}}, \quad p_n = K_{n1}^{12},$$

$$a_n^2 = 1 - K_{n1}^{11} + K_{n1}^{22} - (K_{n1}^{12})^2, \quad b_n^2 = 1 - K_{n1}^{22} - K_{n-1,1}^{11}.$$

Далее, матрицы K_{nm} и a_n удовлетворяют следующему (основному) уравнению

$$F_{m+2n} + K_{nm} + \sum_{j=1}^{\infty} K_{nj} F_{j+m+2n} = 0, \quad m = 1, 2, \dots; \quad n = 0, 1, 2, \dots;$$

$$a_n^{-2} = E_2 + F_{2n} + \sum_{j=1}^{\infty} K_{nj} F_{j+2n}, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

где F_m определяется через данные рассеяния по формулам

$$F_m = F_m(S) + \sum_{j=1}^p m_j^2 \left(e^{\frac{iz}{2}} \right) \left(e^{\frac{iz}{2}}, -i \right) c^{(mz)},$$

$$F_m(S) = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \{ L(\sigma) e^{im\sigma} + L^*(\sigma) e^{-im\sigma} \} d\sigma, \quad (*)$$

$$L(\sigma) = \left(e^{i\frac{\sigma}{2}} \right) [S_0(\sigma) - S(\sigma)] \left(e^{i\frac{\sigma}{2}}, -i \right).$$

4. Основная теорема. Пусть дана совокупность величин

$$\{S(\sigma); z_1, z_2, \dots, z_p; m_1, m_2, \dots, m_p\}, \quad (4)$$

где $z_j = -\pi + i\pi_j$ ($j = 1, 2, \dots, p$), $z_j = \pi + i\tau_j$ ($j = p_0 + 1, \dots, p$), $\pi_j > 0$ и различны; m_j ($j = 1, 2, \dots, p$) — положительные числа. Для того, чтобы совокупность величин (4) была данными рассеяния задачи типа (1-2) с коэффициентами, удовлетворяющими условиям (3), необходимо и достаточно, чтобы для величин данной совокупности были выполнены следующие условия:

1° $S(\sigma)$ — непрерывная функция на вещественной оси, такая, что

$$S^{-1}(\sigma) = \overline{S(\sigma)} = S(-\sigma + 2\pi);$$

$$2^\circ \quad |F_m^{(j)}(s)| \leq \frac{C}{\left(1 + \left[\frac{m}{2}\right]\right)^{1+\epsilon} (1+m)^{1-j}},$$

где $F_m(s)$ определяется по формуле (*);

3° уравнение

$$\varphi_m + \sum_{k=1}^{\infty} \varphi_k F_{k+m}(s) = 0, \quad m = 1, 2, \dots;$$

в пространстве $l^2(1, \infty; R^2)$ имеет ровно p линейно независимых решений;

4° уравнение

$$\sum_{k=0}^{\infty} g_k F_k(s) = (2g_0^{(1)}, g_0^{(2)}), \quad \text{где } g_0 = (g_0^{(1)}, g_0^{(2)})$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} g_k F_{k+m}(s) = g_m, \quad m = -1, -2, \dots,$$

в пространстве $l^2(-\infty, 0; R^2)$ имеет только тривиальное решение

Замечание. Аналогичную задачу можно рассматривать и в случае, когда $p_n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \alpha$ ($\alpha > 0$).

Литература

1. Гасымов М. Г., Левитан Б. М. ДАН СССР, т. 167, № 6, 1976.
2. Гасымов М. Г., Труды ММО, 19, 1968.
3. Гусейнов И. М. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, № 2, 1976.
4. Гусейнов Г. Ш. ДАН СССР, т. 227, № 6, 1976.
5. Гусейнов Г. Ш. ДАН СССР, т. 231, № 5, 1976.
6. Азимова Г. М. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, № 3, 1982.

Институт математики и механики

Поступило 2. II 1983

К. М. Азимова, Г. М. Гусейнов

БИРИНЧИ ТЭРТИБ ФЭРГЛЭР СИСТЕМ ТЭНЛИЖИ ҮЧҮН СЭПИЛМЭ НЭЗЭРИЈЈЭСИННИ ТЭРС СЭПИЛМЭ МЭСЭЛЭСИ

Мәгәләдә биринчи тәртиб фәргләр систем тәнлији үчүн сәпилмә нәзәријјәсинин тәрс мәсәләси һәлл едилминдир.

G. M. Azimova, I. M. Guseinov

INVERSE PROBLEM OF SCATTERING THEORY FOR THE SYSTEMS OF DIFFERENCE EQUATIONS OF THE FIRST ORDER

In this article inverse problem of scattering theory for one class of the system of difference equations of the first order is solved.

УДК 517.81.87

МАТЕМАТИКА

С. К. АБДУЛЛАЕВ, В. Б. ВАСИЛЬЕВ

ОБ ОДНОЙ КУБАТУРНОЙ ФОРМУЛЕ ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛА ПО ОГРАНИЧЕННОЙ m -МЕРНОЙ ОБЛАСТИ

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

В работе предлагается кубатурная формула для многомерного сингулярного интеграла

$$(Au)(x) = \int_G \frac{f(x, \theta)}{|x-y|^m} u(y) dy, \quad \theta = \frac{x-y}{|x-y|}, \quad (1)$$

по ограниченной m -мерной области $G \subset K^m$ ($m \geq 2$) с границей ∂G , подчиненной следующим условиям: ∂G есть $(m-1)$ -мерная замкнутая поверхность, для каждой точки x которой существует шар $U(x, \delta_x)$ с центром в точке x радиуса $\delta_x > 0$ такой, что множество $U(x) = \partial G \cap U(x, \delta_x)$ в некоторой системе декартовых координат $\xi_1, \dots, \xi_m$ с началом в точке x (соответствующее m -мерное пространство обозначим через R_x^m) представимо в виде графика некоторой функции

$$\xi_m = F_x(\xi_1, \dots, \xi_{m-1}), \quad (2)$$

удовлетворяющей условию Липшица.

$(m-1)$ -мерное пространство декартовых координат $\xi_1, \dots, \xi_{m-1}$ обозначим через K_x . Тогда каждую точку пространства R_x^m можно представить в виде (z, η) , $z \in K_x$. В этих обозначениях уравнение (2) и множество $U(x)$ записываются следующим образом:

$$\eta = F_x(z), \quad z \in \tilde{U}(x),$$

$$U(x) = \{(z, \eta) : z \in \tilde{U}(x), \eta = F_x(z)\},$$

где $\tilde{U}(x)$ — ортогональная проекция $U(x)$ на K_x .

Условие Липшица означает, что для любой точки x из ∂G существует постоянная $\alpha_x > 0$ такая, что для любых $z, z_1 \in \tilde{U}(x)$

$$|F_x(z) - F_x(z_1)| \leq \alpha_x |z - z_1|.$$

Предполагается, что $u(x)$ — непрерывная в области G функция и $f(x, \theta)$ непрерывна на $\bar{G} \times S$, где $\bar{G} = G \cup \partial G$, $S = \{y \in R^m : |y| = 1\}$. Кроме того, предполагается, что для любой точки $x \in G$

$$\int_S f(x, \theta) dS = 0.$$

Покроем пространство R^m «кубической» сеткой следующим образом.

Проведем гиперплоскости $y_1^i = \frac{i_1}{N}$, $y_2^i = \frac{i_2}{N}$, ..., $y_m^i = \frac{i_m}{N}$, где $i_1, i_2, \dots, i_m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$,

N — фиксированное достаточно большое натуральное число. Семейство гиперплоскостей $y_j^i = \frac{i_j}{N}$, $i_j = 0; \pm 1; \dots$ задает разбиение j -ой оси. Через $G_{i_1, \dots, i_m}$ обозначим «куб»

$$[y_1^i, y_1^{i+1}] \times [y_2^i, y_2^{i+1}] \times \dots \times [y_m^i, y_m^{i+1}].$$

Таким образом, $K^m = \bigcup G_{i_1, \dots, i_m}$. Пусть $x = (x_1, \dots, x_m)$. Через $\sigma(x, N)$ обозначим прямоугольный параллелепипед вида

$$\sigma(x, N) = \left[\left(x_1 - \frac{1}{N} \right)_*, \left(x_1 + \frac{1}{N} \right)^* \right] \times \dots \times \left[\left(x_m - \frac{1}{N} \right)_*, \left(x_m + \frac{1}{N} \right)^* \right],$$

где знак «*», помещенный снизу, означает ближайшую слева, а сверху — ближайшую справа точку разбиения соответствующей оси.

Через $y^{i_1, \dots, i_m}$ обозначим центр «куба» $G_{i_1, \dots, i_m}$. Положим, по определению, $G_\delta = \{y \in G : \rho(y) \geq \delta\}$, $\delta > 0$. Здесь $\rho(y) = d(y, \partial G)$ — расстояние от точки y до границы области G .

Пусть i — мультииндекс, $i = (i_1, i_2, \dots, i_m)$, $x \in G$. Выражение вида

$$L(u, f, x; N) = \frac{1}{N^m} \sum_{y \in G_{\delta} \setminus \bigcup_{i \in \mathbb{Z}^m} G_{i, N}} [u(y^i) - u(x)] \frac{f(x, \theta^i)}{|x - y^i|^m} + u(x) \int_G \frac{f(x, \theta)}{|x - y|^m} dy, \quad \theta^i = \frac{x - y^i}{|x - y^i|}, \quad (3)$$

примем за кубатурную формулу для сингулярного интеграла (1).

В терминах характеристик $\Omega_u(l) = \max_{x \in G_l} |u(x)|$,

$$\omega_u(\delta, l) = \max_{\substack{x, y \in G_l \\ |x - y| \leq \delta}} |u(x) - u(y)|, \quad \omega_f(\delta) = \max_{x \in G} |f(x, \theta_1) - f(x, \theta_2)|, \quad \theta_1, \theta_2 \in S, |\theta_1 - \theta_2| \leq \delta, \delta > 0, \quad 0 < l < \frac{d}{2}$$

(d — диаметр области G) и пользуясь методикой и идеей работы [5], доказывается

Теорема. Пусть область G и функция $f(x, \theta)$ удовлетворяют сформулированным выше условиям. Если $x \in G$ и сходятся интегралы

$$\int_0^{\rho(x)} \omega_u(t, \rho(x)/2) t^{-1} dt, \quad \int_0^{\rho(x)} \omega_f(t) dt,$$

то имеет место следующая оценка:

$$а) \text{ при } \rho(x) > \frac{7\sqrt{m}}{N} \quad |(Au)(x) - L(u, f, x; N)| \leq c \cdot c_1 \left\{ \frac{1}{N} \int_0^{\frac{d}{2}} \frac{\omega_u(s, \rho(x)/2)}{s \left(s + \frac{1}{N} \right)} ds + \frac{1}{N \rho(x)} \int_0^{\frac{d}{2}} \frac{\omega_f(t)}{t + \frac{1}{N}} dt + \right.$$

$$\begin{aligned}
& + \int_{\frac{1}{N}}^{\frac{d}{2}} \frac{\omega_u\left(\frac{1}{N}, t\right)}{t + \rho(x)} dt + \left(\omega_f\left(\frac{1}{N}\right) + \right. \\
& + \int_{\rho(x)}^{\frac{d}{2}} \omega_f\left(\frac{1}{Ns}\right) s^{-2} ds \Big) \int_0^{\rho(x)} \Omega_u(t) dt + \\
& + \int_{\frac{1}{N}}^{\frac{d}{2}} \omega_u(s, \rho(x)) \omega_f\left(\frac{1}{Ns}\right) s^{-1} ds + \omega_u\left(\frac{1}{N}, \rho(x)\right) \ln N \rho(x);
\end{aligned}$$

б) при $\rho(x) \leq \frac{7\sqrt{m}}{N}$

$$\begin{aligned}
& |(Au)(x) - L(u, f, x; N)| \leq \\
& \leq c \cdot c_f \left\{ \int_0^{\rho(x)} \omega_u(s, \rho(x)) s^{-1} ds + \int_0^{\frac{d}{2}} \frac{\Omega_u(t)}{t + \rho(x)} dt + \right. \\
& + \Omega_u(\rho(x)) \int_{\frac{1}{N}}^{\frac{d}{2}} \omega_f\left(\frac{1}{Ns}\right) s^{-1} ds + \Omega_u(\rho(x)) \ln \frac{14\sqrt{m}}{N \rho(x)},
\end{aligned}$$

где c — постоянная, зависящая лишь от области G и размерности пространства m .

Следствие. Если область G и функция $f(x, \theta)$ удовлетворяют условиям теоремы и существуют положительные числа

$$\begin{aligned}
& c_u^1, c_u^2, c_f^1 \text{ такие, что } \Omega_u(t) \leq c_u^1 t^{-\alpha}, \omega_u(\delta, t) \leq \\
& \leq c_u^2 \delta^1 t^{-1-\alpha}, \omega_f(\delta) \leq c_f^1(\delta) \leq c_f^1 \delta^\lambda, 0_i < \gamma, \alpha < 1, \gamma \leq \lambda \leq 1,
\end{aligned}$$

то оценка имеет вид:

а) при $\rho(x) > \frac{7\sqrt{m}}{N}$

$$\begin{aligned}
& |(Au)(x) - L(u, f, x; N)| \leq \\
& \leq c \cdot c_f \cdot \max \{c_u^1, c_u^2\} \left(\frac{\ln N \rho(x)}{N^{\gamma} \rho^{\alpha+\gamma}(x)} + \frac{1}{N^{1-\alpha} \rho(x)} \right);
\end{aligned}$$

б) при $\rho(x) \leq \frac{7\sqrt{m}}{N}$

$$\begin{aligned}
& |(Au)(x) - L(u, f, x; N)| \leq \\
& \leq c \cdot c_f \cdot \max \{c_u^1, c_u^2\} \frac{1}{\rho^\alpha(x)} \ln \frac{14\sqrt{m}}{N \rho(x)}.
\end{aligned}$$

Замечание. Теорема остается в силе, если выбрать сетку почти равномерной в том смысле, что отношение любых двух линейных размеров параллелепипеда $G_{i_1, i_2, \dots, i_m}$ ограничено сверху и снизу положительными числами. Точки $y^i \in G_{i_1, i_2, \dots, i_m}$ можно выбрать произволь-

ным образом. При этом достаточно только внести соответствующие изменения в кубатурную формулу (3).

Этой работе предшествовали исследования, посвященные квадратурным формулам для одномерных сингулярных интегралов вида (см. [1-4]) $\int_a^b \frac{\varphi(t)}{t-\tau} dt, \tau \in (a, b)$, где плотность $\varphi(t)$ рассматривалась

в различных обобщениях пространств $H_{\alpha, \lambda, \gamma}$. Наиболее точные оценки погрешности получены в работе [3]. Нетрудно заметить, что оценки погрешности в данной работе, выписанные в следствии к теореме, не отличаются от оценок работы (3), если положить $\epsilon = \beta$.

Относительно кубатурных формул для многомерных сингулярных интегралов отметим работу [6], в которой плотность $u(y)$ рассматривалась в классе $H^\alpha(\Omega)$, удовлетворяющих в плоской области Ω условию Гельдера с показателем $0 < \alpha \leq 1$. Схема построения кубатурной формулы была почти такая же, как в данной работе. Относительно границы γ области Ω предполагалось, что γ является замкнутой жордановой спрямляемой кривой, удовлетворяющей условию $\theta(\delta) \sim \delta$, где $\theta(\delta) = \sup_{\tau \in \gamma} \sup_{|\tau - t| \leq \delta} |\tau - t|$. В рассуждениях фигурировала

некоторая характеристика $\mu_x(t, \alpha)$, в терминах которой была получена оценка погрешности. Заметим, что $\mu_x(t, \alpha)$ жестко связана с показателем Гельдера класса $H^\alpha(\Omega)$.

Отметим также, что ранее в этом же классе функций, когда Ω — квадрат, аналогичная задача рассматривалась Б. И. Мусаевым [7].

В заключение, авторы выражают благодарность А. А. Бабаеву за обсуждение и постоянное внимание к работе.

Литература

1. Бабаев А. А., Садырханов Р. С. ДАН СССР, 214, № 4, 2974.
2. Мусаев Б. И. Изв. вузов, серия матем., № 8, 1977.
3. Муратшаева З. Э. Уч. зап. МВ и ССО Азерб. ССР, № 5, 1978.
4. Бабаев А. А., Садырханов Р. С. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, № 2, 8-16, 1978.
5. Абдуллаев С. К. Тематич. сб. научн. трудов: "Исследования по линейным операторам и их приложениям". Баку, 1981.
6. Гулнев Р. Д. ДАН Азерб. ССР, № 4, 1981.
7. Мусаев Б. И. Тематич. сб. научн. трудов: "Исследования по линейным операторам и их приложениям". Баку, 1981.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 26. XI 1981

С. К. Абдуллаев, В. Б. Василев

МӘҢДУД m -ӨЛЧҮЛҮ ОБЛАСТ ҮЗРЭ ЧОХӨЛЧҮЛҮ СИНГУЛЈАР ИНТЕГРАЛ ҮЧҮН БИР КУВАТУР ДҮСТҮР

Мәгаләдә m -өлчүлү мәңдуд $G \subset R^m$ ($m \geq 2$) област үзрә

$$Au = \int_G f(x, \theta) |x-y|^{-m} u(y) dy$$

чохөлчүлү сингулјар интеграл үчүн кубатур дүстүр верилмиш вә хәтә гијмәтләндирилмишдир.

ON THE CUBATURE FORMULA FOR THE MULTIDIMENSIONAL SINGULAR INTEGRAL ON THE BOUNDED m -DIMENSIONAL DOMAIN

The cubature formula for multidimensional singular integral $\int_0 f(x, b) |x -$

$-y|^{-m} u(y) dy$, $m > 2$, over bounded m -dimensional domain with Lipschitz boundary is proposed. The obtained estimate of error coincides with the well-known estimate in one-dimensional case.

УДК 621.315.592

ФИЗИКА
ПОЛУПРОВОДНИКОВ

С. А. АЛИЕВ, Д. Ш. АБДИНОВ, З. Ф. АГАЕВ, акад. Э. Ю. САЛАЕВ

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В Ag_2Te

Теллурид серебра относится к числу узкозонных полупроводников, обладающих полиморфными свойствами. В работах [1,2] на основании исследования электрических и тепловых свойств Ag_2Te вблизи фазового перехода было показано, что при переходе $\alpha \rightarrow \beta$ электрические свойства изменяются скачком, а решеточная часть теплопроводности изменяется незначительно. Предполагалось, что подобное поведение электрических свойств обусловлено изменением зонных параметров.

Для получения более конкретных количественных результатов необходимо было провести дополнительные исследования, позволяющие прежде всего анализировать изменения подвижности, концентрации, энергии активации и эффективной массы носителей тока при фазовом превращении.

С этой целью в данной работе проведено комплексное исследование кинетических явлений в широком температурном и концентрационном интервале, который позволил охватить собственную и примесную область проводимости в α -и β -фазах.

На рис. 1 представлены температурные зависимости коэффициента Холла $R(a)$ и подвижности $\mu(\delta)$ образцов Ag_2Te . Из этих рисунков следует, что образцы 4,5 обладают n -типом проводимости, а 1, 2, 3 p -типом. Температурная зависимость R , для образцов 4, 5 до фазового перехода имеет ход, присущий полупроводникам с вырожденным одним сортом носителей тока. При температуре фазового перехода R изменяется скачкообразно. Такое поведение R может быть обусловлено изменением зонных параметров — ширины запрещенной зоны, эффективной массы электронов, матричного элемента взаимодействия и др., приводящие к скачкообразному изменению плотности состояния и механизмов рассеяния носителей тока. О механизме рассеяния можно судить по температурной зависимости подвижности носителей тока (рис. 1, б). Как видно, температурная зависимость подвижности в α -и β -фазах имеет примерно одинаковый ход. Высказывания в пользу постоянства механизма рассеяния в α -и β -фазах (вблизи температуры перехода) подтверждаются данными и других кинетических коэффициентов (термо-Э. д. с., термомагнитные эффекты, решеточная доля теплопроводности).

Эффективная масса плотности состояния электронов m^* и матричный элемент для низкотемпературной фазы Ag_2Te определены в работе [3]. В указанной работе для образцов 4,5 определение эффективной

массы m^* , α -и β -фазы проведено по данным термо-э. д. с. электропроводности σ , коэффициента Холла R , поперечного и продольного термомагнитных эффектов. Известно, что по данным термо-э. д. с. и коэффициента Холла в классически сильном магнитном поле, в об-

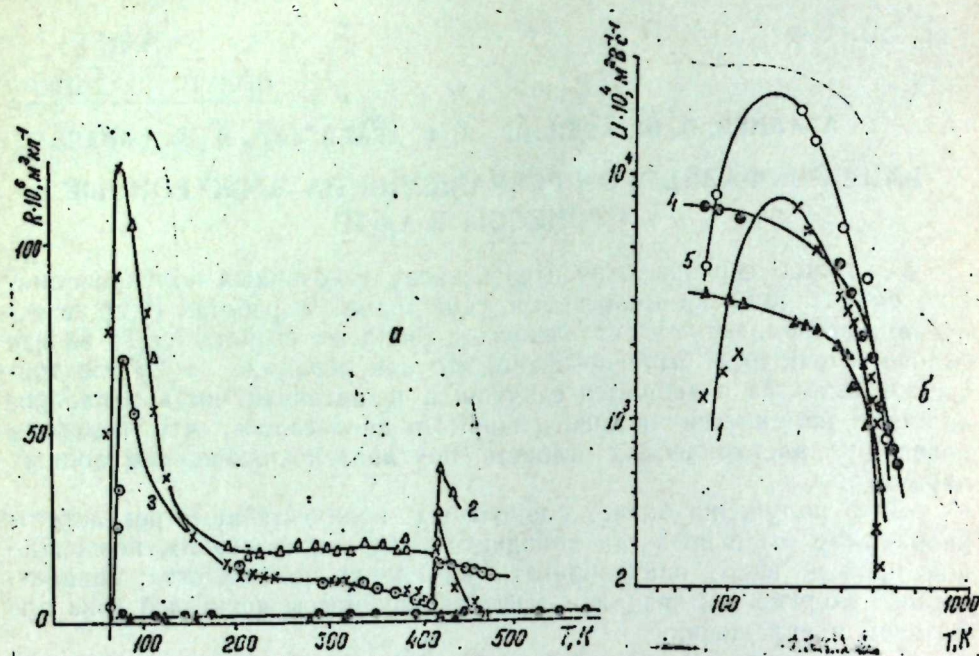


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента Холла в Ag_2Te : 1— $n=5,2 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$; 2— $n=6 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$; 3— $n=9,2 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$; 4— $n=3,2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$; 5— $n=1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

разцах с вырожденным одним сортом носителей тока можно достаточно точно определить m^* по формуле [4]

$$m^* = \frac{e}{n^2 K_0^2 T} \left(\frac{3 t^2}{8 n e K_{oc}} \right) \alpha_{oc} \quad (1)$$

В случае, если магнитные поля недостаточны для насыщения термо-э. д. с., предельное значение достигается либо экстраполяцией $\Delta\alpha \rightarrow \Delta\alpha_{oc}$, либо используется коэффициент Нернста—Эттингсгаузена

(Н.—Э.) в слабом поле $\alpha_{oc} = \alpha_0 + \frac{Q_c''}{R\alpha}$ [5,6]

В формулу (2) входят изотермический коэффициент Н.—Э., измерение которого представляет экспериментальные трудности. В некоторых случаях, измеряя эффект Н.—Э. в условиях, близких к адиабатическому, считая малым отношение электронной составляющей теплопроводности к общей, пренебрегают поправкой на неизотермичность. В случае адиабатического условия, поправку можно вычислить с помощью выражения

$$Q_1'' = Q_1'' - \alpha \frac{1}{\sigma_0} R \sigma, \quad (3)$$

где второе слагаемое связано с влиянием эффекта Риги—Ледюка [10]. Если не выполняется и условие адиабатичности то, для учета поправки на неизотермичность, необходимо на зондах измеряющих эффект Н.—Э., мерить и перепад температуры и таким образом учитывать поправку в виде

$$V_{\perp} = V_{\perp}^{\text{экс}} - \Delta T_y \cdot \alpha$$

В данном случае для определения α_{oc} были использованы оба метода. Полученные результаты представлены на рис. 2 а. Как видно, для исследованных образцов значение эффективной массы для α -фазы находится в согласии с данными [3]. Эффективная масса плотности состояния электронов в $\beta = \text{Ag}_2\text{Te}$ при $T \sim 453 \text{ К}$ и $n = 1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ со-

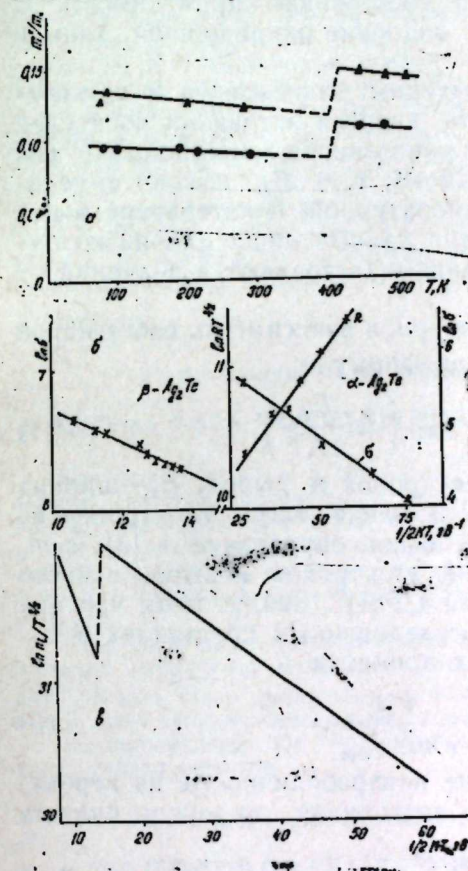


Рис. 2. Температурные зависимости эффективной массы (а), электропроводности и коэффициента Холла (б) и собственной концентрации (с) носителей тока в Ag_2Te .

ответствует $m = 0,15 m_0$. Это превышает значение эффективной массы $\alpha - \text{Ag}_2\text{Te}$ для идентичной концентрации примерно на 30 %. Изменение эффективной массы электронов при $\alpha \rightarrow \beta$ переходе обусловлено при этом увеличением ширины запрещенной зоны.

Из рис. 1, а видно, что образцы 1, 2, 3 до температуры $40 \pm 60 \text{ К}$ обладают P -типом проводимости. По мере повышения температуры в них осуществляется смешанная, а затем собственная проводимость. Вследствие большого значения отношения подвижностей электронов и дырок u_n/u_p , эти образцы в собственной области обладают n -типом проводимости. В них при температуре фазового перехода скачкообра-

эти изменения кинетических коэффициентов имеет более резкий вид. Причем, видно, что при фазовом переходе коэффициент Холла скачком возрастает, а затем уменьшается с ростом температуры.

В образцах 1, 2, 3 после фазового перехода происходит смена знака термо-э. д. с. из n на p , т. е. происходит двойная инверсия знака проводимости [2]. Эти экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при фазовом переходе происходит скачкообразное уменьшение концентрации собственных носителей тока, обусловленное возрастанием ширины запрещенной зоны ($n_i \sim \exp(-\frac{E_g}{2KT})$). Следует

замечать, что смена знака проводимости происходит в тех образцах, в которых в α -фазах осуществляется собственная проводимость. В таких образцах удалось определить значение запрещенной зоны в α -и β -фазах.

На рис. 2, б представлены температурные зависимости R и σ , позволяющие непосредственно вычислить энергии активации носителей тока в α -и β -фазах. Получено, что ширина запрещенной зоны α -фазы Ag_2Te порядка 0,04 эВ, а β -фазы — 0,12 эВ, т. е. E_g высокотемпературной фазы втрое больше низкотемпературной. В литературе о ширине запрещенной зоны Ag_2Te имеются данные лишь для низкотемпературной фазы, причем они разноречивы (встречаются значения от 0,02 до 0,1 эВ [8], [9]).

На рис. 2, в представлена температурная зависимость собственной концентрации ($n_i T^{3/2}$), рассчитанной по формуле

$$n_i = \frac{2(V m_n m_p KT)^{3/2}}{4\pi h^3} \exp\left(-\frac{E_g}{2KT}\right), \quad (4)$$

где m_n и m_p — эффективные массы электронов и дырок, E_g — ширина запрещенной зоны при $T=0$ К. Эффективная масса электронов на дне зоны проводимости $m_n=0,02 m_0$ была определена в [3], а m_p оценена сопоставлением подвижности электронов и дырок в чисто примесной области проводимости (при 4,2 К). Ввиду того, что при $T \sim 4$ К рассеяние носителей тока в исследованных кристаллах в основном происходит на ионизированных примесях

$$u_{\text{ион}} = \frac{1}{48} \left(\frac{3}{\pi}\right)^2 \frac{k^2 x^2}{e^3 m^{*2} f_{\text{ион}}}, \quad (5)$$

где f — фактор, учитывающий влияние непараболичности на вероятность рассеяния, x — диэлектрическая постоянная, то можно считать

$u_n/u_p = \left(\frac{m_p}{m_n}\right)^2$. Для образца с $p = 7 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$, $u_p = 0,64 \text{ м}^2/\text{В. с.}$, а в образце с $n \sim 1 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$, $u_n = 2,7 \text{ м}^2/\text{В. с.}$ Экстраполяцией u_n к $n \sim 7 \times 10^{22} \text{ м}^{-3}$ или u_p к $p \sim 1 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$, получим $u_n = 37 \text{ м}^2/\text{В. с.}$, $u_p = 0,046 \text{ м}^2/\text{В. с.}$ Отсюда $u_n/u_p = 58$, $m_p/m_n = 7,6$, $m_p = 0,154 m_0$. Изменение E_g в три раза должен привести к уменьшению собственной концентрации в 2 раза, а концентрацию электронов для образцов 4,5 в 1,3 раза.

Таким образом, получено, что в Ag_2Te при структурном фазовом превращении, независимо от степени вырождения, происходит изменение плотности состояний. Учитывая очень узкую ширину запре-

щенной зоны α — Ag_2Te ($E_g \approx 0,04$ эВ при 0 К), данное превращение можно отнести к числу переходов бесщелевой полупроводник — полупроводник. Действительно, если учесть температурную зависимость E_g $\frac{\partial E_g}{\partial T} = 1 \cdot 10^{-1}$ эВ [3], то перед фазовым превращением ширина запрещенной зоны α — Ag_2Te становится почти равной нулю, а после фазового перехода $E_g \approx 0,07$ эВ.

Литература

1. Абдуллаев Г. Б., Алиев М. И., Алиев С. А., Араслы Д. Г., Вердиева Н. А., Гусейнов Р. Э., Суюнов У. Х., Керимова Т. К. Структура зоны проводимости и явления переноса заряда и тепла в Ag_2Te и Ag_2Se . Мат-лы IX Всесоюз. симпозиума. Полупроводники с узкой запрещенной зоной и полуметаллы. Львов, стр. 54, 1975.
2. Абдуллаев Г. Б., Алиев М. И., Алиев С. А., Вердиева Н. А. Кинетические явления в Ag_2Te и Ag_2Se вблизи фазового перехода. Препринт № 33 ИФАН Азерб. ССР. Баку, 1974.
3. Алиев С. А., Суюнов У. Х., Алиев М. И. Изв. АН Азерб. ССР серия физ.-тех. и матем. наук, № 1, 63, 1970.
4. Шалыт С. С., Алиев С. А. ФТТ, № 6, стр. 1979, 1961.
5. Askarov B. M. and Gashimzade F. M. Phys. state. sol., 21, 115, 1967.
6. Kolodziejczak, Sosnowski. Acta. phys. polon. 21, 399, 1962.
7. Цидильковский И. М. Термомангнитные явления в полупроводниках. Физматгиз. М., 1969.
8. Dalven and Gill R. Physical Review, 143, № 12, 666—670, 1966.
9. Ахундов Г. А., Абдуллаев Г. Б., Алиев М. Х., Эфендиев Т. А. С5. Вопросы металлургии и физики полупроводников, 104. АН СССР 1966.

ИФАН

Поступило 10. XII 1982

С. А. Элиев, Ч. Ш. Абдинов, З. Ф. Агаев, Е. Я. Салаев

Ag_2Te -да ФАЗА ЧЕВРИЛМЭСИННИН ЭЛЕКТРОН ПРОСЕСЛЭРИНЭ ТЭСИРИ

Концентрациясы $n = 5 \cdot 10^{22} \div 1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ва $p = 70 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$ олан Ag_2Te кристалларында электрик кечиричилији σ , термо э. б. г. α , Холл эффекти, сининэ ва узунуна термомангнит эффектлэри тэдиги едилмишдир.

Фаза кечидиндэ (415—5 к) кинетик эмсалларын сычрайышда дэјишмэси ашкар едилмиш, σ , α , R , Q_1 ва Δx -нын верилимиш гијмэтлэринэ кэрэ ашагы ва јухары температурлу фазаларда электронынын һал сыхлыгынын эффектив кутлэси m^* һесапланмишдир.

Мәхсуси кечиричилиик областында $\sigma(T)$ ва $R(T)$ -нын гијмэтлэринэ кэрэ җалаган олунмуш золагын ени мўәјјән едилмишдир. α -фазадан β фазаја кечәркән E_g 0,04 эВ-дан 0,12 эВ-а гэдәр дэјишир. α фазасында мәхсуси кечиричилијә малик олан нүмунэләр, фаза чеврилмэсиндән сонра P -типә кечирләр.

Көстэрилимишдир ки, Ag_2Te -да $\alpha \rightleftharpoons \beta$ фаза кечиди, јарымметал-јарымкечиричи типли кечиде ујғундур.

S. A. Aliyev, D. Sh. Abdinov, Z. F. Agayev, E. Yu. Salayev

THE EFFECT OF PHASE TRANSFORMATION ON THE ELECTRONIC PROCESSES IN Ag_2Te

An investigation has been made of electroconductivity σ , thermoelectromotive force α , Hall effect, transverse and linear thermomagnetic effects in n - and p -type Ag_2Te .

The kinetic coefficients are observed to change unevenly. The data for σ , α , R , Q_1 and Δx are used to estimate the effective mass of state density of the electrons m^* and forbidden band width of low-temperature and high-temperature phases.

The forbidden band width E_g and the effective mass m^* are also shown to change unevenly when transforming from α to β phase.

The transformation in Ag_2Te , $\alpha \rightleftharpoons \beta$ is established to be followed by the gapless semiconductor—semiconductor junction.

С. А. АБАСОВ, Я. Г. РАГИМОВ, В. А. АЛЕКПЕРОВ

ОБ ЭФФЕКТЕ „СМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСА“ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ДИЭЛЕКТРИКОВ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. Б. Абдуллаевым)

Изучение температурно-временной зависимости электрической прочности различных полимерных диэлектриков привело, как известно [1—4], к выводу, что для многих полимерных материалов в широком интервале температур T и напряженности электрического поля E характерна следующая закономерность для времени жизни τ_3 (τ_3 — время, прошедшее от момента приложения электрического поля к образцу до его пробоя):

$$\tau_3 = C \exp \left(\frac{W_0 - \chi E}{RT} \right), \quad (3)$$

где C слабо зависит от E , параметру W_0 придавался смысл высоты начального энергетического барьера, χ — коэффициент, определяющий снижение начального энергетического барьера W_0 при приложении электрического поля E .

Однако формула (1) является приближенной, так как во всех случаях [1—4] наблюдается так называемый эффект „смещения полюса“ в координатах $\lg \tau_3 - \frac{1}{T}$, т. е. зависимости $\tau_3(E, T)$ изображаются

в координатах $\lg \tau_3 - \frac{1}{T}$ семейством прямых, сходящихся при линейной экстраполяции приблизительно в одну точку — „полюс“, находящийся не на оси ординат (при $\frac{1}{T} = 0$), а сдвинутый в сторону (налево)

на расстояние $\frac{1}{T_n}$ (при этом в координатах $\lg \tau_3 - E$ семейство графиков остаются похожим на „обычный веер“). Поэтому нахождение значения величин W_0 и χ осложнялось, и приводимые значения этих величин следовало рассматривать как оценочные.

Эффект „смещения полюса“ можно попытаться объяснить с переменностью (зависимостью от значений E , T и времени τ_3) любого из трех коэффициентов C , W_0 и χ , входящих в уравнение (1).

Проведенные нами эксперименты, по влиянию различных факторов (электрических разрядов, ориентационной вытяжки, механической нагрузки и т. д.), приводящих к структурному изменению, на температурно-временную зависимость электрической прочности поли-

мерных диэлектриков показали, что [2—4] величины W_0 и C при этом не изменяются. Изменение прочностных свойств под действием указанных факторов отражается в изменении χ и при этом также изменяется положение полюса [4]. Поэтому более правдоподобным является предположить, что в полимере под действием сильного электрического поля происходят изменения, вызывающие переменность коэффициента χ , его зависимость от условий испытания и предыстории образца.

Следует отметить, что в работах [1—4] эксперименты проводились в воздухе, в котором наверное не полностью исключены краевые эффекты и возникали, хотя не интенсивные, частичные разряды между электродами и образцом. С другой стороны, из литературы известно, что [5—7] под действием частичных разрядов полимерных материалах происходят структурные изменения (деструкция, сшивка и т. д.).

Итак, имеется полное основание предполагать, что смещение полюса может быть связано с изменением структурно-чувствительного коэффициента χ в (1) в процессе испытания. Поэтому надо выбрать такую среду, в которой устраняются краевые эффекты и разряды. Одним из таких сред может являться трансформаторное масло.

Учитывая вышесказанное, в данной работе изучены температурно-временные зависимости электрической прочности полимерной пленки полиэтилена (ПЭ) в воздухе и в трансформаторном масле.

На рис. 1 приведены зависимости логарифма времени жизни $\lg \tau_3$ полимерной пленки ПЭ от напряженности электрического поля

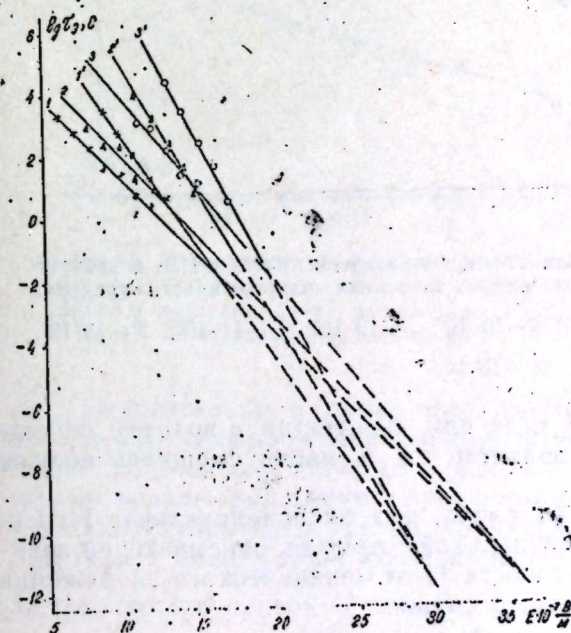


Рис. 1. Зависимости времени жизни пленки ПЭ в воздухе (1—3) и в масле (1'—3') при различных температурах (T, K): 1, 1'—323; 2, 2'—293; 3, 3'—253.

E в воздухе и в масле при различных температурах. Видно, что когда пробой осуществляется в трансформаторном масле время жизни увеличивается (диапазон напряженности заметно возрос). Это показывает, что действительно, устраняются краевые эффекты и разряды.

Однако в координатах $\lg \tau_0 - E$ общий вид веера мало изменился по сравнению с веером в воздухе.

Приведенные на рис. 2 температурные зависимости времени жизни пленки ПЭ в координатах $\lg \tau_0$ от $\frac{1}{T}$, полученные путем перестроения данных рис. 1 при различных напряженности электрического

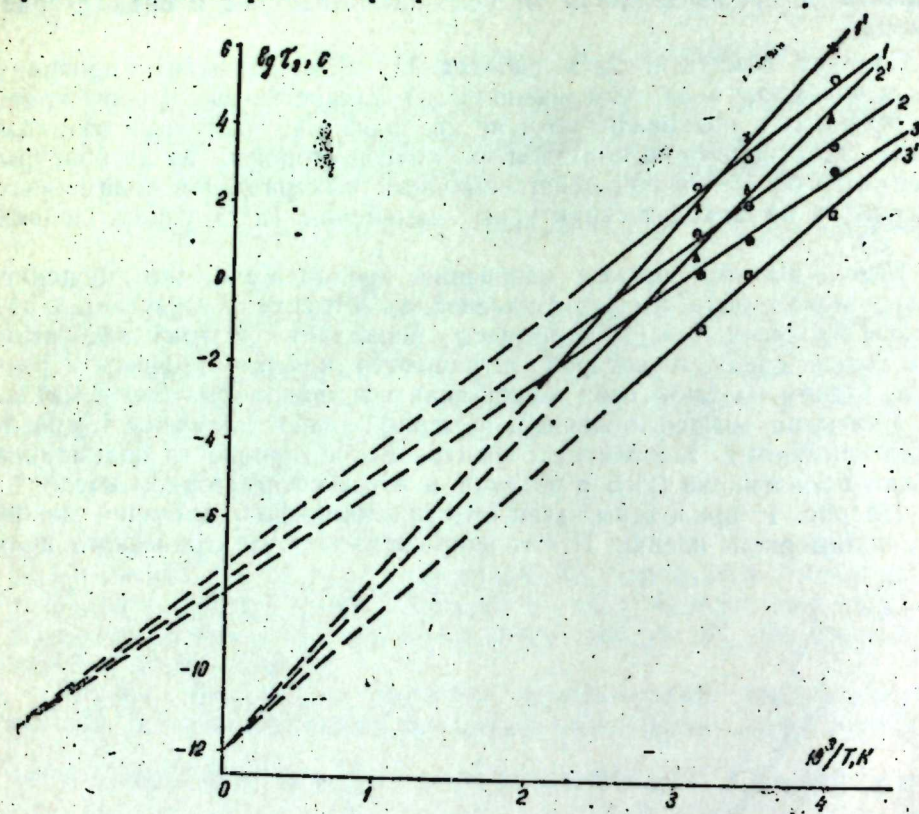


Рис. 2. Температурные зависимости времени жизни пленки ПЭ, в воздухе (1—3) и в масле (1'—3') при различных значениях напряженности электрического поля $(E, \frac{B}{M})$: 1— $8 \cdot 10^7$; 2— $10 \cdot 10^7$; 3— $12 \cdot 10^7$; 1'— $11 \cdot 10^7$; 2'— $13 \cdot 10^7$; 3'— $16 \cdot 10^7$.

кого поля, показывают, что если при испытании в воздухе наблюдается веер со смещенным полюсом, то в масле смещение полюса практически исчезло.

В работах [1—4] нами отмечено, что экспоненциальная зависимость (1) аналогична экспоненциальной формуле, описывающей зависимость механической долговечности τ_m от механического напряжения σ и абсолютной температуры T , а именно:

$$\tau_m = \tau_0 \exp \left(\frac{U_0 - \gamma \sigma}{RT} \right). \quad (2)$$

Процесс электрического разрушения полимерных материалов так же, как и процесс их механического разрушения, носит кинетически-акти-

вационный характер и имеет термоструктурно-кинетическую природу, включая в себя разрывы химических связей [8]. Экспериментальные данные приведенные на рис. 1 и 2, показывают, что получается ситуация, которая наблюдается в случае механического разрушения [9]. Также установлено, что в этом случае наблюдаются различные виды усложнения, одним из которых является смещение полюса в координатах $\lg \tau_m$ от $\frac{1}{T}$ в различную сторону, и причиной смещения полюса яв-

ляется нестабильность структуры полимера, т. е. изменение коэффициента γ в процессе испытания: чем стабильнее структура, тем меньше смещение.

Таким образом, для объяснения эффекта смещения полюса имеются основания, прежде всего привлекают изменения такой легко варьированной величины, как коэффициент γ в формуле (1).

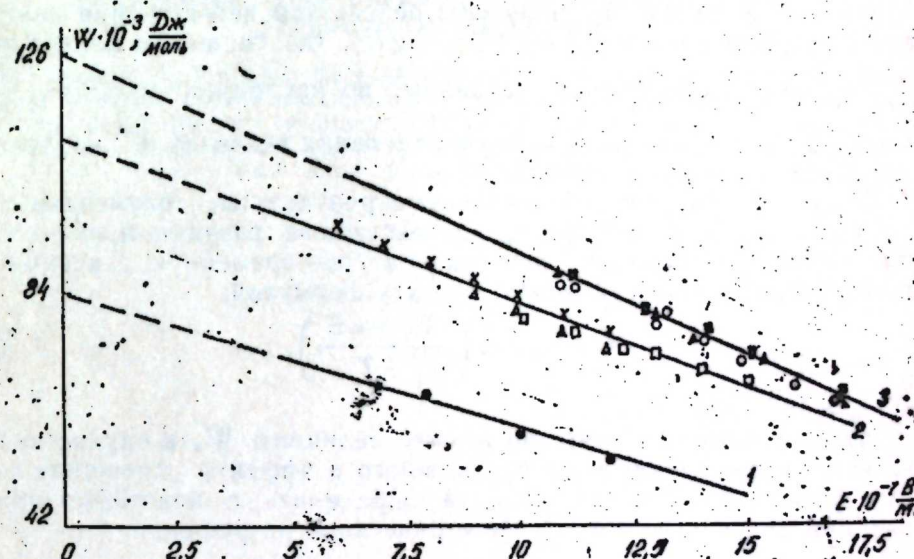


Рис. 3. Зависимости энергии активации процесса электрического разрушения пленки ПЭ от напряженности электрического поля: 1—из наклона (испытание в воздухе); 2—из выражения $W = 2,3 RT (\lg \tau_0 - \lg \tau_0)$ (испытание в воздухе); 3—из наклона и из выражения $W = 2,3 RT (\lg \tau_0 - \lg \tau_0)$ (испытание в масле).

Следовательно, в случае электрического разрушения так же, как и в случае механического для корректного определения энергии активации процесса электрического разрушения требуется, чтобы в изучаемом интервале температур и напряжений структурные условия развития термофлуктуационных актов сохранялись одинаковыми. Если же структура и межатомные взаимодействия изменяются то такая величина как наклон кривой $\lg \tau_0 - \frac{1}{T}$, будет уже сложно и неоднозначно

связана с энергией активации элементарных актов процесса разрушения. Это надо учитывать при оценке величины W_0 , когда наблюдается эффект "смещения полюса". Так, например, в работе [1], игнорируя факт смещения полюса, при расчете энергии активации про-

цесса электрического разрушения по наклону зависимости $\lg \tau_0 \left(\frac{1}{T} \right)$

получено аномально малое значение.

Все же можно предложить частично обоснованный метод, предположив, что усложнения зависимости времени жизни от E и T типа смещения полюса вызваны нестабильностью коэффициента α , т. е. его непостоянством при различных напряженностях поля и температурах.

На рис. 3 приведены зависимости энергии активации W , вычисленные по наклону прямых $\lg \tau_0 \left(\frac{1}{T} \right)$ и из формулы $W = 2,3 RT (\lg \tau_0 - \lg C)$ от напряженности электрического поля E для пленок ПЭ, когда имеет место смещение полюса. Видно, что найденные значения W_0 из формулы и по наклону различаются.

На рис. 3 также представлены результаты перестроения данных рис. 2 по формуле $W = 2,3 RT (\lg \tau_0 - \lg C)$, где смещения полюса нет.

Там же показаны точки, найденные по наклону прямых $\lg \tau_0 \left(\frac{1}{T} \right)$ на рис. 2. Видно, что результаты определения значения W_0 , полученные обоими методами, совпадают.

Таким образом, экспериментальные результаты, полученные при испытании на пробой в среде, где частичные разряды практически отсутствуют, показывают, что температурно-временную зависимость электрической прочности можно описать формулой:

$$\tau_0 = \tau_0 \exp \left(\frac{W_0 - \alpha E}{kT} \right), \quad (3)$$

где $\tau_0 \approx 10^{-12}$ сек.

Итак, в работах [1—4] при оценке величины W_0 в случае наличия усложнения разрушения, приводящего в эффекту "смещения полюса", фактически сделана попытка определить с некоторым приближением энергию активации электрического разрушения.

Литература

1. Багиров М. А., Рагимов Я. Г., Аббасов Т. Ф., Абасов С. А. ФТТ, т. 15, вып. 5, 1579, 1973.
2. Багиров М. А., Абасов С. А., Рагимов Я. Г., Аббасов Т. Ф. ВМС, А. 20, № 5, 1109, 1978.
3. Абасов С. А., Аббасов Т. Ф., Рагимов Я. Г. "Радиация в физике и химии", 1, 21, "Элм", Баку, 1978.
4. Рагимов Я. Г. Канд. дисс. Баку, 1979.
5. Койков С. Н., Цикли А. Н. Электрическое старение твердых диэлектриков М., 1965.
6. Багиров М. А., Малин В. П., Абасов С. А. Воздействие электрических разрядов на полимерные диэлектрики. Баку, Элм, 1975.
7. Ильченко Н. С., Кириленко В. М. Полимерные диэлектрики. Киев, "Техника", 1977.
8. Рагимов Я. Г., Абасов С. А., Алигулиев Р. М., Хитеева Д. М., Эльмира Джалалкызы ВМС, 24, № 6, 406, Баку, 1982.
9. Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. "Наука", М., 1974.

С. А. Абасов, Я. Г. Рагимов, В. Э. Элекбаров

ДИЛЕКТРИКЛЭРИН ЕЛЕКТРИК МӨҢКӨМЛИЖИНИН ТЕМПЕРАТУР-ЗАМАН АСЫЛЫЛЫГЫНДА "ГҮТБ ДЭЈИШМӘСИ" ҲАГГЫНДА

Мағаләдә һава вә Јаг мүнһитиңдә полиетиленни електрик мөһкәмлијини температур-заман асылылығы өјрәнилмишдир. Көстәрилмишдир ки, елә хәркинлик вә температур интервалы мөвчуддур ки, һәмин интервалда материалын гурулушу тәчрүбә просесиндә дэјишмир вә дағылманын термофлуктуасија акты белә шәраитдә баш вердикдә $\lg \tau_0 = f \left(\frac{1}{T} \right)$ асылылығында "гүтб дэјишмәси" баш вермир. Бу һалда дағылма просесинин активлик енерјисинин һесаблинмыш гијмәти һәғиги гијмәтә даһа јакын олур.

S. A. Abasov, Ya. G. Ragimov, V. A. Alekperov

ON THE EFFECT OF "POLE DISPLACEMENT" IN STUDYING TEMPERATURE-TIME DEPENDENCE OF THE ELECTRICAL STRENGTH OF DIELECTRICS

An investigation has been made of temperature-time dependence of polyethylene electrical strength in air and transformer oil. Within the temperature and voltage ranges having similar structural conditions of developing the breakdown thermofluctuation acts, no "pole displacement" effect is shown to be observed in the dependence $\lg \tau_0 = f(1/T)$. The estimated values of the activation energy for the electrical breakdown process are also shown to be correct.

К. И. ЭФЕНДИЕВ, С. А. АЛИЕВ, Г. С. КИРИЧЕНКО

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ОГРАНИЧЕННОМ ПЛАЗМЕННОМ ОБЪЕМЕ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ч. М. Джуварлы)

Параметрические неустойчивости плазмы, вызываемые воздействием внешнего высокочастотного (ВЧ) поля, представляют собой эффективный механизм ввода в плазму энергии, и непосредственно используются в термоядерных исследованиях. В области низкотемпературной плазмы широко применяются, например, в качестве ионных источников либо для целей технологии плазменной обработки поверхностей материалов, высокочастотные разряды. По существу, ВЧ разряд представляет собой пространственно-ограниченный объем плазмы, находящийся в переменном электрическом поле. Типичный частотный диапазон ВЧ генераторов (ω_0), применяемых для поддержания ВЧ разрядов, соответствует условию $\omega_{pi} \ll \omega_0 \ll \omega_{pe}$, где ω_{pi} , ω_{pe} — ионная и электронная ленгмюровские частоты плазмы. Поэтому изучение устойчивости таких разрядов относительно возбуждения параметрических процессов представляет принципиальный и практический интерес.

В большинстве теоретических работ, посвященных взаимодействию волн в плазме, плазма предполагается бесконечно протяженной средой. Однако в случаях, когда размеры плазменного объема сравнимы с длинами волн, распространяющихся в плазме, влияние ограниченности системы может оказаться существенным. В настоящей работе экспериментально исследована параметрическая неустойчивость в замагниченной плазме с накачкой в указанном выше диапазоне частот, что соответствует возбуждению нижнегибридных электронных и ионных ($\omega < \omega_{pi}$) колебаний, распространяющихся почти поперек магнитного поля. Установлено, что продольная (вдоль магнитного поля) ограниченность плазменного объема в определенных условиях является решающим фактором, определяющим пороговые характеристики параметрического процесса.

Эксперименты были выполнены на установке, схема которой представлена на рис. 1 (справа вид в торец). Плазма разряда низкого давления с накалимым катодом зажигалась между анодом 2 и катодом 1, расположенными на расстоянии 25 см друг от друга. Плазменный столб поддерживался в однородном магнитном поле 4 напряженностью до 10^2 Э. Высокочастотное электрическое поле $\vec{E}_0$ создавалось с помощью плазменного конденсатора 3 и двух прямоугольных сеток. Конденсатор запитывался высокочастотным ($\frac{\omega_0}{2\pi} = 7 \div 40$ МГц) напряжением от внешнего генератора. Типичные параметры исследуемой плазмы: концентрация плазмы $n_e = 1 \cdot 10^9$ см $^{-3}$, температура электронов $T_e = 10$ эВ, $\omega_{pe}/2\pi = 300$ МГц, $\omega_{pi}/2\pi = 1$ МГц, $\omega_{pe} \sim \omega_{He}$.

На рис. 2 (внизу) показан пример спектров параметрической неустойчивости плазмы. При малых амплитудах накачки ($\bar{U}_0 = 30$ В) в

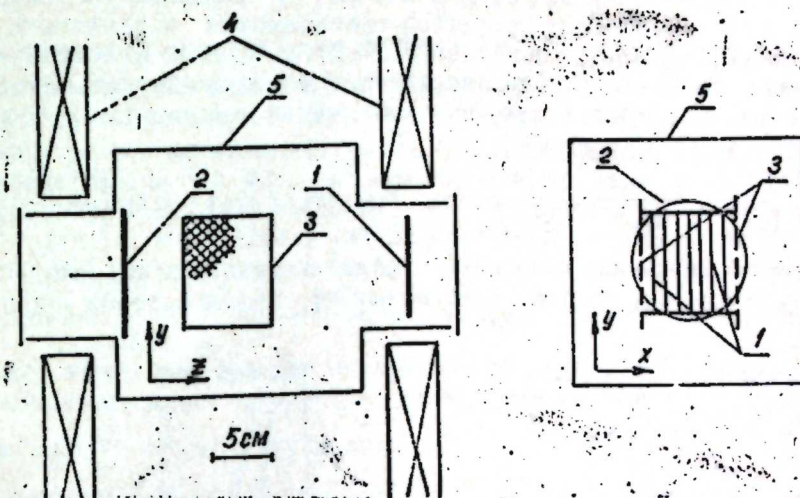


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

спектре присутствуют низкочастотные (НЧ) ионнозвуковые шумы и узкополосный пик поля накачки (ω_0). В условиях интенсивной накачки ($\bar{U}_0 = 160$ В) амплитуда низкочастотного спектра существенно возрастает, а вблизи частоты накачки возникают спектры $\omega = \omega_0 \pm \omega_{ni}$ сравнимой интенсивности. Переход спектров от первого ко второму типу с ростом амплитуды поля накачки носит пороговый характер. В верхней части рис. 2 представлены зависимости амплитуд колебаний, наблюдаемых в спектре (ω_0 , ВЧ и НЧ) при различных напряжениях накачки. Сигнал на частоте накачки линейно возрастает с ее интенсивностью. Низкочастотные колебания пороговым образом нарастают от некоторого начального уровня ионнозвуковых шумов использованного газового разряда. Порог возникновения колебаний коррелирует с порогом возрастания интенсивности низкочастотного спектра.

Теория параметрической неустойчивости рассматриваемого типа развита в работах [1,2]. В диапазоне частот $\omega_{ni} \ll \omega_{pi} < \omega \ll \omega_{pe}$, ω_{He} собственными продольными волнами в плазме являются нижнегибридные электронные волны [3].

$$\omega = \frac{\omega_{He} \omega_{pe}}{(\omega_{He}^2 + \omega_{pe}^2)^{1/2}} \cdot \frac{\kappa_z}{K} \quad (1)$$

Здесь: ω_{ni} , ω_{He} — циклотронная частота ионов, электронов; κ — волновое число, κ_z — проекция волнового вектора на направление магнитного поля ($\kappa_z \ll \kappa$). Кинетическое затухание таких волн на электронах определяется декрементом

$$\tilde{\gamma} = \frac{1}{2} \nu_{e0} + \left(\frac{\pi}{8} \right)^{1/2} \cdot \frac{\omega^2}{\kappa^2 d_e^2} \cdot \frac{1}{\kappa v_{Te} |\cos \theta|} \cdot \exp \left(- \frac{\omega^2}{2 \kappa^2 v_{Te}^2 \cos^2 \theta} \right) \quad (2)$$

(ν_{e0} — частота парных столкновений электронов, d_e — дебаевский радиус, v_{Te} — тепловая скорость электронов, $\cos \theta = \frac{\kappa_z}{\kappa}$).

Параметрические эффекты в плазме, в большинстве своем связаны с неустойчивостью процессов трехволновых взаимодействий с участием низкочастотных колебаний [1, 4, 5]. В наших условиях низкочастотные колебания плазмы соответствуют ионно-звуковым с дисперсией в длинноволновом пределе ($\kappa d_e \ll 1$). $\omega = \omega_s = \kappa d_e \omega_{pi}$ и затуханием

$$\gamma_s = \left(\frac{\pi}{8}\right)^{1/2} \cdot \frac{\omega_s \cdot \omega_{pi}}{\omega_{pe}} \cdot \frac{1}{|\cos \theta|} + \left(\frac{\pi}{8}\right)^{1/2} \cdot \omega_s \cdot \left(\frac{T_e}{T_i}\right)^{1/2} \cdot \exp\left(-\frac{T_e}{2T_i}\right) \quad (3)$$

При воздействии на плазму поля накачки в диапазоне частот $\omega_{pi} \ll \omega_0 \ll \omega_{pe}$, ω_{He} теория предсказывает возникновение параметри-

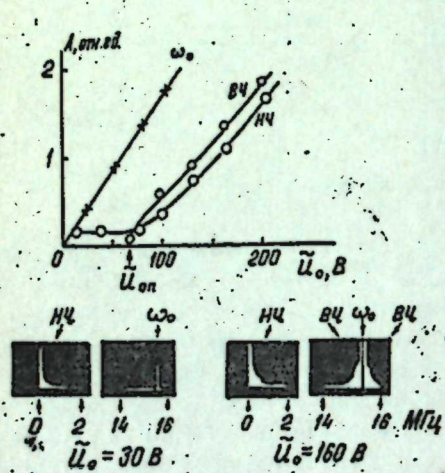


Рис. 2. Зависимость амплитуды переменного потенциала ω_0 высокочастотных (ВЧ) и низкочастотных (НЧ) колебаний от интенсивности накачки (вверху). Примеры спектров параметрической неустойчивости плазмы (внизу).

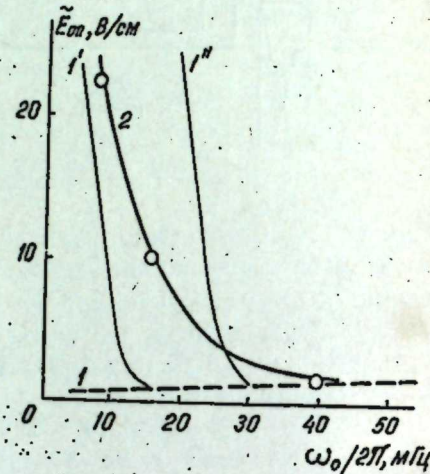


Рис. 3. Зависимость порога возбуждения неустойчивости от частоты внешней накачки: 1 — расчетная зависимость в случае безграничной плазмы; 1', 1'' — расчетные зависимости при фиксированных величинах $\kappa_z = \frac{\pi}{L}$ и $\kappa_z = \frac{2\pi}{L}$ соответственно; 2 — экспериментальная кривая.

ческой неустойчивости низкочастотных (НЧ) и нижнегибридных электронных волн. В наших экспериментальных условиях $\nu_{e0} = 2 \cdot 10^6 \text{ сек}^{-1}$, $\omega_s < 10^6 \text{ сек}^{-1} < \nu_{e0}$, т. е. $\omega_s < \gamma$, $\omega_{pe} \propto \omega_{He}$.

В этом случае порог возникновения неустойчивости определяется выражением [2]

$$\frac{E_{0n}^2}{4\pi n_e T_e} = \frac{16\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_{pe}} \cdot \gamma \cdot \frac{\gamma^2}{\omega_s^2} \quad (4)$$

Минимальное значение порогового поля накачки соответствует волновому числу возбуждаемых колебаний, при котором сравниваются

столкновительное и черенковское затухание в выражении для декремента γ :

$$\kappa^2 d_e^2 = \frac{1}{2 \ln \frac{\omega_0^2}{\nu_{e0}}} \quad (5)$$

В этом случае, соответствующем безграничной плазме, зависимость порогового поля от частоты накачки близка к $E_{0n} \sim \omega_0^{1/2}$. Для конкретных экспериментальных параметров настоящей работы, указанных во введении, расчетная зависимость $E_{0n}(\omega_0)$, полученная из (4), (2), (3), (5), представлена на рис. 3 пунктирной кр. 1. Таким образом зависит порог параметрической неустойчивости от частоты накачки для пространственно-неограниченной плазмы. Кр. 1' получена из соотношений (4), (2), (3) при фиксации величины $\kappa_z = \kappa \cdot \cos \theta = \frac{2\pi}{2L} = \frac{\pi}{L}$ это отражает условие, что волновой процесс

не может иметь место, если по крайней мере, половина длины волны колебаний превышает длину (L) экспериментальной установки. Расчетная кр. 1'' соответствует $\kappa_z = \frac{2\pi}{L}$.

На рис. 3 экспериментальной кр. 2 показано изменение порогового значения поля накачки в зависимости от частоты ω_0 . Несомненно, качественное согласие изменения порога неустойчивости с расчетом, учитывающим продольную ограниченность плазменного столба.

Таким образом ограниченность плазмы вдоль магнитного поля не снимает в принципе возможность параметрического возбуждения колебаний внешним ВЧ полем, но приводит к существенному возрастанию порогового значения поля накачки. Например, в условиях описанного эксперимента при частоте $\frac{\omega_0}{2\pi} = 7,5 \text{ МГц}$ (см. рис. 3) порого-

вое возбуждение неустойчивости происходит при полях накачки в 50 раз превышающих расчетные значения для безграничной плазменной среды. Если, исходя из экспериментальных данных, принять, что резкое (экспоненциальное, см. (2)) увеличение порога рассматри-

ваемой неустойчивости имеет место при $\kappa_z \leq \frac{\pi}{L}$, то использование теоретических оценок для безграничной плазмы [1, 2] к конкретным экспериментальным условиям допустимо только при

$$L \gg \frac{(2)^{1/2} \cdot \pi \cdot \ln \frac{\omega_0}{\nu_{e0}} \cdot v_{Te}}{\omega_0}$$

Учитывая условие реализации рассматриваемого параметрического процесса ($\omega_0 \gg \omega_{pi}$) можно представить критерий, когда ограниченность плазмы вдоль магнитного поля не существенна, в виде

$$L > (2)^{1/2} \cdot \pi \cdot \left(\ln \frac{\omega_{pi}}{\nu_{e0}}\right)^{1/2} \cdot d_e \cdot \left(\frac{M}{m}\right)^{1/2}$$

В условиях настоящих экспериментов последнее условие соответствует $L > 10^2 \text{ см}$.

Приведенные оценки влияния ограниченности плазменного объема на условия возникновения параметрических процессов в плазме указывают на необходимость учета этого фактора при практическом использовании плазменных систем на основе ВЧ разрядов.

Литература

1. Силин В. П. Параметрическое воздействие излучения большой мощности на плазму. М. "Наука", 1973. 2. Андреев Н. Е. "Радиофизика". Изв. ВУЗ, 41, № 8, с. 1160—1167, 1971. 3. Гинзбург В. Л., Рухадзе А. А. Волны в магнитоактивной плазме. М. "Наука", 1970. 4. Кадомцев Б. Б. Коллективные явления в плазме. М. "Наука", 1976. 5. Арцимович А. А., Сагдеев Р. З. Физика плазмы для физиков. Атомиздат, 1979.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 25, II 1983

Г. И. Эфендиев, С. А. Алиев, К. С. Кириченко

ФЭЗАДА МЭНДУД ПЛАЗМАДА ПАРАМЕТРИК ДАЈАНЫГСЫЗЛЫГ

Мөгаләдә тәҗрибә оларак параметрик дајаныгсыз олан плазманын магнит сәһәси истигамәтиндәки мөһдудлуғунун, онун астана характеристикаларына кәскин тәҗсир еғдији шәртләр өјрәнилмишдир.

K. I. Efendiyev, S. A. Aliyev, G. S. Kirichenko

PARAMETRIC INSTABILITY IN SPACE LIMITED PLASMA VOLUME

The longitudinal limits (along a magnetic field) of plasma volume in the definite conditions as the decisive factor defining the border characteristics of parametric instability are determined in the article.

УДК 539.194

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Г. М. АСКЕРОВ, чл.-корр. Ч. О. КАДЖАР, С. А. МУСАЕВ,
акад. Э. Ю. САЛАЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИПОЛЬНЫХ МОМЕНТОВ МОЛЕКУЛ ТИПА АСИММЕТРИЧНЫХ ВОЛЧКОВ ПО СИГНАЛАМ ДВОЙНЫХ РЧ—МВ РЕЗОНАНСОВ

Микроволновая спектроскопия по смещению штарковских компонентов в электрическом поле позволяет с большой точностью определять дипольные моменты молекул [1, 2]. Для этого однако требуется хорошее разрешение штарковских компонент спектральных линий, что не всегда возможно для многоатомных молекул типа асимметричных волчков из-за большой насыщенности спектров, приводящей часто к перекрытию спектральных линий и их штарковских компонент.

Методы двойных резонансов, применяемые в микроволновой спектроскопии, позволяют избирательно наблюдать в густых спектрах таких молекул спектральные линии сигналов двойных резонансов, вероятность перекрытия которых практически равна нулю [3]. Учитывая это и то, что при двойных РЧ—МВ резонансах удается получить в волноводе поле высокой однородности, этот метод должен быть перспективен для определения дипольных моментов молекул.

Во вращательных трехуровневых системах с двумя дипольно разрешенными переходами при двойном квантовом переходе и 100%-ной амплитудной модуляции излучения накачки спектральная линия как функция частоты зондируемого излучения записывается после синхронного детектирования в виде линии нулевой накачки и составляющих дублета двойного резонанса, расположенных симметрично с двух сторон от этой линии [4]. Поглощаемая мощность сигнального излучения при этом записывается следующим образом [5]:

$$P(\nu_s) = \frac{E_s^2 \nu_s}{4hT} \left| \langle J, \tau, M | \mu_s | J', \tau', M \rangle \right|^2 \left[\frac{2(n_2^0 - n_3^0)}{(\nu_s - \nu_{23})^2 + (\pi T/2)^2} - \frac{(1/2)(n_2^0 - n_3^0)}{\left(\frac{\nu_s - \nu_{23} \pm |\langle J, \tau, M | \mu_p | J', \tau', M \rangle E_p|}{2h} \right)^2 + \left(\frac{1}{2\pi T} \right)^2} \right] \quad (1)$$

где $P(\nu_s)$ — поглощаемая мощность сигнального излучения; ν_s — частота сигнального излучения; T — время вращательной релаксации; E_p и E_s — векторы электрических полей излучения накачки и сигнального излучения; $\langle J, \tau, M | \mu_s | J', \tau', M \rangle$ и $\langle J, \tau', M | \mu_p | J', \tau', M \rangle$ — матричные

элементы дипольного момента сигнального и накачиваемого переходов; J —вращательное квантовое число; M —магнитное квантовое число; ν_{23} —резонансная частота сигнального (зондируемого) перехода, n_1^0 , n_2^0 и n_3^0 —невозмущенные населенности уровней, входящих в исследуемую трехуровневую систему.

Как видно из выражения (1), каждая составляющая дублета сигнала двойного резонанса состоит из J или $J-1$ M -компонент интенсивности, взаимное расположение которых будет зависеть от того, к каким ветвям относятся накачиваемые и зондируемые переходы, входящие в исследуемую трехуровневую систему. Для переходов R -, P -, и Q -ветвей, для которых соответственно $\Delta J = 1$, -1 и 0 , возможны следующие виды трехуровневых систем RC , RR , RP , RC , QQ , QP , PR , PQ и PP (первая буква обозначает ветвь, к которой относится переход накачки, вторая—зондируемый переход). Если в выражение (1) подставить значения матричных элементов дипольных моментов молекул типа асимметричных волчков [6], можно получить сравнительно простые выражения для нахождения составляющих дипольного момента по главным осям таких молекул, по расстояниям между M -компонентами дублетов спектральных линий сигналов двойных резонансов. При накачках по переходам R -, P -и Q -ветвей эти выражения будут иметь вид:

$$\begin{aligned} Q_{\mu} &= h \cdot \Delta \nu_M \cdot E_p^{-1} M^{-1} [J(J+1)(2J+1)/S_{J,J+1}]^{1/2} \\ R_{\mu} &= h \cdot \Delta \nu_M \cdot E_p^{-1} (J^2 - M^2)^{-1/2} [J(4J^2 - 1)/S_{J,J-1}]^{1/2} \\ P_{\mu} &= h \cdot \Delta \nu_M \cdot E_p^{-1} [(J+1)^2 - M^2]^{-1/2} [(J+1)(2J+1)(2J+3)/S_{J,J+1}]^{1/2} \end{aligned} \quad (2)$$

Если при 100%-ной амплитудной модуляции излучения накачки разрешить компоненты не удастся, центральную частоту M -компоненты, имеющую наибольшую амплитуду, можно найти обычными методами аппроксимации, применяемыми в спектроскопии [7, 5]. Точность определения дипольных моментов однако при этом падает. Разрешение M -компонент дублетов сигналов двойных резонансов можно увеличить, используя метод малой глубины модуляции, аналогичный примененному при измерении дипольных моментов молекул по эффекту Штарка [8]. Излучение накачки при такой модуляции будет иметь вид, показанный на рис. 1.

Так как при малой глубине модуляции в каждый модуляционный полупериод в волноводную поглощающую ячейку последовательно поступает радиочастотное излучение накачки, незначительно отличающееся по напряженности друг от друга, после синхронного детектора линия нулевой накачки наблюдаться не будет, а M -компоненты составляющих дублетов линии сигналов двойных резонансов будут на выходе синхронного детектора регистрироваться в каждый полупериод накачки, смещенными друг относительно друга и в противофазе. Дублеты линий сигналов двойных резонансов при этом будут наблюдаться как результирующие вычитания M -компонент, наблюдаемых в разные полупериоды.

Очевидно, можно так задать напряженности излучения накачки в двух модуляционных полупериодах, что вершина одной из компонент останется некомпенсированной и неискаженной, например, компоненты, имеющей максимальную амплитуду.

Рассмотрим подробно случай, когда ΔJ как для накачиваемого,

так и для зондируемого перехода равны 0, т. е. в вышеуказанных обозначениях трехуровневую систему QQ .

Форма линии сигнала двойного резонанса при двойном квантовом переходе в такой трехуровневой системе будет определяться выражением:

$$P(\nu_s) = \sum_{M=0}^J \frac{\nu_s |\mu_{\mu}^S F_S|^2}{4hT} \frac{M^2}{J(J+1)(2J+1)} g'_{S,J,J+1} \left[\frac{2(n_2^0 - n_3^0)}{(\nu_s - \nu_{23})^2 + (1/2\pi T)^2} - \frac{(1/2)(n_1^0 - n_2^0) - n_3^0}{\left(\nu_s - \nu_{23} \pm \frac{|\mu_{\mu}^P \cdot E_p| M}{2 \cdot h \cdot \sqrt{J(J+1)(2J+1)}} \sqrt{g'_{S,J,J+1}} \right)^2 + \left(\frac{1}{2\pi T} \right)^2} \right] \quad (3)$$

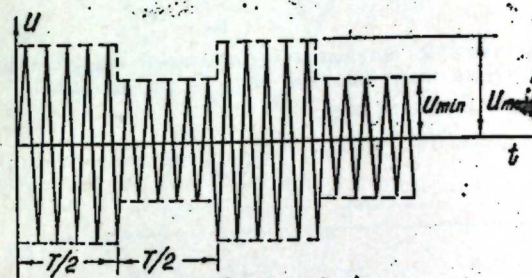


Рис. 1. Излучение накачки при малой глубине модуляции.

На рис. 2 приводится рассчитанная из выражения (3) форма линии сигнала двойного резонанса. При расчете величина $\mu_{\mu}^P E$ принималась равной 1 мГц, а ширина линии нулевого поля и ширина каж-

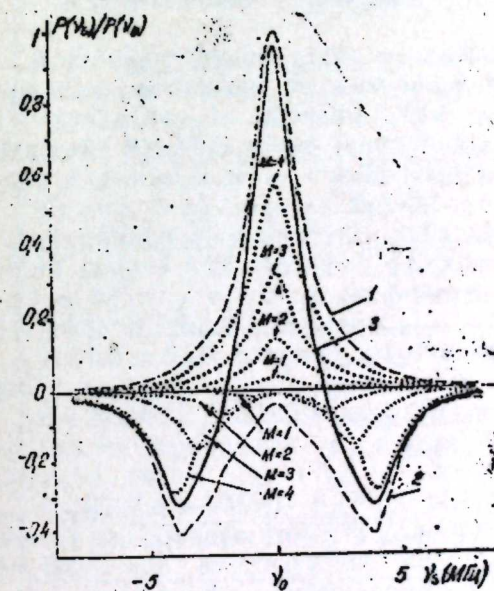


Рис. 2. Теоретическая форма линии сигнала двойного резонанса для случая трехуровневой системы вида QQ : 1—результатирующая по M -компонентам линия нулевого поля; 2—результатирующая по M -компонентам линия дублета сигнала двойного резонанса; 3—суммарная линия сигнала двойного резонанса.

дой составляющей дублета задавались равными. Как видно из рисунка, M -компоненты при принятых условиях не разрешаются; компоненты с $M=J$ удалены дальше всех компонент от центра линии нулевого поля и имеют наибольшую амплитуду. Для разрешения

компоненты с $M=J$ достаточно потребовать, чтобы при напряженности $E_{\min}$ накачиваемого излучения компонента с $M=J$, соответствующая $E_{\max}$, по возможности, компенсировала компоненту с $M=J-1$.

Принимая это условие из выражения (3), находим величину смещения искомой компоненты с $M=J$ при $E_{\min}$ по отношению к компоненте с $M=J-1$, наблюдаемой при $E_{\max}$:

$$\nu_{M=J}^{E_{\min}} - \nu_{M=J-1}^{E_{\max}} = \Delta\nu \sqrt{\frac{2J+1}{(J-1)^2}}, \quad (4)$$

здесь $\nu_{M=J}^{E_{\min}}$, $\nu_{M=J-1}^{E_{\max}}$ — резонансные частоты M -компонент с $M=0$ и 1 при $E=E_{\min}$ и $E_{\max}$, соответственно.

Теоретически рассчитанные коэффициенты глубины модуляции излучения накачки, необходимые для разрешения компоненты $M_{\max}$ в различных трехуровневых системах

Тип сист.	M	m
RR	0	$\frac{\sqrt{J^2-1}}{J} - \frac{2 \cdot h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J-1},\tau}}} \left[\frac{4J^2-1}{J(J^2-1)} \right]^{1/2}$
RQ	J-1	$\sqrt{\frac{2J-1}{4(J-1)}} - \frac{h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J-1},\tau}}} \left[\frac{J(1J^2-1)(2J-3)}{(J-2)^2(J-1)} \right]^{1/2}$
RP	0	$\frac{\sqrt{J^2-1}}{J} - \frac{2h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J-1},\tau}}} \left[\frac{4J^2-1}{J^2(J+2)} \right]^{1/2}$
QR	1	$\frac{1}{2} - \frac{h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J},\tau}}} \left[\frac{3J(J+1)(2J+1)}{J^2-4} \right]^{1/2}$
QP	1	$\frac{1}{2} - \frac{h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J},\tau}}} \left[\frac{3J(J+1)(2J+1)}{(J+1)^2-4} \right]^{1/2}$
PR	0	$\frac{\sqrt{J(J+1)}}{J+1} - \frac{2h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J+1},\tau}}} \left[\frac{(2J+1)(2J+3)}{(J+1)(J^2-1)} \right]^{1/2}$
PQ	J	$\sqrt{\frac{2J+1}{4J}} - \frac{h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J+1},\tau}}} \left[\frac{(J+1)(4J^2-1)(2J+3)}{J(J-1)^2} \right]^{1/2}$
PP	0	$\frac{\sqrt{J(J+2)}}{J+1} - \frac{2h}{ \mu_g^p E_p } \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J+1},\tau}}} \left[\frac{(2J+3)(2J+1)}{J(J+1)(J+2)} \right]^{1/2}$

Глубина модуляции при этом определяется из выражений (3) и (4), равной:

$$m = \frac{J-1}{J} - \frac{2 \cdot h}{|\mu_g^p E_p|} \cdot \frac{\Delta\nu}{\sqrt{g_{S_{J,J-1},\tau}}} \left[\frac{(J+1)(4J^2-1)}{J(J-1)^2} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Задавая экспериментально полученную из выражения (5) глубину модуляции, можно резко увеличить разрешение задаваемой M -компоненты и определить составляющую дипольного момента по одной из главных осей молекулы, ответственную за накачиваемый переход из выражения (2), с точностью, близкой случаю полного разрешения компонент.

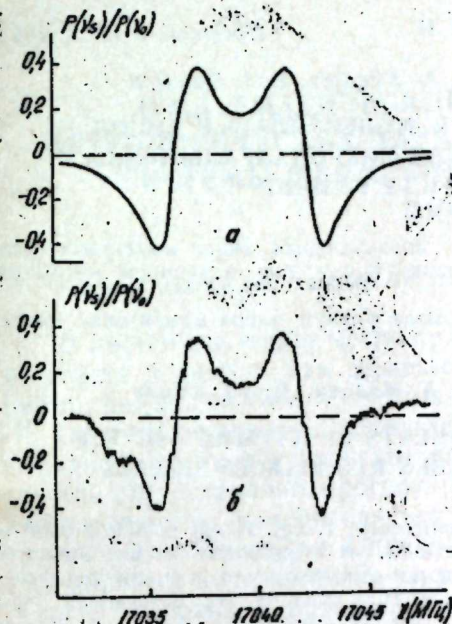


Рис. 3. Форма линии сигнала двойного резонанса ($4_{22}-4_{13}-4_{23}$), рассчитанная по выражению 3 (а) и снятая экспериментально (б).

В таблице приводятся выражения для коэффициентов глубины модуляции остальных восьми типов трехуровневых систем, полученных аналогичным образом. Там же указываются M -компоненты, имеющие максимальные амплитуды, выделение которых целесообразно для определения составляющих дипольных моментов молекул.

На рис. 3 приводится форма линии сигнала двойного резонанса в трехуровневой системе Q -типа ($4_{22}-4_{13}-4_{23}$) молекулы изопропилового спирта ($\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$, рассчитанная по выражению, приведенному в таблице и снятая экспериментально при глубине модуляции 65%-ного излучения накачки.

Как видно из рисунка, рассчитанная форма линии сигнала двойного резонанса хорошо согласуется с экспериментально снятой.

Из анализа дублетов линий сигналов двойных РЧ-МВ резонансов в трехуровневых системах $4_{13}-4_{23}$ (17,625 МГц) — $4_{13}-4_{23}$ (17039,04 МГц), $5_{14}-5_{21}$ (76,131 МГц) — $5_{14}-5_{23}$ (24333,44 МГц), $6_{23}-6_{43}$ (207,995 МГц) — $6_{31}-6_{43}$ (15858,62 МГц) была найдена составляющая дипольного момента молекулы ($\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ $\mu_c = 0,728 \pm 0,030 D$, при 100%-ной амплитудной модуляции и $\mu_c = 0,729 \pm 0,020 D$ при уменьшении глубины модуляции излучения накачки до 65%.

Литература

1. Таунс Ч., Шавлов А. Радиоспектроскопия. Пер. с англ. Под ред. Н. А. Ирисовой и Б. Д. Осипова, 229, ИЛ, 1959.
2. Справочник по дипольным моментам. Изд. "Высшая школа", М., 1971.
3. Лазерная и когерентная спектроскопия. Под ред.

Джс. Стейнфельда. Пер. с англ. Под ред. В. С. Легохова, И. „Мир“, М., 1982.
4. Flynn G. W. J. Mol. Spectrosc., 28, № 1, pp. 1—26, 1968. 5. Каджар Ч. О.,
Мусаев С. А., Салаев Э. Ю. V Всесоюз. симпозиум по молекулярной спек-
троскопии высокого и сверхвысокого разрешения, ч. 1. 215, сентябрь 1982 г.). Тез.
докл. Томск, 1982. 6. Стрендберг М. Радиоспектроскопия, 5. Пер. с англ. Под
ред. Н. А. Ирисовой, ИЛ., 1956. 7. Толанский С. Спектроскопия высокой разре-
шающей силы, 315. Пер. с англ. Под ред. А. Р. Старикова, ИЛ., 1955. 8. Мурзин
С. Н., Осипов Б. Д. Оптика и спектроскопия, т. 52, вып. 2, 242—246 1982.

Поступило 12. V 1983

h. M. Әскәров, Ч. О. Гачар, С. А. Мусаев, Е. Ј. Салаев
**АСИММЕТРИК ФЫРФЫРА ТИПЛИ МОЛЕКУЛЛАРЫН ДИПОЛ
МОМЕНТЛЭРИНИН РАДИОТЕЗЛИКЛИ-МИКРОДАЛҒАЛЫ ИКИГАТ
РЕЗОНАНС ҮСУЛУ ИЛӘ ТӘЈИНИ**

Мәғаләдә асимметрик фырфыра типли молекулларын дипол моментинин баш
охлар үзрә проекцияларынын икигат резонанс үсулу илә өлчүлмәси методлары
шәрһ олунмушдур.

Тәклиф олунан метод изопропил спирти молекулунун дипол моментинин өлчүл-
мәси мисалында јохланылмышдыр.

G. M. Askerov, Ch. O. Qajar, S. A. Musaev, E. Yu. Salaev

**DETERMINATION OF DIPOLE MOMENTS OF ASYMMETRIC TOP
MOLECULES ON RF—MW DOUBLE RESONANCES SIGNALS**

The method of determination of dipole moments lying along principal axes of
inertia of asymmetric top molecules is described. It is proposed to use the small
depth modulation of pump for increasing M -components resolution in double resonance
spectroscopy. The dipole moment components of $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ are determined from
RF—MW double resonance measurements as $\mu_c = 0.729 \pm 0.020$ D.

И. М. АЛИЕВ

**О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ
МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ И ЕЕ ЗВЕНЬЕВ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

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

В настоящее время метрологические характеристики измерительных
устройств и систем, как правило, описываются вероятностными крите-
риями, ведущими свое происхождение из теории допускаемого контроля
[1]. Типичным примером таких характеристик может служить дисперсия
выходного сигнала устройства или его автоматического регулирования,
так как они позволяют прогнозировать среднестатистический эффект от
несовершенства измерительного устройства, ухудшающий показатели
процесса регулирования. Однако для измерительной системы, где основ-
ным является не отклонение результата единичного измерения от его ис-
тинного значения, а интегральный эффект от совместной обработки ре-
зультатов многочисленных измерений самих различных параметров, бо-
лее правильно было бы воспользоваться известными положениями ин-
формационной теории измерительных устройств.

Применительно к рассматриваемой задаче целесообразно в качестве
совокупного критерия, объединяющего все метрологические характери-
стики измерительного канала или отдельного устройства системы, выб-
рать основную среднеквадратичную погрешность в заданных условиях
эксплуатации прибора. Достоинствами этого критерия являются относи-
тельная простота математического аппарата, делающая его пригодным
для инженерных расчетов, и универсальность составляющие основной ос-
новной погрешности, и конечный результат легко интерпретируются с
точки зрения физического смысла, положенного в основу этих показате-
лей. Кроме того, полученная оценка основной погрешности характеризу-
ет количественно как качество прибора, так и разброс результатов изме-
рений единым числовым значением, что существенно облегчает проекти-
рование большой системы.

Нами предложено использовать для оценки основной среднеквадра-
тической погрешности прибора или системы в реальных условиях ее экс-
плуатации следующую формулу:

$$\sigma_{\text{осн.}} = \frac{1}{g_x} \sqrt{\sigma_{\text{нл.}}^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \kappa}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 \cdot g_x^2 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial B}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 + \sigma_{\text{нл.}}^2},$$

где $\sigma_{\text{осн.}}$ — основная среднеквадратическая погрешность прибора или
системы в относительных единицах (или %),
 $\sigma_{\text{нл.}}$ — начальная лабораторная погрешность,

n —число учитываемых дестабилизирующих факторов,
 $\frac{\partial k}{\partial x_i}$ —мультипликативная чувствительность к i -ому дестабилизирующему фактору,

$\frac{\partial B}{\partial x_i}$ —аддитивная чувствительность к i -ому дестабилизирующему фактору,

$\sigma^2 x_i$ —дисперсия i -го дестабилизирующего фактора,

$\sigma_{нд}$ —неучтенная дополнительная погрешность,

g_x —весовой коэффициент, характеризующий использование шкалы измерительного преобразователя.

Следует отметить, что аргументы формулы (1) $\sigma_{x_1}^2, \sigma_{x_2}^2, \dots, \sigma_{x_n}^2, \sigma_{нд}^2$ имеют определенный физический смысл: дисперсия каждого из влияющих факторов количественно характеризует мощность этого фактора в соответствующих условиях эксплуатации измерительного устройства (1).

Коэффициент использования шкалы g_x позволяет в формуле (1) для определения основной погрешности учитывать соотношение вкладов, вносимых как аддитивной, так и мультипликативной составляющими этой погрешности в общий показатель.

Известен метод определения g_x в случае равномерного распределения измеряемой величины по шкале прибора. Однако он справедлив лишь для датчиков с узким динамическим диапазоном.

В данной работе проведено дополнительное исследование методики определения g_x .

Исходной предпосылкой для разработки этой методики является требование, чтобы величина основной погрешности как усредненной характеристики прибора численно совпадала с характеристикой усредненной погрешности результата измерения.

Согласно ей, для оценки погрешности выбирается наиболее представительная для данной серии измерений точка шкалы. Такой точкой является математическое ожидание величины измеряемого параметра m_x .

$$m_x = \frac{\sum_{k=1}^e x_k}{e}$$

Полагая $x = m_x$, получим $g_x = \frac{m_x}{x_{ном}}$ (2)

В случае широко диапазоновых измерений, закон распределения измеряемой величины близок к гиперболическому в линейной системе координат [2] или, что то же самое, к равномерному в логарифмической системе координат.

Дифференциальный закон распределения измеряемого параметра в линейных координатах описывается уравнением:

$$f(x) = \frac{1}{x e_n \frac{x_{max}}{x_{min}}} = \frac{1}{x (e_n x_{max} - e_n x_{min})}, \quad (3)$$

где x_{max}, x_{min} —наибольшее и наименьшее значения измеряемого параметра x ;

$f(x)$ —плотность вероятности измеряемой величины x .
 Соответственно в логарифмических координатах дифференциальный закон распределения измеряемого параметра описывается уравнением:

$$f(\lg x) = \frac{1}{\lg x_{max} - \lg x_{min}} = \frac{1}{\lg \frac{x_{max}}{x_{min}}} \quad (4)$$

С учетом сказанного, математическое ожидание $m \lg x$ логарифма измеряемой величины x будет равно:

$$m \lg x = \lg x_{min} + \frac{\lg x_{max} - \lg x_{min}}{2} = \frac{1}{2} (\lg x_{max} + \lg x_{min}) = \lg \sqrt{x_{max} \cdot x_{min}} \quad (5)$$

Откуда

$$m_x = \sqrt{x_{max} \cdot x_{min}} \quad (6)$$

Математическое ожидание m_x измеряемой величины оказалось равным среднему геометрическому от наибольшего и наименьшего значений измеряемого параметра.

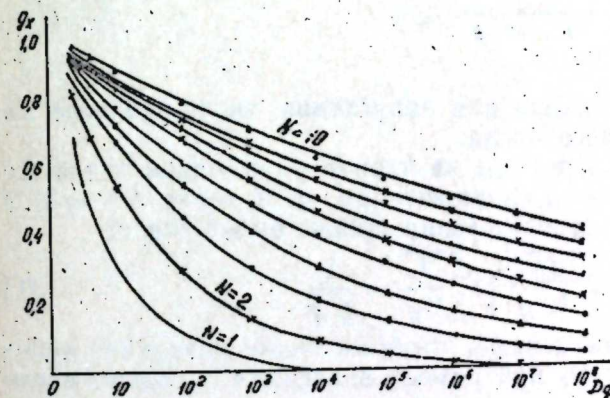


Рис. 1. Зависимость коэффициента использования шкалы g_x от диапазона измерения D_g и числа поддиапазонов измерения.

Из формулы (6) легко определить:

$$g_x = \frac{m_x}{x_{ном}} = \frac{\sqrt{x_{max} \cdot x_{min}}}{x_{ном}} = \sqrt{\frac{x_{min}}{x_{max}}} \quad (7)$$

Учитывая, что $x_{max}/x_{min} = D_g$, где D_g —динамический диапазон измерения, для гиперболического закона распределения измерений величины x , получим

$$g_x = \sqrt{\frac{1}{D_g}} = \frac{1}{\sqrt{D_g}} \quad (8)$$

Для уменьшения основной погрешности целесообразно разделить весь диапазон измеряемых величин D_g на несколько поддиапазонов, номиналы которых должны быть членами геометрической прогрессии со знаменателем q .

Если известно $x_{\max}$ и $x_{\min}$, а также число используемых поддиапазонов N , то величина g_x может быть определена по формуле:

$$g_x = \left(\frac{x_{\min}}{x_{\max}} \right)^{-\frac{1}{2N}} = \frac{1}{\sqrt[2N]{D_g}} \quad (9)$$

Если известно $x_{\max}$, $x_{\min}$, а также знаменатель геометрической прогрессии q , то число поддиапазонов N определяется по формуле:

$$N = \frac{\lg x_{\max} - \lg x_{\min}}{\lg q} + \Delta N, \quad (10)$$

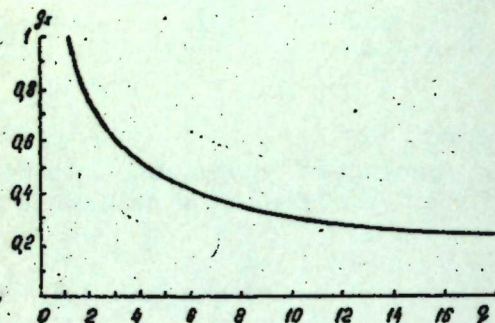


Рис. 2. Зависимость коэффициента использования шкалы g_x от величины знаменателя геометрической прогрессии q .

где ΔN — величина, необходимая для округления числа пределов до ближайшего большего целого числа.

Обычно выбирают $x_{\max}$ и $x_{\min}$ из членов ряда одной и той же геометрической прогрессии со знаменателем q , и тогда $\Delta N = 0$. В этом случае коэффициент использования шкалы будет равен:

$$g_x = 2 \frac{\lg D_g}{\lg q} \sqrt{\frac{1}{D_g}} = \frac{1}{\sqrt{q}} \quad (11)$$

На рис. 1 представлены данные, отображающие поведение величины g_x в зависимости от D_g при разных значениях N . Зависимость g_x от q показана на рис. 2.

Полученные аналитические зависимости позволяют грубо оценить априорное значение коэффициента использования шкалы g_x .

Однако во всех тех случаях, когда есть возможность получить апостериорные данные о законе распределения измеряемого параметра, целесообразно воспользоваться ими для уточнения как границ закона распределения по оси абсцисс, так и величины математического ожидания измеряемого параметра.

Литература

1. Проектирование датчиков для измерения механических величин. Под ред. Е. П. Осадчего, стр. 480. «Машиностроение», М., 1979.
2. Новицкий П. В. Основы информационной теории измерительных устройств, стр. 248, «Энергия», Л., 1968.

И. М. Алиев

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ УЧУН РЕАЛ ИСТИСМАР ШЭРАИТИНДЭ ӨЛЧҮ СИСТЕМИ ВЭ ОНУН БӨЛМӨЛӨРИНИН РИЈАЗИ МОДЕЛИ ҺАГГЫНДА

Көпийш динамик диапозона малис веричинин орта квадратик хэтасынын $(\sigma_1)^2$ даһа дөгийш ијмөтинин тәјин етмөк үчүн ашагыдакы үсул тәклиф едилмишдир: σ_1^2 -һәм аддитив, һәм дә мультиплет чөһөтдөн нөзәрә алан истифадә әмсалы шкаласында (g_x) тәјин олуиур. g_x -ин ијмөтинин өлчөмөнин динамик диапозонундан асылылыг графикаи вә чөдвөли тәртиб олуиумшдур. g_x -ин әсас ијмөтләринин тапылмасы үчүн аналитик ифадә алынмишдур.

I. M. Aliev

ON THE MATHEMATICAL MODEL FOR ESTIMATION OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MEASURING SYSTEM AND ITS LINKS IN THE REAL CONDITIONS OF EXPLORATION

For more exact estimation of detector meansquare error with wide dynamic range the scale utilization factor detection methods, providing the consideration of additive, as well as multiplicative components, are suggested.

Diagrams and tables, illustrating the behaviour of g_x value depending upon the dynamic range measurements, are given. Analytical expression for g_x a priori value estimation is provided.

Р. А. АЛИЕВ, В. П. КРИВОШЕЕВ, М. И. ЛИБЕРЗОН

КООРДИНАЦИЯ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ, В ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЕ

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

Рассмотрим двухуровневую систему, состоящую из центра и N элементов нижнего уровня. Вектор x_i , относящийся к i -му элементу нижнего уровня, должен удовлетворять локальным ограничениям:

$$x_i \in S_i \subset F^{n_i} \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где S_i — множество в n_i -мерном евклидовом пространстве.

При передаче информации на верхний уровень происходит ее агрегирование, то есть центр интересуют значения не самих переменных x_i , а некоторых показателей работы элементов, которые являются функциями переменных x_i . Будем обозначать эти функции через

$$F_i(x_i) = (f_{i1}(x_i), \dots, f_{im_i}(x_i)) \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

Заметим, что число показателей m_i , как правило, меньше, чем размерность вектора x_i . Модель центра записывается в виде:

$$H_0(F_1(x_1), \dots, F_N(x_N)) \rightarrow \max \quad (3)$$

$$H_k(F_1(x_1), \dots, F_N(x_N)) \geq b_k; \quad k = 1, \dots, M \quad (4)$$

Введем следующее обозначение. Пусть a, b — n -мерные векторы. Тогда $a > b$ означает, что $a_k \geq b_k, k = 1, \dots, n$ и хотя бы одно неравенство выполняется строго.

Будем считать, что для рассматриваемой задачи выполняется.

Предположение 1. Пусть $x^* = (x_1^*, \dots, x_N^*)$ — оптимальная точка задачи (1)–(4). Тогда ни для одного $i = 1, \dots, N$ не существует такой точки $\bar{x}_i \in S_i$, что $F_i(\bar{x}_i) > F_i(x_i^*)$.

Смысл этого предположения заключается в том, что элементы не могут увеличить значение какого-либо показателя по сравнению с оптимальным, с точки зрения центра значением без уменьшения значения хотя бы одного из прочих показателей. Для того, чтобы выполнялось предположение 1 достаточно (но не необходимо), чтобы выполнялись следующие два условия:

$$1) F' > F^* \Rightarrow H_k(F') \geq H_k(F^*) \quad k = 0, \dots, M$$

2) Справедливо хотя бы одно из следующих двух предложений:

2а) Задача (1)–(4) имеет единственное решение;

2б) $F' > F^* \Rightarrow H_0(F') > H_0(F^*)$

Рассмотрим задачу векторной оптимизации:

$$F_i(x_i) = (f_{i1}(x_i), \dots, f_{im_i}(x_i)) \rightarrow \max \quad (5)$$

$$x_i \in S_i \quad (6)$$

Пусть P_i^F и P_i^F — множества Парето (или множества эффективных точек) этой задачи в пространстве переменных и показателей соответственно. Тогда из предположения 1 следует, что

$$x_i^* \in P_i^F; \quad F_i^* = F_i(x_i^*) \in P_i^F \subset S_i^F = \{F_i | F_i = F_i(x_i); x_i \in S_i\}$$

Таким образом, задачи (1)–(4) эквивалентны задаче:

$$H_0(F_1, \dots, F_N) \rightarrow \max \quad (7)$$

$$H_k(F_1, \dots, F_N) \geq b_k; \quad k = 1, \dots, M \quad (8)$$

$$F_i = (f_{i1}, \dots, f_{im_i}) \in P_i^F \quad (9)$$

где P_i^F — множество, удовлетворяющее условию

$$P_i^F \subset Q_i^F \subset S_i^F \quad (10)$$

В частности, P_i^F может совпадать с P_i^F .

В задачу (7)–(10) входят лишь переменные, интересующие центр и размерность этой задачи меньше, чем размерность задачи (1)–(4). Однако для решения задачи (7)–(10) требуется указать способ определения множеств P_i^F , удовлетворяющих соотношениям (10).

Начнем рассмотрение с линейного случая, когда функции H_k и $f_{ij}(x_i)$ являются линейными, а множества S_i — ограниченными многогранниками. Задача при этом принимает следующий вид:

$$H_0 = \sum_i \langle a_{0i}, F_i \rangle \rightarrow \max \quad (11)$$

$$H_k = \sum_i \langle a_{ki}, F_i \rangle \geq b_k; \quad k = 1, \dots, M \quad (12)$$

$$F_i \in S_i^F \quad (13)$$

Здесь

$\langle a, b \rangle$ — скалярное произведение векторов a и b ;

S_i^F — ограниченные многогранники.

В дальнейшем мы будем считать, что для задачи (11)–(13) выполняется предположение 1. Достаточным условием для этого является следующее: $a_{0i} > 0$; $a_{ki} \geq 0, k = 1, \dots, M$

Пусть

S_{ikp}^F — множество крайних точек многогранника S_i^F ;

$P_{ikp}^F = S_{ikp}^F \cap P_i^F = \{F_i^1, \dots, F_i^{l_i}\}$ — эффективные крайние точки многогранника S_i^F .

со P_{ikp}^F — выпуклая оболочка множества P_{ikp}^F .

Теорема 1. Множество со P_{ikp}^F удовлетворяет соотношениям (10), то есть

$$P_i^F \subset \text{co } P_{ikp}^F \subset S_i^F$$

Из теоремы 1 следует, что вместо условия (13) можно записать

$$F_i \in \text{co } P_{ikp}^F \text{ или } F_i = \sum_{l=1}^{l_i} \lambda_{il} F_i^l; \quad \sum_{l=1}^{l_i} \lambda_{il} = 1$$

Таким образом задача (11)–(13) эквивалентна следующей задаче линейного программирования относительно переменных λ_{il} :

$$H_0 = \sum_i \sum_j \langle a_{0i}, F_i^1 \rangle \lambda_{ij} \rightarrow \max \quad (14)$$

$$H_k = \sum_i \sum_j \langle a_{ki}, F_i^1 \rangle \lambda_{ij} \geq t_k; \quad k = 1, \dots, M \quad (15)$$

$$\sum_i \lambda_{ij} = 1; \quad i = 1, \dots, N \quad (16)$$

Точки F_i^1 можно найти с помощью так называемого многокритериального симплекс-метода, являющегося обобщением обычного симплекс-метода [1].

Сравним предлагаемый алгоритм с известным декомпозиционным алгоритмом Данцига—Вульфа [2]. Как известно, в алгоритме Данцига—Вульфа вершины допустимого многогранника, в виде линейной комбинации которых ищется решение, генерируются в ходе итерационной процедуры. В задаче же (14)—(16) участвует лишь очень небольшое число эффективных вершин многогранника S_i^F , которые можно выписать до решения координирующей задачи. Это позволяет осуществить одnorазовый обмен информацией между уровнями.

В [3] приведено обобщение алгоритма на выпуклый случай, когда функции H_k по-прежнему задаются соотношениями (11)—(12), функции $f_{ij}(x_i)$ являются вогнутыми, а множества S_i — выпуклыми. На t -ом шаге алгоритма выполняются следующие этапы.

Этап 1. Множество P_i^F аппроксимируется линейной комбинацией конечного числа точек из этого множества, найденных к t -му шагу, и решается координирующая задача линейного программирования типа (14)—(16).

Этап 2. Используя результаты решения координирующей задачи, центр формирует координирующие сигналы, которые посылаются элементам. Эти координирующие сигналы позволяют осуществить свертку векторного критерия элементов в скалярный и тем самым определяют локальные задачи оптимизации.

Этап 3. Элементы, получив координирующий сигнал, решают локальной оптимизации, в результате чего генерируются новые задачи локальной оптимизации, в результате чего генерируются новые эффективные точки.

Этап 4. Проверяется критерий оптимальности. Если он не выполняется, то вновь найденные эффективные точки присоединяются к ранее полученным и осуществляется переход к этапу 1.

Теорема 2. Пусть H_0^t — значение целевой функции на t -ом шаге алгоритма, H_0^* — оптимальное значение целевой функции. Тогда $\lim_{t \rightarrow \infty} H_0^t = H_0^*$.

Возможен и несколько иной подход к решению задачи, пригодный уже и для невыпуклого случая. Этот подход основан на том факте, что эффективные точки, определяемые при решении локальных задач оптимизации, являются функциями координирующих сигналов. Эти функции будем называть координирующими. Дадим точное определение.

Пусть Ω_i — некоторое множество в пространстве показателей. Функцию $\bar{F}_i(\omega_i)$, $\omega_i \in \Omega_i$, будем называть координирующей, если выполняются следующие два условия:

а) для $\forall \omega_i \in \Omega_i$ $\bar{F}_i(\omega_i) \in P_i^F$

б) обратно, если F_i^0 — произвольная точка из множества P_i^F , то существует такая точка $\omega_i^0 \in \Omega_i$, что $\bar{F}_i(\omega_i^0) = F_i^0$.

Можно предложить большое число координирующих функций. Здесь мы укажем две из них, причем для простоты обозначений будем опускать индекс i , указывающий номер элемента. Пусть

$$\omega = (\omega_1, \dots, \omega_m)$$

$$R(x, \omega) = \min_j \omega_j f_j(x), \quad \text{где } \omega \in \Omega^1 = \left\{ \omega \mid \sum_j \omega_j = 1; \omega_j > 0 \right\}$$

$$\bar{x}^1(\omega) = \arg \max_{x \in S} R(x, \omega); \quad \bar{F}^1(\omega) = F(\bar{x}^1(\omega)).$$

Замечание. Если задача $\max_{x \in S} R(x, \omega)$ имеет неединственное решение, то в качестве $\bar{x}^1(\omega)$ выбирается та из оптимальных точек, которая доставляет максимум функции $\Phi(x) = \sum_j f_j(x)$.

Можно показать [4], что функция $\bar{F}^1(\omega)$ будет координирующей. Пусть

$$\Omega^1 = \{ \omega \mid \exists x \in S: F(x) \geq \omega \}; \quad S^* = \{ x \mid x \in S; F(x) \geq \omega \}$$

$$\bar{x}^2(\omega) = \arg \max_{x \in S^*} \Phi(x); \quad \bar{F}^2(\omega) = F(\bar{x}^2(\omega)); \quad \omega \in \Omega^2$$

Легко видеть, что функция $\bar{F}^2(\omega)$ также является координирующей. Из определения координирующей функции следует, что задача (1)—(4) будет эквивалентна следующей:

$$H_0(\bar{F}_1(\omega_1), \dots, \bar{F}_N(\omega_N)) \rightarrow \max \quad (17)$$

$$H_k(\bar{F}_1(\omega_1), \dots, \bar{F}_N(\omega_N)) \geq t_k; \quad k = 1, \dots, M \quad (18)$$

$$\omega_i \in \Omega_i \quad (19)$$

Для разных элементов можно выбирать разные координирующие функции. В зависимости от выбора этих функций и выбора алгоритма для решения локальных задач оптимизации и координирующей задачи можно построить большое число алгоритмов решения задачи (17)—(19).

Литература

1. Ju P. L. and Zeleny, M. The Set of All Nondominated Solutions in Linear Cases and a Multicriteria Simplex Method, — J. of Mathematical Analysis and Applications, 1975, Vol. 49, N. 2, p. 430—468.
2. Данциг Дж. Линейное программирование, его обобщения и применения, «Прогресс», М., 1966.
3. Алиев Р. А., Кривошеев В. П., Либерзон М. И. В сб. «Математически методы оптимизации и их приложения в больших экономических и технических системах». Всесоюзная школа-семинар. Тез. докл. с. 18—21, М., 1983.
4. Гермейер Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. «Наука», М., 1971.

Сумгаитский ВТУЗ

Поступило 6. VII 1981

ИКИСЭВИЛЖЭЛИ СИСТЕМДЭ ЕЛЕМЕНТЛЭРИНИ ИШ КООРДИНАСИЛАСЫ

Мәгаләдә мәркәздән вә бир нечә элементни олан ашагы сәвиҗәдән ибарәт ики сәвиҗәли систем тәдқиғә олунур. Елементләр үчүн вектор оптималлашдырылмасы мәсәләсинә бахылар вә елә шәртләр ирәли сүрүлүр ки, элементни оптимал вектору-нуи компонентни Парето чохлагуна дахил олсун. Сонра меҗарлар фәзасында эквивалент мәсәлә гурулур вә мүхтәлиф һәлл алгоритмләрни тәлиф олунур.

R. A. Aliev, V. P. Krivosheev, M. I. Liberson

COORDINATION OF ELEMENTS OPERATION IN 2-LEVEL SYSTEM

The 2-level system consisting of the centre and a number of elements of low level is considered. For the elements the problem of vector optimization is introduced, and the conditions, under which the component of optimal vector dealing with an element belongs to Pareto set of this problem, are formulated.

The transition to equivalent problem in space of criteria is carried out and different solutions of the problem are built up.

Р. М. АЛИГУЛИЕВ, Д. М. ХИТЕЕВА, Н. А. АБАСОВА

ВЛИЯНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПЕРЕХОДОВ ПЭВП, НАПОЛНЕННОГО БЕЛОЙ САЖЕЙ, НА МЕХАНИЗМ ЕГО РАЗРУШЕНИЯ

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

Вопросы изучения прочности наполненных композиций весьма актуальны в связи с развитием данного метода модифицирования свойств полимеров. Кроме того, подобные исследования способствуют накоплению экспериментальных данных для разработки в будущем теории прочности наполненных систем.

Исследованиям на длительную прочность в широком температурном интервале были подвергнуты полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), синтезированный в режиме среднего давления с применением окисных катализаторов, и его модификат, содержащий 15 вес % белой сажи. Эксперимент осуществлялся на специальной разрывной установке, обеспечивающей постоянство разрывного механического напряжения σ в течение опыта с помощью рычажного приспособления [5].

Полученные данные по долговременной прочности исследованных материалов при различных температурах (рис. 1) подчиняются в основном уравнению долговечности для хрупкого разрушения материалов [3] (формула салганина с сотрд., Бартенева и Тулинова):

$$\tau = A \cdot e^{\frac{U_0 - 0,79 \omega \sqrt{I_0} \lambda \sigma}{kT}}$$

$$\text{где } A = C \cdot e^{-q/k} \text{ в свою очередь } C = \frac{2,66 kT \sqrt{I_0} \lambda}{v_0 \omega \sigma}$$

τ_0 — частота тепловых колебаний группы частиц, одновременно участвующей в разрыве или восстановлении связей, K — постоянная Больцмана,

T — абсолютная температура, ω — термофлюктуационный объем, g — температурный коэффициент энергии активации процесса разрушения, I_0 — начальная длина наиболее опасной поперечной микротрещины,

λ — величина, на которую прорастает микротрещина при очередном разрыве С—С связи растянутой полимерной цепи.

Применимость основного уравнения долговечности к наполненному модификату ПЭВП позволила произвести оценку основных параметров процесса разрушения по общим формулам, выведенным для разрушения твердых тел [3] в области хрупкого разрушения (таблица). Значения граничных критических напряжений σ_k , $\sigma_k^{(0)}$ и безопасного напряжения σ_0 были взяты за основу при построении теоретических временных зависимостей исходного ПЭВП и модифи-

ката для температуры 50°C (рис. 2). Как видим, наблюдается переход кривой долговечности на линию безопасного напряжения, причем введение наполнителя изменяет интервалы действия уравнения долговечности. Изменение величины β -коэффициента перенапряжения в

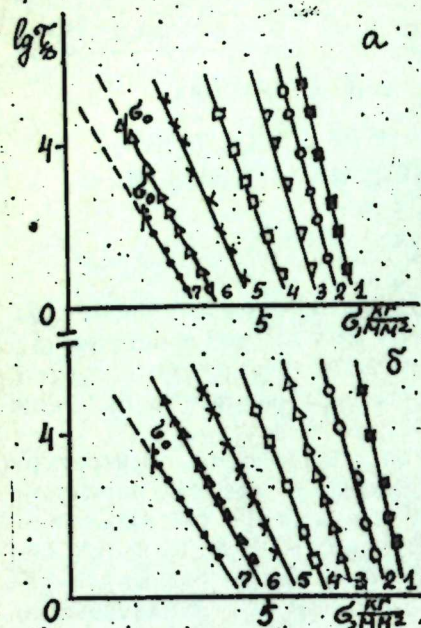


Рис. 1. Кривые долговечности ПЭВП (а) и модификата ПЭВП (б), наполненного 15 вес. % белой сажи, при 213 (1), 233 (2) 248 (3), 273 (4), 298 (5), 323 (6) и 348 (7) °K

вершине трещины с ростом температуры (рис. 3) отчетливо свидетельствует об изменении механизма разрушения как исходного ПЭВП, так и его модификата. В области более высоких температур влияние наполнителя несколько нивелируется.

Уменьшение β в области положительных температур почти вдвое для ПЭВП и модификата свидетельствует о появлении сил, способствующих выравниванию напряжения в образцах, например, релаксационных процессов, проявление которых с температурой становится все заметнее.

Переход к другому механизму разрушения очень заметно сказывается на изменении величины γ -коэффициента, отражающего природу и структуру разрушающегося материала. В литературе по-разному трактуется физический смысл γ , однако правильный смысл его следует из флуктуационной теории, согласно которой γ есть произведение безразмерного коэффициента концентрации напряжения β на флуктуационный объем ω . В свою очередь ω есть произведение $\lambda \cdot \lambda_m \cdot \lambda_n$ — элементарный отрезок фронта трещины, состоящий из одной или нескольких частиц, одновременно охваченных флуктуацией, λ_m — величина, зависящая от типа связи и структуры твердого тела и отражающая способность С—С связи к растяжению. При чисто хрупком разрушении величина λ составляет $3\lambda_0$, где λ_0 — межмолекулярное расстояние (элементарный путь трещины порядка межатомного расстояния). Последняя для неориентированных полимеров составляет $\sim AA^\circ$, отсюда $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-7}$ см.

Из хрупкого в нехрупкое состояние совершается переход от группового термофлуктуационного механизма к индивидуальному,

Основные параметры процесса разрушения ПЭВП (1) и его модификата, содержащего 15 вес. % белой сажи (2)

	T, K	$\gamma \cdot 10^{21}$, см ³	β , (γ/ω)	u, ккал моль	u ₀ , ккал моль	σ_K , кг/мм ²	σ_0 , кг/мм ²	$\sigma_K^{(0)}$, кг/мм ²	l_0 , см	$\lambda \cdot 10^{-7}$, см
I	213	3,4	23,5	44,0	47,2	1,2	10,0	10,6	$8,0 \cdot 10^{-5}$	1,1
	233	2,9	21,0	40,0	43,0	1,2	9,7	10,4		1,2
	248	2,77	19,8	36,0	40,0	1,3	9,0	10,1		1,5
	273	2,37	16,9	32,0	35,8	1,5	9,3	9,3		1,74
	298	2,01	14,4	27,0	31,5	1,8	9,5	10,9		2,4
	323	2,0	14,3	25,5	30,0	1,8	8,9	10,5		2,5
	398	1,8	13,0	23,7	28,6	2,0	9,2	11,1		4,0
II	213	2,88	20,5	44	47	1,3	10,4	11,4	$7,0 \cdot 10^{-5}$	1,04
	233	2,7	19,0	40	44	1,3	10,0	11,4		1,2
	248	2,56	18,0	36	40	1,4	9,7	10,9		1,3
	273	2,35	16,8	33	37	1,5	9,7	11,0		1,6
	298	2,1	15,0	29	34	1,7	9,5	11,4		1,9
	323	1,86	13,0	27	32	1,9	9,6	12,8		2,4
	348	1,7	12,0	26	31	2,1	10,5	12,9		3,1

С ростом температуры изменяется не только среднее расстояние между частицами, но и их взаимное расположение, что отражается на длительной прочности. При этом λ возрастает от величины $12 D^\circ$

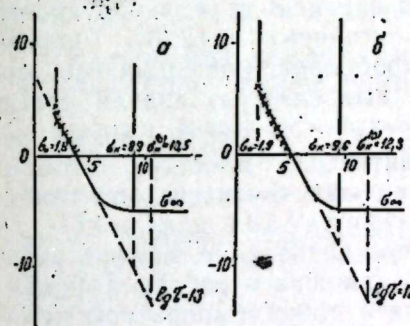


Рис. 2. Теоретические временные зависимости прочности исходного ПЭВП (а) и модификата с белой сажей (б) для 323 К, рассчитанные по уравнению $\tau_D = \int_0^{l_k} \frac{dl}{v} + \int_1^a \frac{bl}{v_k}$

в предположении, что разрушение происходит по термофлуктуационному механизму. Крестики на кривых показывают соответствующие экспериментальные данные расчетным.

до $35 \div 45A^\circ$, т. е. достигает размеров аморфных прослоек между кристаллитами в лучах сферолитов.

Об изменении механизма процесса разрушения свидетельствует и существенное изменение энергии активации процесса разрушения. В условиях хрупкого разрушения, т. е. при низких температурах, величины u и u_0 достаточно высоки, что свидетельствует о преобладающем разрыве С—С связи в результате тепловых флуктуаций. Резкое уменьшение энергии активации процесса разрушения в исследованном температурном интервале (в 1,87 раза для ПЭВП и в 1,63 раза для модификата) и выравнивание ее в области положительных температур может явиться подтверждением того, что в общий механизм разрушения вносится вклад релаксационных переходов.

Опасность роста трещин в аморфных прослойках усугубляется наличием релаксационных λ_1 -переходов, связанных с подвижностью

элементов надмолекулярных образований в аморфных областях, т. е. физических узлов (микроблоков). Идентификация этих переходов, названных λ_1 -переходами, была осуществлена на релаксметре напря-

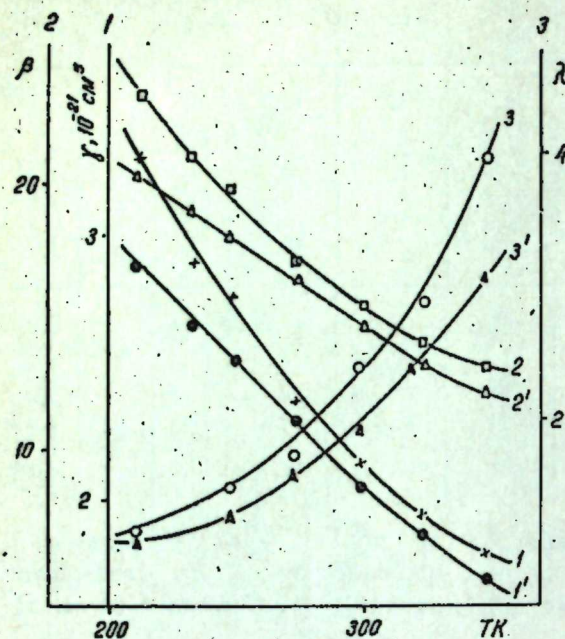


Рис. 3. Влияние температуры на величины коэффициента γ (1) коэффициента концентрации напряжения β (2) и прорастание опасной микротрещины при очередном разрыве С—С связи (3) в исходном (1, 2, 3) и модифицированном (1', 2', 3') ПЭВП.

жения путем снятия длительных кривых изменения релаксирующего модуля и его обработке по методу, описанному в [2, 5]. Энергии активации λ_1 -процессов подвижности микроблоков, определились как тангенс угла наклона прямых на дискретных спектрах времен релаксации, т. к. наблюдалась зависимость $\tau_i = A e^{U_i/kT}$, где τ_i — время релаксации i -того процесса, U_i — энергия активации процесса релаксации. При этом энергия активации λ_1 -процессов составила для исходного ПЭВП—11,7 ккал/моль, и для модификата—18,1 ккал/моль.

В работе [1] авторами было отмечено совпадение энергий активации процессов вязкоупругости и разрушения, а в работе [4] доказано, что выше температуры стеклования и ниже температуры химической релаксации температурная зависимость вязкоупругих процессов и процессов разрушения характеризуется одной и той же энергией активации и в основе этих двух процессов лежит один и тот же термоактивационный механизм.

Идентичность энергий активации λ_1 -релаксационных переходов с энергиями активации разрушения могла служить основанием для того, чтобы считать, что релаксационные процессы предопределяют разрушение образцов. Но поскольку энергия активации процесса разрушения ПЭВП значительно выше энергии активации λ_1 -переходов, то можно утверждать, что определяющим является хрупкий разрыв С—С связи, а вклад вязкоупругих процессов (определяющим является λ_3 -процесс, как самый медленный) еще не столь существен. В модификате с белой сажей различия в энергиях сравниваемых процессов не столь велики: вклад релаксационных процессов в механизм разрушения проявляется несколько раньше и в большей степени, чем в исходном ПЭВП.

Выводы

1. Показано, что к наполненной белой сажей композиции ПЭВП применим основной закон долговечности $\tau = A_{\text{exp}} \left(\frac{u_0 - 0,79 \omega \sqrt{I_0/\lambda \cdot \sigma}}{\kappa L} \right)$.

2. Определены энергии активации процесса разрушения исходного ПЭВП и модификата 15%-ного наполнения. Рассчитаны коэффициенты γ и концентрации напряжения β . Резкие изменения этих параметров с ростом температуры свидетельствуют об изменениях в механизме разрушения.

3. Сравнение энергий активации процесса разрушения и процессов подвижности надмолекулярных образований позволяет констатировать, что с ростом температуры возрастает вклад релаксационных переходов в механизм разрушения, причем наполнение ускоряет и усиливает их вклад. Однако преобладающим остается механизм хрупкого разрушения.

Литература

1. Бартеков Г. М. Труды международ. конф. по каучуку и резине, с. 13, «Химия», М., 1971.
2. Бартеков Г. М., Брюханов А. В. В кн. «Вопросы физики и механики твердых тел», с. 109, МГПИ им. Потемкина, М., 1960.
3. Бартеков Г. М., Зуев Ю. С. Прочность и разрушение высокоэластических материалов, с. 44—53, «Химия», М.—Л., 1964.
4. Бартеков Г. М., Синишкин Ю. А., Алексеев В. В. ВМС, А-19, № 9, 1977, 2126.
5. Журков С. Н., Абасов С. А. ВМС, 1961, 441, 450, 1962, 4, 4703; ФТТ, 1962.
6. Tobolsky A. V., Murakami K. J. Polym. Sci., 1959, 40, 443.
7. Томашевский Э. А., Слуцкер А. И. Зав. лаб. № 29, 994, 1964.

АМИ им. Н. Нариманова

Поступило 1.VI 1981

Р. М. Элигулиев, Д. М. Хитеева, Н. А. Абасова

АГ ГУРУМЛА ДОЛДУРУЛМУШ ЛУКСАК СЫХЛЫГЛЫ ПОЛИЭТИЛЕНИН РЕЛАКСАСИЈА КЕЧИДЛЭРИНИН ОНУН ДАГЫЛМА МЕХАНИЗМИНЭ ТЭСИРИ

Кениш температур интервалында полиэтиленин го онун модификатынын (15% аг гурумла долдурулмушунун) узунмуддэли бэркэтин тэдиг едилмишдир. Көстөрлөмшдир ки, тэчрүби нэтичэлэрэ узунмуддэлилик тэнлији $\tau = A_{\text{exp}} \left(\frac{u_0 - 0,79 \omega \sqrt{I_0/\lambda \cdot \sigma}}{\kappa L} \right)$

тэбиг етмэк олар. Истифадэ олунма сэрхэдлэри тапылмыш мұхтэлэф температура-лар үчүн тэчрүби јолла узунмуддэлијин тэлүксиз тэркилијэ кечид эјрисе тэсдиг олунмушдур. Дагылма просесинин ашагыдакы характеристикалары һесаблинмышдур: активлэшмэ енерјисе, γ әмсалы, β тэркилијинин гатылыг әмсалы, микројарыгларын артмасы λ вэ с. Көстөрлөмшдир ки, мүсбэт температур интервалында долдуручуларын дахил едилмәси нлэ релаксасија просеси дагылманын механизмини сүрәтлөндирир.

Р. М. Allguliev, D. M. Khiteeva, N. A. Abasova

THE INFLUENCE OF RELAXED TRANSITION FILLED WITH WHITE SOOT ON THE MECHANISM OF ITS DESTRUCTION

In the wide temperature interval prolonged strength of polyethylene of high density and its modification containing 15% of white soot have been investigated. The application of the main equation of longevity of the type $\tau = A_{\text{exp}} \left(\frac{u_0 - 0,79 \omega \sqrt{I_0/\lambda \cdot \sigma}}{\kappa T} \right)$

to the experimental results has been shown. The bounds of its application have been determined. Experimentally for some temperatures the transition of curve of longevity to the line of safe tension is confirmed. The characters of destruction process have been calculated: activation energy, coefficient γ , coefficient β of tension concentration of dangerous microsplit and others. It is shown that the contribution of relaxed processes, redoubled by introduction of filler, is brought to the mechanism of destruction in the sphere of positive temperatures.

П. Г. РУСТАМОВ, Ч. И. АБИЛОВ, А. И. МАМЕДОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ЭВМ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЕРВИЧНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СОСТАВА СОЕДИНЕНИЯ In PbTe_2

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

Методами дифференциально-термического (ДТ), рентгенофазового (РФ) и микроструктурного (МС) анализом в системе PbTe-InTe в [1] обнаружено тройное соединение состава InPbTe_2 с incongruentным характером плавления, физико- и кристаллохимические, а также электрофизические свойства которого изучены в [2].

В настоящей работе сообщаются результаты прогнозирования состава соединения InPbTe_2 на основе электронного строения составных компонентов с помощью ЭВМ и подтверждение его состава термодинамическим анализом фазовой диаграммы состояния.

Для прогнозирования состава указанного соединения использовали аналогично [3-5], метод дискриминантных и регрессионных функций. Каждому атому, входящему в состав тройного соединения InPbTe_2 , приписывали 13 коэффициентов Чебышева, описывающих в виде полинома изменения энергии распределения валентных электронов в s -, p - и d -полосах элемента, находящегося в конденсированном состоянии, в зависимости от квазимульса, соответствующего первой, второй и третьей зонам Бриллюэна, а также положение энергии

Значения коэффициентов x_i и a_i для прогнозируемого тройного соединения In PbTe_2

I элемент (In)		II элемент (Pb)		III элемент (Te)	
x_i	a_i	x_i	a_i	x_i	a_i
$X_1 = -0,366$	0,539940	$X_{14} = -0,459$	-0,341070	$X_{27} = -0,418$	-0,017790
$X_2 = 0,066$	-0,106680	$X_{15} = 0,082$	0,062980	$X_{28} = 0,074$	-0,003100
$X_3 = -0,016$	0,026570	$X_{16} = -0,019$	-0,014420	$X_{29} = -0,017$	0,000659
$X_4 = -0,062$	0,553060	$X_{17} = 0,176$	0,027290	$X_{30} = 0,154$	0,011240
$X_5 = 0,007$	0,145600	$X_{18} = 0,028$	-0,007149	$X_{31} = 0,025$	-0,002060
$X_6 = 0,000$	-0,051050	$X_{19} = -0,004$	0,004169	$X_{32} = 0,003$	9,000449
$X_7 = 0,000$	-1,508470	$X_{20} = -0,103$	0,067129	$X_{33} = -0,084$	0,011870
$X_8 = 0,000$	0,281480	$X_{21} = 0,016$	-0,016440	$X_{34} = 0,013$	-0,002090
$X_9 = 0,000$	-0,068359	$X_{22} = 0,003$	0,007329	$X_{35} = 0,002$	0,000399
$X_{10} = 0,000$	-1,811460	$X_{23} = 0,000$	0,000000	$X_{36} = 0,000$	0,000000
$X_{11} = 0,000$	0,331080	$X_{24} = 0,000$	0,000000	$X_{37} = 0,000$	0,000000
$X_{12} = 0,000$	-0,077500	$X_{25} = 0,000$	0,000000	$X_{38} = 0,000$	0,000000
$X_{13} = 0,000$	0,174029	$X_{26} = 4,799$	0,089399	$X_{39} = 6,530$	0,038050
$X_{40} = 0,250$	-0,426510	$X_{41} = 0,250$	-0,200690	$X_{42} = 0,500$	0,627310

уровни Ферми, отделяющего заполненные электронами энергетические уровни от пустых. Таким образом, трем компонентам соответствовало 39 коэффициентов Чебышева (таблица). Коэффициенты x_{40} , x_{41} и x_{42} соответствуют относительным весам стехиометрического состава:

$$x_{40} = \frac{n}{n+m+q}; \quad x_{41} = \frac{l \cdot m}{n+m+q}; \quad x_{42} = \frac{q}{m+n+q}$$

где m , n , q — индексы химических элементов в тройном соединении InPbTe_2 .

В перитектическом соединении InPbTe_2 коэффициенты x_{40} и x_{41} равны и имеют значение 0,25, а $x_{42} = 0,5$. Использование метода дискриминантных функций позволило найти функцию вида $Y = \sum_{i=1}^{42} a_i x_i$ [6],

которая при $Y > -0,87$ указывает на положительный прогноз заданного тройного состава.

Зная значения коэффициентов x_i и a_i (таблица), оказалось возможным вычислить на ЭВМ с относительной ошибкой не более 10% возможность образования в системе PbTe-InTe тройного перитектического соединения. Расчет аргументов функции химического средства x_{33} , x_{36} и x_{39} осуществлялся на основании разработанной в [7] упрощенной модели конденсированной среды для соединений, которая позволяет рассчитывать на ЭВМ карты распределения электронных полос для заданных значений магнитных квантовых чисел 0, 1, 2, 3 значение энергии Ферми (E_F). Изменение энергии полос в конденсированном состоянии задается как функция энергии валентных электронов от величины квазимульса $E = E(K)$. В наших расчетах для Y найдено значение, превышающее значение $-0,87$.

Результаты примененного метода находятся в полном согласии с данными, полученными ДТА, МСА, РФА (рис. 1) для тройного соединения InPbTe_2 .

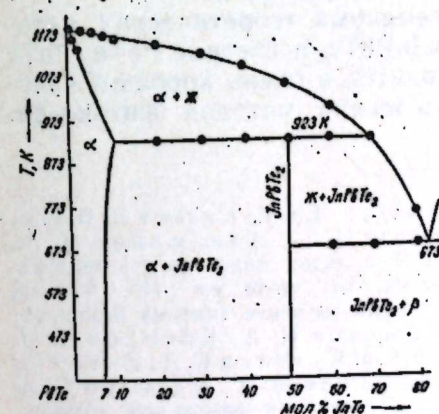


Рис. 1. Часть диаграммы состояния системы PbTe-InTe

Прогноз возможности образования промежуточной фазы в разрезе PbTe-InTe также осуществлен с позиций классической термодинамики. Математический аппарат термодинамики растворов позволяет предсказать образование новой фазы на основе избыточных

термодинамических функций смещения жидких растворов. В работе для расчета парциальной избыточной свободной энергии смещения жидкой фазы использовано уравнение, приведенное в [8]:

$$\Delta \bar{G}_i^{n,j} = T \left(\Delta S_i^{n,l} - R \ln \frac{x_i^{n,j}}{x_i^{Tb}} \right) - \Delta H_i^{n,l} + \Delta \bar{G}_i^{n,Tb}, \quad (1)$$

где индексы 1 — это PbTe, $\Delta H_1^{n,l} = 35,588$ кдж/моль [9], $\Delta S_1^{n,l} = 30,26$ дж/моль [9], T — температура ликвидуса, $x_1^{n,j}$ и x_1^{Tb} — составы жидких и твердых растворов при температуре ликвидуса. $\Delta \bar{G}_i^{n,j}$ — парциальная мольная избыточная свободная энергия смещения теллурида свинца. Значения $\Delta \bar{G}_i^{n,j}$ однозначно вычисляются по уравне-

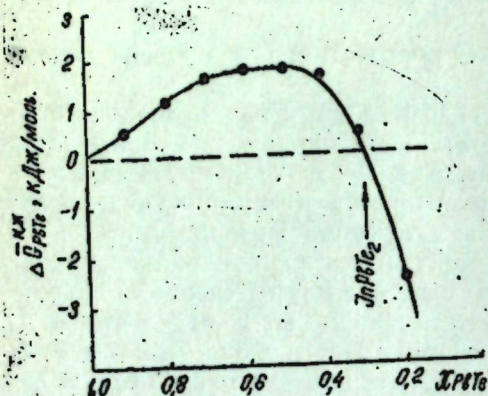


Рис. 2. Зависимость парциальной избыточной свободной энергии смещения теллурида свинца от состава (по кривой ликвидуса).

нию (1), имея в виду, что для твердых растворов, богатых веществом 1 (PbTe), $\Delta \bar{G}_i^{n,Tb} = 0$. Результаты термодинамического расчета представлены на рис. 2. Как видно, изменение знака $\Delta \bar{G}_{PbTe}^{n,j}$ от положительного к отрицательному соответствует экспериментально определенной перитектической линии тройного соединения.

Таким образом, использование современных теоретических методов по выявлению тройного соединения $InPbTe_2$ в системе $PbTe-InTe$ дало положительные результаты и находится в очень хорошем качественном согласии с результатами классических методов физико-химического анализа.

Литература

1. Rustamov P. G., Alijanov M. A., Abilov Ch. I., Kuliev B. B, Physica Status Solidis (a), 20, k. 17, 1973.
2. Рустамов П. Г., Алиджанов М. А., Насиров Я. Н., Абилов Ч. И. Тез. докл. II Всесоюз. конф. по кристаллохимии интерметаллических соединений. Изд-во львовск. гос. ун-та им. Ив. Франко, с. 113. Львов, 1974.
3. Кутолин С. А. Статистическое изучение химизма базальтов, с. 78. М., «Наука», 1969.
4. Кутолин С. А., Ващуков И. А., Котюков В. И. «Изв. АН СССР. Ж. неорганич. мат-лы», т. 14, 215, 1978.
5. Кутолин С. А., Котюков В. И. Ж. физ. химии, т. 42, № 4, 918, 1978.
6. Ващуков И. А., Кутолин С. А. Сб. Конфигурационные представления электронного строения в физическом материаловедении. «Наукова думка», Киев, 1977, с. 59.
7. Кутолин С. А. Докт. дисс. Томск, 1969.
8. Бахтияров И. Б., Рустамов П. Г., Мамедов А. Н., Курбанов Т. Х. «Изв. АН СССР. Ж. неорганич. мат-лы», т. 16, 11, 2053, 1980.
9. Мелех Б. Т., Семенкевич С. А., Андреев А. А. Сб. «Термодинамические свойства твердых металлических сплавов», с. 28. Минск, 1976.

Институт неорганической и физической химии

Поступило 17. II 1981

П. И. Рустамов, Ч. И. Эбилов, А. Н. Мамедов

Ин Pb Te₂ БИРЛЭШМЭСИННИ ТЭРКИБИННИ ЕЛЕКТРОН НЕСАБЛАМА МАШЫНЫНДА ВЭ ИЛК КРИСТАЛЛАШМАЛА ЭСАСЭН ТЕРМОДИНАМИКИ НЕСАБЛАНМАСЫ

Мәгәләдә тәркибиндәки элементләрнн электрон гурулушларынын эсасында электрон һесаплама машынынын көмәжн илэ вә һал диаграмынын термодинамики һесапланмасы юлу илэ $InPbTe_2$ бирлэшмәсиннн тәркиби адымлашдырылмышдыр. Алынган нәзәри вә аналитик ифадәләр тәчрүбн нәтичәләрә үзгүндүр.

P. I. Rustamov, Ch. I. Abilov, A. N. Mamedov

THE INFORMATION OF THE EXISTENCE OF $InPbTe_2$ COMPOUND. IN COMPUTER AND THERMODYNAMIC CALCULATION OF ITS COMPOSITION ACCORDING TO THE FIRST CRYSTALLIZATION

The composition of $InPbTe_2$ compound was determined according to the elements electron structure by means of the computer and thermodynamic calculation of the state diagram.

The calculating theoretical and analytical data are in agreement with the experimental values.

УДК 547.568.464.4

ХИМИЯ

Диб АХМЕД, С. И. МЕХГНЕВ, П. Д. ШИХАЛИЗАДЕ, Ю. Д. САФАРОВ
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ
ИЗ ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ И ОЛЕФИНОВ

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

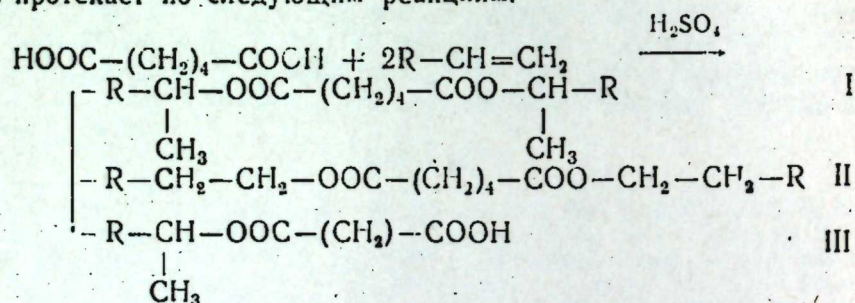
Широко применявшиеся раньше синтетические масла, изготовленные на основе одноосновных кислот и одноатомных спиртов в настоящее время не используются как смазочные масла из-за низких эксплуатационных качеств [1] и уступают свое место эфирам двухосновных кислот. Это обусловлено в первую очередь повышенной термоокислительной способностью и стабильностью этих масел [2].

Сложные эфиры дикарбоновых кислот до последнего времени в основном получают взаимодействием этих кислот с алифатическими спиртами в присутствии водоотнимающего агента [3, 4].

Получение сложных эфиров дикарбоновой кислоты на основе α-олефинов в литературе практически не описано [5]. Поэтому возникает необходимость поиска новых более экономичных источников сырья и способов получения эфиров дикарбоновых кислот.

Целью настоящей работы является исследование реакции получения высших сложных эфиров адипиновой кислоты с олефинами (C₈—C₁₀) в присутствии катализатора—серной кислоты.

Синтез адипината на базе дикарбоновых кислот и высших олефинов протекает по следующим реакциям:



Полученные нами результаты показывают, что преобладающей реакцией является образование изоадипината (I), а также образование нормальных (II) и моноэфиров (III) адипиновой кислоты.

Процесс проводился в реакторе, снабженном мешалкой, термометром, капельной воронкой и обратным холодильником. Нужная температура поддерживается термостатированием. В реактор загружали 3 моля соответствующего олефина (C₈—C₁₀), 1 моль адипиновой кислоты и 3 вес % катализатора—конц. H₂SO₄ от веса исходной адипиновой кислоты, затем температуру поднимали до 150—170°C.

Реакция продолжалась при этой температуре 4 ч. После опыта продукт реакции промывали сначала равным по объему водным раствором соды, затем чистой водой. При этом эфиры адипиновой кислоты, непрореагировавшие олефины, выделялись в виде верхнего слоя, последний осушался безводным сульфатом магния. Затем подвергался перегонке под вакуумом.

Идентификация верхнего слоя продуктов реакции показала, что в качестве побочных продуктов образуются моно- и нор. эфиры адипиновой кислоты. Основными конечными продуктами реакции являются изо-октил-, изононил- и изодециловый эфиры адипиновой кислоты в зависимости от применяемого олефина. Выходы их составляют соответственно 52,70 и 78% от теоретического, при расчете на прореагировавший олефин.

С целью нахождения оптимальных параметров проведения реакции адипиновой кислоты с олефинами было изучено влияние температуры реакции (X₁) в пределах 90—190°C, времени реакции (X₂) в пределах 1—6 ч, молярное соотношение олефина к адипиновой кислоты (X₃) при соотношении 3:1 и количество катализатора H₂SO₄ (X₄) в интервале 1,5—4 вес. % на выход продуктов реакции (A).

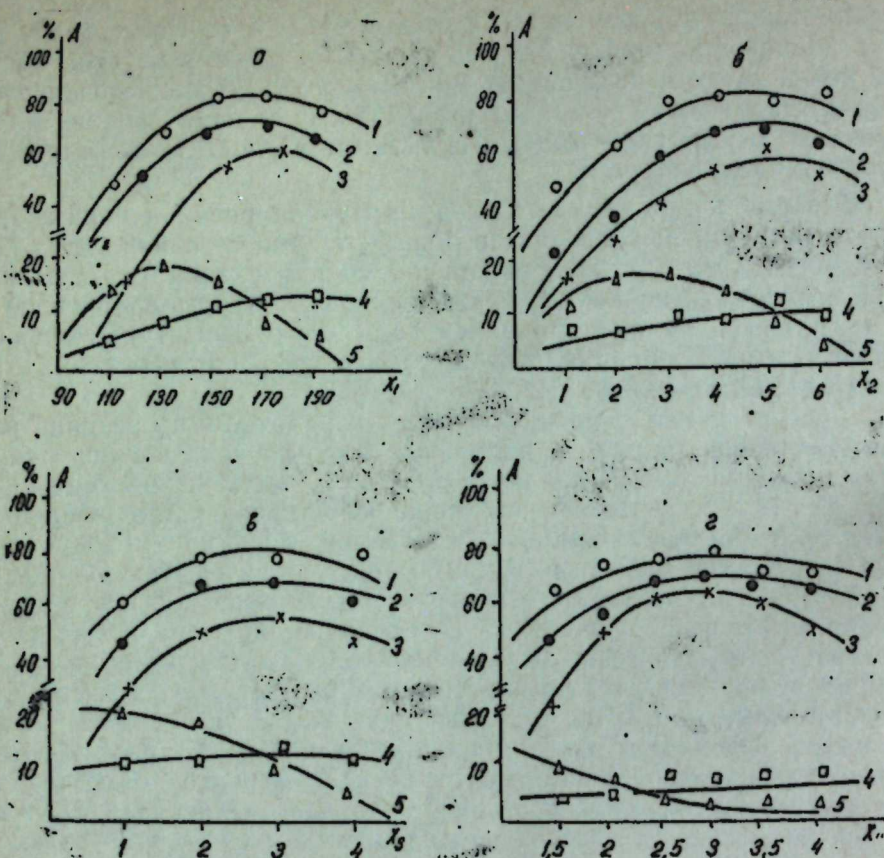
Результаты, полученные при различных температурах процесса, представлены в рисунке, а, из которого видно, что с повышением температуры выход эфиров увеличивается и накапливается высокая концентрация изоадипината при 150—170°C. При этом температурном интервале обеспечивается более высокий выход изоадипината, за счет снижения выхода моноэфира адипиновой кислоты. На рисунке, б показано влияние продолжительности реакции на выход сложных эфиров адипиновой кислоты. В основном это влияние проявляется в снижении выхода при малой продолжительности и при увеличении времени реакции.

Результаты опытов о влиянии молярного соотношения адипиновой кислоты к олефину представлены на рисунке, в. При неизменных прочих условиях процесса увеличение молярного соотношения олефинов в сырье оказывает значительно большее влияние, чем на некоторые другие параметры. Изменяя эти отношения, легко можно регулировать выход адипината.

С увеличением соотношения олефина от 1 до 4 моля выход соответствующих адипинатов растет, в области 2—3 остается постоянной, а затем очень незначительно снижается, по-видимому, избыток олефина направляет реакцию в сторону образования диэфиров.

При выборе оптимальной концентрации катализатора в реакции синтеза адипинатов были испытаны различные концентрации серной кислоты и установлено, что наиболее эффективной оказалась 84%-ная кислота. В дальнейшем изучали влияние количества концентрированной серной кислоты на выход адипината при постоянных идентичных условиях реакции (рисунок, г). Из рисунка, видно, что количество катализатора в интервале 2—3 вес. % оказывает существенное влияние на выход адипинатов. Увеличение количества катализатора до 4% на взятой адипиновой кислоте приводит к незначительному уменьшению выхода изоадипината.

Таким образом, найдено, что с увеличением молекулярной массы олефинов выход адипинатов снижается за счет уменьшения реакционной способности двойной связи соответствующих олефинов.



Влияние различных параметров на выход продуктов реакции адипинов при идентичных, постоянных условиях: а — влияние температуры X_1 (при $X_2=4$ ч, $X_3=3:1$ и $X_4=2,5-3$ вес. % на исходную кислоту); б — влияние продолжительности X_2 (при $X_1=150-170^\circ\text{C}$; $X_3=3:1$ и $X_4=2,5-3$ вес. % на исходную кислоту); в — влияние количества катализатора X_3 (при $X_1=150-170^\circ\text{C}$; $X_2=4$ ч, $X_4=3:1$); г — влияние количества катализатора X_4 (при $X_1=150-170^\circ\text{C}$; $X_2=4$ ч, $X_3=3:1$).

Выходы: 1 — изодециловый эфир АДК; 2 — изонониловый эфир АДК; 3 — изооктиловый эфир АДК; 4 — диоктиловый эфир АДК; 5 — монооктиловый эфир АДК.

В изученном интервале переменных факторов, установлено, что оптимальными условиями процесса являются: $X_1=150-170^\circ\text{C}$, $X_2=4-5$ ч, $X_3=3:1$ и $X_4=2,5-3\%$ на исходную кислоту.

В этих условиях общая конверсия в сумму эфиров адипиновой кислоты превышает 67—98%, а выход изооктил-, изононил- и изодецилового эфира составляют соответственно 52,70 и 78% от теоретического.

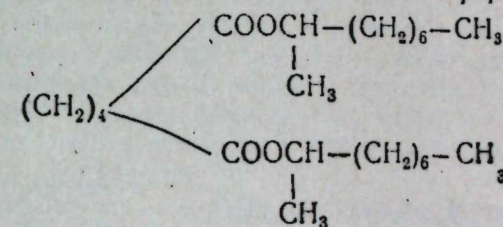
Были изучены некоторые характеристики синтезированных адипинов и показано, что с увеличением длины углеродной цепи олефинов в эфире, повышаются вязкость, температура застывания и показатель преломления.

Продукт реакции-изонониловый эфир адипиновой кислоты анализировался методом ИК-спектроскопии. Спектр снимался без растворителя в капиллярном слое (оптика из KBr) на спектрометре ИР-20. В спектре отмечены полосы сложноэфирной группы: 420, 575, 605 cm^{-1}

(все деформация скелета), 1030, 1170 ($\nu\text{C}-\text{O}$), 1730 ($\nu\text{C}=\text{O}$) и CH_2 -групп адипинового скелета, присоединенных к COOR : 815, 1070, 1215, 1240, 1310, 1345, 1425 cm^{-1} . На них частично ложатся полосы CH_2 -групп олефинового фрагмента. К этому же фрагменту $-\text{O}-\text{CH}-$ $-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$ относятся и полосы $-\text{CH}-$ группировки (53), 1055,

1360, 1380 δCH_3 , 2875 νCH_3 , 2960 νCH_3 и другие не указанные выше полосы в области 760—1000 cm^{-1} . Об отсутствии олефина говорит отсутствие поглощения $\nu\text{C}=\text{C}$ в области 1600—1700 cm^{-1} .

Таким образом, продукт этерификации представляет собой высококонцентрированный адипинат изононилового эфира.



Выводы

1. Исследована реакция получения высших адипинов на основе адипиновой кислоты и индивидуальных α -олефинов C_8-C_{10} нормального строения.

2. Найдены оптимальные условия получения изооктил-, изононил- и изодецилового эфира адипиновой кислоты, при которых выход составляет соответственно 52,70 и 78% от теоретического.

Литература

1. Динцес А. И., Дружинина А. В. Синтетические смазочные масла. М., 1958.
2. Тематический обзор, № 25, АН Азерб. ССР. Баку, 1975, стр. 26.
3. Рубштейн и др. «Нефтехимия», 1972, 12, № 4, 589—592.
4. Уткин Б. Н., Игнатов В. А. «Катализаторы этерификации карбоновых кислот». НИИТЭХИМ, М., 1971.
5. Мехтнев С. И., Гусейнова А. Е., Полчаев Р. А. Получение высших олефинов и синтезы на их основе. Сб. научных трудов. М., 1980.

Азербайджанский институт нефти и химии им. М. Азизбекова

Поступило 13. I 1982

Диб Эһмәд, С. И. Мөһдијев, П. Ч. Шыхәлизадә, Ј. Ч. Сәфәрөв

АДИПИН ТУРШУСУНДАН ВӘ α -ОЛЕФИНАРДАН МҮРӘККӘБ
ЕСТЕРЛӘРИН АЛЫНМАСЫ РЕАКСИЈАЛАРЫНЫН ТӘДГИГИ

Мәғаләдә C_8-C_{10} α -олефинләрин әсасында адипин туршусунун изооктил-, изононил-, изодецил естерләринин алынмасы реаксиялары тәдгиг едилмишидир. Реаксия кәдшинә мухтәлиф амилләрин тәсирини өйрәнилмишидир. Оптимал шәраит (температур 150—170° С, реаксия мүддәти 4—5 саат, олефинләрин адипин туршусуна олан мол-яр нисбәти 3:1 вә 96%-ли сульфат туршусунун адипин туршусуна көрә мигдары 2,5—3 чәки фанзи) тапылмыш вә бу шәраитдә адипин туршусундан изооктил-, изо-

нонил- ва изодетсил эстерләринин чыхымы изэри һесабламалара көрә уҗғун оларар 52,7 вә 78% тәшкил едир.
ИГШ анализ үсулу илә алынмыш адипинатын гурулушу сүбүт едилмиш вә реаксиянын әсас мәһсулунын изоадипинатдан ибарәт олдугу мӯәјјән едилмишдир.

Ahmad Dib, S. I. Mekhtiyev, P. D. Shikhali-Zadeh, Yu. D. Safarov
STUDIES OF ESTERS PREPARATION FROM ADIPIC ACIDS AND
 α -OLEFINS

Reactions for the production of iso-octyl, isononyl and isodecyl esters of adipic acid from α -olefins C_8-C_{10} have been investigated. Optimum conditions (temperature 150–170°C, reaction time 4–5 hrs, olefin-to-adipic acid mol ratio 3:1 and the amount of concentrated H_2SO_4 2.5–3 wt. % based on starting acid) have been found for the production of the above-mentioned esters. The yield of the esters is 52 wt. %, 70 wt. % and 78 wt. % of the theory, respectively.

УДК 547.411.51

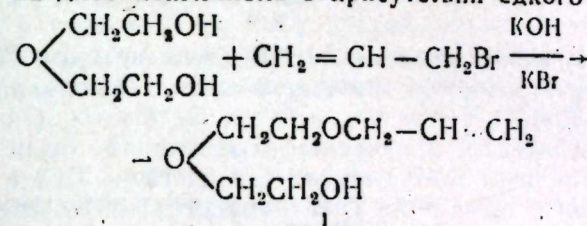
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Д. Н. ХЫДЫРОВ, Н. В. ЛИПУШКИНА, Ф. С. ИСКЕНДЕРОВА, чл.-корр
Ш. А. МАМЕДОВ, В. Р. МАРДУХАЕВ

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ
МОНОАЛЛИЛОВОГО ЭФИРА ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Отдельные представители симметричных алкоксиметилловых эфиров гликоля проявили высокие инсектицидно-акарицидные [1] и физиологически активные свойства [2]. Представляет интерес синтез и исследование смешанных эфиров диэтиленгликоля, которые, как известно из литературных данных [3–5], мало изучены.

Синтез моноаллилового эфира диэтиленгликоля, являющимся исходным сырьем в наших синтезах, осуществлен действием бромистого аллила на диэтиленгликоль в присутствии едкого калия.



Этерификацией моноэфира I с соответствующей кислотой в присутствии каталитического количества серной кислоты получены простые—сложные эфиры (II–III). (Табл. 1).

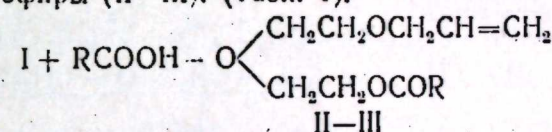
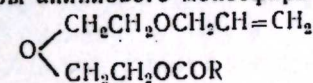


Таблица 1

Сложные эфиры аллилового моноэфира диэтиленгликоля

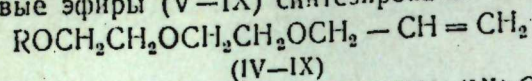


№ соед.	R	Т. кип., °C (p = 5 мм)	d_4^{20}	n_D^{20}	MR _d		Выход, %
					найд	выч.	
II	CH ₃	102–103/4	1,0279	1,4466	48,83	48,46	87
III	n-C ₄ H ₉	109–110/2	0,9734	1,4372	61,90	62,40	84

где R — CH₃ (II), H — C₄H₉ (III)

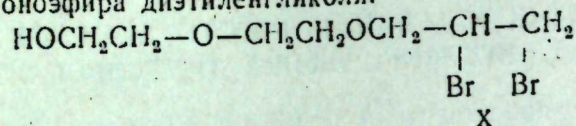
Изучены некоторые превращения моноэфира (I), приводящие к синтезу гликолевых эфиров с различными функциональными группами.

ми. Так, в условиях реакции Манниха из моноэфира (I) получен IV. Алкоксиметилловые эфиры (V—IX) синтезированы нами по методу [6]

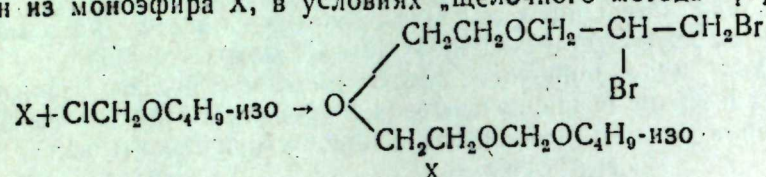


где R—CH₂N(C₂H₅)₂ (IV), CH₂OCH₃ (V), CH₂OC₂H₅ (VI), CH₂OC₃H₇-н (VII), CH₂OC₄H₉ изо (VIII), CH₂OC₄H₉-н (IX).

Бромирование моноэфира (I) приводит к образованию β, γ-диброхпропилового моноэфира диэтиленгликоля:



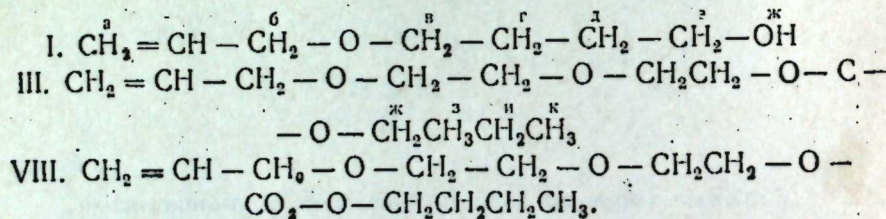
Смешанный изобутоксиметил β, γ-дибромпропиловый эфир XI получен из моноэфира X, в условиях "щелочного метода" [6].



Чистота полученных соединений проверена методом ГЖХ на хроматографе "Цвет-1". Чистота синтезированных соединений I, III, VIII, составляет 97—79%.

Для идентификации полученных соединений были сняты их спектры ЯМР. Спектры ЯМР снимались в растворе CCl₄ с ТМС в качестве внутреннего эталона на спектрометре "Т-60" фирмы "Varian".

На спектрах соединений I, III, VIII в области 4,8—6,1 м. д. наблюдается группа линий с характерной структурой, принадлежащая протонам винильной группы—CH=CH₂.



Протоны этильной группы "б", вступая во взаимодействие с протонами винильной группы, дают в области с х. с. 3,8—3,9 м. д. сложный дуплет линий. Протоны этильных групп "в", "е" в I и VIII являются магнитноэквивалентными, а следовательно, спин-спиновое взаимодействие между ними не наблюдается и на спектре ЯМР наблюдается уширенный синглет в области 3,6 м. д. Однако наличие в соединении III карбоксильной группы приводит к тому, что группы "д" и "е" уже не являются эквивалентными и сигналы от их протонов проявляются на спектре в виде двух триплетов в областях 3,55 м. д. и 4,17 м. д. для групп "г" и "е" соответственно. Протоны бутильной группы проявляются на спектре в областях 0,38 м. д. и 0,91 м. д. (групп CH₂ в VIII и III соответственно), 1,5 м. д. (группы —CH₂—CH₂—), 3,4 и 2,3 м. д. (соответственно в случае —O—CH₂— и —O—C—CH₂—). Протоны гидроксильной группы в соединении I дают

синглетный сигнал в области 4,25 м. д., а протоны группы —O—CH₂— —O— в соединении VIII синглет в области 4,45 м. д.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Диэтиламинометилловый эфир аллилового моноэфира диэтиленгликоля (IV). К смеси 28 г (0,4 гмоля) диэтиламина, 6 г (0,2 гмоля) параформа и 100 мл бензола по каплям прибавляли 14 г (0,1 гмоля) моноаллилового эфира диэтиленгликоля I (т. кип. 90—91°C при 4 мм рт. ст., d_4^{20} —0,9984, n_D^{20} —1,4488). Перемешивание продолжали в течение 10 ч при 70—80°C. После охлаждения обрабатывали продукты реакции раствором NH₄OH. Органический слой промывали водой, сушили над сернокислым натрием, отгоняли растворитель и разгонкой под вакуумом выделили 15 г (63 % от теории) эфира IV. Т. кип. 110—112°C/2 мм, d_4^{20} —0,9261, n_D^{20} —1,4421, MR_{эл} 66,0, C₁₂H₂₁O₃N, выч.—66,24.

Метоксиметилловый эфир моноаллила диэтиленгликоля (V). К смеси 14,6 г (0,1 гмоля) 1,195 (0,16 гмоля) свежеперегнанного диметиланилина в 100 мл серного эфира при температуре 20°C по каплям добавляли 12 г (0,15 гмоля) α-хлорметилового эфира. Перемешивание продолжали в течение 3 ч (36°C). После соответствующей обработки и отгонки растворителя, вакуумной разгонкой выделили 15,3 г (80 % от теории) вещества V. Аналогичным способом синтезированы еще 4 эфира (VI—IX), константы которых указаны в табл. 2.

Таблица 2

Алкоксиметилловые эфиры аллилового моноэфира диэтиленгликоля

№ соед.	R	Т. кип. °C (p=2 мм)	d_4^{20}	n_D^{20}	MR _D		Выход, %
					найд.	выч.	
V	CH ₃	82—83	0,9813	1,4329	50,28	50,12	80
VI	C ₂ H ₅	91—92	0,9695	1,4325	54,62	54,76	78
VII	н-C ₃ H ₇	100—101	0,9565	1,4320	59,12	59,41	83
VIII	изо-C ₄ H ₉	103—104	0,9454	1,4312	64,53	64,16	77
IX	н-C ₄ H ₉	109—110	0,9420	1,4308	63,71	64,06	81

β, γ-дибромпропиловый моноэфир диэтиленгликоля (X). В реакционную колбу поместили 14 г (0,1 гмоля) I, 150 мл четыреххлористого углерода и по каплям добавили 16 г (0,1 гмоля) брома в 50 мл четыреххлористого углерода. Бром добавляли до установления устойчивой окраски его. Перемешивание продолжали в течение 1 ч при температуре кипения четыреххлористого углерода. Отгоняли растворитель, вакуумной разгонкой было выделено 27 г (88 % от теории) вещества X, с т. кип. 154—156°C при 4 мм, d_4^{20} —6,6876, n_D^{20} —1,5164, MR_{эл}—54,79, C₇H₁₁Br₂O₃, выч.—55,07.

Изо-бутоксиметил-дибромпропиловый эфир диэтиленгликоля (XI). Из 27 г (0,08 гмоля) X, 19 г (0,16 гмоля) диметиланилина в 70 мл серного эфира и 18 г (0,15 гмоля) α-хлорметилизобутилового эфира

в условиях, аналогичных условиям получения вещества V, получено 24 г (77 % от теории) вещества XI с т. кип. 154—156°C при 1 мм, n_D^{20} —1,4378, n_D^{20} —1,4826, M_{RDH} —79,54 $C_{12}H_{24}Br_2 O_4$, выч. —79,98.

Литература

1. Мамедов Ш. А., Джалилов Т. П. ЖОХ, 33, 846, 1963. 2. Мамедов Ш. А., Тагдир Д. Г., Аминимуанд Р. А., Мамедова Е. И. «Изв. АН Азерб. ССР, серия биол. наук», № 4, 132, 1966. 3. Мамедов Ш. А., Аминимуанд Р. А., Агаева А. С. ЖОХ, 34, 1431, 1964. 4. Мамедов Ш. А., Аминимуанд Р. А., Агаева А. С. ЖОХ, 2, 656, 1966. 5. Хыдыров Д. Н., Искендерова Ф. С., Ахмедова А. Б. «Азерб. хим. ж.», № 6, 38, 1980. 6. Мамедов Ш. А. «Изв. АзФАН СССР», № 4, 145, 1942, № 5, 24, 1943.

Институт нефтехимических процессов

Поступило 22. IX 1981

Ч. Н. Хыдыров, Н. В. Липушкина,
Ф. С. Искендерова, Ш. А. Мамедов,
В. Р. Мардухаев

ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛУН МОНОАЛЛИЛ ЕФИРИНИН БЭ ЗИ ТӨРЭМЭЛЭРИНИН СИНТЕЗИ ВЭ ТЭДГИГИ

Мәғаләдә диэтиленгликолуи моноаллил ефиринин кимјәви дэјишилмәләринә дәир материаллар верилмишдир. Бу дэјишилмәләр нәтижәсидә илк дэфә олараг онун мүрәккәб диэтиламинометил вә алкоксиметил ефирләри синтез едилмишдир.

D. N. Khldirov, N. V. Lipushkina, F. S. Iskenderova, Sh. A. Mamedov,
V. R. Mardukhaev

SYNTHESIS AND STUDY OF SOME DERIVATIVES OF MONOALLYL AND DIETHYLENEGLYCOL ETHERS

The materials on diethyleneglycol ether chemical conversion resulting in the products for the first time of its complex diethylaminomethyl and alkoxymethyl esters is described in the paper.

УДК/553.411 44:551.7/(479.24)

К. А. ПАНАХИ, Я. А. АЛИЕВ

О ТИТАНОНОСНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ ПОРОД ДАШКЕСАНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ш. Ф. Мехтиевым)

Дашкесанский рудный район размещен в центральной части Сомхито-Агдамский структурно-формационной зоны Малого Кавказа, характеризуется сложным строением, многофазовым интрузивным магматизмом и широким развитием вулканогенно-пирокластических образований. В некоторых типах пород рудного района титан и сопутствующий ему ванадий присутствуют в количествах несколько раз превышающих кларка литосферы и фоновый кларк средних, кислых и основных пород. То же самое мы наблюдаем в соседнем Шамхорском рудном районе. Титано-ванадиеносные породы обеих рудных районов представлены средне-верхнеюрскими и нижнемеловыми интрузивными, вулканогенными, вулканогенно-пирокластическими и вулканогенно-осадочными отложениями. Наиболее перспективными участками являются Дашкесанское, Достафюрское и Шамхорское месторождения титано-магнетитовых песчаников и ряд рудопроявлений, расположенных в долине р. Дзегамчай.

Для установления геохимической титано-ванадиевой специализации магматических и вулканогенно-осадочных пород Дашкесанского рудного района нами сделана попытка определить основные геохимические параметры названных элементов, закономерности их распределения в фациальных разностях пород и пределы их локальных кларков (таблица).

Содержание титана в байосских отложениях варьирует от 0,01 до 1,04 % и в среднем составляет 0,32 %, ванадий в кларковых количествах. При этом отмечается минимальное содержание в алевролитах и кварцевых туфопесчаниках (0,2 %), что в 2 раза ниже кларка литосферы и почти совпадает с кларком кислых пород. Кварцевые диорит порфириды содержат титан в 1,5 раза выше К (кларка литосферы) и 3,5 раза фонового кларка кислых пород (К). В этих породах наблюдается близость титана с 3-валентным железом и обратная пропорциональность при изменении содержания с кремнем.

Батские породы характеризуются повышенным содержанием титана, среднее содержание которого в этих породах равно 1,43 %, при фоновом кларке средних пород — 0,8 %. Пределы содержания титана меняются от 0,02 до 6,96 %. Минимальное содержание его приходится на агломератовые туфобрекчии — 0,31 %, а максимальное — на диабазовые порфириды — 0,48 % и горизонту титаномагнетитовых песчаников — до 10,16 %. Близость титана с трехвалентным железом отмечена в титаномагнетитовых песчаниках и агломератовых туфобрекчиях, а в

диабазовых порфиритах эта близость нарушается. В породах нижнего бата особое место занимает горизонт титаномагнетитовых песчаников, где содержание титана и ванадия в десятки раз выше кларка литосферы и составляет от 1,40—6,96, а в среднем — 2,76 %. Учитывая это обстоятельство, нами при оценке батских отложений на титан содержание титано-магнетитовых песчаников в расчет не принимается, т. е. породы нижнего бата содержат в среднем 0,31 % титана (таблица).

В породах верхнего бата отмечается равномерное содержание титана. Среднее содержание во всех породах верхнего бата равно 0,40 %, с пределами от 0,38 до 0,42 %. Минимальное содержание титана приходится на агломератовые туфобрекнии — 0,38 %, а максимальное — 0,42 % на туфопесчаники (таблица). Близость титана с 3-валентным железом отчетливо выражена в туффитах и в агломератовых туфобрекциях.

В пропилитизированных порфиритах, туфах и туффитах келловей среднее содержание титана составляет 0,21 %. Это почти в два раза ниже кларка литосферы. Пределы содержания варьируют от 0,13 до 0,35 %.

Среднее содержание титана в туфогенных породах оксфорда составляет от 0,29 до 0,50 % и в среднем 0,35 %. Как видно, пределы колебания содержания титана невелики. Это вызвано тем, что все породы (туфоконгломераты, туфопесчаники, гравелиты) оксфорда генетически связаны и по составу близки.

Оксфорд — кимеридж представлен местами мраморизованными и и скарнированными известняками. Наблюдаются многочисленные дойки основных пород. Среднее содержание титана в известняках — 0,17 %. Процесс скарнирования с наложенной сульфатной минерализацией во многом обусловил значительные вариации содержания титана от 0,02 до 0,28 %.

Для вулканогенных пород кимериджа среднее содержание титана составило 0,12 %, что почти в 4 раза меньше кларка. Пределы содержания титана от 0,01 до 0,70 %.

Кимеридж — нижний мел представлен диабазами, диабазовыми и андезитовыми порфиритами. Среднее содержание титана составляет 0,30 %, что близко к кларку (0,4 %). А пределы содержания его варьируют от 0,07 до 1,04 %. Максимальное содержание титана приходится на диабазы и диабазовые порфириты — 1,04 %. Минимальное — 0,07 — на андезиты и порфириты.

Интрузивные породы Дашкесанского рудного района слагают гипабиссальный гранитоидный массив, сформированный в верхнеюрско-нижнемеловое время в процессе 4-фазовой деятельности глубинного магматического очага: габброидной, гранитоидной, лейкогранитной и дайковой.

Среднее содержание титана в породах I габброидной фазы составляет 0,48 %. Изменение содержания титана в габброидах тесно связано с количеством окислов железа и кремния. Содержание титана в кварцевых диоритах — 0,18 %, а в габбро-поритах оно достигает — 1,19 %, т. е. содержание титана от габбро к кварцевым диоритам уменьшается, а кремния увеличивается.

Титан в породах II гранитоидной фазы присутствует в количествах от 0,13 до 0,80 %, среднее для II фазы интрузива — 0,4 %. Минимальное

Распределение титана в породах Дашкесанского рудного района

Возраст	Порода	Кол-во анализ.	Элементы	Статистические параметры титана		
			Ti	$\bar{x}$	s	V
1	2	3	4	5	6	7
Верхний бат	Кварцевые порфиры и их туфы	26	0,06—0,070 0,34	0,46	0,22	47,89
	Туфоалевролиты и кварцевые туфопесчаники	26	0,01—0,48 0,20	0,19	0,12	63,67
	Кварцевый диорит-порфирит	25	0,02—0,62 0,36	0,30	0,10	54,79
	Среднее по верхнему батосу	87	0,01—1,04 0,32	0,19—0,46 0,30	0,10—0,22 0,15	47,89—63,67 55,25
Нижний бат	Туфобрекнии Агломератовые туфобрекнии	25	0,06—0,70 0,31	0,12	0,13	1,06
	Диабазовые порфириты	4	0,10—1,10 0,32	0,40	0,28	70,80
	Титаномагнетитовые песчаники	155	1,40—6,96 2,76	4,70	1,29	27,48
	Среднее по нижнему бату	184	0,4—6,06 1,43	0,12—4,70 1,38	0,13—1,29 0,46	27,43—105,0 62,50
	Среднее по н. бату без данных титаномагнетитовых песчаников		0,06—1,10 0,31			
Верхний бат	Туффиты и туфоконгломераты	15	0,01—0,75 0,40	0,36	0,06	16,78
	Агломератовые туфобрекнии	12	0,02—0,96 0,38	0,29	0,13	45,73
	Туфопесчаники	20	0,29—0,49 0,42	0,36	0,06	16,78
	Среднее по верхнему бату	47	0,10—0,95 0,40	0,29—0,36 0,34	0,06—0,13 0,08	16,78—45,73 26,43
Келловей	Пироклитизированные порфириты, туфы, туффиты	5	0,13—0,35 0,21	0,29	0,13	45,73
Оксфорд	Туфогенные породы, туфоконгломераты, гравелиты, туфопесчаники	31	0,29—0,50 0,35	0,33	0,10	30,05
Оксфорд-кимеридж	Известняки	30	0,02—0,28 0,17	0,14	0,09	65,30

1	2	3	4	5	6	7
Кимберлит и мел	Туфы, туффиты, туфогравелиты, туфоконгломераты	32	$\frac{0,01-0,70}{0,12}$	0,12	0,08	70,90
	Диабазы и диабазовые порфиристы	24	$\frac{0,07-1,04}{0,30}$	0,35	0,20	57,75
Неоком	Габброиды (I фаза)	89	$\frac{0,02-1,19}{0,48}$	0,48	0,25	52,94
	Гранитоиды (II фаза)	144	$\frac{0,04-0,80}{0,41}$	0,41	0,21	52,47
	Граниты, андзиты и аляскиты (III фаза)	50	$\frac{0,05-0,30}{0,21}$	0,21	0,17	82,46
	Дайки и другие малые интрузивные тела (IV фаза)	98	$\frac{0,01-0,93}{0,42}$	0,42	0,29	69,08*
	Среднее по интрузиву	381	$\frac{0,01-1,19}{0,38}$	$\frac{0,21-0,48}{0,38}$	$\frac{0,17-0,29}{0,23}$	$\frac{53,47-82,46}{64,24}$
	Среднее содержание элементов в породах Дашкесанского рудного района	851	$\frac{0,1-1,19}{0,40}$	$\frac{0,21-4,70}{0,36}$	$\frac{0,71-1,29}{0,23}$	$\frac{16,78-106,00}{65,19}$

количество приходится на граниты и банатиты (0,13%), а максимальное — на диориты, роговообманковые диориты и авгитовые диориты 0,80 %. В тоналитах, кварцевых диоритах и диоритах титана в среднем составляет 0,5 %.

В породах третьей лейкогранитовой фазы Дашкесанского плутона среднее содержание титана составляет 0,21 % с колебанием 0,05—0,30 %. Отсюда следует, что среднее содержание титана в породах III фазы значительно снижается. Это объясняется снижением содержания акцессорных и цветных минералов.

IV фаза — дайки и другие малые интрузивные тела. Среднее содержание титана в породах IV фазы намного выше, чем в III фазе и составляет 0,42 %. Содержание титана в дайках и малых интрузиях Дашкесанского рудного поля варьирует от 0,01 до 0,93 %. Максимальное содержание приходится на базальтовые порфиристы — 0,93 %, диабазовые порфиристы — 0,79 %, андезитовые порфиристы — 0,68 %, а минимальное содержание на микродиабазы — 0,01 %. Как и следовало ожидать, содержание титана постепенно убывает от пород габброидной фазы к лейкогранитовой фазе.

Основываясь на анализах пород, слагающие Дашкесанский рудный район, можно сделать следующие выводы.

Выводы

1. Титаномagnetитовые песчаники несут наибольшие концентрации титана и ванадия, в связи с чем могут быть рекомендованы в качестве объекта поисковых работ на Ti и V.

2. Наряду с титаном и ванадием титаномagnetитовые песчаники и вмещающие их породы содержат повышенные концентрации Co, Ni, Ga, Zn, Sr и Ba и могут стать объектом будущих исследований на эти металлы.

3. Дайки-апофизы отдельных фаз Дашкесанского гранитоидного массива, а также дайки и малые интрузивы IV самостоятельной фазы содержат повышенные количества Ti и V, что является важным фактором при разъяснении петрогенезиса магматических образований небольших глубин.

Литература

1. Абдуллаев Р. Н. и др. Металлогения Азербайджана. Изд-во АН Азерб. ССР. Баку, 1961.
2. Кашкай М. А. Петрология и металлогения Дашкесана. Изд-во «Недра», 1965.
3. Бекташи С. А., Панахи К. А. «ДАН Азерб. ССР», № 11, стр. 29—33, т. XXII, 1966.
4. Панахи К. А. «Изв. АН Азерб. ССР, серия наук о Земле», стр. 51—55, № 6, 1966.
5. Панахи К. А. Мат-лы научно-теоретич. конф. молодых ученых. Баку, 1969.

Институт геологии

Поступило 19. VI 1981

К. А. Панахи

ДАШКЭСАН ФИЛИЗ РАЈОНУНДА АЈРЫ-АЈРЫ СҮХУРЛАРЫН ТИТАНЛЫЛЫҒЫ

Кичик Гафгазын Азербайджан дүшүн сәһәсинә бир нечә титанмагнетитли гүмдәшләр ятаглары (Дашкәсан, Шамхор, Дәстәфур вә с.) вә тәзәһүрләри (Зәғлиқ, Тоғуз, Зәғәмчәй вә с.) мәлумдур. Бу ятаг вә тәзәһүрләрдә TiO_2 мигдары 3,71—11,14% арасында дәјишир.

Ятаглары әһәтә едән сүхурларда да TiO_2 мигдары жүксәкдир. Белә ки, ашагы бат јашлы орта сүхурларда титанын мигдары 1,43% чатыр. Бу сүхурларда титан-дан башга Co, Ni, Ga, Zn, v вә Ba мигдары инсәбәтән жүксәкдир ки, бу да тәчрүби әһәмијјәтә малиқдир.

К. А. Panakhi

DISTRIBUTION OF TITANIUM IN THE ROCKS OF DASHKESAN METALLOGENIC ZONE

Some deposits of titanomagnetite sand rocks are known in the limits of Azerbaijan part of Minor Caucasus, such as Dashkesan, Shamkhor, Dastaphur deposits. The numerous distributions of these sand rocks are also known as Zaglik, Dzegam, etc. The content of TiO_2 in these deposits varies from 3.71 till 11.14%. In the rocks of lower Bat the middle content of titanium is 1.43%. The high content of Co, V, Ga, Zn, Sr is determined in these rocks.

ТЕКТОНИКА

УДК 551.21:551.242.1

Акад. Ш. Ф. МЕХТИЕВ, З. Н. ХАЛИЛОВ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ПУЛЬСАЦИИ
ЗЕМЛИ

Изучение деятельности вулканов во времени и в пространстве позволяет судить о многих глобальных процессах нашей планеты.

В настоящее время выделяются два основных типа магматических вулканов, отличающиеся как пространственным расположением, так и продуктами своей деятельности. К первому типу относятся вулканы океанических рифтовых зон. Это преимущественно толентовый эффузивный подводный вулканизм срединно-океанических хребтов, а также вулканизм расположенных на них островов, таких как, например, Исландия или Азорские острова.

Ко второму типу относятся вулканы зон субдукции и связанных с ними краев «микроплит». Вулканизм этого типа является смешанным эксплозивно-эффузивным от основного до кислого, но преимущественно среднего состава. К ним относятся, например, все вулканы западного края Американского и восточного края Азиатского материков, а также прилежащих островных дуг, вулканы области Средиземного моря.

Необходимо отметить, что океанические рифтовые зоны являются региональными зонами растяжения, в то время как зоны субдукции характеризуются сжатием.

Согласно тектонике литосферных плит, расширение дна океанов в рифтовых зонах компенсируется поглощением литосферных плит в зонах субдукции. Исходя из этого тектоническая активность срединно-океанических хребтов должна во времени соответствовать активности зон субдукции.

Помимо указанных выделяются еще два типа магматических вулканов: континентальные рифтовые и океанические внутриплитовые. К первым относятся вулканы, расположенные, например, в Красном море, Эфиопии и т. д., ко вторым — на Коморских и Гавайских островах.

При проведении настоящих исследований извержения океанических внутриплитовых вулканов исключались, в то время как континентальный рифтовый вулканизм был совмещен с океаническим рифтовым вулканизмом в единый тип. Это связано с тем, что континентальный рифтовый вулканизм характеризует также зоны растяжения земной коры, являющиеся зачаточными зонами спрединга.

Проведенные нами исследования извержений магматических вулканов мира обоих типов, показали несоответствие их активности во времени. Для выявления общей тенденции извержений вулканов были построены графики активности вулканов обоих типов (рис. 1).

Как видно из приведенных графиков, вулканы, характеризующие океанические и континентальные рифтовые зоны (обозначим их вулканы типа Р), обнаруживают четыре крупных цикла активизации (1850—1870, 1872—1887, 1892—1943, 1945—1970), в то время как вул-

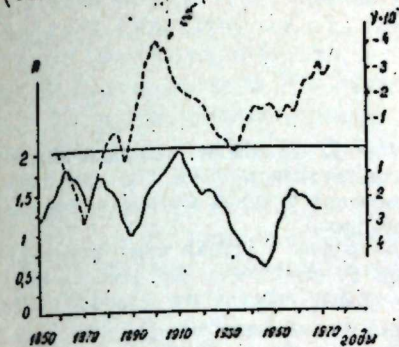


Рис. 1. Графики активности извержений магматических вулканов: I — график активности вулканов типа С по дважды скользящим 9-летним интервалам; n_1 — количество извержений вулканов типа С; II — график активности вулканов типа Р по дважды скользящим 9-летним интервалам; n_2 — количество извержений вулканов типа Р.

каны зон субдукции (типа С) за рассматриваемый промежуток времени обнаруживают 6 крупных циклов (1840—1861, 1863—1893, 1893—1916, 1916—1941, 1942—1960, 1960—1970), причем как видно из графика, последний цикл (1960—1970) является неполным (полпериода).

Сравнение графиков позволяет сделать вывод, что активизация обоих типов вулканов не совпадает во времени, а в ряде случаев попадает в противофазу. Так, максимум цикла активизации вулканов типа С (1840—1861 гг.) попадает в период минимальной активности вулканов типа Р, в то время как максимум цикла активизации вулканов типа Р (1945—1970 гг.) попадает в период минимальной активности вулканов типа С. Примерно то же можно сказать при корреляции других циклов. Максимум активности вулканов типа С (1884 г.) попадает в период спада активности вулканов типа Р, а в 1970 г. наблюдается повышение активности вулканов типа С и понижение активности вулканов типа Р.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что периоды растяжения не совпадают во времени с периодами сжатия Земли, а в большинстве случаев циклы растяжения нашей планеты сменяются циклами сжатия. В первом случае повышается активность вулканов типа Р (характеризующих зоны растяжения), а во втором — вулканов типа С (характеризующих зоны сжатия). При этом расширение Земли происходит за счет процесса спрединга, в то время, как сжатие за счет процесса субдукции.

Пульсация Земли, безусловно, оказывает влияние на угловую скорость ее вращения, причем расширение Земли должно приводить к ее замедлению.

Действительно, сравнение кривой изменения угловой скорости вращения Земли во времени с графиком активности вулканов типа Р показало, что периодам активизации вулканов соответствуют периоды замедления вращения Земли и наоборот (рис. 2).

Периоды сжатия Земли приводят к ускорению процесса субдукции, при этом спрединг значительно замедляется. Безусловно, что процесс субдукции ускоряется не сразу. Сначала происходит накопление напряжений, а затем их разрядка посредством поочередного погружения (выстреливания) отдельных блоков литосферных плит в зону Бенюффа. Именно этой «инертностью» при сжатии Земли можно объяснить некоторое запаздывание усиления активизации вулканов типа С в периоды

минимальной активности вулканов типа Р, причем прерывистый процесс субдукции, по-видимому, «разбивает» крупные циклы активизации вулканов типа С на более мелкие пульсации, чем можно объяснить тот факт, что в деятельности вулканов типа С крупных циклов активизации примерно в 1,5 раза больше чем в деятельности вулканов типа Р.

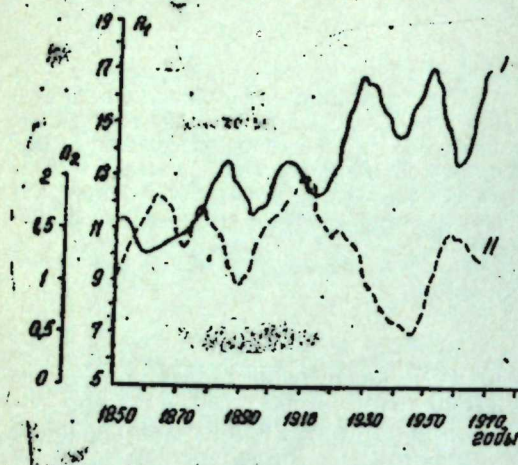


Рис. 2. Сравнение графика активности вулканов типа Р с графиком изменения угловой скорости вращения Земли:
I—график активности вулканов типа Р; n—количество извержений; II—график изменения угловой скорости вращения Земли; $v \cdot 10^{-8}$ —относительные отклонения угловой скорости вращения Земли.

При рассмотрении графиков (рис. 1) визуально определяется общая тенденция усиления активности вулканов типа С и снижения активности вулканов типа Р с 1850 по 1970 гг.

Однако методика построения рассматриваемых графиков не учитывает характера отклонений годовых чисел извержений вулканов от тренда и может привести к пропуску очень важных тенденций. Наиболее достоверными для построения тренда являются методы математической статистики.

При построении тренда нами был применен метод наименьших квадратов.

Результаты построений выявили интересную закономерность. Оказалось, что вулканы типа С увеличивают свою активность (рис. 3, а), в

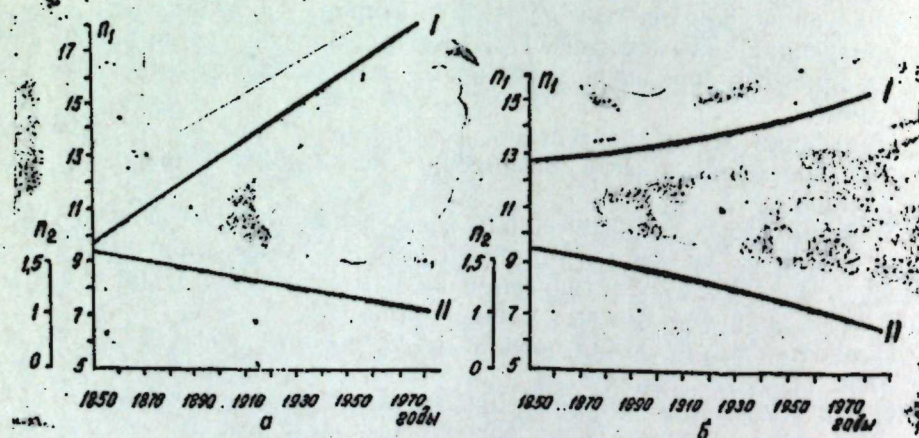


Рис. 3. Прямолинейные и криволинейные тренды: а—прямолинейные тренды; б—криволинейные тренды; I—тренды, характеризующие извержения вулканов типа С; II—тренды, характеризующие извержения вулканов типа Р.

то время как вулканы типа Р уменьшают активность во времени, на что указывает отрицательный знак угла наклона прямолинейного тренда вулканов типа Р. Тангенс угла наклона характеризует скорость изменения активности вулканов во времени. Вычисления показали, что активность вулканов типа С увеличивается во времени со средней скоростью 0,06 извержений/год, в то время как скорость уменьшения активности вулканов типа Р составляет 0,004 извержений/год.

Из приведенных данных можно сделать вывод, что при значительных пульсациях Земли, общая тенденция ее склоняется к сжатию. Если прямолинейный тренд позволяет определить только скорость изменения активизации вулканов во времени и судить об общем характере этого изменения, то криволинейный тренд позволяет судить об ускорении, при этом выделять экстремальные точки, характеризующие точную дату экстремального значения активности вулканов.

Нами были построены криволинейные тренды, аппроксимируемые параболой второго порядка (рис. 3, б). Результаты исследований криволинейных трендов привели к следующим выводам. Криволинейный тренд вулканов типа Р представляет прямую линию с отрицательным углом наклона, что указывает на постоянную скорость незначительного уменьшения активности вулканов во времени. Общий характер активизации вулканов типа С, наоборот, характеризуется ускорением активизации вулканов во времени, причем до 1890 г. активность вулканов практически не увеличивается, в то время как с 1890 г. скорость увеличения активности достигает 0,02 извержений/год, а каждое последующее двадцатилетие скорость активности вулканов увеличивается на 0,01 извержений/год.

Таким образом, из изложенного можно сделать вывод, что Земля пульсирует, причем сжатие и расширение происходит за счет процессов субдукции и спрединга соответственно.

Ускорение процесса спрединга является, по-видимому, следствием ускорения конвективных потоков, на которые могут оказывать влияние как земные, так и космические факторы.

Предлагаемая модель развития Земли наиболее полно объясняет явление изменения угловой скорости вращения Земли, а также выявленную закономерность временного несоответствия активизации вулканов, характеризующих процессы спрединга и субдукции.

Литература

Сидоренков Н. С. Неправильности вращения Земли как возможные показатели глобального водообмена. В сб. «Колебания уровня морей и океанов за 15 000 лет», 85—93. «Наука», 1982.

Институт геологии

Поступило 20. IX 1983

Ш. Ф. Мехдиев, Е. Н. Халилов

ВУЛКАН ПУСКУРМЭЛЭРИНИН ЗАМАН ВЭ МЭКАН ДАХИЛИНДЭ ПАЛЛАНМАСЫ ЈЕРИН ПУЛСАЦИЈАСЫНЫ ЭКС ЕТДИРЭН АМИЛ КИМИ

Јерин спрединг (араланма) вэ субдукција (батма) зоналарында магматик вулканларын пускурмэлэри ејни вахта баш вермир. Мүөјјөн едилмишдир ки, спрединг зоналарда вулканларын фэалијјэтэ кэлмэси Јерин һэрлэмэ бучаг сүр'этинин азал-масына сәбәб олур. Буну да спрединг нәтијәсиндә Јерин кенишләнмәси илә ризаһ ет-мәк олар. Әлдә олан мә'луматлар кәстәрир ки, спрединг һесабына Јерин кениш-

ләнмә дөврләрн субдукция нәтижәсиндә сыхылма илә аваз олуур. Дүз нәтигамәтлн во әјри хәтт трендләрнн һесаблинамасы көстәрнр кн, Јернн пулеасиясы әсасән сыхылма нәтигамәтиндә кедир.

Sh. F. Mekhtiyev, E. N. Khalilov

TEMPORARY-DIMENSIONAL DISTRIBUTION OF VOLCANIC ERUPTIONS AS REFLECTION OF EARTH PULSATION

Regularity of temporary discrepancy of activity of magmatic volcanos, characterizing spreading and subduction zones is revealed. It is distinguished that intensification of volcanic activation characterizing spreading zones is accompanied by the decrease of angular rate of Earth rotation. This is explained by the expansion of the Earth as a result of spreading. Obtained data allow to draw a conclusion that periods of Earth extension (at the expense of spreading) are taken turns by the periods of contraction (at the expense of subduction). It is settled that rectilinear and curvilinear trends allow to affirm that in considerable pulsation of the Earth its general tendency is inclined to the contraction.

УДК 622.276.031.011.431.3; 552.5

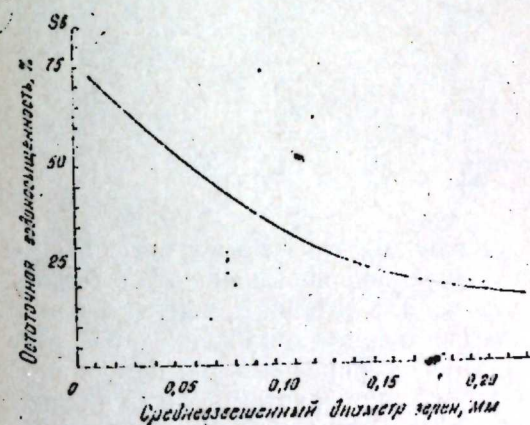
ЛИТОЛОГИЯ

Акад. А. Д. СУЛТАНОВ, чл.-корр. Н. Д. ТАИРОВ,
А. И. КАЛАНТАРОВ, А. М. КУЛИЕВ

ВЛИЯНИЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО РАЗМЕРА ЗЕРЕН ПОРОДЫ НА ОСТАТОЧНУЮ ВОДОНАСЫЩЕННОСТЬ

Известны различные методы [1, 2, 3, 4, 6 и др.] определения остаточной водонасыщенности по результатам анализа накопленной геологической информации о коллекторах.

В работах [1, 6] установлены зависимости между водонасыщенностью и проницаемостью пород-коллекторов различного типа, а также [3, 4] между водонасыщенностью и пористостью при определенных значениях проницаемости. В работе [6] отмечается, что в указанных исследованиях не учитывается литология пород, это приводит к значительным



Зависимость остаточной водонасыщенности S_r от средневзвешенного диаметра зерен (d_{cp}) пород-коллекторов по данным фактического материала

ошибкам при определении остаточной воды. В работе [2] определение остаточной водонасыщенности, производят в зависимости от процентного содержания глинистой фракции, проницаемости и пористости пород.

В данной работе остаточная водонасыщенность определена в зависимости от средневзвешенного диаметра зерен, величина которого определялась вычислением [5]. При вычислении, средний диаметр зерен: первой ($>0,25$ мм), второй ($0,25 - 0,1$ мм), третьей ($0,1 - 0,01$ мм) и четвертой ($<0,01$ мм) фракций условно был принят 0,375, 0,175, 0,055, 0,008 мм соответственно.

С целью установления зависимости остаточной водонасыщенности (S_r) от средневзвешенного диаметра зерен (d_{cp}), по данным кернового анализа месторождений продуктивной толщи Апшеронской области, нами были обработаны данные 63 образцов, полученные на нефтяной основе, характеризующих рассматриваемые залежи как по простиранию, так и по разрезу (табл. 1).

Обработка этих данных по методу наименьших квадратов показала, что между остаточной водонасыщенностью и средневзвешенным диаметром зерен имеется довольно тесная корреляционная связь ($\eta = 0,82$) — остаточная водонасыщенность уменьшается с увеличением средневзвешенного диаметра зерен. На рисунке представлена эта зависимость, построенная на основании уравнения:

$$S_v = 78,3 - 554,0 d_{\text{ср.}} + 125,0 d_{\text{ср.}}^2 \dots \dots \dots (1)$$

Таблица 1

Средневзвешенный диаметр зёрен, мм	Остаточная водонасыщенность, %			
	фактическая			эксперимен- тальная
	кол-во опред.	средние значе- ния	по форм. (1)	
0,037	2	53,8	60,0	62,4
0,045	5	62,5	56,0	58,2
0,054	5	59,4	52,4	52,0
0,064	3	46,3	46,8	48,8
0,072	2	36,2	44,9	46,8
0,085	2	47,9	40,2	42,0
0,095	3	28,5	37,0	38,7
0,104	5	37,3	34,2	35,9
0,136	4	29,0	26,1	27,7
0,142	4	24,6	24,8	26,5
0,155	3	16,3	22,5	24,1
0,165	7	24,6	21,0	22,7
0,173	6	15,5	19,9	21,7
0,183	2	13,7	18,6	20,7
0,197	2	17,5	17,7	19,8
0,203	4	19,4	17,3	19,5
0,214	2	22,0	17,0	19,3
0,232	2	14,1	17,0	19,3

Для экспериментальной оценки влияния гранулометрического состава пород-коллекторов на их остаточную водонасыщенность была проведена серия опытов на моделях пласта. Для создания моделей были использованы породы, отобранные из естественных обнажений продуктивной толщи Кирмакинской долины. По ним определены: гранулометрический состав, содержание карбонатов, общая пористость, проницаемость и, принимая способ кватрилей [5], вычислены гранулометрические коэффициенты. В качестве модели нефти в опытах была использована нефть вязкостью $\mu = 148$ МПа·с, плотностью $\rho = 991,75$ кг/м³ при 20°C, отобранная из Кирмакинской свиты площади Бузовны.

Указанная нефть, относящаяся по условной классификации В. Т. Малышка к активным, содержит 0,51% нафтеновых кислот, 15,76% смол и 0,128% асфальтенов. Для создания связанной воды, использована пластовая вода вязкостью $\mu = 1,003$ МПа·с, плотностью $\rho = 100,14$ кг/м³.

Результаты опытов показывают, что средневзвешенный диаметр зерен и остаточная водонасыщенность в породах-коллекторах тесно связаны между собой. Увеличение средневзвешенного диаметра зерен приводит к уменьшению остаточной водонасыщенности. Также наблюдается, что увеличение остаточной водонасыщенности связано с увеличением содержания в породе глинистой фракции. При этом подтверждается характер зависимости остаточной водонасыщенности от проницаемости коллектора и содержания глинистой фракции, установленной в работе [2].

Однако следует отметить, что определение остаточной водонасыщенности в зависимости только от глинистой фракции, исключая совместное влияние других фракций, по нашему мнению, является не вполне корректным.

Полученная на основании экспериментальных данных зависимость остаточной водонасыщенности от средневзвешенного диаметра зерен достаточно хорошо описывается уравнением (1).

Таблица

Месторождение	№ скв.	Объект	Кол-во опред.	$d_{\text{ср.}}$, мм	Остаточная водонасыщенность, %		Разн.
					фактич.	по форм. (1)	
Сулу-тепе	2346	НКП	12	0,116	33,4	31,0	2,4
Бузовны-Маштаги	790	I КС	5	0,061	48,4	49,1	-0,7
Карачухур	850	ПК ₁	1	0,162	21,3	21,5	-0,2

При сопоставлении промысловых и экспериментальных данных зависимости остаточной водонасыщенности от средневзвешенного диаметра зерен видно, что в пределах наших исследований ($d_{\text{ср.}} = 0,026 \div 0,280$ мм) они удовлетворительно совпадают (см. табл. 1).

Таким образом, вышесказанное позволяет рекомендовать способ определения содержания остаточной воды пород-коллекторов, для которых отсутствует достаточный керновый материал. Для этого достаточно по гранулометрическому анализу шлама, зная величину средневзвешенного диаметра зерен, пользуясь формулой или графиком (рисунок), определить значение остаточной водонасыщенности изучаемых объектов.

Достоверность полученных зависимостей подтверждается и данными других месторождений (табл. 2).

Литература

1. Джонс П. Д. Механика нефтяного пласта. Гостоптехиздат, 1957.
2. Ибрагимов Ш. М., Шабанов С. Ф., Багаров Т. Ю. «Изв. АН Азерб. ССР, серия, наук о земле», № 1, 103 — 107, 1978.
3. Оркин К. Г. Кучинский П. К. Физика нефтяного пласта. Гостоптехиздат, 1956.
4. Пирсон С. Д. Учение о нефтяном пласте. Гостоптехиздат, 1953.
5. Справочное руководство по петрографии осадочных пород, т. II. Гостоптехиздат, 1958.
6. Ханнин А. А. Остаточная вода в коллекторах нефти и газа. Гостоптехиздат, 1963.

Институт геологии

Поступило 15. XII 1981

Э. Ч. Султанов, А. И. Кэлэнтаров, А. М. Гулиев, Н. Ч. Таиров

ГАЛЫГ СУҮҮН СҮХУРДАКЫ ДЭНЭЧКЛЭРИН ОРТАЛАШДЫРЫЛМЫШ ӨЛЧҮСҮНДЭН АСЫЛЫЛЫГЫ

Фактикин ба экспериментал материалларын тэдгиги көстөрүр ки, нефтлин сүхурдакы галыг сууун мигдары илэ сүхуру тэшил едэн дэнэчклэрин орталашдырылмыш өлчүсү сых элагэлидир. Дэнэлэрин диаметринин орта өлчүлү гиймэти артадыгча сүхурдакы галыг сууун мигдары азалыр.

Ашкар едилмиш элагэ, газма заманы элдэ едилэн сүхур гырынтыларынын гранулометрик анализиндэн истифада еднб нефтлин сүхурдакы галыг сууу гиймэтэндир-мэжэ имкан жарадыр.

THE INFLUENCE OF AVERAGE GRAIN SIZE OF A ROCK UPON RESIDUAL WATER SATURATION

The authors have determined the relation between average diameter of grains and residual water saturation of rocks-collectors allowing to recommend the determination of residual water content for rocks-collectors which have no sufficient information to be determined. For this purpose it is sufficient according to granulometric slime analysis to determine the value of residual water saturation of investigated objects knowing the value of average diameter of grains and using the suggested formula or plot.

УДК 581.144+581.19

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. А. МАРДАНОВ, Т. С. ШИРВАНИ

БЕЛКОВАЯ (АНТИГЕННАЯ) СТРУКТУРА КОРНЕЙ НУТА В СВЯЗИ С КАЛЬЦИЕВЫМ ПИТАНИЕМ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. А. Али-заде)

В настоящее время хорошо известно значение кальция для роста и формирования корней, образования клеточных стенок, в состав которых он входит в виде пектата кальция для нейтрализации органических кислот в клетке и в регуляции поступления различных ионов в нее [1]. Известно также, что среди элементов минерального питания кальций оказывает на формирование мембран [2, 3] и клеточных структур, богатых мембранами [4], наиболее сильное и быстрое действие. В последнем случае действие кальция связывают с его способностью взаимодействовать с белками и быть связующими мостиками между отрицательно заряженными группами белков в гидрофильных порах [5], что может иметь непосредственное отношение к известной регуляторной роли кальция в поступлении катионов и анионов в клетку [3, 6, 7].

Поскольку рост и формирование корней, с одной стороны, а формирование мембран и клеточных структур, богатых мембранами, с другой, самым тесным образом связаны с биосинтезом белков, большой интерес представляет изучение влияния кальция на количественный и качественный состав белков корней растений. Имеющийся по этому вопросу в литературе материал в основном касается влияния кальция на интенсивность синтеза белков и других азотистых соединений [8, 9]. В работе Финаловой и Пихл[9], в частности, отмечается, что недостаток кальция в среде замедляет накопление белков и, наоборот, увеличивает накопление азота в вегетативных органах гороха и тыквы.

Исследования влияния кальция на качественный состав белков носят ограниченный характер [10, 11]. Сравнительное изучение с помощью диск-электрофореза в ПАГе особенностей спектра белков корней нута и кукурузы, проявляющих неодинаковую потребность к кальцию, выявило в исследованиях Марданова с сотр. [11] существенное изменение белкового состава корней в условиях дефицита кальция: уменьшение числа фракций и изменение относительной электрофоретической подвижности некоторых из них. У кукурузы количество зон кислых белков в результате дефицита кальция уменьшается на 1, а в корешках нута — на 4.

Данные, полученные электрофоретическими методами [10, 11], являются интересными, но не вполне удовлетворительными с точки зрения изучения специфичности белковой молекулы. Наиболее пригодными в этом отношении являются иммунохимические методы, позволяющие с высокой точностью выявлять специфику той или иной белковой системы.

Работ по изучению антигенного (белкового) состава корня в зависимости от условий кальциевой обеспеченности в литературе, за исключением трудов Дворжака с отр. [12], показавших, что при кальциевом голо-

дании наблюдается изменение состава белков, выделенных из корней и семядолей десятидневных проростков тыквы, мы не встречали, это диктует необходимость дальнейших исследований.

Целью настоящей работы являлось сравнительное исследование специфики антигенной структуры корней растений, выращенных в условиях кальциевой обеспеченности и в условиях его дефицита в питательной среде, для определения степени иммунохимического сходства и различия между ними.

Методика. Для изучения специфики антигенного состава корня растений нута сорта Астраханбазарский местный, выращенных в условиях обеспеченности и дефицита кальция, опыты проводились в водной культуре. Растения в течение 5 дней выращивали в полном питательном растворе Кнопа (рН — 6,0) при фотопериоде 16 ч света + 8 ч темноты при люминесцентном освещении в 4,5 тыс люкс на уровне растений. При исключении кальция из питательной среды он заменялся на эквивалентное количество по азоту аммонием азотнокислым и стронцием азотнокислым.

У растений в возрасте 7 дней отделяли корни. Экстракцию суммарных растворимых белков проводили по методике, описанной ранее в [13]. В работе использовали иммунные сыворотки, полученные к белкам корня трехдневных проростков нута, выращенных на дистиллированной воде. В опыт брали кроликов породы шиншилла по 3 животных на каждый вариант. Иммунизацию животных проводили по предложенной нами схеме [13] с циклом иммунизации, состоящим из 9 инъекций с двухдневным интервалом между очередными впрыскиваниями. Анализ антигенной структуры проводили с помощью аналитического иммуноэлектрофореза в микромодификации Шкваржила [14] на 1,5% агаре «Дифко» в борат-фосфатном буфере (рН — 7,6, ионная сила 0,05) при комнатной температуре на стеклах 5×5 в течение 65 мин при градиенте потенциала 5 в/см и силе тока 15 ма на каждую пластинку.

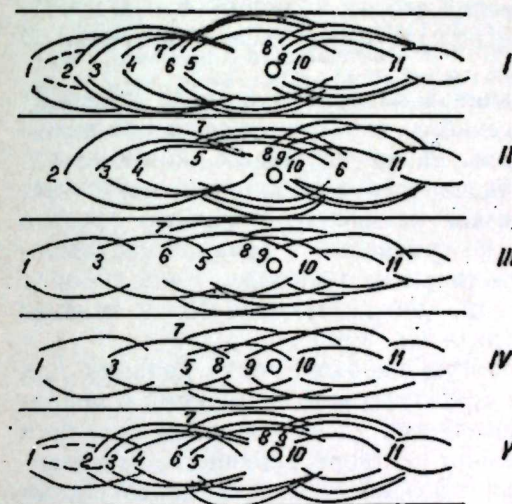
Для определения значения кальция в становлении белковой структуры корня сравнивались иммуноэлектрофореграммы белков корней растений нута, выращенных в условиях обеспечения и дефицита кальция, причем, в последнем случае кальций в питательном растворе, как указывалось выше, заменялся двумя способами: азотнокислым аммонием и азотнокислым стронцием.

Обычно в физиологических экспериментах в необходимых случаях тот или иной элемент в питательном растворе заменяется химически близким к нему элементом. Однако, хотя стронций и является химически близким к кальцию элементом, в длительных опытах замена последнего стронцием нежелательна, поскольку он, во-первых, сам по себе не является питательным элементом, а во-вторых, в этих условиях отрицательно действует на растение. Поэтому его применяют в качестве заменителя кальция только в кратковременных опытах. С другой стороны, экспериментаторы останавливаются на стронции и по той причине, что замена кальция одновалентными ионами, как натрий, аммоний и др. не совсем верна в силу их химической отдаленности от кальция и поскольку при этом в питательном растворе будет меняться соотношение одно- и двухвалентных катионов, проявляющих, как известно, различное физиологическое действие на растения. Чтобы избежать эти затруднения и получить более объективную информацию, мы в своих исследованиях в качестве контро-

ля взяли два варианта: в первом — кальций заменялся азотнокислым стронцием, во втором — азотнокислым аммонием. Анализ качественного состава белков корня в обоих вариантах позволит нам судить о приемлемости замены кальция в питательном растворе стронцием или аммонием.

Для сравнения между собой антигенных спектров корней нута, выращенных в опытах и контрольных вариантах, были использованы иммуноэлектрофореграммы, выявляющие с помощью гомологичной анти-сыворотки довольно полную картину белковой структуры корешка трехдневного проростка нута, проращиваемого на дистиллированной воде.

Прежде всего сопоставим иммуноэлектрофореграммы белков корешка трехдневного проростка и корней семидневных растений нута, выращенных соответственно на дистиллированной воде и в условиях нормального питания (+Ca). Такое сравнение белковых спектров корней трех- и семидневных растений нута дает нам возможность объяснять наблюдаемые нами изменения в белковой структуре корней с двух точек зрения: или возрастом растений, или переходом их на автотрофное питание.



Влияние дефицита кальция на антигенную структуру корня растений нута. В лунках: I — антигены корешка 3-дневного проростка; II — антигены корня из варианта —Ca+NH₄; III — антигены корня при нормальном питании (вариант +Ca); IV — антигены корня из варианта —Ca+Sr; V — то же, что и I.

Как видно из рисунка (бороздки I и III), в экстрактах корешка трехдневного проростка обнаруживается 11 антигенных компонентов, обозначенные нами цифрами от катода к аноду. В белковом спектре семидневного корня наблюдаются некоторые качественные и количественные изменения, проявляющиеся: во-первых, в уменьшении числа компонентов с 11 до 9, и, во-вторых, в уменьшении интенсивности и четкости некоторых линий преципитации. Эти изменения вызваны, по всей вероятности, тем, что с возрастом растения, по мере дифференциации и специализации его органов, в том числе и корня, происходит гидролиз одних и синтез других белков, специфичных для данной стадии развития корня. Возможно, что обеднение белкового спектра у семидневных проростков и уменьшение четкости отдельных линий связано именно с гидролизом белков, обнаруженных у трехдневных корешков, и с уменьшением их концентраций до величины, не поддающейся обнаружению иммуноэлектрофорезом.

Вновь синтезированные белки, возможно, и были бы обнаружены нами, будь у нас иммунная сыворотка для белков корней соответствующего возраста. Сыворотка к белкам корня трехдневного проростка, естественно, не может обнаружить появление новых белковых компонентов, синтез которых, по всей вероятности, связан с функциональной специализацией корней с переходом их из гетеротрофного состояния в автотрофное и которые не обнаруживаются у корешков трехдневных проростков, находящихся на питании за счет собственных питательных запасов. В литературе имеются указания на то, что дифференцировка — это не обязательно переход от простого к сложному. В частности, для АТФ-аз белков показано, что рост клетки и ее дифференциация сопровождаются уменьшением числа компонентов в спектре АТФ-азных белков и уменьшением их относительной электрофоретической подвижности [15].

Сравнение антигенных спектров корней кальцийобеспеченных и кальцийдефицитных растений (рисунки III, II IV) показало, что в варианте с заменой кальция на азотнокислый аммоний не обнаруживается полоса I. Что касается варианта с заменой кальция на азотнокислый стронций, то в этом случае антигенный спектр корней подвержен большим изменениям, чем антигенный спектр корней, выращенных в питательном растворе без кальция с заменой его на аммоний: в нем отсутствуют дуги преципитации 3 и 6, другие дуги имеют менее интенсивную окраску.

Таким образом, отсутствие кальция в питательной среде приводит к определенным изменениям антигенного спектра корней растений нута, проявляющимся в сокращении числа белковых компонентов и уменьшении на фореграммах интенсивности окрашивания некоторых линий преципитации. Относительно резкое изменение белкового спектра в случае замены кальция стронцием по сравнению с заменой его аммонием связано с его отравляющим действием на растение, о чем говорят и результаты визуальных наблюдений, показывающие более сильное угнетение роста проростков в варианте (—Ca, +Sr).

Наши данные указывают на строгую необходимость кальция для формирования нормальной белковой структуры корня растений и неприемлемость общепринятой в физиологических исследованиях практики замены кальция стронцием в питательном растворе, вносящем, как показано свое дополнительное отрицательное воздействие на белковый состав корня.

Литература

1. Андреев С. С. В кн. "Физиология с.-х. растений", т. 2, с. 90. М., 1967.
2. Салеев Р. К. Поглощение веществ растительной клеткой. М., 1969.
3. Эпштейн Э. В кн. "Биохимия растений", с. 251. М., 1968.
4. Бушueva Т. М., "Ботан. ж.", т. 49, № 3, 439, 1964.
5. Хатгис Д., Мими Д., Мьир А. Введение в молекулярную биологию. М., 1967.
6. Петров-Спиридонов А. Е., Мазель Ю. Я. Докл. ТСХА, вып. 109, ч. 1, 159, 1965.
7. Foote B. D., Hanson J. B. Plant Physiol., v. 39, № 3, 450, 1961.
8. Плешков Б. П., Кондратьев М. Н. Изв. ТСХА, № 6, 86, 1971.
9. Gialova S., Pichl J. Biol. Plantarum, v. 15, № 3, 191, 1973.
10. Дворжак М., Черногорская Я., Ледниская В. с./х. биология, т. IV, № 1, 141, 1969.
11. Абуталыбов Ч. М., Марданов А. А., Сафаралиев П. М. Изв. АН Азерб. ССР, серия биол. наук, № 2, 3, 1975.
12. Dvorak M., Cernohorska J. Biol. Plantarum, v. 14, № 1, 28, 1972.
13. Марданов А. А.

Абуталыбов М. Г., Ширвани Т. С. "Физиол. растений", т. 22, № 3, 549, 1975. 14. Skvaril F. Chem. Listy, № 9, 1069, 1961. 15. Косулина Л. Г., Ланикова В. П., Потанов Н. Г. "Физиол. растений", т. 2, № 3, 534, 1967, 1977.

Институт ботаники

Поступило 7 IV 1981

Э. Э. Марданов, Т. С. Ширвани

КАЛСИУМЛА ГИДАЛАНМА ШЭРАНТИНДЭ НУТ КӨКЛЭРИНИН ЗУЛАЛ (АНТИКЕН) СТРУКТУРУ

Иммуноэлектрофорез көмәһи илә нут чүчәртиләри көкләринин антикен структурда јаранан дәјишикләк гита мүһитиндә калсиум-нитрат, аммоний-нитрат, хүсән строний-нитратла әвәз едилдији шәрантдә өјрәнилмишдир. Бу шәрантдә калсиум чатышмазлыгы өзүнү зулал компонентләри сәјинин азалмасында вә бәзи пресипитасија хәтләринин бојанмасы интенсивлијини зәифләмәсиндә бүрүзә вермишдир.

A. A. Mardancv, T. S. Shirvani

PROTEIN (ANTIGENIC) STRUCTURE OF THE ROOTS OF CHICK-PEA (CICER ARIETINUM L.) SEEDLINGS IN CONNECTION WITH CALCIUM NUTRITION

Changes of antigenic structure of root of chick-pea seedlings due to calcium nitrate substitution by ammonium and especially by strontium nitrates in nutrient medium were shown with immunoelectrophoresis. These changes are manifested by a reduction of protein compounds and by a decrease in colour intensity of some precipitation lines.

П. А. САМЕДОВ

К ИЗУЧЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ

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

Лучистая энергия Солнца — главный источник энергии в процессах почвообразования. Представление о почвообразовании как сложном процессе обмена веществом и энергии между литосферой, атмосферой и живым веществом высказано уже давно. В частности, из этой идеи исходит и концепция о большом геологическом и малом биологическом круговоротах и о роли их в почвообразовании [2]. Одним из важных этапов энергетики почвообразования является изучение энергетического баланса, позволяющего раскрыть все пути и формы превращения энергии в биогеоценозе, проследить переходы энергии и ее работу в последовательных звеньях почвообразования — в системах: растения — животные — микроорганизмы — минеральный субстрат-почва, и тем самым выявить те звенья, воздействия, на которые обеспечить наиболее производительное использование энергии солнечного луча почвенно-растительными системами [3]. Огромное количество энергии в виде растительных остатков (отмершие корни, опад) накапливается в почве. Эта аккумулятированная в растительном веществе энергия вовлекается в грандиозный по масштабу и значимости биологический круговорот веществ и энергии, оказывает влияние на характер и интенсивность протекающих в почве биологических процессов.

Отмершая фитомасса служит основным источником энергии для многих обитаемых в почве сапрофагов, среди которых видное место занимают дождевые черви, играющие важную роль в гумусообразованиях. Для того, чтобы оценить роль какой-то группы животных-сапрофагов или фитофагов в биогеоценозе, определяющуюся прежде всего ее влиянием на растения, необходимо знать энергетические потребности отдельных особей этой группы. С целью оценки влияния дождевых червей на процессы разложения растительных остатков, нами в лабораторных условиях были проведены серия опытов (срок опыта 1 месяц) по разложению и гумификации опада солодки, люцерны, полынн, вишни, рада, хлопчатника, которые были источником пищи и энергии червей.

В опытах были использованы особи, различающиеся по возрастным (половозрелые и неполовозрелые) и весовым признакам. В течение всего опыта ежедневно проводился сбор и учет копролитов. По оставшемуся в конце опыта растительному материалу судили с энергетической потребности каждой возрастной группы в отдельности.

Энергию потребленного корма (кал/г) определяли по формуле: $E = K \cdot W$, (1) где K — содержание обменной (аккумулятивной) энергии в единице веса корма; W — количество потребленного корма (г).

Коэффициент ассимиляции (%) определяли из соотношения: $P + R/C$ (2), где P — затраты на продукцию (прирост массы); R — затраты на метаболитизм; C — количество съеденного корма. Второй важный показатель — коэффициент использования энергии съеденного корма на процессы роста (%); P/C (3).

Третий, очень важный показатель — коэффициент использования энергии ассимилированного корма на процессы роста (%): $P/P + R$ (4).

Метаболизм (основной обмен) определяли по Гемминксену: $M - 16,5 \cdot A^{0,75}$ (5), где M — основной обмен (кал/сут.) одной особи при 20°C; A — вес животного (г).

Коэффициент гумификации (K) определяли из соотношения: F/K (6), где F — энергия выброшенных копролитов (кал/г).

Полный энергетический баланс определяли из уравнения:

$$C = F + P + R \quad (7) \quad (1977).$$

В варианте с опадом полынн

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Свыше 10 г.	4761,32	1918,77	2135,13	707,42	44,84	75,11	74,97	33,66	27,08	
До 10 г.	3056,72	611,09	2167,51	278,46	70,91	88,62	90,01	10,72	120,37	
До 0,2 г.	1885,10	—	1643,01	99,18	87,16	94,31	92,42	2,51	134,05	

Результаты опытов приведены в таблице. Проведенные опыты показали, что энергетический баланс у дождевых червей теснейшим образом зависит как от возрастных, весовых критериев, так и от соответствующего вида потребленного корма.

Половозрелые особи значительно больше потребляют корма. Однако использование энергии съеденного и ассимилированного корма на прирост массы значительно выражен у неполовозрелых (весом до 1,0 г), что отчетливо видно из среднемесячных показателей прироста массы (мг). Объясняется это тем, что половозрелые особи (весом более 1,0 г) расходуют энергию потребленного корма главным образом на поддержание имеющихся тканей и размножения, тогда как неполовозрелые особи на прирост собственной биомассы. Энергия потребленной пищи более сильно выражена в варианте с опадом солодки, люцерны, которые более интенсивно потребляются дождевыми червями. Тем самым подтверждается их избирательное отношение к кормам.

Такой балансово-энергетический подход к решению вопроса позволяет полнее определить роль и значимость отдельных возрастных групп дождевых червей в общем цикле круговорота энергии и вещества в биогеоценозах.

Литература

1. Богачева И. А. Биоэнергетическая роль животных в лесотундре Ямала. Сб. статей. Изд-во УНЦ АН СССР, 1977.
2. Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие о основами поведения. Сельхозгиз, 1938.
3. Волобуев В. Р. Введение в энергетику почвообразования. Изд-во «Наука», 1974.

Институт почвоведения и агрохимии

Поступило 10. VI 1981

СОХУЛЧАН ГУРДЛАРЫНЫҢ ЕНЕРКЕТИК БАЛАНСЫНЫҢ ӨЛРЭНИЛМӘСИ

Апарылан тәчрүбәләр көстәрди ки, сохулчан гурдларының енеркетик, балансы онларын јаш, чәки вә истифада едилән гита нөвүндән сыхы сурәтдә асылыдыр. Је-тишкән гурдлар (чәкиси 1,0 гр артыг) даһа чох гита гәбул едирләр. Јакин чаваң гурдлар (чәкиси 1,0 гр аз) гәбул едилмиш вә ассимилясия олунмуш гита енержи-ни чәки артымына даһа сәмәрәли истифада едирләр.

Бу онулла изаһ олунур ки, јашлы гурдлар гәбул едилмиш гита енержини өз бәдән тохумаларының сахланымасына вә чохалмаја сәрф едикләри һалда, чаваң гурдлар бу енержини өз биокүтләләриниң артырымасына сәрф едирләр.

P. A. Samedov

TO THE STUDY OF POWER BALANCE OF RAINY WORMS

Power balance of rainy worms depends on the age, weight criteria, as well as it depends on the kind of used fodder. The pubescent individuals (with the weight more than 1.0 gr) expend the energy of used fodder on keeping tissues and reproduction, whereas nonpubescent individuals (with the weight till 1.0 gr)—to the accretion of its own biomass.

В. Ә. ӘБДУЛҶАСЫМОВ

АЗӘРБАЈҶАН ТАРЫНЫҢ ПӘРДӘЛӘР СИСТЕМИ

Әввәлләр мөһтәшәм «мусиги бинасы» олмуш Јахын Шәрг халгларының мусиги мәдәнијјәти XIV әсрин ичтиман-иғтисади вә сijasи дәји-шикликләри нәтичәсиндә учуб-дағылмыш вә һәмий «мусиги бинасы»ның дәјәрли «гырынтыларында» истифада етмәклә, буна өзләриниң «мәгам-тикинти» материалының әлаһәси сәјәсиндә һәр халг өзү үчүн сәчијјә-ви, өзүнәмәхсус услубда мусиги «барикаһы» тикмишдир. О чүмләдән башга халглар кими АзәрбајҶан халгының да мусиги мәдәнијјәти өзүнә мәхсус услубда инкишаф едәрәк өз орижиналлығыны бу күнә кими сахламышдыр.

XIX әсрин ичтиман-сijasи һадисәләри дә АзәрбајҶан иңчәсәһәтинә, хусусилә мусиги сәһәтинә бөјүк тәсир көстәрмишдир. Бу әсрин икинчи јарысы мусиги әләтшүнаслығы сәһәтиниң инкишафына тәһан вермишдир. Мәсәлән, јени ансамбл нөвләриниң јаранмасы, халг чалгы әләтләриниң јенидән гурулмасы вә с. Бу прогрессивлик тар мусиги әләтиниң јени АзәрбајҶан вариантында мејдана кәлмәсинә шәраит јаратмышдыр. Белә ки, әввәлләр бәсит сәсә малик, техники имканлары мөһдуд, ән әсасы исә сәс дүзүмү әрәб—Иран мусигисиниң сәс дүзүмүнә ујғун олан беш симли тар өзүнү доғрултмамыш, мусигичи-тарзән Садыг Әсәдоғлу (Садыгчан) тәрәфиндән јенидән гурулмаға мәрүз гәлмышдыр.

Гејд едәк ки, Садыг Әсәдоғлунун ән бөјүк хидмәти ондадыр ки, јени јаранмыш АзәрбајҶан тар пәрдәләриниң јерини халг мусигисиниң спесификасына, хусусилә муғам сәһәтинә ујғун елә тәјий етмишдир ки, онун бу пәрдәләр системи өз јеңилији вә орижиналлығы илә башга халгларын мусиги әләтләриниң сәс дүзүмүндән тамамилә фәргләнир.

Садыгчаның јенидән гуруғу АзәрбајҶан тарының голунда һәр сим бојунча бир октава дахилиндә 17 пәрдә вардыр. Белә дүзүлмүш илк бахышда тар пәрдәләриниң Јахын Шәрг халгларына мәхсус 17 пилләли сәс дүзүмү системинә ујғун олдуғу нәзәрә чарпыр. Јакин бу, тәкчә сә-ча дүзкүн кәлир, айнаг дахили гурулушуна (структуруна) көрә исә 17 пилләли системлә узлашмыр. Белә ки, классик 17 пилләли системдә¹ бир бүтөв тон ејни ардычылығла (90—90—24) 3 пәрдәјә бөлүнүрсә, АзәрбајҶан тарында һәр бүтөв тон гејри-ардычылығла (90—90—24 вә ја 90—24—90 вә с.) ики, үч, дөрд пәрдәјә бөлүнүр:

5 симли тарда (сентләрлә)

1 Т	1 Т	1/2 Т	1 Т	1 Т	1 Т	1/2 Т
90-57-57.	90-57-57,	90	90-5757	90-57-57	90-5757	90

¹ Биз әрәб-фарс сәс дүзүмү системиниң нәзәрә тутуруг.

Азәрбајҹан тарында (сентләрлә)

1 T 1 T 1/2 T 1 T 1 T 1 T 1/2 T

90,90,24. 66,24,90,24 90,24,90 90,90,24 90 114

Азәрбајҹан тар пәрдәләриндә белә дүзүлүш, мүстәсналыг тәшкил едир. Мәһз белә мүстәсналыг һагда елми-һөгтеји һәзәрдән конкрет сөһ-бәт ачмағы лазым биләрәк мәгаләмизни тарын пәрдәләр системинә һәср етмишик.

Азәрбајҹан тар пәрдәләриндә диотоник дүзүм, Пифагор системли олдуғундан бу, темперасијалы системдән бир гәдәр фәргләнир. Биз диотоник сәс дүзүмүнү интерваллар шәклиндә сент өлчүсүнү вермәклә (I), темперасијалыдан (II) фәргли олмасыны (III) ашағыда көстәририк:

	I	II	III
до —————	0	0	0
ре —————	204 204	200	+ 2
ми —————	408 204	400	+ 8
фа —————	498 90	500	+ 2
сол —————	702 204	700	+ 2
ла —————	906 204	900	+ 6
си —————	1110 204	1100	+ 10
до —————	120 90	1200	0

Бу схемдән мәлүм олур ки, тарда бүтөв тон 204 сентдир, лакин 90 сентә бәрабәр 2 жарым тон да мөвчуддур. Демәли, бүтөв тонун һәмми тәкчә 204-лә гуртармыр, башга 180 сентә бәрабәр (90 с+90 с) бир бүтөв тонунда олдуғу мәлүм олур. Беләликлә, тарда бүтөв тон 2 һалда — бөјүк бүтөв тон (204 с), вә кичик бүтөв тон (180 с) өзүнү көстәрир.

Бәс тарда хроматик дүзүлүш нечә гурулмушдур? Әввәлә гејд етмәк истәјирик ки, мәгаләмизни әввәлиндә хатырлатдыг ки, Азәрбајҹан тарында бүтөв тон 2, 3, 4 пәрдәјә бөлүнмүш һалларда өзүнү көстәрир. Бу тәгдирдә бүтөв тонун даһилиндә 90, 66, 24, 114 сентә бәрабәр өлчүдә 2, 3 вә ја 4 пәрдә вардыр. Биз белә жарым тонлу (90—114 с) вә «ултра хроматик»² (66—24 с) пәрдәләрин јерини көстәрмәк үчүн ашағыдакы шәр-

Жарым тон $\begin{cases} b = 114 \text{ с.} \\ \# = 90 \text{ с.} \end{cases}$
 Үгдәбир тон $\begin{cases} \flat = 66 \text{ с.} \\ \# = 66 \text{ с.} \end{cases}$
 Комма $\begin{cases} \flat = 24 \text{ с.} \\ \# = 24 \text{ с.} \end{cases}$

Шәкил 1

² Термин В. Белјајевиндир.

ти ишарәләрдән истифадә етмәји лазым билирик. Чүнки биз бу шәрти көтүрдүјүмүз ишарәләрин көмәји илә тарын бүтүн пәрдәләринин јерини дәһиг тәји едә биләрик.

Јухарыдакы шәрти ишарәләрин көмәјилә, тарда хроматик пәрдәләрин дүзүмү ашағыдакы шәкилдә ардычыллашдырылмышдыр:



Шәкил 2

Тар пәрдәләринин јухарыдакы хроматик сәс дүзүмүндән мәлүм олур ки, тарда 180 вә 204 сентдән башга 228 сентә бәрабәр бир бүтөв тон да вардыр.

Даһа сонра јенә һәмми хроматик сәс дүзүмүндән мәлүм олур ки, жарым тон өзү дә, кичик (90 с) вә бөјүк (114 с), јәни Пифагор системинә ујғун ики һалда мөвчуддур.

Бунлардан башга тарда жарым тондан кичик пәрдәләрдә (66 с вә 24 с) вар ки, биз бунлары «ултра-хроматик» пәрдәләр адландырырыг. Ону да гејд едәк ки, 24 сентә бәрабәр пәрдә Пифагор системиндә комма—пәрдә адланыр. Бу пәрдә һәр һансы жарым тонун әввәлиндә, сонунда вә ја ики жарым тонун арасында вә кәнарларында ишләдилә биләр.

$$\begin{aligned} 24 + 90 &= 114 & \text{вә } 90 + 90 + 22 &= 204 \\ 90 + 24 &= 114 & \text{вә } 90 + 24 + 90 &= 204 \\ & & 24 + 90 + 90 &= 204 \end{aligned}$$

66 сентә бәрабәр 1/3 пәрдә исә гарда анчаг комманын иштиракы илә жарым тонун ичәрисиндә вә ја бүтөв тонда өзүнү көстәрир:

$$\begin{aligned} 66 + 24 &= 90 \\ 90 + 66 + 24 &= 180 \text{ вә } 67 + 24 + 90 + 24 = 204 \text{ вә. с.} \end{aligned}$$

Тар пәрдәләринин дүзүмүндә кичик терсија вә бөјүк терсијанын һәр биринин ајрылыгда 3 шәкилдә јерләри вар. Бу пәрдәләр муғам ифачылығында вә маһны јарадычылығында ишләнән пәрдәләрдир: кичик терсија: 270—294—318 с, бөјүк терсија 384—408—432 с (6 а х: нүмунә № 1). Јери кәлмишкән ону да гејд едәк ки, Үзејир һачыбәјовун «Азәрбајҹан



Шәкил 3

мусигисиндә бөјүк терсија темперасија терсијасындан гыса, кичик терсија исә темперасија терсијасына инсбәтән кенншидир»³ (бурада өзүнү чох ајдын көстәрир). Белә кн, бөјүк терсија 384 сент темперасијалы 400 с-дән дар, кичик терсија—318 с, темперасијасы 300 с-дән кендир.

чәдвәл I

Тарын сәс дүзүмүнүн ишләр интерваллары	Өлчүләр, сентләр-лә	Темперасија олунмуш сәс чәдвәли	Фәрг	Ишләнмәјән интервал-лар	Ишләр интерваллары өзүндә көстәрән мугамларын ады
кичик секунда	90 114	100 100	=10 +4	0 0	бүтүн мугамлар бүтүн мугамлар
бөјүк секунда	180 204 228	200 200 200	=20 +14 +28	0 0 0	бүтүн мугамлар бүтүн мугамлар чаһаркаһ
кичик терсија	270 294 318	300 300 300	+30 =6 +18	0 0 0	шур, дүкаһ бүтүн мугамлар секаһ
бөјүк терсија	384 408 432	400 400 400	=16 =8 +32	0 0 0	секаһ бүтүн мугамлар шур
кварта	498	500	-2	474 522	бүтүн мугамлар
кванта	678 702	700 700	22 2	724 —	секаһ (Мирзә һүсејн) бүтүн мугамлар
кичик секста	792 816	800 800	8 16	768 —	бүтүн мугамлар раст
бөјүк секста	906 882	900 900	6 18	930 —	бүтүн мугамлар секаһ
кичик септима	996 1020	1000 1000	4 20	972 —	бүтүн мугамлар раст
бөјүк септима	1086 1110	1100 1100	14 10	1062 —	бүтүн мугамлар раст
октава	1200	1200	0	0	бүтүн мугамлар

Тарда кварта интервалы ишләр һалда өзүнү бир шәкилдә көстәрир—498 с: Чүнки тарда даими көкә малик олан ағ вә сары снмләр кварта мүнәсибәтиндә олдуғундан, кварта интервалы ики вә ја үч шәклиндә ишләнмәјә гадир дејил. Гејд едәк ки, тарда квартанын 474 с вә 522 с бәрабәр интерваллары мөвчуддур.

Квинта интервалы исә тарда ики һалда ишләнир. 678 с вә 702 с.

Секста интервалы (кичик вә бөјүк) һәр бири ајрылыгыда ики һалда өзүнү тар ифачылыгында көстәрир: кичик—792 с, 816 с, бөјүк—906 с.

³ Ү. Һачыбәјов. Әсәрләри, II чилд, Баки, 1965, сәһ. 38,

882 с. Даһа сонра тарда кичик (996 с—1020 с) вә бөјүк (1086 с—1110 с) олмага ики септима ишләр һалда мөвчуддур.

Октава интервалы исә тарда темперасијаја ујғун 1200 сент өлчүјә малик олдуғундан бир јери вардыр.

Беләликлә, јухарыдакы пәрдәләр системи һаггында гејд етдијимиз фикримизи үмуми бир чәдвәлдә веририк:

Јухарыда дедикләримиздән мә'лум олур ки, тарда һәм Пифагор системли сәс дүзүмү (тар бу системли сәс дүзүмү илә профессионал мусигини, бир сөзлә, темперасијалы әсәрләри ифа едир), һәм дә Азәрбајҗан мусиги пәрдәләри вә мугам интерваллары вардыр ки, бу да халгымызын мусигисини оријиналлыгыны горујуб сахламагда она хидмәт едир. Тарын халг мусигисинә мәхсус олан бу сәс дүзүмү вә онун оријинал интерваллары мугам сәнәтинин инкишафына көмәк етмәклә бәрабәр, ону јад тәсирләрдән горујур.

Халг мусигимизин вә онун аләтләринин сәс дүзүмү чох марағлы бир сәнәдир. Бизчә, бу сәнәтин тәдгиги нәчиб бир проблем кими ишләнмәлидир. Ону да гејд едәк ки, бу проблемин һәлли мугам сәнәтинин тәдгигинә, ән әсас исә онун юта алынмасына чох мһүм тәсир көстәрәчәкдир.

Әдәбијјат

¹ Үз. Һачыбәјов. Әсәрләри, II чилд, Баки, 1965.

² Ә. Бәдәлбәјли. Мусиги лүғәти, Баки, 1963.

³ В. Беляев. О музыкальном фольклоре и древней письменности, 1971.

⁴ В. Абдукасимов. Некоторые особенности звукоряда, Азербайджанского народного тара. Материалы III республиканской научной конференции аспирантов вузов Азербайджана, Б., 1981.

Азәрб. ССР ЕА Мә'марлыг
вә Инжәсәнат институту

Алынмышдыр
15.III.1982

В. А. Абдулкасимов

СИСТЕМА ЛАДКОВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО ТАРА

Система ладков азербайджанского тара по своей структуре оригинальна. Звукорядная система тесно связана с классическим мугамом.

С точки зрения структуры интервалов его анализ показывает, что каждый интервал содержит три разновидности.

С помощью прилагаемых условных знаков можно достичь точной нотной фиксации азербайджанского мугама.

V. A. Abdulkasimov

THE SOUND SYSTEM OF AZERBAIJAN TAR

The sound system of Azerbaijan tar (a folk musical instrument) is original by its structure. The sound system is closely connected with classical muham. From the point of view of structure of the intervals its analysis shows that each interval contains three varieties. With the help of the proposed conventional sign it is possible to attain the exact note fixation of the Azerbaijan muham.

МҮНДӘРИЧАТ

Ријазинҗат

- Р. И. Чамалов. Чырлашан 2-чи тәртиб эллиптик тәңликләрин һәлләри һаггында бә'зи лимит теоремләри
Фан Зуй Хай. Хәтти дискрет оҗунларда бир нечә объектин тә'ғиб мә-
сәләси
К. М. Әзимова, И. М. Нүсәйнов. Биринчи тәртиб фәргләр систем
тәңлији үчүн сәпилмә нәзәрийәсинин тәрә сәпилмә мәсәләси
С. К. Абдуллаев, В. Б. Василев. Мәһдуд т-өлчүлү област үзрә
чохөлчүлү сингуляр интеграл үчүн бир кубатур дүстур

Җарымкечиричиләр физикасы

- С. А. Әлиев, Ч. Ш. Абдинов, З. Ф. Агаев, Е. Ј. Салаев.
Ag₂Te-да фаза чеврилмәсинин электрон процессләринә тәсири

Диелектрикләр физикасы

- С. А. Абасов, Ј. Н. Рәхимов, В. Ә. Әләкбәров. Диелектрикләрин
электрик мөһкәмлијинин температур-заман асылылыгында «гүтб дәјишмәси»
һаггында

Плазма физикасы

- Г. И. Әфәндијев, С. А. Әлиев, К. С. Кириченко. Фәзада мәһ-
дуд плазмада параметрик дајаныгсызлыг.

Молекулјар физика

- И. М. Әскәров, Ч. О. Гачар, С. А. Мусаев, Е. Ј. Салаев.
Асимметрик җырҗыра типли молекулларын дипол моментләринин радиотезликлә-
микродалғалы икигәт резонанс үсүлү илә тәјини

Кибернетика

- И. М. Әлиев. Метроложки характеристиканын гымәтләндирилмәси үчүн
реал истисмар шәраитиндә өлчү системи вә онун бөлмәләринин ријазин модели
һаггында
Р. Ә. Әлиев, В. П. Кривошејев, М. И. Либерзон. Икисәвијәли
системдә элементләрин иш координасијасы

Физики кимја

- Р. М. Әлигулиев, Д. М. Хитејева, Н. А. Абасова. Ағ гурумла
долдурулмуш жүксәк сыхлыгы полиетиленин релаксација кечидләринин онун
дагылма механизминә тәсири

Кимја

- П. Н. Рүстәмов, Ч. И. Әбилов, А. Н. Мәммәдов. Јп Рb Те₂
бирләшмәсинин тәркибинин электрон һесаблама машинада вә илк кристал-
лашмаја әсәси термодинамики һесапланмасы
Диб Әһмәд, С. И. Мәһдијев, П. Ч. Шыхәлизадә, Ј. Ч. Сә-
фәров. Адипин туршусундан вә α олефинләрдән мүрәккәб естерләрин алын-
масы реаксијаларын тәдгиги

Үзви кимја

- Ч. Н. Хыдыров, Н. В. Липушкина, Ф. С. Искәндәрова, Ш. А.
Мәммәдов, В. Р. Мардухаев. Диетиленгликолун моноаллил ефиринин
бә'зи төрәмәләринин синтези вә тәдгиги

Кеокимја

- К. А. Пәһани. Дашкәсэн филиз рајонунда ајры-ајры сүхурларын титан-
лылыгы

Тектоника

- Ш. Ф. Мәһдијев, Е. Н. Хәлилов. Вулкан пүскүрмәләринин заман вә
мәкан дахилиндә пәјланмасы јерин пулсасијасыны әкс етдирән амил кими

Литолокија

- Ә. Ч. Султанов, А. И. Кәләнтәров, А. М. Гулијев, Н. Ч. Та-
һиров. Гадыг сүјүн сүхурдакы дәнәчикләрин орталашдырылмыш өлчүсүн-
дән, асылылыгы

Биткиләрин физиолокијасы

- Ә. Ә. Мәрданов, Т. С. Ширвани. Калсумла гидаланма шәраитиндә
нут кәкләринин зүлал (антикен) структуру

Торпаг енеркетикасы

- П. Ә. Сәмәдов. Сохулчан гурдларын енеркетик балансын ојрәнилмәси

Инчәсәнәт

- В. Ә. Әбдүлгасымов. Азәрбајҗан тарын пәрдәләр системи

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

- Р. И. Джамалов. Некоторые предельные теоремы о решениях выро-
дающихся эллиптических уравнений 2-го порядка
Фан Зуй Хай. О задаче преследования несколькими объектами в ли-
нейных дискретных играх
Г. М. Азимов, И. М. Гусейнов. Об одной кубатурной форме для
систем разностных уравнений первого порядка
С. К. Абдуллаев, В. Б. Васильев. Об одной кубатурной формуле для
многомерного сингулярного интеграла по ограниченной *m*-мерной области

Физика полупроводников

- С. А. Алиев, Д. Ш. Абдинов, З. Ф. Агаев, Э. Ю. Салаев. Влияние
фазового превращения на электронные процессы в Ag₂Te

Физика диэлектриков

- С. А. Абасов, Я. Г. Рагимов, В. А. Алекперов. Об эффекте «Сме-
щения полюса» при изучении температурно-временной зависимости электри-
ческой прочности диэлектриков

Физика плазмы

- К. И. Эфендиев, С. А. Алиев, Г. С. Кирпиченко. Параметрическая
неустойчивость в пространственно-ограниченном плазменном объеме

Молекулярная физика

- Г. М. Аскеров, Ч. О. Каджар, С. А. Мусаев, Э. Ю. Салаев.
Определение дипольных моментов молекул типа асимметричных волчков по
сигналам двойных РЧ—МВ резонансов

И. М. Алнев. О математической модели для оценки метрологических характеристик измерительной системы и ее звеньев в реальных условиях эксплуатации 43

Р. А. Алнев, В. П. Кривошеев, М. И. Либерзон. Координация работы элементов, в двухуровневой системе 48

Физическая химия

Р. М. Алигулнев, Д. М. Хитаева, Н. А. Абасова. Влияние релаксационных переходов ПЭВП, наполненного белой сажей, на механизм его разрушения 53

Химия

П. Г. Рустамов, Ч. И. Абилов, А. И. Мамедов. Прогнозирование на ЭВМ и термодинамический расчет первичной кристаллизации состава соединения InPbTe_2 58

Диб Ахмед, С. И. Мехтиев, П. Д. Шихализаде, Ю. Д. Сафаров. Исследование реакции получения сложных эфиров из дикарбоновых кислот и олефинов 62

Органическая химия

Д. Н. Хыдыров, Н. В. Липушкина, Ф. С. Искендерова, Ш. А. Мамедов, В. Р. Мардухаев. Синтез и исследование некоторых производных моно-аллилового эфира диэтиленгликоля 67

Геохимия

К. А. Панахи. О титаносодержании отдельных типов пород Дашкесанского района 71

Тектоника

Ш. Ф. Мехтиев, Э. Н. Халилов. Пространственно-временное распределение извержений вулканов как отражение пульсации земли 76

Литология

А. Д. Султанов, Н. Д. Таиров, А. И. Калантаров, А. М. Кулиев. Влияние средневзвешенного размера зерен породы на остаточную водонасыщенность 81

Физиология растений

А. А. Марданов, Т. С. Ширвани. Белковая (антигенная) структура корней нута в связи с кальциевым питанием 85

Энергетика почв

П. А. Самедов. К изучению энергетического баланса дождевых червей 90

Искусство

В. А. Абдулкасимов. Система ладов азербайджанского тара 93

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 написаны 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 строки. 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, Н рукоп.).

Во избежание ошибок следует четко обозначать прописные (заглавные) и строчные буквы латинского алфавита, имеющие сходное начертание (Cc; Kk; Pp; Oo; Ss; Uu; 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 ~ (волна), $\odot$, $\otimes$, $\boxtimes$; $\square$, $\bar{\square}$, $\diamond$, ∇ , $\wedge$ (крышки) над и под буквами, а также знаков:

$$h \times \text{€}, \text{ff}, \text{f}, \text{€}$$

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 элементном анализе приводить только усредненные данные.

13. Необходимо тщательно проверить написание местных географических названий.

14. Цитированная 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.