

1768
10



ISSN 0002—3078

АЗЕРБАЙДЖАНСР ЕЛМЛЭР АКАДЕМИЈАСЫ
АКАДЕМИЯ НАУН АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

МƏ'РУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXIX ЧИЛД

1983 • 10

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

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

Будучи органом срочной информации, журнал «ДАН Азерб. ССР» принимает и отбирает к печати статьи, 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 и 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 глянцевой 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)

МЭ'РУЗЭЛЭР

ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXI

№ 1



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. Сеидов (зам. главного редактора),
М. А. Усейнов, Г. Г. Зейналов (ответств. секретарь).

А. Р. МАГОМЕДОВ

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЙ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С МАКСИМУМАМИ

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

В работах [1,2] исследовались некоторые вопросы теории скалярных дифференциальных уравнений с максимумами вида

$$\dot{y}(t) = ay(t) + b \max_{\tau \in [t-h, t]} y(\tau), \quad -\infty < t < +\infty. \quad (1)$$

В работе [3] некоторые из этих результатов были перенесены на системы уравнений вида (1).

В работе [4] изучены вопросы устойчивости периодических решений нелинейных дифференциальных уравнений с максимумами следующего вида

$$\dot{y}(t) = F(t, y(t), \max_{\tau \in [t-h, t]} y(\tau)). \quad (2)$$

Данная работа посвящена вопросу устойчивости решений системы линейных дифференциальных уравнений с максимумами с переменными коэффициентами.

Постановка задачи. Пусть движение управляемого объекта описывается линейными дифференциальными уравнениями с максимумами вида

$$\dot{y}(t) = A_0(t)y(t) + A_1(t) \max_{\tau \in [t-h_1(t), t]} y(\tau_1) + \dots + A_m(t) \max_{\tau \in [t-h_m(t), t]} y(\tau_m), \quad (3)$$

где $y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$ — вектор состояния объекта, $A_0(t)$, $A_l(t)$ — матрицы n -го порядка, непрерывные при $t \geq 0$; $h_l(t)$ — непрерывны и ограничены при всех $t \geq 0$, $l = \overline{1, m}$.

Для того, чтобы движение управляемого объекта было определенным при $t \geq 0$, необходимо задать начальные условия

$$y(t) = \varphi(t), \quad t \in E_0 = \bigcup_{l=1}^m E_l, \quad E_l = \{t: 0 \leq t \leq s - h_l(s), \quad s \geq 0\}, \quad (4)$$

где $\varphi(t)$ — непрерывная начальная вектор-функция на E_0 . Фиксируем некоторые постоянные и положительные числа $s_0: 0 < s_0 < h_0$, $h_0 < h$. Разобьем полуось $t \geq 0$ на отрезки

$$E_l = \{t: l(s_0 + h_0) \leq t \leq (l+1)(s_0 + h_0)\}, \quad l = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

Для удобства и простоты в дальнейшем введем обозначения

$$\alpha_l^{(1)} = \min_{t \in E_l} \left\{ \min_l \left[\|A_0(t)\|_n + \sum_{j=1}^m \|A_j(t)\|_n \right] \right\}, \quad (6)$$

$$a_1^{(2)} = \min_{t \in E_1} \left\{ \min_i \left[| [A_0(t)]_{ii} | - \sum_{j=1}^n | [A_0(t)]_{ij} | \right] \right\}, \quad (7)$$

$$a_1^{(3)} = \frac{1}{2} \max_{t \in E_1} \lambda_0(t), \quad (8)$$

$$a_1^{(4)} = \max_{t \in E_1} \left\{ \max_i \sum_{l=1}^n \left[\sum_{j=1}^n | [A_1(t)]_{il} | \right] \right\}, \quad (9)$$

$$a_1^{(5)} = \max_{t \in E_1} \left\{ \max_i \sum_{l=1}^n \left[\sum_{j=1}^n | [A_1(t)]_{il} | \right] \right\}, \quad (10)$$

$$a_1^{(6)} = \max_{t \in E_1} \sum_{l=1}^n \sqrt{\lambda_1(t)}, \quad (11)$$

где $\lambda_0(t)$ — наиболее собственное число матрицы $A_0(t) + A_0^*(t)$ ($A_0^*(t)$ — транспонированная матрица), $\lambda_1(t)$ — наибольшее собственное число матрицы $A_1 A_1^*$.

Кроме того, предположим, что для системы (3) выполняются следующие три условия:

$$[A_0(t)]_{ii} < 0, a_1^{(1)} > a_1^{(4)}, \frac{(a_1^{(1)} - a_1^{(4)})(1 - e^{-a_1^{(1)} s_0})}{a_1^{(1)} s_0} \geq \lambda > 0, (*)$$

$$[A_0(t)]_{ii} < 0, a_1^{(2)} > a_1^{(5)}, \frac{(a_1^{(2)} - a_1^{(5)})(1 - e^{-a_1^{(2)} s_0})}{a_1^{(2)} s_0} \geq \lambda > 0, (**)$$

$$a_1^{(3)} < 0, |a_1^{(3)}| > a_1^{(6)}, \frac{(a_1^{(3)} - a_1^{(6)})(1 - e^{-a_1^{(3)} s_0})}{a_1^{(3)} s_0} \geq \lambda > 0. (***)$$

На основании указанных условий мы хотим доказать теорему об устойчивости решения для систем (3) с начальными условиями (4). Для этого сначала докажем три вспомогательные леммы.

Лемма 1. Пусть $a_0 > a_1 > 0$, $h > 0$ — постоянные числа. Тогда решение скалярной задачи

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = -a_0 x(t) + a_1 \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau), & t \in [t_0, t_0 + 2h_0], \\ x(t) = \psi(t), & t \in [t_0 - h_0, t_0], \end{cases} \quad (12)$$

удовлетворяет при $t_0 \leq t \leq t_0 + 2h_0$ оценке

$$|x(t)| \leq e^{-a_0(t-t_0)} \max_{\tau \in [t_0-h_0, t_0]} |x(\tau)|, \quad (13)$$

где $\psi(t)$ — некоторая непрерывная функция на $[t_0 - h_0, t_0]$ и $s_0 > 0$.

Доказательство. Уравнение (12) эквивалентно следующему интегральному уравнению:

$$\dot{x}(t) = \psi(t_0) e^{-a_0(t-t_0)} + \int_{t_0}^t \bar{a}_1 e^{-a_0(t-\zeta)} \max_{\tau \in [\zeta-h, \zeta]} x(\tau) d\zeta, \quad t \geq t_0, \quad (14)$$

$$x(t) = \psi(t), \quad t \in [t_0 - h_0, t_0]$$

Отсюда имеем, что на $t_0 \leq t \leq t_0 + h$

$$|x(t)| \leq \left\{ e^{-a_0(t-t_0)} + \frac{a_1}{a_0} e^{-a_0(t-t_0)} [e^{a_0(t-t_0)} - 1] \right\} \max_{\tau \in [t_0-h_0, t_0]} |x(\tau)|$$

Тогда на $t_0 + h \leq t \leq t_0 + 2h$

$$|x(t)| \leq \left\{ e^{-a_0(t-t_0)} + \frac{a_1}{a_0} e^{-a_0(t-t_0)} (e^{a_0 h} - 1) + a_1 e^{-a_0(t-t_0-h)} (t - t_0 - h) + \frac{a_1^2}{a_0^2} e^{-a_0(t-t_0)} (e^{a_0(t-t_0)} - e^{a_0 h}) - \frac{a_1^2}{a_0^2} e^{-a_0(t-t_0-h)} (t - t_0 - h) \right\} \max_{\tau \in [t_0-h_0, t_0]} |x(\tau)|.$$

Таким образом, на отрезке $t_0 \leq t \leq t_0 + 2h$

$$|x(t)| \leq g(t) \max_{\tau \in [t_0-h_0, t_0]} |x(\tau)|, \quad (15)$$

где $g(t_0) = 1$, функция $g(t)$ монотонно убывает на рассматриваемом отрезке. Поэтому существует такое $s_0 > 0$, что справедливо (13). Очевидно, что на отрезке $t_0 \leq t \leq s_0 + h_0 \leq t_0 + h$

$$g(t) = \frac{a_1}{a_0} + \left(1 - \frac{a_1}{a_0}\right) e^{-a_0(t-t_0)} \leq e^{-\lambda(t-t_0)},$$

где

$$\lambda = \frac{(a_0 - a_1)(1 - e^{-a_0 s_0})}{a_0 s_0}.$$

Лемма 2. Решение скалярной задачи

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = -a_0 x(t) + a_1 \max_{\tau \in [t-h_1, t]} x(\tau_1) + \dots + a_m \max_{\tau \in [t-h_m, t]} x(\tau_m), \\ x(t) = \psi(t), & t \in [t_0 - h, t_0], \end{cases}$$

где $h_1 > h_2 > \dots > h_m > 0$, $a_0 > a_1 > \dots > a_m > 0$, $a_0 > a^* = a_1 + a_2 + \dots + a_m$ удовлетворяет оценке

$$|x(t)| \leq e^{-a_0(t-t_0)} \max_{\tau \in [t-h_1, t_0]} |x(\tau_1)|$$

при $t_0 \leq t \leq t_0 + 2h_1$.

Доказывается этот факт с помощью рассмотрения вспомогательного уравнения

$$\dot{y}(t) = -a_0 y(t) + a^* \max_{\tau \in [t-h_1, t]} y(\tau_1)$$

с начальными данными

$$y(t) = \max_{\tau \in [t_0-h_1, t_0]} |x(\tau_1)|, \quad t_0 - h_1 \leq t \leq t_0.$$

Методом последовательного интегрирования по шагам легко устанавливается, что на рассматриваемом отрезке $|x(t)| \leq y(t)$.

Для доказательства утверждения леммы достаточно применить к $y(t)$ лемму 1.

Лемма 3. Пусть $A_0(t)$, $A_1(t)$, $h_1(t) > 0$ — непрерывны и ограничены числом h_0 . Тогда решение разностной системы

$$y(t; h^*) = (E + h^* A_0(t)) y(t - h^*; h^*) + h^* A_1(t) \max_{\tau \in [t-h_1(t)-h^*, t]} x(\tau_1) +$$

$$+ h^* A_m(t) \max_{\tau \in [t-h_m(t)-h^*, t]} y(\tau_m), \quad (16)$$

определяемое непрерывными начальными условиями

$$y(t; h^*) = \psi(t), \quad t \leq t_0$$

при $h^* \rightarrow 0$ стремится на отрезке $t_0 \leq t \leq t_0 + 2h_0$ к решению системы (3), удовлетворяющему начальным условиям

$$y(t) = \psi(t), \quad t \leq t_0$$

где E — единичная матрица, $h^* > 0$ — малое число.

Доказательство. Пусть $y(t)$ — решение задачи (3) — (4). Тогда имеем

$$y(t) = (E + h^* A_0(t)) y(t - h^*) + h^* A_1(t) \max_{\tau \in [t-h_1(t)-h^*, t]} y(\tau_1) + \\ + h^* A_m(t) \max_{\tau \in [t-h_m(t)-h^*, t]} y(\tau_m) + h^* \varepsilon(t; h^*),$$

где $\varepsilon(t; h^*) \rightarrow 0$ при $h^* \rightarrow 0$ равномерно по $t \in [t_0, t_0 + 2h_0]$. Для разности $\eta(t) = y(t) - y(t - h^*)$ получим систему

$$\eta(t) = (E + h^* A_0(t)) \eta(t - h^*) + h^* A_1(t) \max_{\tau \in [t-h_1(t)-h^*, t]} \eta(\tau_1) + \\ + h^* A_m(t) \max_{\tau \in [t-h_m(t)-h^*, t]} \eta(\tau_m) + h^* \varepsilon(t; h^*)$$

с начальными условиями $\eta(t) = 0$ при $t = t_0$. Решая уравнения для $\eta(t)$ методом шагов (см. [6]), получим

$$|\eta(t)| \leq C e^{M(t-t_0)} \max_{t \in [t_0, t]} |\varepsilon|,$$

где C, M — некоторые постоянные, зависящие от коэффициентов уравнения (3). Таким образом, лемма 3 доказана.

Теперь сформулируем следующую основную теорему:

Теорема. Пусть коэффициенты системы (3) удовлетворяют одно из условий (*), (**) или (***). Тогда для решения системы (3) при $t \geq 0$ справедлива оценка

$$|y(t)| \leq m_\varphi e^{-\sigma t}, \quad (17)$$

где $\sigma > 0$ — некоторая постоянная, зависящая от s_0, h , λ и $m_\varphi = \max_{t \in F_0} |\varphi(t)|$.

Доказательство. Обозначим через $\bar{\varphi}(t)$ функцию, получающуюся при непрерывном продолжении $\varphi(t)$ влево на всем отрезке $-h_0 \leq t \leq 0$. На отрезке $0 \leq t \leq s_0 + h_0$ перейдем от дифференциального уравнения (3) к (16), заменив $y(t)$ на $\frac{1}{h} [y(t) - y(t - h^*)]$, где $h^* > 0$ достаточно мало.

Получим

$$y(t; h^*) = (E + h^* A_0(t)) y(t - h^*; h^*) + h^* A_1(t) \max_{\tau \in [t-h_1(t)-h^*, t]} y(\tau_1) + \\ + \dots + h^* A_m(t) \max_{\tau \in [t-h_m(t)-h^*, t]} y(\tau_m), \quad (18)$$

$$y(t; y^*) = \bar{\varphi}(t), \quad t \leq 0.$$

При выполнении условий (*) и при достаточно малом h^* на отрезке $0 \leq t \leq s_0 + h_0$

$$\|E + h^* A_0(t)\|^{(1)} \leq 1 - h^* a_0^{(1)}, \quad \|h^* A_1(t)\|^{(1)} \leq h^* a_1^{(1)}.$$

При выполнении условий (**)

$$\|E + h^* A_0(t)\|^{(2)} \leq 1 - h^* a_0^{(2)}, \quad \|h^* A_1(t)\|^{(2)} \leq h^* a_1^{(2)},$$

и, наконец, при выполнении условий (***)

$$\|E + h^* A_0(t)\|^{(3)} \leq 1 - h^* a_0^{(3)}, \quad \|h^* A_1(t)\|^{(3)} \leq h^* a_1^{(3)}, \quad l = \overline{1, m}.$$

Поэтому при выполнении любого из условий (*), (**) или (***) для решения системы (18), получим при достаточно малом h мажорантное уравнение на отрезке $0 \leq t \leq s_0 + h_0$:

$$x(t; h^*) = (1 - a_0 h^*) x(t - h^*; h^*) + h^* a^* \max_{\tau \in [t-h_0, t]} x(\tau), \quad t \geq 0$$

$$x(t; h^*) = m_\varphi, \quad t \leq 0; \quad m_\varphi = \max_{t \in E_0} \|\varphi(t)\|, \quad a_0 > a^* > 0.$$

Таким образом, на отрезке $0 \leq t \leq s_0 + h_0$ справедливо неравенство

$$\|y(t; h^*)\| \leq x(t; h^*).$$

Пусть теперь $h^* \rightarrow 0$, тогда $y(t; h^*)$ стремится в силу леммы 3 к решению системы (3), а $x(t; h^*)$ — к решению уравнения (12), для которого справедлива лемма 1. Поэтому на рассматриваемом отрезке

$$\|y(t)\| \leq m_\varphi e^{-\lambda t}, \quad \lambda = \frac{(a_0 - a_1)(1 - e^{-a_0 s_0})}{a_0 s_0} > 0.$$

Далее имеем

$$\max_{\tau \in [s_0, s_0 + h_0]} \|y(\tau)\| \leq m_\varphi e^{-\lambda s_0}.$$

Принимая теперь отрезок $[s_0, s_0 + h_0]$ за начальный, аналогично получим

$$\max_{\tau \in [2s_0 + h, 2(s_0 + h_0)]} \|y(\tau)\| \leq \max_{\tau \in [s_0, s_0 + h_0]} \|y(\tau)\| e^{-\lambda s_0} \leq m_\varphi e^{-2\lambda s_0}.$$

Аналогично

$$\max_{\tau \in [(l+1)s_0 + h_0, (l+1)(s_0 + h_0)]} \|y(\tau)\| \leq m_\varphi e^{-(l+1)\lambda s_0}.$$

На отрезке же

$$(l+1)(s_0 + h_0) \leq t \leq (l+1)(s_0 + h_0) + s_0$$

справедлива оценка

$$\|y(t)\| \leq m_\varphi e^{\lambda - (l+1)\lambda s_0} \times e^{-\lambda[(l+1)(s_0 + h_0)]}$$

Из этих оценок вытекает, что при всех

$$\|y(t)\| \leq m_\varphi e^{-\sigma t}, \quad \sigma = \frac{\lambda s_0}{s_0 + h_0} > 0.$$

Таким образом, теорема доказана.

1. Магомедов А. Р. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, № 1, стр. 104—108, 1977. 2. Магомедов А. Р. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, № 5, стр. 116—118, 1979. 3. Магомедов А. Р. ДАН Азерб. ССР, № 1, стр. 11—14, 1980. 4. Магомедов А. Р. Труды ИК АН Азерб. ССР. Баку, 1980. 5. Беллман Р. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений. ИЛ, 1954. 6. Эльсгольц Л. Э., Норкин С. Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. М., "Наука", 1971.

Институт математики и механики

Поступило 9. VI 1981

Ә. Р. Мәһәммәдов

МАКСИМУМУЛУ ДИФЕРЕНЦИАЛ ТӘНЛИКЛӘРИН ҺӘЛЛӘРИНИН ДАЈАНАГЛЫҒЫНЫҢ БӘЗИ АСПЕКТЛӘРИ ҺАҒҒЫНДА

Тәғдим олуған мәғаләдә ашағыдакы кимн

$$\dot{y}(t) = A_0(t)y(t) + A_1(t) \max_{\tau_1 \in [t-h_1(t), t]} y(\tau_1) + \dots + A_m(t) \max_{\tau_m \in [t-h_m(t), t]} y(\tau_m) \quad (1)$$

дәјишән әмсаллы максимумлу хәтти дифференциал тәнликләр системинин һәлләринин дајанағлығы мәсәләсинә бахылып.

Кичик кечикән аргументли хәтти дифференциал тәнликләр системинин һәлләринин дајанағлығы һағғында теорем исбат олуур.

A. R. Magomedov

ON SOME ASPECTS OF STABILITY OF SOLUTIONS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH MAXIMUMS

The paper is devoted to the conclusion of some conditions of stability of solutions of the linear differential equations system with maximums of variables coefficients of the following shape

$$\dot{y}(t) = A_0(t)y(t) + A_1(t) \max_{\tau_1 \in [t-h_1(t), t]} y(\tau_1) + \dots + A_m(t) \max_{\tau_m \in [t-h_m(t), t]} y(\tau_m). \quad (1)$$

The theorem of stability of solutions of the linear differential equations system (1) at small lateness is proved.

Ф. Б. НАГИЕВ

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОФИЛЯ СКОРОСТЕЙ ЧАСТИЦ ВНУТРИ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ПУЗЫРЬКОВ

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

Тепловые эффекты при малых свободных и вынужденных колебаниях газовых пузырьков в жидкости в отсутствие фазовых переходов рассмотрены в работах [1,2], В [3,4], где численно исследовалось влияние теплообмена на динамику пузырьков, показано, что из-за возникновения при пульсациях пузырьков температурных "ям" и "горбов" в прилегающих к поверхности пузырька слоях газа и жидкости возможны ситуации, когда тепловой поток направлен внутрь пузыря, хотя средняя температура газа в пузыре при этом выше температуры жидко ти.

В настоящей работе исследуются влияния этих "ям" и "горбов" на распределение скоростей частиц газа в пузырьке. Предлагается упрощенное выражение для профиля скоростей частиц.

Трудность в определении профиля скорости в пузырьке привела к тому, что в ряде работ конвективный член уравнения теплопроводности неоправданно отбрасывался либо задавался искусственно (линейно [5] или по параболе [6]). В действительности, профиль скорости в пузыре при допущении о гомобаричности описывается в общем виде уравнением [7]:

$$v(r, t) = -\frac{r}{3p} \frac{dp}{dt} + \frac{1}{pr^2} \int_0^r \left(G + \frac{B}{C_p} \frac{dp}{dt} \right) r^2 dr \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{-pR^2(t)v_s(t) + \int_0^R Gr^2 dr}{R^3(t)/3 - \int_0^R B/C_p r^2 dr}$$

Здесь G —сложная функция, зависящая от градиента температуры и концентраций компонент парогазовой смеси и теплофизических свойств жидкости, пара и газа, p, R, v_s —соответственно давление в пузырьке, текущий радиус пузырька, скорость частиц на поверхности раздела фаз; B, C_p —соответственно газовая постоянная и удельная теплоемкость парогазовой смеси при постоянном давлении; r и t —Эйлерова координата и время.

При отсутствии фазовых переходов формула (1) упрощается и принимает вид

$$v(r, t) = \frac{r}{R(t)} v_s(t) + \frac{\gamma-1}{\gamma p} \left[\lambda \frac{\partial T}{\partial r} - \frac{r}{R} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right)_R \right], \quad (2)$$

где γ — показатель адиататы, λ — теплопроводность газа, T — температура. Видно, что наличие члена в квадратных скобках в (2) приводит к отклонению профиля скоростей частиц от линейного. Представляется интересным, как повлияет возникновение температурных "ям" и "горбов" на профиль скоростей. Не приведет ли это к возникновению "ям" и "горбов" в профиле скоростей, т. е. возвратных движений при пульсациях пузырьков.

Система основных уравнений, описывающих динамику парогазовых пузырьков в квазиравновесном приближении, приведена в работе [8]. В [9, 10] получено аналитическое решение задачи о малых колебаниях парогазовых пузырьков под действием акустического поля, когда давление вдали от пузырька колеблется по закону $p(\infty) = p_\infty + p_A e^{i\omega t}$, $p_A \ll p_\infty$, а радиус пузырька может быть описан действительной частью выражения:

$$R = R_0 (1 + \alpha e^{i\omega t}), \quad |\alpha| \ll 1 \quad (3)$$

ω — частота акустического поля

Пусть p, θ — малые отклонения давления, температуры от состояния равновесия:

$$p = p_0 [1 + p e^{i\omega t}], \quad T = T_0 [1 + \theta(r) e^{i\omega t}] \quad (4)$$

$$v(r, t) = \omega R_0 V(r) e^{i\omega t}$$

Линеаризация уравнения (2) с учетом (3) и (4) приводит к следующей зависимости:

$$V \frac{p_\infty}{p_A} \left[i \alpha \frac{p_\infty}{p_A} - \frac{A}{R_0^2 \omega} \left(1 - \frac{\rho_e \omega^2 R_0^2}{p_\infty} \alpha \frac{p_\infty}{p_A} \right) \left(B_\xi \frac{sh(z^{1/2} \xi)}{\xi^3 sh z^{1/2}} - B_z \right) \right] \xi, \quad (5)$$

где

$$A = \frac{\lambda T_0}{p_0} \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right)^2, \quad \xi = \frac{r}{R_0}, \quad z = i \omega R_0^2 a_g$$

$$B_\xi = \xi z^{1/2} \operatorname{cth}(\xi z^{1/2}) - 1$$

$$B_z = z^{1/2} \operatorname{cth} z^{1/2} - 1$$

$$\frac{p_\infty}{p_A} \alpha = \frac{1}{\frac{\rho_e \omega^2 R_0^2}{p_\infty} + S - \frac{4 i \omega \mu_e}{p_\infty} - \frac{3 \gamma (1 + S)}{1 + 3(\gamma - 1) B_z / z}}$$

$S = 2\sigma / R_0 p_\infty$, ρ_e, μ_e — соответственно плотность, вязкость, поверхностное натяжение жидкости; γ, a_g — показатель адиататы и температуропроводности газа.

Анализ (5) показывает, что для достаточно мелких пузырьков, размер которых меньше толщины термодиффузионного слоя в газе

$$V \frac{p_\infty}{p_A} \approx i \alpha \frac{p_\infty}{p_A} \xi,$$

т. е. профиль скорости имеет линейный вид. В случае достаточно крупных пузырьков ($R_0 \sim 1$ см) температурные градиенты реализуются в тонком пристенном температурном пограничном слое, когда ξ достаточно близко к единице. Тогда

$$B_\xi \frac{sh(z^{1/2} \xi)}{\xi^3 sh z^{1/2}} - B_z \approx 0$$

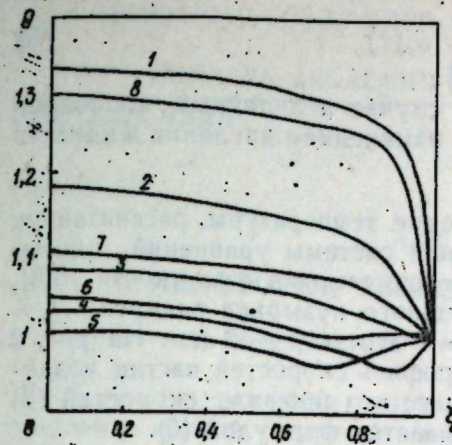


Рис. 1. Распределение температуры в различные моменты времени при пульсациях газового пузырька ($R_0 = 0.1$ мм, $P_0 = 1$ атм; $P_\infty = 2$ атм).

и снова

$$V \frac{p_\infty}{p_A} \approx i \alpha \frac{p_\infty}{p_A} \xi$$

Следовательно, в широком диапазоне варьируемых размеров пузырьков с достаточной точностью можно принять допущение о линейности профиля скоростей частиц

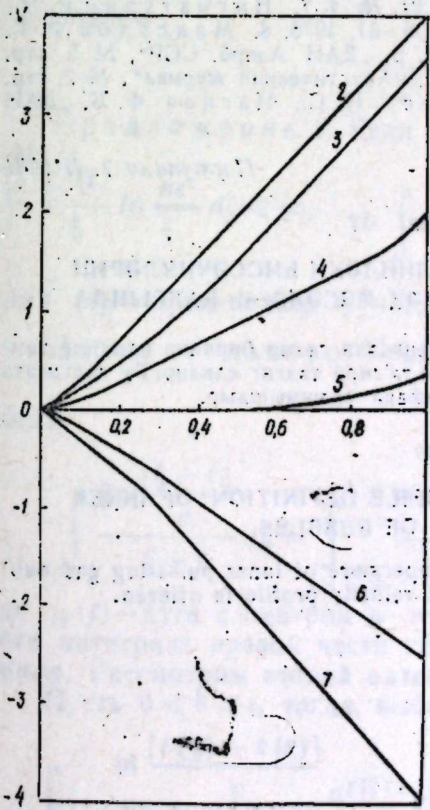


Рис. 2. Соответствующий рис. 1 профиль скоростей частиц воздуха в различные моменты времени.

$$v(r, t) = \frac{r}{k(t)} v_0(t) \quad (6)$$

Формула (6) опробована и для случая нелинейных колебаний пузырьков, вызванных скачкообразным изменением давления жидкости вдали от пузырька.

На рис. 1 представлено распределение температуры, рассчитанное в результате численного решения полной системы уравнений, описывающей теплообмен и динамику газового пузырька в жидкости [3,8], когда давление в воде вдали от воздушного пузырька радиусом $R_0 = 0,1$ мм повышалось внезапно от $p_0 = 1$ атм до $p_\infty = 2$ атм. На рис. 2 представлен соответствующий рис. 1 профиль скоростей частиц воздуха в различные моменты времени. Видно, что профиль скоростей (2) практически линейный и хорошо описывается формулой (6).

Литература

1. Chapman R. B., Plesset M. S. Thermal effects in the free oscillation of gas bubbles. T. Basic Engr. Trans. ASME, 1971, 93, 3, 373—376.
2. Macedo I. C., Yang W. T. Acoustically forced oscillations of gas bubbles in liquids.
3. Нигматуллин Р. И., Хабеев Н. С. Изв. АН СССР, МЖГ, № 5, стр. 67, 1974.
4. Нигматуллин Р. И., Хабеев Н. С. Изв. АН СССР, МЖГ, № 3, стр. 59.
5. Флинн Г. Г. Динамика кавитационных пузырей, приведенных в движение с большой амплитудой акустическим полем давления. Механика, период. сбор. перев. статей, 12, 1972.
6. Cho S. M., Seban R. A. On some aspects of steam bubble collapse. T. Heat Transfer, Trans. ASME, ser. D, 1969, V, 91, № 4.
7. Нигматуллин Р. И., Хабеев Н. С. Изв. АН СССР, МЖГ, 6, 56—61, 1976.
8. Максудов Ф. Г., Хабеев Н. С., Нагиев Ф. Б., Гаджиев В. Б. ДАН Азерб. ССР, № 5, стр. 13—15, 1977.
9. Нагиев Ф. Б., Хабеев Н. С. Акустический журнал, № 2, стр. 271—279, 1979.
10. Максудов Ф. Г., Хабеев Н. С., Нагиев Ф. Б. ДАН Азерб. ССР, № 4, стр. 12—16, 1980.

Институт математики и механики

Поступило 2. II 1981

Ф. Б. Нагиев

РЭГС ЕДЭН ГАБАРЧЫГЛАРЫН ДАХИЛИНДЭКИ НИССЭЧИКЛЭРИН СҮР'ЭТИНИН ПРОФИЛИНИ ТЭ'ЈИН ЕТМЭК МЭСЭЛЭСИ НАГГЫНДА

Мәгәләдә рэгс едән газ габарчыглары ичәрисиндәки газын бирчис олмајан температурунуң ниссәчикләрин сүр'әтинин профилине тә'сири тәдгиг едилір. Бу тәдгигата әсасән сүр'әт профили үчүн садәләшдирилмиш ифадә алынмышдыр.

F. B. Nagiev

TO THE PROBLEM OF VELOCITY PROFILE DEFINITION OF INNER PULSATING PARTICLES OF BUBBLES

The influence of inhomogeneity of gas temperature of inner pulsating gas bubble is studied. The simplified expression for the velocity profile is offered.

УДК 517.544

МАТЕМАТИКА

А. И. ЧЕРКАСОВ

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ОСОБОГО ИНТЕГРАЛА

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

Пусть γ — замкнутая жорданова спрямляемая кривая; $t = t(s)$ — уравнение кривой γ в дуговых координатах; l — длина кривой γ ; $s(t, \tau)$ — небольшая из длин дуг, стягивающих точки $t, \tau \in \gamma$.

Определим

$$\omega_u(\delta) = \sup_{s(t, \tau) < \delta} |u(t) - u(\tau)| < \delta < \frac{l}{2}$$

Рассмотрим особый интеграл

$$\bar{u}(t) = \int_{\gamma} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} u(\xi) d\xi$$

с условием

$$\sup_{t, \tau \in \gamma} \frac{|t - \tau|}{c} < 1$$

Предложение 1. Если γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty, \quad \text{то} \quad \int_{\gamma} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} d\xi \text{ сходится равномерно,}$$

где $\dot{t}(s)$ — производная функции $t(s)$.

Доказательство. Пусть $\varepsilon \in (0, \frac{l}{4})$ таков, что $\forall \xi \leq \varepsilon, \omega_1(\xi) < \frac{l}{4}$.

тогда

$$\int_{\gamma} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} d\xi = \int_{\gamma \setminus \gamma_\varepsilon(t)} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} d\xi + \int_{\gamma_\varepsilon(t)} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} d\xi,$$

где $\gamma_\varepsilon(t)$ — дуга с центром в точке t длины 2ε . Существование первого интеграла правой части последнего равенства не вызывает сомнения. Рассмотрим второй интеграл.

Пусть $0 < \delta < \varepsilon$, тогда, выбирая начало отсчета в точке, имеем

$$\int_{\gamma_\varepsilon(t) \setminus \gamma_\delta(t)} \frac{\ln \frac{|t(\xi) - t(s)|}{c}}{t(\xi) - t(s)} dt(\xi) = \int_{\delta}^{\varepsilon} \frac{\dot{t}(-\xi) - \dot{t}(0)}{\dot{t}(-\xi) - \dot{t}(0)} \ln \frac{|t(-\xi) - t(0)|}{c} d\xi +$$

$$\begin{aligned}
& + \int_0^1 \frac{|\dot{t}(\xi) - \dot{t}(0)|}{t(\xi) - t(0)} \ln \frac{|t(\xi) - t(0)|}{c} d\xi + \\
& + \dot{t}(0) \int_0^1 \frac{(t(\xi) - t(0) - \dot{t}(0)\xi) \ln \frac{|t(-\xi) - t(0)|}{c}}{(t(\xi) - t(0))(t(-\xi) - t(0))} + \\
& + \frac{(t(-\xi) - t(0) + \dot{t}(0)\xi) \ln \frac{|t(\xi) - t(0)|}{c}}{c} d\xi + \\
& + (\dot{t}(0))^2 \int_0^1 \frac{\xi \ln \frac{|t(-\xi) - t(0)|}{c} - \xi \ln \frac{|t(\xi) - t(0)|}{c}}{(t(\xi) - t(0))(t(-\xi) - t(0))} d\xi
\end{aligned}$$

Оценивая члены первой части последнего равенства, получим утверждение предложения 1.

Теорема 1. Пусть γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1^0(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty$$

Если

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_n^0(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty,$$

то

$$\omega_v(\delta) \leq c_1 \left(\int_0^{\delta} \frac{\omega_n(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi + \delta \int_0^{1/2} \frac{\omega_n(\xi)}{\xi^2} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi \right)$$

$$\|v\|_{C_1} \leq c_2 \int_0^{1/2} \frac{\omega_n(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi,$$

где

$$\tau(t) = \int_{\gamma} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} (u(\xi) - u(t)) d\xi$$

c_1, c_2 — положительные числа, зависящие лишь от γ .

Утверждение теоремы следует из нижеследующих представления и почленной оценки слагаемых в правой части

$$\begin{aligned}
v(t_1) - v(t_2) &= \int_{\gamma_0} \frac{\ln \frac{|\xi - t_1|}{c}}{\xi - t_1} (u(\xi) - u(t_1)) d\xi - \\
&- \int_{\gamma_0} \frac{\ln \frac{|\xi - t_2|}{c}}{\xi - t_2} (u(\xi) - u(t_2)) d\xi +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \int_{\gamma_1} \left(\frac{\ln \frac{|\xi - t_1|}{c}}{\xi - t_1} - \frac{\ln \frac{|\xi - t_2|}{c}}{\xi - t_2} \right) (u(\xi) - u(t_1)) d\xi + \\
& + \int_{\gamma_2} \left(\frac{\ln \frac{|\xi - t_1|}{c}}{\xi - t_1} - \frac{\ln \frac{|\xi - t_2|}{c}}{\xi - t_2} \right) (u(\xi) - u(t_2)) d\xi +
\end{aligned}$$

$$+ (u(t_1) - u(t_2)) \left(\int_{\gamma_1} \frac{\ln \frac{|\xi - t_2|}{c}}{\xi - t_2} d\xi - \int_{\gamma_2} \frac{\ln \frac{|\xi - t_1|}{c}}{\xi - t_1} d\xi \right),$$

где точка t выбрана на γ так, чтобы $s(t_1, t) = s(t, t_2)$ и

$$t = t(0), \quad t_1 = t \left(1 - \frac{s(t_1, t_2)}{2} \right), \quad t_2 = t \left(\frac{s(t_1, t_2)}{2} \right),$$

$$\tau_0 = t \left(\frac{l}{2} \right), \quad \tau_1 = t \left(\frac{l - s(t_1, t_2)}{2} \right), \quad \tau_2 = t \left(\frac{l + s(t_1, t_2)}{2} \right),$$

$$z_1 = t \left(1 - \frac{3}{2} s(t_1, t_2) \right), \quad z_2 = t \left(\frac{3}{2} s(t_1, t_2) \right), \quad \gamma_0 = \overline{z_1 z_2},$$

$$\gamma_1 = \overline{\tau_0 z_1}, \quad \gamma_2 = \overline{z_2 \tau_0}.$$

Теорема 2. Пусть замкнутая жорданова спрямляемая кривая γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1^0(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty$$

Тогда

$$\begin{aligned}
\omega_{\gamma}(\delta) &\leq c_1 \left(\int_0^{\delta} \frac{\omega_1^0(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi + \delta \int_0^{1/2} \frac{\omega_1^0(\xi)}{\xi^2} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi + \right. \\
&\quad \left. + \int_0^{\mu^{-1}(\delta)} \frac{\omega_1^0(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi \right),
\end{aligned}$$

где

$$\bar{\Gamma}(t) = \int_{\gamma} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} d\xi, \quad \mu(\delta) = \delta \cdot \omega_1^0(\delta).$$

Через Φ обозначим множество положительных, почти возрастающих* функций $\varphi(\delta)$, определенных и непрерывных на $(0, l]$ таких, что $\frac{\varphi(\delta)}{\delta}$ почти убывающая и $\varphi(\delta) \rightarrow 0$ при $\delta \rightarrow 0$.

Обозначим

$$J = \left\{ \varphi > 0 \mid \int_0^{1/2} \frac{\varphi(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty \right\}.$$

* Неотрицательная функция $u(t)$ называется почти возрастающей, если $(\exists A > 0) (\forall x_1 < x_2) u(x_1) < Au(x_2)$ и $u(t)$ — почти убывающей, если $(\exists A > 0) (\forall x_1 < x_2) u(x_1) > Au(x_2)$.

Для $\varphi \in \Phi \cap J$ введем оператор

$$z(\delta, \varphi) = \int_0^\delta \frac{\varphi(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi + \delta \int_\delta^{1/2} \frac{\varphi(\xi)}{\xi^2} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi \quad (1)$$

$z(\delta, \varphi)$ будем называть оператором типа Зигмунда.

Лемма 1. Для оператора типа Зигмунда справедливы утверждения:

1. $z(\delta, \varphi)$ почти возрастает.

2. $z(\delta, \varphi) \rightarrow 0$ при $\delta \rightarrow 0$.

3. $\frac{z(\delta, \varphi)}{\delta}$ почти убывает.

4. Если $\varphi_1(\delta) = 0$ ($\varphi_2(\delta)$), то $z(\delta, \varphi_1) = 0$ ($z(\delta, \varphi_2)$)**

5. Если $\varphi_1(\delta) \sim \varphi_2(\delta)$, то $z(\delta, \varphi_1) \sim z(\delta, \varphi_2)$ ***

6. Если $\varphi_1(\delta) = 0$ ($\varphi_2(\delta)$), то $z(\delta, \varphi_1) = 0$ ($z(\delta, \varphi_2)$)****

Пусть $\varphi \in \Phi$. Говорят, что функция $u(t)$, определенная на γ , принадлежит множеству H_γ , если

$$(\exists m > 0) (\forall \delta \in (0, \frac{1}{2}]) \omega_n(\delta) < m \varphi(\delta)$$

—бесконечномерная линейная система над полем комплексных чисел. Если в H_γ ввести норму

$$\|u\|_\gamma = \|u\|_{c_\gamma} + \sup \frac{\omega_n(\delta)}{\varphi(\delta)},$$

то H_γ становится банаховым пространством.

Теорема 3. Пусть γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty$$

Если $\varphi \in \Phi \cap J$, то оператор

$$** \quad \varphi_1(\delta) = 0 \text{ } (\varphi_2(\delta)) \Rightarrow (\exists m > 0) (\forall \delta \in (0, \frac{1}{2}]) \varphi_1(\delta) < m \varphi_2(\delta).$$

$$*** \quad \varphi_1(\delta) \sim \varphi_2(\delta) \Rightarrow \varphi_1(\delta) = 0 \text{ } (\varphi_2(\delta)) \& \varphi_2(\delta) = 0 \text{ } (\varphi_1(\delta)).$$

$$**** \quad \varphi_1(\delta) = 0 \text{ } (\varphi_2(\delta)) \Rightarrow \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\varphi_1(\delta)}{\varphi_2(\delta)} = 0$$

$$Au = \int_\gamma \frac{u(\xi) - u(t)}{\xi - t} \ln \frac{|\xi - t|}{c} d\xi$$

действует из H_γ в $H_{z(\delta, \varphi)}$ и ограничен, где $z(\delta, \varphi)$ определяется равенством (1).

Обозначим

$$\Phi H = \left\{ \varphi \in \Phi \cap J \mid z(\delta, \varphi) = 0 \left(\frac{\varphi(\delta)}{\delta^\alpha} \right) \right\}.$$

Заметим, что если $\varphi \in \Phi H$, то $z(\delta, \varphi) \sim \frac{\varphi(\delta)}{\delta^\alpha}$.

Следствием теоремы 2 является

Теорема 4. Пусть γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty$$

Если $\varphi \in \Phi H$, то оператор

$$Au = \int_\gamma \frac{u(\xi) - u(t)}{\xi - t} \ln \frac{|\xi - t|}{c} d\xi$$

действует из H_γ в H_ψ и ограничен, где $\psi(\delta) = \varphi(\delta) \ln \frac{\kappa c}{\delta}$.

Эта теорема является аналогом теоремы И. И. Привалова для сингулярного оператора

$$Au = \int_\gamma \frac{u(\xi) - u(t)}{\xi - t} \ln \frac{|\xi - t|}{c} d\xi$$

Для гильбертовой шкалы пространств $H_\alpha - H_{\alpha^2}$, $\alpha > 0$ имеется

Теорема 5. Если γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty,$$

то оператор

$$Au = \int_\gamma \frac{u(\xi) - u(t)}{\xi - t} \ln \frac{|\xi - t|}{c} d\xi$$

действует из H_{α^2} в $H_{\alpha \ln \frac{\kappa c}{\delta}}$ и ограничен.

Теорема 6. Пусть замкнутая жорданова спрямляемая кривая γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty$$

Если $\varphi \in \Phi \cap J$, то оператор

$$Bu = \int_\gamma \frac{u(\xi)}{\xi - t} \ln \frac{|\xi - t|}{c} d\xi$$

действует из H_γ в $H_{z(\delta, \varphi) + \ln \frac{\kappa c}{\delta}}$ и ограничен, где $z(\delta, \varphi)$ определяется равенством (1),

$$f(\delta) = \int_0^\delta \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi + \delta \int_\delta^{1/2} \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi^2} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi + \int_0^{\mu^{-1}(\delta)} \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi \quad (2)$$

Теорема 7. Пусть замкнутая жорданова спрямляемая γ такова, что

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_1^*(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty$$

Если $\varphi \in \Phi H$, то оператор

$$Bu = \int_\gamma \frac{u(\xi)}{\xi - t} \ln \frac{|\xi - t|}{c} d\xi$$

действует из H_γ в H_ψ и ограничен, где $\psi(\delta) = \varphi(\delta) \ln \frac{\kappa c}{\delta} + f(\delta)$ определяется равенством (2).

Для гильбертовой шкалы пространств $H_p \approx H_{\delta^2}$ имеем следующую теорему

Теорема 8. Если γ такова, что $\omega_t^\circ(\xi) = \xi^\gamma$, $0 < \gamma < 1$, то оператор

$$Bu = \int_{\gamma} \frac{u(\xi)}{\xi - t} \ln \frac{|\xi - t|}{c} d\xi$$

действует из H_β в H_γ и ограничен, где

$$\psi(\delta) = \delta^\lambda \ln \frac{\kappa c}{\delta}, \quad \lambda = \min \left\{ \beta, \frac{\gamma}{\gamma + 1} \right\}.$$

Литература

1. Гусейнов А. И. Матем. сб. 20, 2, 239—310, 1947. 2. Бабаев А. А. ДАН СССР, № 5, т. 170 1966. 3. Салаев В. В., Черкасов А. И. ДАН Азерб. ССР, № 4, 1974.

Карачаево-Черкесский государственный педагогический институт

Поступило 26. V. 1981

А. И. Черкасов

ГЕЈРИ-МӘХСУСИ ИНТЕГРАЛЫН БӘЗИ ХАССӘЛӘРИ

Мәгаләдә ү-төрәмәсинин кәсилмәзлик модулу

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_t^\circ(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty$$

шәртини өдәјән әјриләр үзәриндә кәсилмәз функцијалар синфинин

$$\tilde{u}(t) = \int_{\gamma} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} u(\xi) d\xi$$

сингулар интегралы нәзәрән кечирилир,

Бу интеграл үчүн Зигмунд типли гүјмәтләндириәләр вә Привалов типли теоремләр исбат олунур.

Хүсуси һалда кәстәрилир ки, $Au = \tilde{u}$ оператору мәһдуддур вә H_β фазасында H_γ фазасына тәсир едир; бурада

$$\psi(\delta) = \delta^\lambda \ln \frac{\kappa c}{\delta}, \quad \lambda = \min \left\{ \beta, \frac{\gamma}{\gamma + 1} \right\}.$$

A. I. Cherkasov

SOME PROPERTIES OF SINGULAR OPERATOR

In the paper the singular integral is considered

$$\tilde{u}(t) = \int_{\gamma} \frac{\ln \frac{|\xi - t|}{c}}{\xi - t} u(\xi) d\xi$$

in the continuous functions on the class of curve which modulus of continuity of derivative satisfies condition

$$\int_0^{1/2} \frac{\omega_t^\circ(\xi)}{\xi} \ln \frac{\kappa c}{\xi} d\xi < \infty.$$

Zygmund type estimate theorems of I. I. Privalov type is proved, in particular, the operator $Au = \tilde{u}$ boundedly maps

$$H_\beta \text{ into } H_\gamma, \text{ where } \psi(\delta) = \delta \ln \frac{\kappa c}{\delta}, \quad \lambda = \min \left\{ \beta, \frac{\gamma}{\gamma + 1} \right\}.$$

Ф. Г. АХМЕДОВ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ДЛЯ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ $L_2^n [0, T]$

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

Рассмотрим следующую задачу квадратичного программирования:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i, C_{ij} x_j) + \sum_{i=1}^n (p_i x_i) \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, m \quad (2)$$

Здесь матрица $C = \{C_{ij}\}$ — положительно определенная. A_{ij} — линейные ограниченные операторы, действующие из $L_2 [0, T]$ в $L_2 [0, T]$. $p_i \in L_2 [0, T]$, $b_i \in L_2 [0, T]$.

Представим (1), (2) в векторной форме

$$(x, Cx) + (p, x) \rightarrow \min \quad (3)$$

$$Ax \leq b \quad (4)$$

Пространство $L_2^n [0, T]$ частично упорядочено конусом n и b неотрицательных вектор-функций.

Определение. Ограничение (4) называется сильно совместным, если существует такое действительное число $\epsilon_0 > 0$, что для всех b из множества $B = \{b \in L_2^n [0, T] : \|b - b\| \leq \epsilon_0\}$ условие $Ax \leq b$ совместно.

Предположим, что (4) сильно совместно. Далее пусть для каждого i , $1 \leq i \leq m$ существует такое j_i , что оператор A_{ij_i} удовлетворяет следующему условию:

Существует такое число $\gamma_{ij_i} > 0$, что

$$\|A_{ij_i} x\| \geq \gamma_{ij_i} \|x\|, \quad \text{для любого } x \in L_2 [0, T]$$

Так как выполняется условие сильной совместности, для задачи (3), (4) можно выписать условия Куна—Таккера [1]

$$2Cx + p + A^* u = 0 \quad (5)$$

$$Ax + u = b \quad (6)$$

$$(y, u) = 0 \quad (7)$$

$$y \geq 0, \quad u \geq 0 \quad (8)$$

Из соотношения (5) x можно выразить через u .

$$x = -\frac{1}{2} C^{-1} (A^* u + p) \quad (9)$$

Подстановкой выражения x в (6) условия Куна—Таккера получают следующий вид:

$$2Gu + h - y = 0 \quad (10)$$

$$(y, u) = 0 \quad (11)$$

$$y \geq 0, \quad u \geq 0, \quad (12)$$

где

$$G = -\frac{1}{4} AC^{-1} A^*, \quad h = \frac{1}{2} AC^{-1} p + b$$

Очевидно, что G неотрицательный оператор, т. е. для любого $z \in L_2^n [0, T]$ $(z, Gz) \geq 0$.

Покажем, что диагональные элементы матрицы G являются положительно определенными операторами. Действительно

$$g_{ii} = (A_{ii} \dots A_{in} (C^{-1} \begin{pmatrix} A_{ii}^* \\ \vdots \\ A_{in}^* \end{pmatrix}))$$

Обозначим

$$A_i^* = \begin{pmatrix} A_{ii}^* \\ \vdots \\ A_{in}^* \end{pmatrix}$$

Тогда

$$(u_i, g_{ii} u_i) = [A_i^* u_i, C^{-1} A_i^* u_i] \geq \gamma \|A_i^* u_i\|^2 = \gamma \left(\sum_{j=1}^n \|A_{ij} u_i\| \right)^2 \geq \gamma \sum_{j=1}^n \|A_{ij} u_i\|^2 \geq \gamma \|A_{ij_i} u_i\|^2 \geq \gamma \gamma_{ij_i} \|u_i\|^2$$

Очевидно, (10)–(12) являются условиями Куна—Таккера для задачи

$$\varphi(u) = (u, Gu) + (h, u) \rightarrow \min \quad (13)$$

$$u \geq 0 \quad (14)$$

Таким образом, решив задачу (13), (14), подставив решение в (9), тем самым мы получаем решение задачи (3), (4).

Для решения задачи (13), (14) предлагается следующий метод.

Выбирается начальная вектор-функция $u^{(0)} \geq 0$. Компоненты следующей итерации определяются в результате минимизации $\varphi(u)$ по каждой компоненте u_i при $u_i \geq 0$. При этом остальные компоненты сохраняют значения, полученные в последний раз. Также получают $u^{(2)}$, $u^{(3)}$ и т. д.

$$\text{Очевидно, } \varphi(u^{(k+1)}) \leq \varphi(u^{(k)})$$

Доказана сходимость. При этом используется тот факт, что функционал φ сильно выпуклый по u_i .

Итак, для нахождения каждой компоненты каждой итерации необходимо минимизировать $\varphi(u)$ по u_i при $u_i \geq 0$. Такую задачу в общем виде можно сформулировать в следующем виде

$$(z, Bz) + (d, z) \rightarrow \min \quad (15)$$

$$z \geq 0 \quad (16)$$

дэсь B — положительно определенный линейный оператор, действующий из $L_2[0, T]$ в $L_2[0, T]$, $d \in L_2[0, T]$. Для любого x $(x, Bx) \geq \|x\|^2$. Если z^* — решение задачи (15), (16), то оно удовлетворяет следующему соотношению

$$z^* = \max \{0, z^* - \lambda (2Bz^* + d)\}, \text{ для любого } \lambda > 0$$

Выбирая начальное $z^{(0)} \geq 0$, $z^{(k+1)}$, определим по формуле

$$z^{(k+1)} = \max \{0, z^{(k)} - \lambda (2Bz^{(k)} + d)\} \quad (17)$$

Интересно отметить, что λ остается постоянным для всех $z^{(k)}$ и находится из оценки, приводимой ниже

$$\begin{aligned} \|z^{(k+1)} - z^*\|^2 &\leq \|z^{(k)} - z^* - 2\lambda B(z^{(k)} - z^*)\|^2 = \|z^{(k)} - z^*\|^2 - \\ &- 4\lambda (z^{(k)} - z^*, B(z^{(k)} - z^*)) + 4\lambda^2 \|B(z^{(k)} - z^*)\|^2 \leq \|z^{(k)} - z^*\|^2 (1 - 4\lambda\alpha + 4\lambda^2 \|B\|^2) \end{aligned}$$

Если $(1 - 4\lambda\alpha + 4\lambda^2 \|B\|^2) < 1$, то процесс сходится. Таким образом, в (17) необходимо выбрать $\lambda < \frac{\alpha}{\|B\|^2}$.

Литература

1. Ахмедов Ф. Г. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, № 3, 1978. 2. Кюнци Г. П., Крелле В. Нелинейное программирование. М., Сов. радио, М., 1965.

Институт кибернетики

Поступило 24. IX 1981

Ф. Н. Ахмадов

$L_2^n[0, T]$ ФАЗАСЫНДА КВАДРАТИК ПРОГРАМЛАШДЫРМА МЭСЭЛЭСИ ÜЧÜN НЕСАБЛАМА МЕТОДУ

Мә әлә $L_2^n[0, T]$ фазасында квадратик програмлашдырма мәсәләсінә бахылмышдыр. Квадратик форма мүсбәт-мүәјјән олан һалда верилмиш мәсәлә үчүн һесаплама методу тәхлиф олунмушдур.

Ф. Н. Ahmadov

CALCULATING METHOD FOR SOLVING THE QUADRATIC PROGRAMMING PROBLEM IN THE SPACE $L_2^n[0, T]$

A method for solving the quadratic programming problem in the space of a vector-functions is given, each component square of which is integrable. It is supposed that the matrix of the quadratic form is positively defined.

УДК 541.49:541.127:543

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ш. А. МУСАЕВ, М. А. ДЖАФАРОВ, С. А. НОВРУЗОВ

КИНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТАНТЫ НЕСТОЙКОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ (III) С ТРИЛОНОМ-Б

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

Ранге [1] было сообщено об отделении радиоактивных изотопов лантана и церия от иттрия путем разложения их клешневидных комплексных соединений с трилоном-Б. В этом аспекте представляет интерес определение константы скорости разложения и константы нестойкости комплексных соединений.

Существуют различные методы определения константы нестойкости [2—6]. Все известные кинетические методы определения константы нестойкости основаны к конечному счету на определении равновесных концентраций комплексных ионов и продуктов их диссоциации [2, 3, 6] или на определении отношения констант скоростей прямых и обратных процессов в равновесных системах [3]. Однако метод определения константы нестойкости через константы скорости разложения комплексных соединений в неравновесных условиях в литературе не описан.

В представленной работе константа нестойкости определяется непосредственно на основе константы скорости необратимого процесса, минуя равновесную концентрацию.

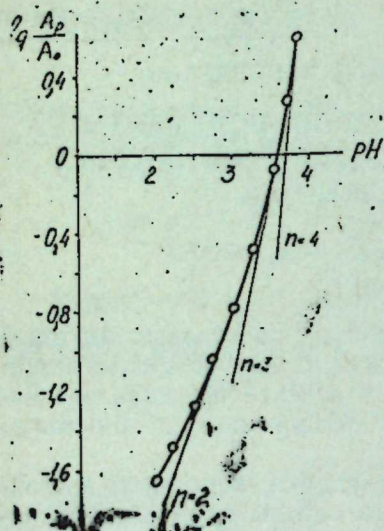
Согласно теории переходного состояния [7—9], зависимость между константой скорости (K_c) и константой равновесия (K_p) выражается формулой $K_c = \frac{\kappa T}{h} K_p$ (I), где h — постоянная Планка, κ —

постоянная Больцмана, T — абсолютная температура. Эта формула впервые применяется нами для определения константы нестойкости (K_n) комплексных соединений, исходя из предположения, что в момент разложения состояние комплексных соединений аналогично переходному состоянию и скорость разложения должна зависеть от константы нестойкости. Последний является константой равновесия и поэтому, заменяя K_p в формуле I на K_n и вычисляя величину $\frac{\kappa T}{h}$, где

$T = 298$ кельвин; $\kappa = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/град.; $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ эрг·с, получим $K_n = \frac{K_c}{6,21 \cdot 10^{12}}$ (II). Таким образом, определяя константу скорости

экспериментальным путем можно вычислять константу нестойкости по формуле II.

Методика проведения экспериментов описана в работе [1]. Скорость разложения комплексных ионов лантана или церия с трилоном-Б ($\text{Na}_3\text{H}_2\text{Y}$) измерялась применением радиоактивных изотопов ^{140}La и ^{144}Ce . Известно, что состав комплексных ионов трилона-Б с металлами чувствителен к изменению pH-среды [10]. При увеличении



Зависимость логарифма отношения равновесных концентраций комплексных ионов и свободных ионов комплексообразователя от pH.

кислотности раствора образуются менее устойчивые протонизированные комплексные ионы $[\text{LaH}_{4-n}\text{Y}^{n-}]^{3-n-}$, а при уменьшении ее более устойчивые непротонизированные $[\text{LaY}]^-$. Для нахождения оптимальных условий комплексообразования изучена зависимость логарифма отношения равновесных концентраций комплексного иона и комплексообразователя, т. е. $\lg \frac{C_{[\text{LaHY}]^{3-n}}}{C_{\text{La}^{3+}}}$ от pH. Поскольку это отношение концентрации пропорционально отношению радиоактивностей растворов (A_p) и осадков (A_0) можно заменить $\lg \frac{C_{[\text{LaHY}]^{3-n}}}{C_{\text{La}^{3+}}}$ на $\lg A_p/A_0$.

Зависимость последнего от pH представлена на рисунке. Из графика следует, что с увеличением pH равновесная концентрация комплексного иона сильно увеличивается и происходит отщепление ионов водорода, число ($n = 1, 2, 3, 4$) которых определяется известным графическим способом [10]. Наконец, при $\text{pH} \geq 3,5$ образуются непротонизированные комплексные ионы $[\text{LaY}]^-$.

Следует отметить, что при $\text{pH} > 4$ и низких концентрациях йодата калия происходит растворение осадка йодата церия (III) вследствие комплексообразования. В отсутствии последнего радиоизотопы полностью адсорбируются на осадках при больших концентрациях йодата калия.

Таким образом, полученные данные и данные предыдущей работы [1], а также сопоставление произведения растворимости с константой нестойкости, позволяет выбрать следующие оптимальные условия для разложения комплексных ионов. Опыты проводились в ацетатном

Таблица 1
Кинетические данные о разложении комплексных ионов

Время $t, \text{с}$	$[\text{LaY}]^-$			$[\text{CeY}]^-$		
	$A, \frac{\text{ион}}{\text{с}}$	$\lg A_1/A$	$K_c, \text{с}^{-1}$	$A, \frac{\text{ион}}{\text{с}}$	$\lg A_1/A$	$K_c, \text{с}^{-1}$
0	$A_1 = 98810$	—	—	$A_1 = 54832$	—	—
3600	32 506	0,483	$3,12 \cdot 10^{-4}$	42 769	0,108	$0,69 \cdot 10^{-4}$
7200	9 112	1,036	$3,39 \cdot 10^{-4}$	26 867	0,310	$0,99 \cdot 10^{-4}$
9000	4 550	1,337	$3,42 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
10 800	2 604	1,488	$3,18 \cdot 10^{-4}$	18 643	0,468	$0,98 \cdot 10^{-4}$
12 600	1 310	1,881	$3,43 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
14 400	657	2,182	$3,47 \cdot 10^{-4}$	11 514	0,678	$1,10 \cdot 10^{-4}$
18 000	—	—	—	7 128	0,886	$0,97 \cdot 10^{-4}$
21 600	—	—	—	2 741	1,302	$1,21 \cdot 10^{-4}$

$(3,33 \pm 0,16) \cdot 10^{-4}$

$(0,99 \pm 0,14) \cdot 10^{-4}$

буфере при $\text{pH} = 3,85$ в $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ раствора трилона-Б, содержащего радиоактивный изотоп, 0,36 M йодата калия и 30 мг свежесаженого йодата церия (III). Последний является адсорбентом для захвата свободных ионов комплексообразователя. В указанных условиях уста-

Таблица 2

Константы нестойкости, найденные кинетическим способом, и сопоставление их величин с литературными данными

Комп- лексные ионы	Найденные			Литературные
	$K_c, \text{с}^{-1}$	K_n	$\text{p} K_n$	$\text{p} K_n$
$[\text{LaY}]^-$	$3,33 \cdot 10^{-4}$	$5,36 \cdot 10^{-17}$	16,27	14,72; 15,59; 16,34; 18,00
$[\text{CeY}]^-$	$0,99 \cdot 10^{-4}$	$1,43 \cdot 10^{-17}$	16,84	15,39; 16,01; 15,98; 16,80; 18,60

навливается следующее равновесие: $[\text{MeY}]^- \rightarrow [\text{MeY}]^* \rightleftharpoons \text{Me}^{3+} + \text{Y}^{4-}$,

где $\text{Y}^{4-} = \begin{matrix} \text{OOCCH}_2 \\ | \\ \text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N} \\ | \\ \text{OOCCH}_2 \end{matrix} \begin{matrix} \text{CH}_2\text{COO}^- \\ \text{CH}_2\text{COO}^- \end{matrix}$; $\text{Me}^{3+} = \text{La}^{3+}, \text{Ce}^{3+}$.

В отсутствии адсорбента это равновесие сильно сдвигается справа налево, а в присутствии его и избытка йодата калия слева направо, так как свободные катионы, появившиеся при диссоциации комплексного иона, переходят в осадок вследствие адсорбции, в результате чего радиоактивность раствора постепенно уменьшается. Скорость

радиоактивности раствора (A) и скорость разложения комплексных соединений (A) в каждый данный момент равны. Измеряя радиоактивность раствора через определенные промежутки времени, вычисляли константу скорости по известной кинетической формуле $K_c = \frac{2,303 \lg A_1/A}{t}$ [7, 9]. Данные о кинетике разложения комплексных ионов представлены в табл. 1.

Как следует из данных таблицы, константа скорости разложения каждый данный момент остается постоянной. Такое постоянство доказывает, что процесс разложения комплексных ионов $[LaY]^-$ и $[CeY]^-$ подчиняется закономерностям реакции первого порядка. Уместно отметить, что в начале разложения наблюдается индукционный период с продолжительностью около часа и только после завершения этого периода соблюдается закономерное протекание процесса.

На основании величин константы скорости (табл. 1) вычислены константы нестойкости по формуле II. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Сопоставление данных табл. 2 показывает, что величины констант нестойкости, найденные новым кинетическим методом, находятся в пределах литературных данных [2, 4, 11]. Эти константы являются эффективными константами, а не термодинамическими, так как опыты проводились в определенных концентрационных условиях при большом значении ионной силы раствора ($\mu = 0,38$).

Следует отметить, что эксперименты проводились также со стабильным лантаном при концентрации его ниже $1 \cdot 10^{-5} \frac{г \cdot ион}{л}$ и в присутствии последнего полученные результаты остаются неизменными.

Выводы

1. Определены константы скорости разложения комплексных ионов $[LaY]^-$ и $[CeY]^-$ и показано, что процесс разложения подчиняется закономерности реакции первого порядка.
2. Разработан новый кинетический метод определения константы нестойкости комплексных ионов $[LaY]^-$ и $[CeY]^-$.

Литература

1. Мусаев Ш. А. "Азерб. хим. ж.", 4, 83, 1962.
2. Яцимирский К. Б., Васильев В. П. Константы нестойкости комплексных соединений. Изд-во АН СССР. М. стр. 7—55; 173, 1959.
3. Россотти Ф., Россотти Х. Определение константы устойчивости и других констант равновесия в растворах. Изд-во "Мир". М., стр. 5—150, 358—363, 1965.
4. Шведов В. П., Степанов А. В. "Радиохимия", 2, 65, 1960.
5. Wheelwright E. J., Spedding F. H., Schwarzenbach G. J. Am. Chem. Soc., 75, 17, 1496, 1953.
6. Яцимирский К. Б. "Жур. аналитич. химии", 10, 6, 344, 1955.
7. Неницеску К. "Общая химия". Изд-во "Мир". М., 192—285, 1968.
8. Яцимирский К. Б. Кинетические методы анализа. Изд-во "Химия". М., 22, 96—100, 1967.
9. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики. Изд-во "Высшая школа". М., 54—166, 1969.
10. Галактионов Ю. П., Астахов К. В. "Жур. неорганич. химии", 8, 4, 896, 1963.
11. Кусакина Н. П., Якимец Е. М. "Жур. неорганич. химии", 10, 4, 1010, 1965.
12. Малькова Т. В., Красухина Л. В. "Изв. ВУЗ СССР, Химия и химтехнология", 16, 9, 1326, 1973.

Азербайджанский инженерно-строительный институт

Поступило 15. VII 1982

Ш. Ә. Мусаев, М. Ә. Чәфаров, С. А. Новрузов.

ЛАНТАН ВӘ СЕРИУМУН (III) ТРИЛОН-Б ИЛӘ КОМПЛЕКС БИРЛӘШМӘЛӘРИН ДАВАМСЫЗЛЫГ САБИТИНИН КИНЕТИК МЕТОДЛА ТӘҖИНИ

Лантан вә сериумун (III) трилон-Б илә әмәлә кәтирдiji комплекс бирләшмәләрин давамсызлыг сабитини тәҗини етмәк үчүн јени кинетик метод ишләниб һазырлан-мышдыр. Бу метод комплекс бирләшмәләрин парчаланмасынын сүр'әт сабити илә онларын давамсызлыг сабитләри арасындакы асылылыга әсасланыр.

Sh. A. Musayev, M. A. Djafarov, S. A. Novruzov

KINETIC METHOD OF DETERMINATION OF THE CONSTANT OF NON-STABILITY OF LANTHANUM AND CERIUM (III) COMPLEX COMBINATIONS WITH TRYLON-B

A new kinetic method to determine the constant of non-stability of the complex combinations formed by lanthanum and cerium (III) with trylon-B is worked out. The method suggested is based on the dependence between the constant of the break-up rate and the constant of the non-stability of this complex combination.

А. М. ИСАЕВ

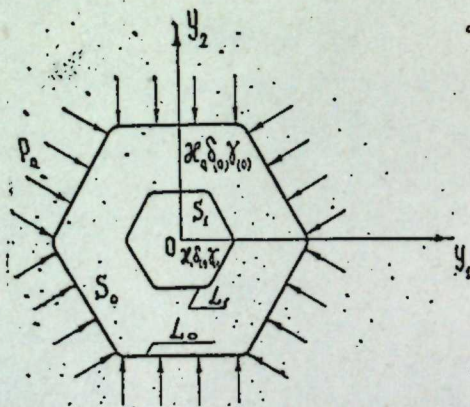
НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАСТИНКИ С УПРУГИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ В НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

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

Настоящая работа посвящена исследованию напряженного состояния изотропного тела, составленного из деталей с различными упругими константами и соединенными посредством натяга или спая.

Поставленная задача решается методом малого параметра с применением теории функции комплексного переменного и конформного отображения [1].

Пусть рассматриваемая область S представляет собой в деформированном (или недеформированном) состоянии пластинки (или призматическое тело) S_0 , ограниченные извне правильным криволинейным многоугольником L_0 (или L_0^* — контур в недеформированном состоянии) с центральным отверстием L_1 (или L_1^*) той же формы, в которое запрессована или спаяна шайба S_1 из другого материала (рисунк).



Предположим, что внешний контур области подвергается действию внешней нагрузки $P^{(n)}(t)$.

Начало координат комплексной плоскости $z = y_1 + iy_2$ совместим с центром отверстия.

Тогда решение задачи n -го приближения сводится к определению потенциалов Колосова—Мусхелишвили $\varphi_a^{(n)}(z)$ и $\psi_a^{(n)}(z)$ по следующим граничным условиям [2].

$$\varphi_0^{(n)}(t) + t\overline{\varphi_0^{(n)}(t)} + \overline{\psi_0^{(n)}(t)} - F_{1(0)}^{(n-1)}(t, t, \delta_{(0)}, \gamma_{(0)}) = P^{(n)}(t), \text{ на } L_0. \quad (1)$$

$$\varphi_0^{(n)}(t) + t\overline{\varphi_0^{(n)}(t)} + \overline{\psi_0^{(n)}(t)} - F_{1(0)}^{(n-1)}(t, \bar{t}, \delta_{(0)}, \gamma_{(0)}) = m_1^*[\varphi_1^{(n)}(t) + t\overline{\varphi_1^{(n)}(t)} + \overline{\psi_1^{(n)}(t)} - F_{1(1)}^{(n-1)}(t, \bar{t}, \delta_{(1)}, \gamma_{(1)})], \text{ на } L_1. \quad (2)$$

$$x_0\varphi_0^{(n)}(t) - t\overline{\varphi_0^{(n)}(t)} - \overline{\psi_0^{(n)}(t)} - F_{2(0)}^{(n-1)}(t, \bar{t}, \delta_{(0)}, \gamma_{(0)}) - m_1^*[x_1\varphi_1^{(n)}(t) - t\overline{\varphi_1^{(n)}(t)} - \overline{\psi_1^{(n)}(t)} - F_{2(1)}^{(n-1)}(t, \bar{t}, \delta_{(1)}, \gamma_{(1)})] = g^{(n)}(t); \text{ на } L_1 \quad (3)$$

Здесь

$$P^{(n)}(t) = \begin{cases} -Pt + C_0 & \text{при } n=1, \\ 0 & \text{при } n>1; \end{cases}$$

$$g^{(n)}(t) = \begin{cases} g(t), & \text{при } n=1 \text{ при запрессовке,} \\ 0 & \text{при } n>1 \\ 0 & \text{при } n>1 \text{ при спаяе.} \end{cases}$$

$m_1^* = \frac{H_0}{H_1}$ — отношения модуля сдвига материала в области S_0 и S_1 .

При решении поставленной задачи, когда контур отверстия задан в исходном состоянии, граничные условия имеют форму (1)–(3) при замене аффиксов контурных точек t на $\bar{t}$, функций $F_{1(a)}^{(n-1)}(t, \bar{t}, \delta_{(a)}, \gamma_{(a)})$ и

$$F_{2(a)}^{(n-1)}(t, \bar{t}, \delta_{(a)}, \gamma_{(a)}), \text{ на } F_{1(a)}^{(n-1)}(\bar{t}, t, \delta_{(a)}, \gamma_{(a)}) \text{ и } F_{2(a)}^{(n-1)}(\bar{t}, t, \delta_{(a)}, \gamma_{(a)}), \text{ кроме того } F_{1(a)}^{(0)} = F_{2(a)}^{(0)} = F_{1(a)}^{(0)*} = F_{2(a)}^{(0)*} = 0.$$

Искомые функции $\varphi_a^{(n)}(z)$ и $\psi_a^{(n)}(z)$ будем искать в виде [3]

$$\varphi_1^{(n)}(z) = \sum_{v=0}^N A_v^{(n)} \left(\frac{z}{A_1}\right)^v; \quad \psi_1^{(n)}(z) = \sum_{v=0}^N B_v^{(n)} \left(\frac{z}{A_1}\right)^v; \quad (4)$$

$$\varphi_0^{(n)}(z) = a_0^{(n)} + \sum_{v=1}^N \left[a_v^{(n)} \left(\frac{z}{A_0}\right)^v + b_v^{(n)} \left(\frac{A_1}{z}\right)^v \right];$$

$$\psi_0^{(n)}(z) = C_0^{(n)} + \sum_{v=1}^N \left[c_v^{(n)} \left(\frac{z}{A_0}\right)^v + d_v^{(n)} \left(\frac{A_1}{z}\right)^v \right]. \quad (5)$$

Здесь верхний предел N выбирается в зависимости от точности, с которой требуется получить искомое решение.

С целью несколько облегчить математическую операцию, принимаем $N = \infty$, в последующем в числовых решениях фактически будем рассматривать лишь укороченные системы.

$A_v^{(n)}, B_v^{(n)}, a_v^{(n)}, b_v^{(n)}, c_v^{(n)}, d_v^{(n)}$ — комплексные неизвестные коэффициенты.

Названные многоугольники L_a заменяются весьма близкими к ним многоугольниками с закругленными вершинами при помощи функции [4]

$$z_a = A_a \zeta_a \left(1 + \frac{m_a}{\zeta_a^2}\right), A_a = \frac{a_a + b_a}{2}; m_a = \frac{a_a - b_a}{a_a + b_a}, \quad (6)$$

конформно отображающих контуров L_a в плоскости z_a на единичных окружностях γ_a , расположенных в плоскости ζ_a соответственно.

q_a — число осей симметрии кривой;

a_a и b_a — радиусы окружностей описанных и вписанных около контуров L_a ;

t_a и τ_a — аффиксы точек L_a и γ_a соответственно.

При помощи функции (6), преобразуя (5) и переходя в ней от переменной t к переменной τ и подставляя в (1), (2) и (3) с учетом (6), после приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях τ , приходим к системе уравнений:

$$\zeta_{1,v}^{(n)} + \zeta_{12,v}^{(n)} + \overline{P_{4,v}^{(n)}} - \zeta_{50,v}^{(n-1)} = -P_0 A_0 \eta_1(n, v); \quad (7)$$

$$\zeta_{4,v}^{(n)} + \zeta_{13,v}^{(n)} + \overline{P_{1,v}^{(n)}} - \zeta_{51,v}^{(n-1)} = -P_0 A_0 m_0 \eta_2(n, v); \quad (8)$$

$$M_{1,v}^{(n)} + M_{12,v}^{(n)} + \overline{N_{4,v}^{(n)}} - M_{50,v}^{(n-1)} = m_1^* (U_{1,v}^{(n)} + U_{12,v}^{(n)} + \overline{V_{4,v}^{(n)}} - U_{50,v}^{(n-1)}); \quad (9)$$

$$M_{4,v}^{(n)} + M_{13,v}^{(n)} + \overline{N_{1,v}^{(n)}} - M_{51,v}^{(n-1)} = m_1^* (U_{4,v}^{(n)} + U_{13,v}^{(n)} + \overline{V_{1,v}^{(n)}} - U_{51,v}^{(n-1)}); \quad (10)$$

$$\chi_0 M_{1,v}^{(n)} - M_{12,v}^{(n)} - \overline{N_{4,v}^{(n)}} - M_{54,v}^{(n-1)} - m_1^* (\chi_1 U_{1,v}^{(n)} - U_{12,v}^{(n)} - \overline{V_{4,v}^{(n)}} - U_{72,v}^{(n-1)}) = H_0 q_{1,v} \eta_3(n, v); \quad (11)$$

$$\chi_0 M_{4,v}^{(n)} - M_{13,v}^{(n)} - \overline{N_{1,v}^{(n)}} - M_{95,v}^{(n-1)} - m_1^* (\chi_1 U_{4,v}^{(n)} - U_{3,v}^{(n)} - \overline{V_{2,v}^{(n)}} - U_{73,v}^{(n-1)}) = H_0 q_{2,v} \eta_4(n, v), \quad v = 1, 2, 3, \dots \infty, \quad (12)$$

а для свободных членов имеем:

$$\begin{aligned} & \zeta_{1,0}^{(n)} + Q_{4,0}^{(n)} + \zeta_{12,0}^{(n)} + \zeta_{13,0}^{(n)} + \overline{P_{1,0}^{(n)}} + \overline{P_{4,0}^{(n)}} - \zeta_{50,0}^{(n-1)} - Q_{51,0}^{(n-1)} = C_0 \eta_0^{(n)}; \\ & M_{1,0}^{(n)} + M_{4,0}^{(n)} + M_{12,0}^{(n)} + M_{13,0}^{(n)} + \overline{N_{4,0}^{(n)}} + \overline{N_{1,0}^{(n)}} - M_{50,0}^{(n-1)} - M_{51,0}^{(n-1)} = \\ & = m_1^* (U_{1,0}^{(n)} + U_{4,0}^{(n)} + U_{12,0}^{(n)} + U_{13,0}^{(n)} + \overline{V_{1,0}^{(n)}} + \overline{V_{4,0}^{(n)}} - U_{50,0}^{(n-1)} - U_{51,0}^{(n-1)}); \\ & \chi_0 (M_{1,0}^{(n)} + M_{4,0}^{(n)}) - M_{12,0}^{(n)} - M_{13,0}^{(n)} - \overline{N_{4,0}^{(n)}} - \overline{N_{1,0}^{(n)}} - M_{94,0}^{(n-1)} - M_{95,0}^{(n-1)} = \\ & = m_1^* [\chi_1 (U_{1,0}^{(n)} + U_{4,0}^{(n)}) - U_{12,0}^{(n)} - U_{13,0}^{(n)} - \overline{V_{1,0}^{(n)}} - \overline{V_{4,0}^{(n)}} - U_{72,0}^{(n-1)} - U_{73,0}^{(n-1)}]. \end{aligned}$$

Здесь коэффициенты $Q_{kv}^{(n)}$, $P_{kv}^{(n)}$, $U_{kv}^{(n)}$, $V_{kv}^{(n)}$, $M_{kv}^{(n)}$, $N_{kv}^{(n)}$, q_{kv} , $\eta_i(n, v)$, $\eta_0(n)$ — известные величины и из-за громоздкости не приводим.

Из бесконечной системы линейных алгебраических уравнений (7), (8), (9), (10), (11), (12) при заданных относительных размерах сечения и упругих характеристиках материалов следует выделить первые v_1 уравнений и из них определить соответствующие коэффициенты $A_v^{(n)}$, $B_v^{(n)}$, $a_v^{(n)}$, $b_v^{(n)}$, $c_v^{(n)}$, $d_v^{(n)}$ и C_0 ($v = 1, 2, \dots, 2v_1$), выбор v_1 (число взятых уравнений) зависит от степени точности, с которой при рассматриваемых задачах желательно получить отыскиваемое решение.

При этом, принимая $n=1$ и $n=2$, получаем линейное и нелинейное решение теории второго порядка поставленной задачи соответственно.

Надо отметить, что при $n=1$.

$$Q_{50,v}^{(0)} = Q_{51,v}^{(0)} = M_{50,v}^{(0)} = M_{51,v}^{(0)} = M_{94,v}^{(0)} = M_{95,v}^{(0)} = U_{50,v}^{(0)} = U_{51,v}^{(0)} = U_{72,v}^{(0)} = U_{73,v}^{(0)} = 0.$$

Меняя параметры A_a , m_a , q_a , получаем решение разных частных инженерных задач, имеющих практическое значение.

Далее, после определения функций $\varphi_0^{(n)}(z)$, $\psi_0^{(n)}(z)$, $\varphi_1^{(n)}(z)$, $\psi_1^{(n)}(z)$ компоненты напряжений и смещений в области S_0 и S_1 определяются по известной формуле [2].

Надо отметить, что если контакты пластинки и шайбы (или призматических тел) осуществляются без натяга, т. е. при помощи спая, тогда для получения решения поставленной задачи необходимо и достаточно правую часть граничного условия (3) или в системах (11) и (12) приравнять нулю.

Если пластинка и шайба изготовлены из одного и того же материала, для получения решения указанных задач достаточно во всех выражениях упругие постоянные принять одинаковыми, т. е.

$$\chi_0 = \chi_1 = \chi, \quad \delta_{(0)} = \delta_{(1)} = \delta, \quad \gamma_0 = \gamma_1 = \gamma, \quad K_{r(0)} = K_{r(1)} = K_r; \quad K_{r(0)}' = K_{r(1)}' = K_r'.$$

При выполнении шайбы (или призматического тела) из абсолютно жесткого материала, граничные условия (2) и (3) заменяются следующим условием на L_1 .

$$\chi \varphi^{(n)}(t) - t \overline{\varphi^{(n)}(t)} - \overline{\psi^{(n)}(t)} - F_2^{(n-1)}(t, \bar{t}, \delta, \gamma) = 0. \quad (13)$$

Для получения решения указанных задач достаточно и необходимо в системе (11), (12) принять $A_v^{(n)} = B_v^{(n)}$.

В качестве численного примера рассмотрим задачу упругого равновесия круглой пластинки радиуса R_0 с концентрическим круговым отверстием радиуса R_1 , в которое с заданным натягом запрессована круглая сплошная шайба. Для относительного размера $R_1/R_0 = 0,5$. Когда пластинка изготовлена из меди ($\nu = 0,3400$, $C_1 = -2,0625$, $C_2 = -6,3300$, $C_3 = 8,1100$, $C_4 = 14,3000$), а шайба из стали 60С2Н2А ($\nu = 0,3000$, $C_1 = -1,7500$, $C_2 = -3,9400$, $C_3 = 2,3700$, $C_4 = 10,0000$), вычислены во втором приближении в некоторых характерных точках пластинки и шайбы радиальные и кольцевые напряжения и радиальные перемещения.

z , см	4	6	7
σ_θ пластинка	1240 1323	1165 1258	903 1081
σ_θ шайба	-317 -283	-	-

В числителе указаны значения этих напряжений, полученные на основе линейной теории упругости, в знаменателе — по нелинейной теории.

Из таблицы видно, что кольцевые напряжения в пластинке увеличиваются приблизительно на 20 %, а в шайбе уменьшаются на 10 %.

1. Грин А., Адкинс Дж. Большие упругие деформации и нелинейная механика сплошной среды. Мир, М., 1965. 2. Савин Г. Н. Распределение напряжений около отверстий. Научная думка, Киев, 1968. 3. Исаев А. М. Учен. зап. АзПИ им. Ч. Ильдрыма, серия 10, № 14, с. 156—161, 1970. 4. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Наука, М., 1966.

Азербайджанский инженерно-строительный институт

Поступило 12. V. 1981

Ә. М. Исаев

ЕЛАСТИК ҺИССӘСИ ОЛАН ГЕҖРИ—ХӘТЛИ ЛӨВҺӘНИН КӘРКИНЛИКЛИ ВӘЗИЈӘТИ

Мәғаләдә чысмин мәркәзи бошлугуна еластик вә ја мүтләг сәрт шајба кејдирилмәсиндән вә лөвһәнин хариңи контуруна тәсир едән һидростатики тәзјигдән јараһан дүзкүн чоһбучағлы изотроп вә бирчынсан лөвһәнин кәркинликли вәзијјәти тәдгиг едилір. Лөвһә вә шајба мүхтәлиф вә ја ејни гејри-хәтти еластик материалдан ола биләр.

Бахылан мәсәлә һинкаседиңи вә комплекс дәјишән функцијалар нәзәријјәсиндән истифадә етмәклә, һәјәчанландырычы нәзәријјә үсулу илә һәлл едилір.

Нәтичәдә ики тәртибли нәзәријәнин комплекс потенциалынын һәмәлүм әмсалларынын тәјјини үчүн сонсуз хәтти чәбри тәңликләр системи тәртиб едилмишдир.

Мәғаләдә практикә әһәмијјәти олан хүсуси һаллара бахылмыш вә әдәди мисал-марла тәһлили кестәрилмишдир.

A. M. Isayev

STRESS STATE OF A PLATE WITH ELASTIC INCLUSIONS IN NON-LINEAR POSING

The posed problem is solved by perturbation theory method using the theory of complex and conformal mapping function. As a result infinite systems of algebraic linear equations for the determination of unknown coefficients of complex potentials of second order theory are constructed. Special cases having practical value are considered. A numerical example with analysis is carried out.

УДК 541.64:678.742:539.107

Ш. В. МАМЕДОВ, С. А. АБАСОВ, Я. Г. РАГИМОВ, Р. Б. АСЛАНОВ,
В. А. АЛЕКПЕРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ И СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ПОЛИЭТИЛЕНЕ С ДОБАВКАМИ СЕЛЕНА

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

Результаты исследований, проведенных в последние годы [1—4], показывают, что после введения селена, полиэтилен обладает улучшенными физико-механическими характеристиками, происходит замедление окислительно-деструктивного процесса, повышается его стойкость к разрушению и старению. Хотя они были объяснены исходя из свободнорадикальной концепции старения и антиокислительных свойств селена, прямые наблюдения методом ЭПР отсутствовали. При этом, с целью сопоставления изменений физико-механических (прочностных) свойств и структуры был применен метод ИК-спектроскопии, который дает информацию о конечных продуктах, образующихся вследствие протекания свободнорадикальных реакций. Однако представляет интерес следить за ходом разрушения, что возможно с применением метода ЭПР, при котором можно выяснить механизм антирадикальной активности селена. Фактором, инициирующим разрушение (радикалообразование), служило γ -облучение. Как известно, разрыв химических связей между атомами в молекулах может быть осуществлен как приложением механической нагрузки, так и под действием УФ, рентгеновских или γ -лучей, причем необходимая для этого минимальная энергия определяется энергией разрываемой связи. Большинство энергий связей по порядку величины составляют 3—6 эВ, что соответствует длинам волн в ультрафиолетовой области спектра. При механическом растяжении образца, из-за сравнительно малого количества разрывов, концентрация свободных радикалов (СР) мала и их трудно обнаружить. Дробление же приводит к неоднозначности, т. е. к сложности интерпретации. Образование СР в случае действия разряда или УФ-лучей происходит на поверхности материала и, из-за малой активной поверхности, опять-таки концентрация СР мала. Энергии, которые можно получить, используя для облучения рентгеновские или γ -лучи, значительно больше — от $1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^9$ эВ. Поэтому под действием этих лучей возможен разрыв большого числа различных связей, т. е. интенсивное образование СР. Преимущество использования излучения с высокой энергией состоит, следовательно, в том, что эффекты объемные, получают большие концентрации СР, интенсивность спектров ЭПР которых значительно превышает уровень шумов. Известно, что СР, возникающие при низ-

ких температурах под действием различных разрушающих воздействий, почти идентичны, поэтому, исследуя СР при γ -облучении, можно судить также о роли их при механическом разрушении полимерного объекта. Исходя из сказанного, мы исследовали ЭПР-поглощение в полиэтилене без и с добавками селена при температуре жидкого азота при его облучении γ -лучами с энергией 1 мегарад. Содержание селена изменялось от 0,1 до 1 вес. %.

Параллельно исследовалось изменение молекулярной массы полиэтилена с изменением содержания добавок Se в нем методом вискозиметрии.

Спектр ЭПР исходного полиэтилена приведен на рис. 1. Как видно, он состоит из 9 компонентов, разделенных на две части — характерного шестикомпонентного спектра со сверхтонкой структурой (СТС) $a_2^H = 2,2 \text{ мТ}$, $a_3^H = 3,5 \text{ мТ}$ [5], а также из дополнительных линий с $a_3^{H_2} = 1,1 \text{ мТ}$. В литературе [5] шестикомпонентный спектр приписывают алкильным радикалам $\sim\text{CH}_2\dot{\text{C}}\text{HCH}_2\sim$, образование

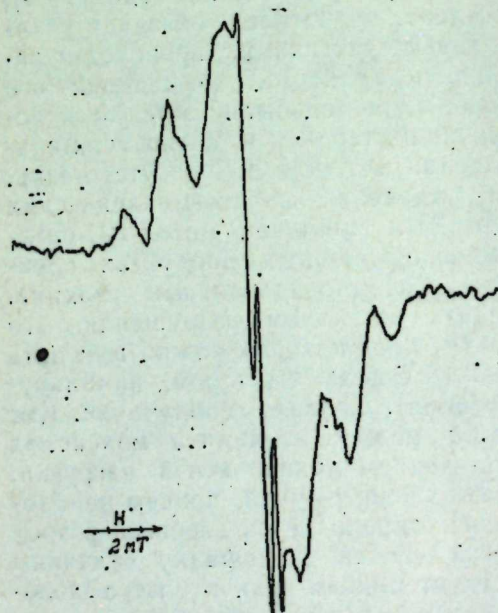
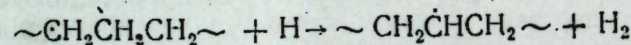


Рис. 1. Спектр ЭПР исходного полиэтилена.

которых происходит путем диссоциации связей $\text{C}-\text{H}$ и в результате отрыва атома H от макромолекул по реакции



Одновременно, при 77 К в ПЭ образуются также радикалы аллильного типа $\sim\text{CH}_2\text{CHCH}=\text{CHCH}_2\sim$, характеризующиеся 9-компонентным спектром со СТС $a_2^H = 2 \text{ мТ}$, $a_3^H = 3 \text{ мТ}$ и $a_3^{H_2} = 1,1 \text{ мТ}$ [6]. Образование их возможно при одновременном отщеплении двух атомов водорода от соседних атомов углерода возбужденного алкильного радикала или при отрыве водорода от атома углерода с двойной связью, что не получило пока надежного экспериментального подтверждения. Похоже, что в нашем случае, при γ -облучении при 77 К возникают как алкильные, так и аллильные радикалы, спектры кото-

рых, накладываясь друг на друга, дают 9-компонентный спектр с $g_{\text{средняя}} = 2,0$.

Возможно, что вторичные электроны, образующиеся в процессе ионизации и потерявшие свою энергию (до $\sim \text{кТ}$), захватываются ловушками и стабилизируются [7]. Ловушкой электрона может служить любое регулярное или нерегулярное образование в полимере, обладающее достаточным сродством к электрону. Эти электроны, однако, дают характерные синглетные линии. Так или иначе, для выяснения принадлежности дополнительных линий в середине спектра полиэтилена следует провести эксперименты по радиотермолюминесценции, термостимулированному току, фотоотбеливанию спектра ЭПР и оптическому поглощению в УФ-, видимой и ИК-областях спектра. Другой возможностью объяснения дополнительных линий является факт образования заряженных макрорадикалов в результате первичной ионизации и последующих реакций электронов и катионов с макромолекулами в полимерах [7]. При низких температурах анион-радикалы (содержащие фрагмент $\sim\text{C}^-$) регистрируются почти во всех

полимерах, которые содержат химические группы с положительным сродством к электрону, а спектры ЭПР представляют собой дублет. Для окончательного выяснения этого вопроса также необходимы дополнительные эксперименты по насыщению линий ЭПР СВЧ мощностью и т. д.

Какой бы природы не были радикалы в полиэтилене, стабилизация их, по-видимому, происходит преимущественно в дефектных областях полимера, в частности на границах раздела фаз и надмолекулярных структур.

При введении селена в структуру полиэтилена происходит двойное изменение (рис. 2): во-первых, уменьшается интенсивность ли-

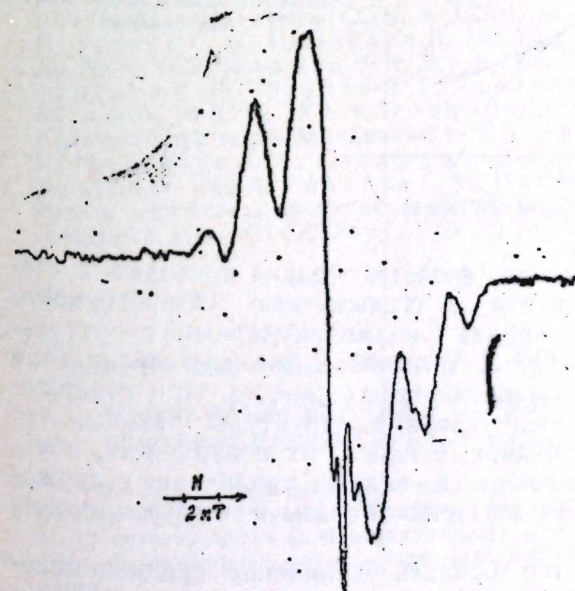


Рис. 2. Спектр ЭПР полиэтилена с добавкой 0,3 вес. ч. селена.

ний шестикомпонентного спектра ЭПР, во-вторых, дополнительные компоненты в середине спектра постепенно ослабевают, вплоть до исчезновения некоторых из них. Максимальный эффект происходит как в том, так и в другом типе изменений, при содержаниях добавок 0,1—0,3 вес. % Se. Этот результат можно объяснить, исходя из антиокислительных, антирадикальных свойств селена, обнаруженных нами для ряда синтетических и биополимерных систем. Согласно этой точки зрения, селен образует прочные боковые химические связи, сшивая макромолекулы полиэтилена, и упрочняет материал. Это приводит к уменьшению радиационного выхода радикалов при γ -облучении, а большое сродство к электрону—к блокировке алкильных радикалов против последующего образования от них аллильных радикалов. Таким же образом можно объяснить результаты, если рассмотреть их с точки зрения захваченных электронов и заряженных макрорадикалов.

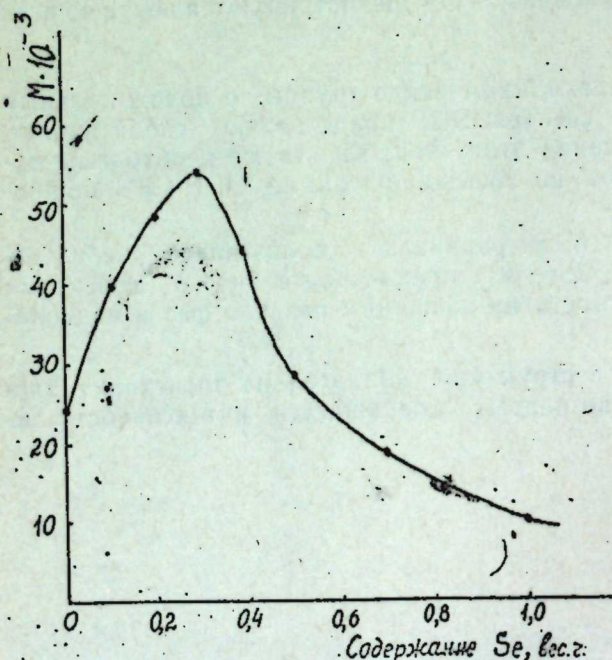


Рис. 3. Зависимость молекулярной массы полиэтилена от содержания добавок селена.

С другой стороны, сшивающие свойства селена приводят к стабилизации структуры полиэтилена и сглаживанию гетерогенности структуры, т. е. получению материала с надмолекулярными структурами относительно равных размеров, оптимальными для проявления лучших физико-механических и прочностных свойств. При содержаниях 0,1—0,3 вес. % Se надмолекулярные структуры таковы, что добавки покрывают мономолекулярным слоем их поверхность, образуя наиболее эффективные сшивки. Дальнейшее увеличение содержания селена приводит к выпадению отдельной фазы и неэффективному использованию добавок.

Исходя из сказанного можно ожидать увеличение средней молекулярной массы полиэтилена при введении добавок селена. Зависи-

мость молекулярной массы от содержания добавок селена приведена на рис. 3. Молекулярная масса была определена по формуле [8]

$$[\eta] = \kappa M^{\alpha},$$

где $[\eta]$ —характеристическая вязкость, M —молекулярная масса, а κ и α —постоянные величины при данной температуре и для данного полимера.

В качестве растворителя применялся декалин ($C_{10}H_{18}$), а для хорошего растворения полиэтилена систему нагревали до 70°C. При этих условиях $\alpha=0,67$, а $\kappa=6,8 \cdot 10^{-4}$ [8]. $[\eta]$ определена из экстраполяции зависимостей $\eta_{уд}/C$ от максимального значения C до его нулевого значения (здесь C —концентрация раствора полиэтилен+декалин).

Как видно из рис. 3, действительно, с введением добавок селена молекулярная масса увеличивается, достигая максимального значения при 0,3 вес. % Se (более чем 2 раза). Этот результат полностью подтверждает идею о сшивающей роли селена в полиэтилене.

Таким образом, под действием γ -облучения при 77 К в ПЭ, путем диссоциации химических связей, возникают алкильные радикалы, а также свободные радикалы, характеризующиеся дублетной линией, накладывающейся на спектр алкильного радикала.

При введении селена в ПЭ, с одной стороны, происходит уменьшение концентрации алкильных радикалов, а с другой—исчезновение дублетной линии поглощения, т. е. он проявляет сильные антирадикальные свойства, в результате чего происходит дополнительное структурирование, замедление деструктивных процессов, приводящие к улучшению его свойств.

Литература

1. Абдуллаев Г. Б., Алекперов А. И., Абасов С. А., Мехтиева С. И., Мамедов Ш. В., Исмаилов И. М. «ДАН Азерб. ССР», т. XXXII, № 1, 16, 1976.
2. Абасов С. А., Мамедов Ш. В., Мехтиева С. И., Исмаилов И. М., Юсифов Э. Ю. «ДАН Азерб. ССР», т. XXXII, № 5, 12, 1976.
3. Абдуллаев Г. Б., Мехтиева С. И., Исмаилов И. М., Абасов С. А., Алекперов В. А. «Изв. АН Азерб. ССР, серия ФТ и МН», № 1, 8, 1978.
4. Абасов С. А., Мехтиева С. И., Ахмедов К. Р., Рагимов Я. Г., Исмаилов И. М. «Изв. АН Азерб. ССР, серия ФТ и МН», № 8, 15, 1978.
5. Пшежецкий С. Я. и др. ЭПР свободных радикалов в радиационной химии, М., «Химия», 1972.
6. Auerbach I. Polymer, 1936, v.7, p. 283.
7. Милинчук В. К., Клишпонт Э. Р., Пшежецкий С. Я. Макрорадикалы, М., «Химия», 1980.
8. Рафиков С. Ф., Павлова С. А., Твердохлебова Н. М. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. «Изв. АН СССР», М., 1963.

Институт физики

Поступило 3.XI 1982

Ш. В. Маммәдов, С. А. Абасов, Ј. Ђ. Раһимов Р. Б. Асланов, В. Э. Элакбәров

СЕЛЕН ЭЛАВЭ ЕДИЛМИШ ПОЛИЭТИЛЕНДЭ КИМЈЭВИ ГУРУЛУШ ЧЕВИРМЭЛЭРИ ВЭ СЭРБЭСТ РАДИКАЛ ЂАЛЛАРЫНЫН ТЭДГИГИ

Мәгәләдә селен вурулмуш полиетилендә γ -шәаларынын тәсири нәтижәсиндә јаранан кимјәви гурулуш дәјишмәләри өјрәнилмишдир. Көстәрилмишдир ки, верилән һалдә селен гүвәтли антирадикал хассәјә малик олур вә бунун нәтижәсиндә полиетилендә элавә гурулуш дәјишмәләри јараныр, оксидләшмә-деструксија просеси зәифләјир.

INVESTIGATION OF FREE-RADICAL STATES AND STRUCTURAL
CHEMICAL TRANSFORMATIONS IN POLYETHYLENE
WITH Se ADDITION

The paper deals with the results of studying the γ -radiation-stimulated structural chemical transformations in polyethylene with selenium addition. Selenium is shown to exhibit strong antiradical properties resulting in the additional structurization and retardation of the oxidation break-down processes in polyethylene.

Академик Э. Ю. САЛАЕВ, А. Ш. АБДИНОВ, Р. Р. АГАЕВ,
Р. О. АЛЕСКЕРОВ, Г. С. СЕИДЛИ

МАГНИТОКОНЦЕНТРАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ
В МОНОКРИСТАЛЛАХ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$

Одним из специфических методов изучения генерационно-рекомбинационных свойств зонной структуры полупроводников является также магнитоконцентрационный эффект [1] и аналогичные ему биполярные анизотропные явления [2, 3].

К настоящему времени магнитоконцентрационный эффект обнаружен и исследован в узком круге материалов (например, в Ge , Si , In Sb [3]). В данной работе излагаются результаты, полученные нами при экспериментальном исследовании особенностей этого явления в монокристаллах $\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$ n и p -типа проводимости, которые, благодаря уникальным практическим возможностям в последние годы привлекают пристальное внимание.

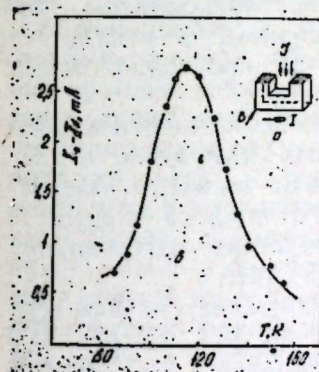


Рис. 1. Схема изучаемых образцов (а) и зависимость $I_0 - I_{II}$ от T (б) $U_{см} = 6\text{В}$; $H = 3,8\text{ кЭ}$

Суть магнитоконцентрационного эффекта заключается в следующем. Если противоположные грани образца обладают разными скоростями поверхностной рекомбинации $S_+ > S_-$ и взаимные направления приложенных к нему электрического и магнитного полей таковы, что сила Лоренца концентрирует носители тока у грани с S_- , тогда на противоположной грани с S_+ происходит поверхностная генерация неравновесных пар и ток модулируется магнитным полем. Проведенные к настоящему времени исследования показывают, что при прочих одинаковых условиях этот эффект более заметно проявляется в сильно собственном материале $n_0 = p_0$ или в полупроводнике с $p_0 \mu_p = n_0 \mu_n$. Причем, материалы, удовлетворяющие последнему условию, являются более предпочтительными.

Исследуемые образцы со специальной конфигурацией (рис. 1, а) вырезались из крупных монокристаллов $\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$, выращенных

методом медленного охлаждения при постоянном градиенте температуры вдоль слитка и снабжались индиевыми омическими контактами. Толщина их (20–50 мкм) не превышала диффузионную длину носителей тока. Концентрация и подвижность свободных носителей тока в n -типа образцах при 77 К составляли $n_0 \approx 10^{15} \text{ см}^{-3}$, $\mu_n \approx 10^5 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{С}$, а в p -типа образцах $p_0 \approx 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и $\mu_p \approx 10^3 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{С}$. Измерения про-

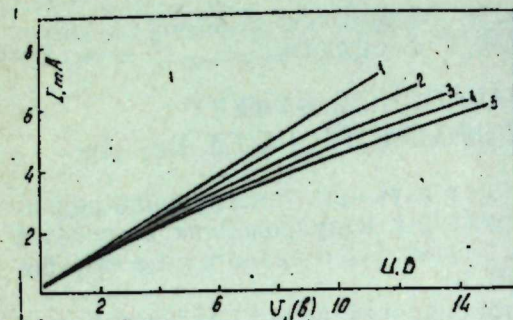


Рис. 2. ВАХ $n\text{-Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ при различных H , кЭ: 1—0; 2—1,5; 3—2,5; 4—4,5; 5—5,5; $T=90\text{K}$

водились в диапазоне температур $77 \leq T \leq 250 \text{ K}$. Разная скорость поверхностной рекомбинации на противоположных гранях образцов обеспечивалась путем их асимметричной обработки. В частности, одна грань образца подвергалась тщательному механическому полированию с последующим травлением в кислотном (50% HCl + 50% HNO_3) и полирующем (5% Br_2 + 95% HBr) травителях, а противоположная — механической шлифовке мелким алмазным порошком. В результате этого скорости поверхностной рекомбинации на противоположных гранях отличались по меньшей мере на два порядка.

С целью предотвращения джоулевого нагрева электрическое поле прикладывалось к образцу в виде прямоугольных импульсов с длительностью 1–5 мкс от генератора с низкоомным выходом, обеспечивающего во всех случаях режим постоянного поля на образце, а инжекция в активной области исключена вследствие изготовления образцов в специальной конфигурации (рис. 1, а) [4].

В изученных образцах $n\text{-Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ обнаружена сильная температурная зависимость влияния магнитного поля на ВАХ. На рис. 1, б приведена одна из характерных кривых зависимости $I_0 - I_H^+$ от температуры (где I_H^+ , I_0 — значения протекающего через образец тока при наличии и отсутствии магнитного поля соответственно). При этом направления E и H таковы, что носители тока под действием силы Лоренца отклоняются к поверхности с S_- . Как видно из этого рисунка, зависимость $I_0 - I_H^+$ от температуры имеет немонотонный характер, с ростом температуры $I_0 - I_H^+$ сначала возрастает, при $T=115 \text{ K}$ получает свое максимальное значение, а далее уменьшается.

На рис. 2. показаны типичные кривые ВАХ одного из изучаемых образцов при $T=80 \text{ K}$ при различных значениях H . Из этого рисунка видно, что с ростом напряженности магнитного поля ток через образец при постоянном значении напряжения U медленно уменьшается. В результате проведенных измерений на образцах с различными расстояниями от контактов до активной части установлено, что в рассмотренных нами случаях обнаруженный магнитоконцентрационный

эффект связан с равновесными носителями, а не инжектированными через контакты.

Более интересным оказалось влияние поперечного магнитного поля на ВАХ монокристаллов $p\text{-Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ (рис. 3). В этом случае как при наличии, так и при отсутствии магнитного поля при малых

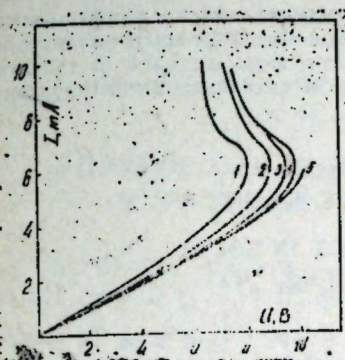


Рис. 3. ВАХ $p\text{-Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ при различных H , кЭ: 1—0; 2—1,3; 3—2,8; 4—4,6; 5—5,5; $T=80\text{K}$

U ВАХ подчиняется закону Ома, а при больших U наблюдается область с отрицательным дифференциальным сопротивлением (образец переходит в низкоомное состояние). В низкоомном состоянии зависимость $I(U)$ имеет крутой характер. Поперечное магнитное поле увеличивает напряжение переключения (пороговое напряжение ОДС $U_{пр}$). С ростом напряженности магнитного поля $U_{пр}$ увеличивается (рис. 3, кр. 2–4).

Полученные в кристаллах $n\text{-Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ экспериментальные результаты могут объясняться в рамках предположений об увеличении времени жизни неосновных носителей тока вблизи обогащенной носителями поверхности с ростом их концентрации. По-видимому, это приводит к нарушению симметрии генерационно-рекомбинационного процесса, в результате чего с увеличением напряженности поперечного магнитного поля ток уменьшается.

Обычно аномальное поведение электрофизических параметров кристаллов $p\text{-Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ объясняют наличием примесной (акцепторной) зоны в их запрещенной зоне [5]. На основе этой модели можно объяснить и обнаруженную нами S -образную ВАХ и зависимости $U_{пр}$ от H . В частности, нами предполагается, что ОДС в изучаемых кристаллах $p\text{-Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ связано с увеличением концентрации электронов в зоне проводимости вследствие разогрева электронов при ударной ионизации акцепторных уровней. Роль магнитного поля при этом заключается в том, что она расширяет обогащенную область вследствие увеличения диффузионной длины с возрастанием силы Лоренца и поэтому смещает $U_{пр}$ в сторону более высоких напряжений.

Литература

1. Welker H. Z. für Naturforsch., 6A, 184, 1951.
2. Рашба Э. И., Гриников Э. С., Кравченко В. Я. УФН, 119, 3, 1976.
3. Бойко И. И., Романов В. А. ФТП, 11, 817, 1977.
4. Абдинов А. Ш., Агаев Р. Р., Сеидли Г. С., Салаев Э. Ю. ДАН Азерб. ССР, 38, 41, 1982.
5. Бовина Л. А., Савченко Ю. Н., Стафеев В. И. ФТП, 10, 1586, 1976.

Поступило 9. XII 1982

Е. J. Салаев, Э. Ш. Абдинов, Р. Р. Агаев,
Р. А. Элескеров, Н. С. Сейдли

$Cd_xHg_{1-x}Te$ БЭРК ГАРЫШЫҒЫНЫН МОНОКРИСТАЛЛАРЫНДА МАГНИТОКОНЦЕНТРАЦИЯ ЭФФЕКТИ

n -вә p -тип кечиричилишнә малик $Cd_xHg_{1-x}Te$ монокристалларынын сәтләринин гәҗри-симметрик ашыланмасы һалында ВАХ-нын енинә магнит сәһәсиндән асылдылығы тәдгиг олуимушдур. Алынмыш тәҗрүби нәтиҗәләри гәҗри-әсас јукдашыјычыларынын јашама мүддәтинин јүксәк концентрациялы сәтн тәбәғәсиндә артмасы вә гадаган олуимуш золагда аксептор сәвијәләринин олмасы шәрти дахилиндә магнитокоуцентрация эффекти илә изан етмәк олар.

E. Yu. Salaev, D. Sh. Abidinov,
R. R. Agaev, R. O. Aleskerov, G. S. Seydly

MAGNETOCONCENTRATION EFFECT IN SOLID SOLUTION MONOCRYSTALS OF $Cd_xHg_{1-x}Te$

Volt-ampere characteristic dependence of n and p -type $Cd_{0.19}Hg_{0.81}Te$ mono-crystals on lateral magnetic field by asymmetric surface treatment is discovered. It is shown that it depends on magnetoconcentration effect when life time of minority carriers of current increases near the enriched by carriers surface and in the presence of an extrinsic acceptor zone in n and p -type crystals, respectively.

АЗӘРБАЈҖАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XXXIX ЧИЛД

№ 10

1983

УДК: 53.12.01.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Чл.-корр. АН АЗЕРБ. ССР Н. А. ГУЛИЕВ, И. Г. ДЖАФАРОВ,
Б. И. МЕХТИЕВ, Р. Ш. ЯХЬЯЕВ

УПРУГОЕ СТОЛКНОВЕНИЕ ЛЕПТОНОВ С ПРОТОНАМИ И ЭФФЕКТЫ НЕЙТРАЛЬНЫХ СЛАБЫХ ТОКОВ

Настоящая работа посвящена изучению эффектов нейтральных слабых токов (НСТ) в процессе

$$l + p \rightarrow p + l \quad (1)$$

($l = e^-, \mu^-$) на встречных пучках. С учетом всех вкладов электро-слабого взаимодействия при произвольной поляризации начальных и продольной поляризации конечных частиц найдено дифференциальное сечение процесса (1). Произведен анализ поляризационных характеристик процесса и выявлены возможности выделения эффектов НСТ.

Планируемые в создаваемых и проектируемых накопительных комплексах на сверхвысокие энергии эксперименты такого типа (см. [1]) выдвигают задачу расчета точных выражений сечения и различных характеристик данного процесса, которые содержали бы вклады также и "чистого" слабого взаимодействия.

Исследованию процесса (1) посвящено немало работ (см. [2—6]). Однако все эти результаты получены в системе покоя протона и, как правило, ограничены низкими значениями передаваемого импульса, не содержат вкладов "чистого" слабого взаимодействия и в них учтены не все корреляции поляризаций частиц.

Амплитуду процесса (1) запишем в виде

$$M_{ll} = \frac{e^2}{q^2} [\bar{v}(\kappa_2) \gamma_\alpha v(\kappa_1)] [\bar{u}(p_2) (F_1 \gamma_\alpha - F_2 \sigma_{\alpha\beta} q_\beta) u(p_1)] + \\ + \frac{\sqrt{2} G m_Z^2}{q^2 - m_Z^2} [\bar{v}(\kappa_2) \gamma_\alpha (g_V + g_A \gamma_5) v(\kappa_1)] \times \\ \times [\bar{u}(p_2) (F_1 \gamma_\alpha - F_2 \sigma_{\alpha\beta} q_\beta + G_1 \gamma_\alpha \gamma_5) u(p_1)], \quad (2)$$

где $\kappa_1(\kappa_2)$ и $p_1(p_2)$ — 4-импульсы начальных (конечных) лептона и протона; $q = \kappa_1 - \kappa_2 = p_2 - p_1$; F_1 , F_2 и G_1 — формфакторы, которые учитывают роль сильных взаимодействий в вершине ppZ и следующим образом связаны с электромагнитными (F_1 , F_2) и обычными слабыми (f_1 , f_2 , g_1) формфакторами протона: $F_1 = f_1/2 - 2F_2 \sin^2 \eta$, $F_2 = f_2/2 - 2F_2 \sin^2 \eta$, $G_1 = g_1/2$, где $\sin^2 \eta$ — параметр теории; g_V и g_A — величины, определяющие структуры НСТ заряженных лептонов (в модели Вайнберга — Салама [7] $g_V = -1/2 + 2 \sin^2 \eta$, $g_A = -1/2$).

Дифференциальное сечение процесса (1) с произвольно поляризованными начальными и продольно поляризованными конечными частицами представим в виде (в системе центра инерции):

$$\frac{d\sigma(\vec{s}_1, \vec{s}_2, h_1, h_2)}{d\Omega} = \frac{\alpha^2 \omega^2}{2q^4 \epsilon^2} [(1 + h_1 \cdot \vec{n}_1 \vec{s}_1) A(\vec{s}_2, h_2) - (h_1 + \vec{n}_1 \vec{s}_1) B(\vec{s}_2, h_2)], \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} A(\vec{s}_2, h_2) &= a_0 - a_1 (h_2 - \vec{n}_1 \vec{s}_2) - \\ &- (a_2 + a_3 h_2) (\vec{n}_1 \cos \theta - \vec{n}_2) \vec{s}_2 - a_4 h_2 \vec{n}_1 \vec{s}_2, \\ B(\vec{s}_2, h_2) &= b_0 - b_1 (h_2 - \vec{n}_1 \vec{s}_2) - \\ &- (b_2 + b_3 h_2) (\vec{n}_1 \cos \theta - \vec{n}_2) \vec{s}_2 - b_4 h_2 \vec{n}_1 \vec{s}_2. \end{aligned} \quad (4)$$

В (3) и (4) приняты следующие обозначения

$$\begin{aligned} a_0 &= 2[\epsilon^2(1-t) + 2\omega^2 t^2] T_1 - 2q^2[\epsilon^2 + (2M^2 - \epsilon^2)t] T_2 - 2Mq^2 t T_3 + \\ &+ 2[\epsilon^2 + \epsilon(\epsilon - 4\omega)t + 2\omega^2 t^2] T_4 + 4\omega(\epsilon - \omega t)t(T_5 + 2MT_6), \\ a_1 &= 2[\epsilon^2(1-t) + 2\omega Et^2] T_7 + 4M\omega t[\epsilon + (E - \omega)t] T_8 + \\ &+ 4t[\omega(\epsilon - Et) T_9 - M^2 q^2 T_{10} + M\omega(\epsilon - (E - \omega)t) T_{11} + E(\epsilon - \omega t) T_{12}], \\ a_2 &= M(\epsilon - 2\omega t) T_7 - 2\omega[\epsilon^2 + (2M^2 - E\epsilon)t] T_8 + \\ &+ 2\omega t[MT_9 - 4M\omega \epsilon T_{10} + (M^2 - \omega \epsilon) T_{11}] - 2M(\epsilon - \omega t) T_{12}, \\ a_3 &= -2M(\epsilon - Et) T_1 - 2M\epsilon q^2 T^2 + 2\omega[\epsilon^2 - (M^2 + E\epsilon)t] T_3 + \\ &+ 2MEtT_4 + M(\epsilon - 2Et) T_5 + 2\omega(M^2 + E\epsilon)tT_6, \\ a_4 &= 2[\epsilon^2 + \epsilon(\epsilon - 4E)t + 2E^2 t^2] T_1 + 2q^2[\epsilon^2 - (2M^2 + \epsilon^2)t] T_2 + \\ &+ 8M\omega(\epsilon - Et)tT_3 + 2[\epsilon^2(1-t) + 2E^2 t^2] T_4 + \\ &+ 4Et[(\epsilon - Et) T_5 + 2M\omega tT_6], \end{aligned}$$

где

$$T_1 = F_1^2 + g_V \times F_1 \mathfrak{F}_1 + \frac{1}{4}(g_V^2 + g_A^2) \times^2 \mathfrak{F}_1^2,$$

$$T_2 = F_2^2 + g_V \times \mathfrak{F}_2 + \frac{1}{4}(g_V^2 + g_A^2) \times^2 \mathfrak{F}_2^2,$$

$$T_3 = 2F_1 F_2 + g_V \times (F_1 \mathfrak{F}_2 + F_2 \mathfrak{F}_1) + \frac{1}{2}(g_V^2 + g_A^2) \times^2 \mathfrak{F}_1 \mathfrak{F}_2,$$

$$T_4 = \frac{1}{4}(g_V^2 + g_A^2) \times^2 G_1^2, \quad T_5 = g_A (\mathfrak{F}_1 + g_V \times^2 \mathfrak{F}_1) G_1,$$

$$T_6 = g_A (F_2 + g_V \times \mathfrak{F}_2) \times G_1, \quad T_7 = \left[g_V F_1 + \frac{1}{2}(g_V^2 + g_A^2) \times \mathfrak{F}_1 \right] \times G_1,$$

$$T_8 = \left[g_V F_2 + \frac{1}{2}(g_V^2 + g_A^2) \times \mathfrak{F}_2 \right] \times G_1,$$

$$T_9 = g_A \left(F_1 + \frac{1}{2} g_V \times \mathfrak{F}_1 \right) \times \mathfrak{F}_1, \quad T_{10} = g_A \left(F_2 + \frac{1}{2} g_V \times \mathfrak{F}_2 \right) \times \mathfrak{F}_2,$$

$$T_{11} = g_A [\mathfrak{F}_1 (F_2 + F_2 \mathfrak{F}_1) + g_V \times^2 \mathfrak{F}_1 \mathfrak{F}_2], \quad T_{12} = \frac{1}{2} g_V g_A \times^2 G_1^2,$$

$$q^2 = -4\omega^2 \sin^2 \theta/2, \quad \times = \frac{G}{\sqrt{2} \pi \alpha} \cdot \frac{m_Z^2 q^2}{q^2 - m_Z^2}.$$

$$t = -q^2/4\omega^2, \quad \epsilon = \omega + E.$$

Величины b_i получаются из соответствующих величин a_i при следующих взаимных заменах:

$$T_1 \leftrightarrow T_9, \quad T_2 \leftrightarrow T_{10}, \quad T_3 \leftrightarrow T_{11}, \quad T_4 \leftrightarrow T_{12}, \quad T_5 \leftrightarrow T_7, \quad T_6 \leftrightarrow T_8.$$

В приведенных выражениях $\vec{s}_1$ и $\vec{s}_2$ — единичные векторы поляризации соответственно начальных лептона и протона; h_1 и h_2 — спиральности конечных лептона и протона; $\vec{n}_1$ и $\vec{n}_2$ — единичные векторы импульсов начального и конечного лептонов; θ — угол рассеяния лептона; ω и E — соответственно энергии лептона и протона в СЦИ; M — масса протона; здесь и далее пренебрегаем вкладом массы лептона.

Рассмотрим случаи продольной и поперечной поляризации начальных частиц и определим характеристики процесса (1), выделяющие вклады НСТ.

В случае поперечной поляризации начальных частиц выражение (3) приобретает вид (направления импульса и спина лептона приняты соответственно за оси z и x в левой системе координат):

$$\frac{d\sigma(\lambda_1, \lambda_2, h_1, h_2)}{d\Omega} = \frac{\alpha^2 \omega^2}{2q^4 \epsilon^2} \{a_0 - h_1 b_0 - h_2 (a_1 - h_1 b_1) - \lambda_2 [a_2 - h_1 f_2 + h_2 (a_3 - h_1 f_3)] \sin \theta \cos \varphi\}, \quad (5)$$

где φ — азимутальный угол вылета лептона, λ_2 — модуль вектора поперечной поляризации протона. Как видно, формула (5) не содержит вклада λ_1 , т. е. модули вектора поперечной поляризации лептона. Другими словами, сечение рассеяния поперечно поляризованных лептонов на протонах такое же, как сечения рассеяния неполяризованных лептонов (с точностью до членов, пропорциональных массе лептона).

Поляризация начальных частиц	Возможности выделения эффектов НСТ					
	P_p	P_l	N_p	N_l	A_p	A_l
Поперечная	$h_1=0, \lambda_2=0$ или $h_1=0, \theta=\pi$ или $h_1=0, \varphi=\pi/2, 3\pi/2$	$h_2=0, \lambda_2=0$ или $h_2=0, \theta=\pi$ или $h_2=0, \varphi=\pi/2, 3\pi/2$	$h_1=h_2=0$	0	$h_1=h_2=0$	0
	$h_1=0, l_1=l_2=0$ или $h_1=0, l_1=-l_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_2=0, l_1=l_2=0$ или $h_2=0, l_1=-l_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$
	$h_1=0, l_1=l_2=0$ или $h_1=0, l_1=-l_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_2=0, l_1=l_2=0$ или $h_2=0, l_1=-l_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$	$h_1=h_2=0$ или $h_1=-h_2 \neq 1, \theta=\pi$

Дифференциальное сечение процесса (1) с продольно поляризованными частицами имеет вид

$$\frac{d\sigma(l_1, l_2, h_1, h_2)}{d\Omega} = \frac{\alpha^2 \omega^2}{2q^4 \epsilon^2} [(1 + l_1 h_1) [a_0 - (l_2 + h_2) a_1 + l_2 h_2 a_4] - (l_1 + h_1) [b_0 - (l_2 + h_2) b_1 + l_2 h_2 b_4]], \quad (6)$$

где l_1 и l_2 — спиральности начальных лептона и протона, соответственно. Легко убедиться, что в ряде случаев значений углов рассеяния лептона и поляризаций частиц степени продольных поляризаций конечных протонов (P_p) и лептонов (P_l), эффекты поляризации начальных пучков протонов (N_p) и лептонов (N_l), спиновые асимметрии, обусловленные поляризациями начальных протонов (A_p) и лептонов (A_l), содержат вклады взаимодействия лишь слабых токов. Эти возможности выделения эффектов НСТ приведены в таблице.

Отметим, что приведенные выражения сечений можно применить также и к описанию процесса рассеяния антинейтрино на протоне, если в них произвести замену $g_A \rightarrow -g_A$.

Литература

1. Скринский А. Н. УФН, 138, 3, 1982.
2. Reya E., Schilcher K. Phys. Rev., D10, 952, 1974.
3. Биленький С. М., Дадаян Н. А., Христова Е. Х. ЯФ, 21, 1271, 1975.
4. Hoffmann E., Reya E. Phys. Rev., D18, 3230, 1978.
5. Биленькая С. И., Христова Е. Х. ЯФ, 32, 1072, 1980.
6. Сафин М. Я., Керимов Б. К., Ишанкулиев Д. ЯФ, 32, 765, 1980.
7. Weinberg S. Phys. Rev. Lett., 19, 1264, 1967; 27, 1683, 1971; Phys. Rev., D5, 1412, 1972; Salam A. Proc. 8-th Nobel Symp., Stockholm, 1968, p. 376.

ИФАН

Поступило 24. II 1983

Н. А. Гулиев, И. Г. Чофаров, Б. И. Мехдиев, Р. Ш. Яхьяев

ЛЕПТОНЛАРЫН ПРОТОНЛАРЛА ЕЛАСТИКИ ТОГГУШМАСЫ ВЭ НЕЙТРАЛ ЗЭИФ ЧЭРЭЛАН ЭФФЕКТЛЭРИ

Башлангыч зэррәчикләринин ихтијари вә сонунчу зэррәчикләрин узунуна полјаризасијалары һалында электрозәиф гаршылыгы тәсиринин шәртләндирдији бүтүн һәдләр нәзәрә алынмагла лептон вә антинейтриноларын протонларла еластики тоггушмасы просесләринин кәсикләри һесабыланмышдыр. Просесләрин полјаризасија характеристикаларына керә анализ апарылмыш вә нейтрал зәиф чәрәлән эффектләринин ајырд едилмәси имканлары ашкар олунашдыр.

N. A. Guliyev, I. G. Jafarov, B. I. Mehtiyev, R. Sh. Yakhyayev

ELASTIC COLLISION OF THE LEPTONS WITH THE PROTONS AND THE EFFECTS OF NEUTRAL WEAK CURRENTS

Taken into account all contributions of electroweak interactions at arbitrary polarization of initial particles and longitudinal polarization of final particles, the cross-sections of elastic collisions of leptons and antileptons with the protons are calculated. The polarization characteristic of processes are analyzed and possibilities of isolating of the neutral weak current effects are found.

Т. М. ПАНАХОВ

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ С ВЫСОКОЙ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. И. Алиевым)

1. Разработка сплавов на никелевой основе с высокой магнитной проницаемостью (пермаллой) является одной из важных проблем физики твердого тела [1]. Управление магнитными свойствами пермаллоев имеет также большое практическое значение для ряда областей техники.

Полуэмпирические правила создания новых пермаллоев сформулированы в [2,3], позволяющие в настоящее время более полно проанализировать сущность физических процессов управления магнитными свойствами пермаллоев.

В работе на основе результатов исследований проводится анализ состояния проблемы пермаллоя в следующих основных направлениях:

1. В установлении физических закономерностей, позволяющих определять оптимальный состав сплавов на основе никеля с высокой магнитной проницаемостью;

2. О возможностях применения аномальных эффектов электропроводности в пермаллоях;

3. В установлении оптимальных режимов термической обработки пермаллоев.

С физической точки зрения проблема легирования пермаллоев оказалась достаточно сложной. Принципы легирования пермаллоев можно установить с помощью зонной теории металлов и известного представления Фриделя об экранировании атома примеси. Согласно Фриделю, в металле с известным числом $(n_0)_{s+d}$ электронов на атом, примесный атом с числом электронов $n(i)$ ведет себя по-разному в зависимости от неравенства $n(i) \geq n_0$, возмущая вокруг себя электронную плотность. В области возмущения электронной плотности вследствие взаимного отталкивания может происходить неодинаковое экранирование электронов со спинами $N \uparrow$ „вверх“ и „вниз“ $N \downarrow$. При этом возникает результирующий магнитный момент $M(i) = (N \uparrow - N \downarrow) \mu_B$. Для никелевых сплавов возмущающее поле пропорционально разности числа этих электронов. Такое представление позволяет связать средний магнитный момент с числом $s+d$ -электронов легирующего элемента.

На рис. 1 показана зависимость среднего атомного момента в пермаллоях в зависимости от средней концентрации $s+d$ -электронов.

Как видно, эта зависимость имеет максимум при некотором числе $s+d$ -электронов.

Для получения максимального значения среднего атомного магнитного момента необходимо вводить такие компоненты и в таком количестве в Ni_3Fe , чтобы среднее количество $s+d$ -электронов находилось в пределах $9,25 < n_{s+d} < 9,375$.

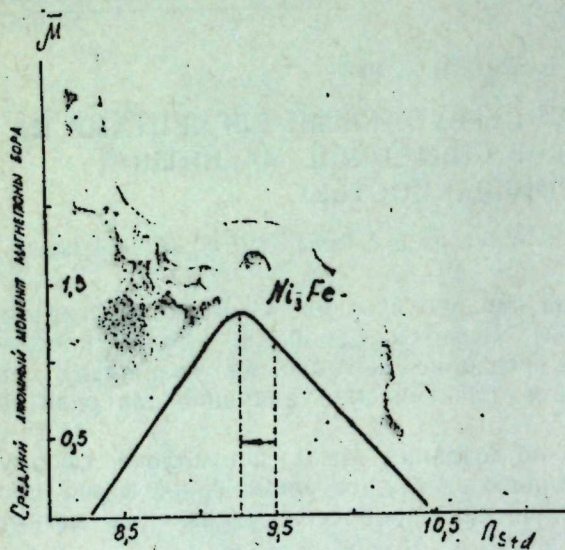


Рис. 1. Зависимость атомных магнитных моментов пермаллоев от среднего числа $s+d$ -электронов.

Реализация этого принципа для трехкомпонентных пермаллоев показана на рис. 2. По сторонам треугольника отложено содержание железа в атомных %, а по двум остальным $Ni - \sum (n_{s+d}(i) - 1)$ ат. % элемента i и $\sum n_{s+d}(i)$ ат. % эл. (i), область пермаллоев, соответствующая выполнению неравенства $9,25 < n_{s+d} < 9,375$ на рисунке заштрихована.

Как видно из рис. 2, экспериментальные точки, соответствующие различным известным пермаллоям, также попадают в предсказанную область. Отсюда следует, что при выборе легирующих элементов можно пользоваться данным принципом выбора легирующих компонентов. Причем более целесообразно вводить элементы V группы периодической системы, чем шестой и седьмой групп. Данный вывод согласуется с результатами работ [4, 6], где показано, что пермаллоиды с Nb, Ta имеют более высокую магнитную проницаемость, чем с добавками Mo и W.

При получении пермаллоев, состоящих из 4-х компонентов типа $Ni_3(Fe_{1-x-y}Me_x(V)Me_y(VI))$ сформулированное выше правило дает следующее эмпирическое выражение для соотношений между легирующими компонентами

$$y \approx 0,25 - 1,5x, \quad (1)$$

где x и y взяты в виде атомной доли. Для пермаллоев, состоящих из трех компонентов, описываемых формулой $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x(V))$ согласно выведенному принципу оптимальное содержание легирующего

элемента составляет $3 \div 15$ ат. %. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами работ [3, 12] для ниобиевого и титанового пермаллоев, а также с работами [7 ÷ 9].

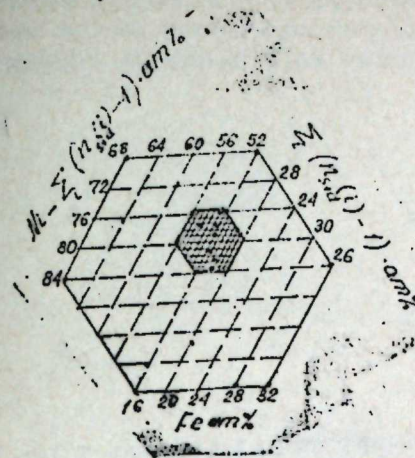


Рис. 2. Трехкомпонентная диаграмма для определения оптимального легирования пермаллоя. Заштрихованная область получена из неравенства $9,25 < n_{s+d} < 9,375$.

Физическая сущность установленного принципа состоит в том, что примеси переходных металлов, изменяя z -проекции атомных моментов матрицы, как это следует из конфигурационной модели вещества [10], существенно влияют на магнитную проницаемость пермаллоя.

2. Разработка современных технических пермаллоев с особо высокой начальной и максимальной магнитной проницаемостью заключается в одновременном снижении их удельной электропроводности, что обеспечивает снижение магнитных потерь при перемагничивании. Легирование пермаллоя элементами переходных металлов позволяет скомпенсировать уменьшение электросопротивления, возникающего в результате упорядочения интерметаллида Ni_3Fe . Удобным принципом создания перспективных материалов является аномальный эффект электропроводности пермаллоев [11].

Зависимость температурного коэффициента электросопротивления от концентрации показана на рис. 3. Как видно из этого рисунка, легирование пермаллоя снижает температурный коэффициент электросопротивления, а в ряде случаев температурный коэффициент электросопротивления становится отрицательным.

Природа аномального эффекта электросопротивления определяется зонной структурой интерметаллида Ni_3V , введенными примесями атомами, а также в результате установления ближнего порядка [12].

Принцип управления электрическими свойствами пермаллоя заключается в использовании оптимальной структуры ближнего порядка, позволяющего снизить электропроводность. Зависимость удельного электросопротивления от концентрации $s+d$ -электронов определяется по формуле:

$$\rho = m [e^2 n_{s+d}(i)]^{-1}, \quad (2)$$

где e, m — заряд и масса электрона, соответственно, τ — время релаксации, $n_{s+d}(i)$ — концентрация $s+d$ -электронов. Электросопротивление ρ мало изменяется при $n_{s+d}(i) = \text{const}$. Следовательно, управлять ρ можно при создании ближнего упорядоченного электросопротивлением возможно при создании ближнего упорядо-

чения пермаллоя. Физическая сущность рассеяния электронов в пермаллоях с ближним упорядочением атомов заключается в том, что в условиях ближнего порядка происходит дифракция электронов на

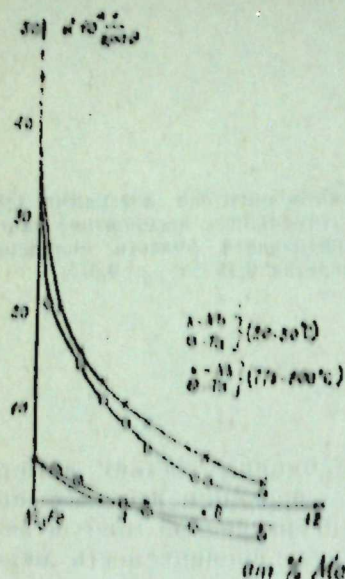


Рис. 3. Концентрационная зависимость температурного коэффициента электропроводности для пермаллоев $Ni_2(Fe_{1-x}Me_x)$ $Me = Nb, Ta$.

модулированной структуре. Рассеяние электронов на структурах с ближним порядком возникает, когда элемент структуры близок к длине волны электронов проводимости, равной $\sim$ около четырех межплоскостных расстояний кристаллографической ячейки Ni_2O . Согласно зонной теории твердого тела такой эффект должен возникать в интерметаллидах типа $Ni_2(1-x)Me_x$ за счет перехода электронов из s в d -зону. Это явление наблюдается и при образовании антифизных доменов. При прохождении электронов через антифазную границу должна заметно изменяться фаза и электронная волна.

В общем случае ближний порядок может как увеличивать, так и уменьшать электропроводность в зависимости от конкретной структуры ближнего порядка.

Характер ближнего порядка в пермаллоях существенно зависит не только от их легирования, но и от правильно подобранного режима термической обработки.

Магнитные и электрические свойства пермаллоев высоко чувствительны к режимам термической обработки. Для сплавов с максимальной магнитной проницаемостью характерно однофазное состояние твердого раствора с высокой степенью упорядоченности. Термический цикл обработки, позволяющий получить высокие значения магнитной проницаемости, состоит в закалке и последующем отпуске. Если отпуск осуществляется ниже точки Кюри, то необходимо получение определенной величины степени дальнего порядка, обеспечивающего сохранение высокого уровня начальной магнитной проницаемости. Оптимальный режим отпуска пермаллоев, позволяющий получить высокий уровень комплекса магнитных и электрических свойств, показан на рис. 3.

При правильно подобранном режиме пермаллой обладает не только высокими магнитными проницаемостями, но и достаточно высоким удельным электросопротивлением. Для каждого класса сплавов можно определить соответствующий оптимальный режим термической обработки. При этом, общим принципом для пермаллоев с

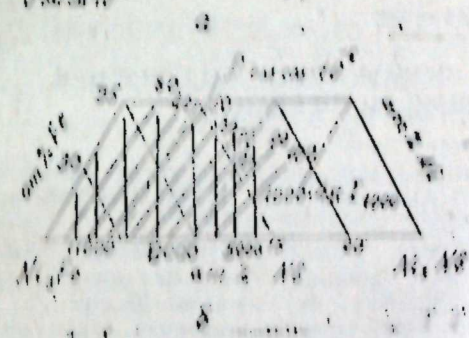
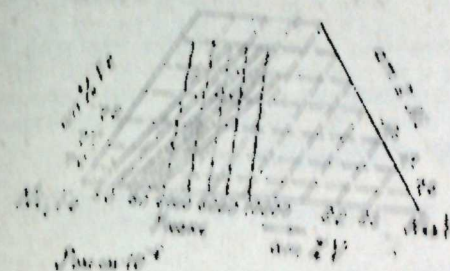


Рис. 4. Зависимости магнитных и электрических свойств палладиевого (а) и никелевого (б) пермаллоев после термической обработки.

высокими значениями магнитной проницаемости является формирование на стадии термической обработки модулированной структуры, состоящей из ферромагнитной матрицы, когерентно соединенной с ней неферромагнитными комплексами типа Ni_2Me , где Me — легирующий элемент, и представляющими образования ближнего порядка.

При оптимально подобранном режиме термической обработки для большой группы сплавов формируются высокие магнитные характеристики. Как видно из рис. 4, в случае правильно подобранного режима термической обработки градиент магнитной проницаемости совпадает с направлением квазибинарного разреза в соответствующей системе.

В заключение следует отметить, что важным параметром термической обработки является правильно подобранная скорость охлаждения по окончании отпуска. Как правило, оптимальная скорость охлаждения составляет 600 ± 1000 град/ч.

Литература

1. XV Всесоюзный конф. по физике магнитных явлений. Тез. докл. 4, 1-4 IV 1981. 2. Пузырь П. М., Гоманиско В. П. В сб. «Проведение магнетизма». Изд-во «Наука», М., 1979. 3. Панахов Т. М. Взаимодействие до, до, до переходов металлами на поверхности сплава Ni_2Fe . Тез. докл. XV Всесоюзный конф. по физике магнитных явлений, с 1981-1981, 1981. 4. Миттадам I. J. Dependence of High Speed Magnetic Permeability on Crystal Magnetic Anisotropy. Trans. AIME, 10, p. 331-337. 5. Cheesin H., Arafats B., Goltyn R. Paramagnetic Susceptibility, Electrical Resistivity and Lattice Parameters of Nickel Rich Nickel-Tantalum Alloys. J. Appl. Phys., 45, 2419, 2420, 1981. 6. Arafats B., Cheesin H., Goltyn R. Magnetic Susceptibility,

Electric Resistivity and Lattice Parameters of Nickel Molybdenum Solid Solutions. Phys. Stat. Solidi., 7, p 1009—1014, 1964. 7. Masumoto H., Murakami J., Hinaï M. Effect-High Temperature Heat Treatment on Properties of Hardperm. In Ni—Fe—Ta System. Trans. JIM, 16, p. 49—53, 1975. 8. Masumoto H., Hinaï M., Murakami J. High permeability alloys. Hardperm. In Ni—Fe—Ta—Cr System. Trans. JIM, 17, p. 339—343, 1976. 9. Masumoto H., Murakami J., Hinaï M. Magnetic Properties of High Permeability Alloys. Hardperm. In Ni—Fe—Nb System. Trans. JIM, 15, p. 260—264, 1974. 10. Самсонов Г. В. и др. Конфигурационная модель вещества. "Наукова думка", 1974. 11. Коломиец И. Д., Смирнов А. А. Теория электросопротивления сплавов с периодически изменяющимся составом и степенью дальнего порядка. "Физика металлов и металловедение", 15, стр. 321—326, 1963. 12. Панахов Т. М., Гусейнов Ф. С. Магнитный момент и кинетические свойства сплавов никеля с переходными элементами. Сб. "Физика магнитных материалов", 43—49, 1980. Изд-во Калининского гос. университета.

Азербайджанский инженерно-строительный институт

Т. М. Панахов

ЈУКСӘК МАГНИТ НУФУЗЛУГЛУ ӘРИНТИЛӘРИН ХАССӘЛӘРИНӘ КЕЧИД ЕЛЕМЕНТЛӘРИН ТӘСИРИ

Һәрк чисмаларин конфигурација моделинә әсасән пермаллоја кечид элементларинин тәсиринин елә оптималь үсулу тәклиф едилмишдир ки, атомда s+d электронларин орта сајы n_{s+d} $9,25 < n_{s+d} < 9,375$ барабәрсизлијини өдәсин.

Үч компонентли $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x)$ әринтисиндә, пермаллој үчүн тәклиф едилмиш үсула әсасән. Ме-ин јеринә элементларин доврү системиндә бешинчи группа јерләшмиш элементларин 3—8% ат. концентрациясыны көтүрмәк мәгсәдәүјүндүр.

Јахын низамлыгыни модуллашмыш гурулушуну јаратмаг мәгсәдилә пермаллојун електрик мугавимәгини тәнизим едән үсул тәклиф едилмишдир.

Пермаллојда јүксәк магнит нуфузлуғун алынмасыны тәмин едән термик с-малын әсас параметрләрини тәјин едилмишдир.

Т. М. Panakhov

INFLUENCE OF TRANSITION-METAL DOPING ON THE PROPERTIES OF HIGH-MAGNETIC-PERMEABILITY ALLOYS

Basing on the solid-state configurational model a new choice technique for permalloy optimum doping is proposed referring to the fact that mean s+d amount of electrons per atom n_{s+d} must satisfy the inequality of $9.25 < n_{s+d} < 9.375$.

In accordance with the technique it would be proper to use Me of the V-th group with concentration of 3—8 at. % for permalloys consisting of three components, $Ni_3(Fe_{1-x}Me_x)$.

For four-component permalloy, $Ni_4[Fe_{1-x-y}Me_x(V)Me_y(VI)]$, where $Me_x(V)$, $Me_y(VI)$ are the elements of the V-th and the VI-th group, optimum doping conditions are given by the equation $y=0.25-1.5x$, where x and y are expressed in at. %.

A technique allowing to control permalloy electrical resistance by means of modulated short-range structure is proposed. Basic parameters of permalloy heat treatment providing its high magnetic permeability are determined.

АЗӘРБАЈҖАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘРҖЗӘЛӘРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XXXIX ЧИЛД

№ 10

1983

УДК. 533.9:523.74

ФИЗИКА ПЛАЗМ

М. Б. КЕРИМБЕКОВ, К. В. МАНУЙЛОВ

О ВОЛНАХ В ФОТОСФЕРЕ СОЛНЦА I

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

Для объяснения наблюдаемых времен диффузии магнитного поля ($T_D \approx \mu$) на Солнце Я. Б. Зельдович [1] полагает, что магнитная проницаемость μ_{eff} в конвективной зоне во много раз меньше 1; μ для фотосферы принимается равной 1. Можно положить, что существует градиент $\nabla \mu$ в переходном слое: конвективная зона—фотосфера. С другой стороны, неравенством $\nabla \mu \neq 0$ можно объяснить существование капиллярно-гравитационных волн на Солнце [2], "цепочек" гранул (термин введен В. А. Кратом) и кластеров.

Далее согласно [3], фотосферные явления носят, как правило, нелинейный характер и в них могут происходить фазовые переходы [4], вызывающие как уменьшение μ , так и увеличение до значений $\mu \gg 1$. Известно, что значения диэлектрической постоянной и магнитной проницаемости зависят от частоты электромагнитной волны ω , плотности вещества ρ [5] и геометрической конфигурации зарядов [6, 7, 8]. На последнее обстоятельство (т. е., на геометрический фактор) не обращали должного внимания. Остановимся на этом вопросе более подробно. При инвариантном подходе [8] динамика заряженных взаимодействующих частиц описывается двумя типами дифференциальных уравнений, имеющих своим решением функцию $w = u + iv$; u —действительная часть, определяющая геометрию силовых линий и полей, v —мнимая часть, определяющая геометрию эквипотенциальных поверхностей—поле скоростей. Таким образом, функция w определяет и геометрию расположения зарядов (источников поля) в целом.

Первый тип уравнения—уравнения Лапласа:

$$\begin{cases} \Delta u = 0 & (a) \\ \Delta v = 0 & (b) \end{cases} \quad (1)$$

Второй тип—уравнения Пуассона—(диффузия):

$$\begin{cases} \Delta u = \frac{\partial u}{\partial \tau} & (a) \\ \Delta v = \frac{\partial v}{\partial \tau} & (b) \end{cases} \quad (2)$$

Уравнение (2) (a) определяет существование источников поля (зарядов), то есть эквивалентно уравнению Максвелла [9]:

$$\text{Div } D = 4\pi\rho$$

Уравнение (2) (b) определяет существование вихреисточников, то есть источников магнитного поля [10].

Такова физическая картина динамики в солнечных условиях, но для интегрируемости дифференциальных уравнений необходимо, чтобы функции u и v удовлетворяли двум системам первого порядка [11]

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4')$$

следствием которых является система (1), но не система (2). Далее имеем:

$$\begin{aligned} \Delta u &= \operatorname{div} E = 4\pi\rho_{\text{зар}} = 4\pi(Q^+ + \rho^-) = 0 \quad (a) \\ \Delta v &= 4\pi\rho_{\text{маг}} = 4\pi(\rho_m^+ + \rho_m^-) = 0 \quad (b) \end{aligned} \quad (5)$$

где ρ^+ , ρ^- — плотности зарядов разных знаков,

ρ_m^+ и ρ_m^- — противоположно направленные вихреисточники.

В связи с этим необходимо предположить симметричное исходное расположение зарядов разных знаков, то есть воспользоваться теорией Ампера [6], позволяющей привести уравнения (2) к уравнениям (1).

Пусть скорость изменения поля равна:

$$-c \cdot \operatorname{rot} E = \frac{\partial B}{\partial t} = \operatorname{rot} [V^i B] - \Lambda^i \cdot \Delta B \quad (6)$$

Складывая правую часть (5) (a) с выражением для $c \operatorname{rot} E$, написанным для обратного направления скоростей V^i , получим (ср. 5 (a) и (b)):

$$\Lambda^i + \Lambda^i = 0, \quad (7)$$

где $\Lambda = \frac{1}{\mu\sigma}$. Пусть электропроводность σ меняется как

$$\sigma \approx 7^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Перепады температур гранула фон и фон — пятно в $\Delta T = 10^3$ град при соответствующих перепадах плотностей приводят к изменениям значений μ от $\mu \ll 1$ до $\mu \approx 2$. Как показано в работе [12], слабые магнитные жидкости обладают подобной магнитной проницаемостью. Используем это обстоятельство для проведения аналогии между волновыми процессами в плазме и магнитной жидкости. Это позволяет учесть изменения в плазме, обусловленные предполагаемой зависимостью:

$$\mu_m = f(\alpha, H^2), \quad (9)$$

α — структурные свойства плазмы.

Отметим здесь следующее. При выводе формул для МГД-волн [3] в уравнениях пренебрегают силами типа:

$$f_k = \frac{1}{2} H^2 \cdot \nabla \mu \quad (10)$$

Далее в литературе [13] вопрос изменения магнитострикционных сил:

$$1) \frac{1}{2} H^2 \cdot \nabla \mu, \quad 2) \mu H \nabla H$$

со временем не рассматривается. Однако эти силы при существующих градиентах $\nabla \equiv \frac{1}{\lambda_{\text{min}}}$ превышают силы Лоренца для плотности

тока $j_{\text{ср}} = 10^4 \frac{\text{а}}{\text{км}}$ и $H = 10^3$ гс ($j_{\text{ср}}$ берется из данных Кр. А. О.).

Несколько слов о свойствах, связанных с этими силами „капиллярных волн“. В работе [2] говорилось о возможности проявления свойств капиллярных волн на Солнце. Покажем насколько эти волны отличаются от гидромагнитных и МГД-волн (при некотором подобии между ними). Будем рассматривать отдельные гранулы как нестолкивающиеся частицы в „магнитной жидкости“. Свойства гранул как частиц будем характеризовать параметром α (α меняется от одной гранулы к другой).

Известно [12], что силы, действующие в среде, можно свести к силам натяжения, используя симметричный тензор T .

Например, для случая [12]:

$$\begin{aligned} \mu &= f(\alpha, H^2), \\ T_{ij} &= \mu H_i H_j - \delta_{ij} W' \quad i, j = 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (11)$$

С другой стороны, выражения для сил можно получить из закона сохранения энергии, полагая, что изменения энергии магнитного поля связаны с затратой энергии на перемещение частиц на $\delta\alpha$. Это условие можно написать в следующем виде:

$$\int_V [\delta W' - F \delta\alpha] \cdot dV = 0, \quad (12)$$

где $\delta W'$ — вариация плотности магнитной энергии, соответствующая возмущениям параметров α .

Следуя [12], можно написать:

$$W' = \int_0^{H^2} \frac{1}{2} \mu(\alpha, H^2) \delta H^2; \quad (13)$$

Из этого следует:

$$\int_V \delta W' \cdot dV = \int_V \frac{\partial W'}{\partial \alpha} \cdot \delta\alpha \cdot dV \quad (14)$$

Так как α — свойство, приписываемое частицам „жидкости“ (ср. 4 и 5), то мы имеем изменения этих свойств при виртуальном перемещении $\delta\alpha$:

$$\delta\alpha = -\delta\xi \cdot \nabla \alpha \quad (15)$$

Ввиду двух последних равенств уравнение закона сохранения энергии может быть переписано в следующем виде:

$$\int_V \left[-\frac{\partial W'}{\partial \alpha} \cdot \nabla \alpha - F \right] \delta\xi \cdot dV = 0 \quad (16)$$

Это уравнение сводится к выражению

$$\vec{F} = \frac{\partial W'}{\partial \alpha} \vec{\nabla} \alpha \quad (17)$$

Отсюда видно, что направление вектора $\vec{F}$, определяется градиентом $\vec{\nabla} \alpha$.

В случае однородной жидкости $\vec{\nabla} \alpha = 0$ повсюду за исключением поверхности. Далее:

$$F = \nabla T_{ij} \quad (18)$$

В работе [2] получены характеристики волнового процесса, вызванного этой силой F при меняющемся μ . Таким образом, в отличие от гидромагнитных волн "капиллярные" волны существенно зависят от свойств среды μ и градиентов μ .

Литература

1. Вайнштейн С. И., Зельдович Я. Б. УФН, 106, 431—444, 1972.
2. Керимбеков М. Б. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, № 2, стр. 3—13, 1979.
3. Крат В. А. Изв. высших учебных заведений. "Радиофизика", т. XX. Изд-во Горьковск. ун-та, стр. 5—6, 1977.
4. Synergetics. A workshop/ed. H. Haken. Proceedings of the International Workshop on Synergetics at Schloss Elmau Bavaria Mag. 2—7, Berlin, Heidelberg, New-York, 1977.
5. Stratton J. A. "Electromagnetic theory", New York, Mc Graw Hill, 1941.
6. Ampere A. M. "Memoires sur l'Electromagnetisme et l'Electrodynamique", Paris, Gauthier, Villars, 1821.
7. W. Weber. "Electrodynamische Maassbestimmungen", Leipzig, Wiedman, 1846.
8. Мануйлов К. В. Сб. "Развитие методов астрономических исследований". М.—Л. с. 300—325, 1950.
9. Франк Ф. Мизес. Дифференциальные и интегральные уравнения математической физики. ОНТИ. Л.—М., 1937.
10. Конпенфельд В., Штальман Ф. Практика конформных отображений. ИЛ, 1963.
11. Шабат Б. В. Введение в комплексный анализ. "Наука", М., 1969.
12. Шлиомис М. И., т. 112, вып. 3, УФН, 1974.
13. Левич В. Г. "Курс теоретической физики", т. 1. Изд-во "Наука", М., 1969.

ШАО

Поступило 23. XII 1981

М. Б. Керимбеков, К. В. Мануйлов

КҮНЭШ ФОТОСФЕРИНДӘ ДАЛҒАЛАР ҲАҒҒЫНДА

Мүәллифләр фәз едирләр ки, Күнәш атмосфериндә эффектив магнит нүфузлук μ , јүкләрин һәндәси конфигурасиясындан асылы олараг дәјишир иә $\mu_{ef} \gg 1$ и мәтәләрини ала билір $\mu \neq 0$ градиентинин мөвҷудлуғу Күнәш фотосфериндә магнит мәјәләрдәкинә охшар процессләрин әмәл кәлмәсинә сәбәб олур.

M. B. Kerimbekov, K. V. Manuilov

ABOUT THE WAVES IN THE SOLAR PHOTOSPHERE I

For the explanation the observation's time ($T_d \approx \mu$) on the sun Ya. B. Zeldovitch [1] supposed that the magnetic permeability μ in the convection zone was much less than the unity; but for the photosphere it is adopted as unity. Thus, we may suppose the existence of the grad μ in the transient layer: the convection zone—the photosphere.

An attempt is made to explain the existence of "capillary-gravitational" waves on the sun due to the grad μ .

According to V. A. Kрат photosphere's phenomena usually have nonlinear character; there are, may be, phase changing in these phenomena [3], connected with increasing of the μ .

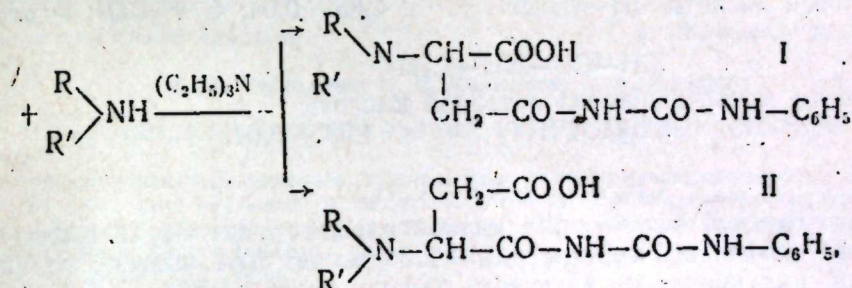
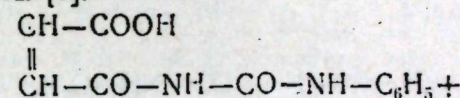
It is known that the values of the μ depend on the wave frequency ω , the density of the matter ρ [5] and the geometrical configuration of the charges [6]. However in the present literature not much attention was paid to the latter fact (i. e. geometrical configuration). We considered this fact in detail and obtained new formula for the coefficient of the magnetic diffusion.

Г. А. ЗЕЙНАЛОВА, Н. С. КЯЗИМОВА, Э. А. НАГИЕВА

СИНТЕЗ α -АМИНО-N-ФЕНИЛУРЕИДОЯНТАРНЫХ КИСЛОТ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР И. М. Оруджевой)

В настоящей работе впервые осуществлен синтез азотсодержащих производных N-фенилкарбамилмалеуровой кислоты реакцией присоединения различных аминов по двойной связи N-фенилкарбамилмалеуровой кислоты [1]:



где $\text{R}-\text{C}_4\text{H}_9$, $\text{HOCH}_2-\text{CH}_2-$, $\text{R}'-\text{H}$

R и R' —пиперидил, морфолил $(\text{C}_4\text{H}_9)_2$.

Реакцию проводили в присутствии эквивалентного количества триэтиламина в среде этилового спирта.

Как видно из строения исходного монофенилкарбамиламида малеиновой кислоты, двойная связь находится между двумя заместителями (COOH и $\text{CO}-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_5$), активирующее влияние которых примерно одинаково, но противоположно направлено.

Это обстоятельство предполагает равную вероятность присоединения нуклеофильных реагентов как по α -, так и по β -углеродному атому (по отношению к свободной карбоксильной группе) с образованием двух продуктов—I и II.

Ответ на вопрос о положении остатка аминов в молекуле не дают ни спектральный метод анализа, ни данные ПМР-спектроскопии, поскольку в молекулах веществ I и II практически нет заметно отличающихся по электронному окружению атомов водорода (протонов). Только исследования кислотно-основных свойств целевых и исходных продуктов реакции позволили по численным значениям констант ионизации (pK_a) отличить α -аминокислоты от других изомеров [2,3].

Монофенилкарбамиламиды янтарной кислоты содержат аминную и кислотную карбоксильную группы, величины констант ионизации

pKa которых вследствие взаимного индукционного влияния должны зависеть от их положения в молекуле.

Кисотно-основные свойства I изучали методом потенциометрического титрования 0,01 M раствора аминокислоты I M растворами соляной кислоты и едкого кали на приборе pH-121 со стеклянным и каломельным электродами [4]. Приведенные в работе численные значения pKa вычислены из данных не менее 5 опытов. Ошибка определения pKa в пределах $\pm 0,03 \pm 0,04$.

Потенциометрическое титрование вели в водных растворах при $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$ в токе гелия.

Величины pKa₁ и pKa₂ вычисляли по приведенной в [4] формуле.

В результате этих опытов установлено, что монофенилкарбамиламид янтарной кислоты (I) (для α -бутиламино-N-фенилуреидоянтарной кислоты) характеризуется одной константой кислотной (pKa = $2,36 \pm 0,04$) и одной константой (pKa₂ = $8,48 \pm 0,04$) основной ионизации.

Величина pKa₁ ионизации карбоксильной группы исходных монофенилкарбамиламида CH-COOH и монофениламида

малениновой кислоты CH-COOH $4,85 \pm 0,04$; $4,79 \pm 0,04$, а соот-

ветственно монофениламида янтарной кислоты CH₂COOH $4,98 \pm 0,04$.

Низкое численное значение pKa₁ карбоксильной группы α -бутиламино-N-фенилуреидоянтарной кислоты (pKa = 2,36) может быть вызвано только сильным индукционным влиянием близко расположенной (у одного и того же атома углерода) аминной группы и однозначно указывает

Физико-химические характеристики α -амино-N-фенилуреидоянтарных кислот.

Физико-химические характеристики α -амино-N-фенилуреидоянтарных кислот.

№ пп.	R	R'	Выход, %	Тпл., °C	Элементный состав					
					Найдено, %			Вычислено, %		
					C	H	N	C	H	N
1	C ₆ H ₅	H	80	187-188	58,60	6,78	13,70	58,63	6,84	13,68
2	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	75	95-96	62,85	8,05	11,70	62,80	7,99	11,57
3	HOCH ₂ C ₂	H	78	184-185	52,42	6,01	14,50	52,88	5,76	14,23
4			75	179-180	59,40	6,61	13,12	60,18	6,58	13,16
5			75	176-177	55,95	5,98	13,01	56,07	5,92	13,08

на то, что вторичная аминогруппа в α -бутиламино-N-фенилуреидоянтарной кислоте находится у α -углеродного атома по отношению к карбоксильной группе (формула I).

Этот вывод хорошо согласуется с литературными данными [5,6], из которых следует, что pKa₁ = 2 и 3-аланина, глицина и уксусной кислоты 2,35 и 3,55, 2,35 и 4,75, а также аспарагина и глутамина 2,07 и 2,17.

Таким образом, потенциометрические исследования кислотно-основных свойств подтверждают, что присоединение аминов к N-фенилкарбамиламиде уксусной кислоты идет в основном по α -углеродному атому по отношению к карбоксильной группе, т. е. с образованием α -амино-N-фенилуреидоянтарных кислот с выходом 75-80%. Физико-химические характеристики их приведены в таблице.

Качественно присоединение аминов по α -углеродному атому подтверждается реакциями с солями меди трехвалентного железа, характерные только для α -аминокислот.

Литература

1. Tawney P. O., Snyder R. H. etc. J. Org. Chem., 25, 56, 1960.
2. Fieser L., Fieser M. Chemia Organiczna, 540-542, 1958.
3. Albert A. J. Biochem., 47, 531-538, 1950.
4. Альберт А. Джергент Е. Константы ионизации кислот и оснований. Изд-во "Химия". М.-Л., 1964.
5. Справочник химика. Изд-во "Химия". М., 3,85. 955-960, 1964.
6. Чичибанин А. Е. Основные начала органической химии, I. Изд-во "Химия". М., 794, 1968.

Институт химии присадок

Поступило 25. III 1981

Г. А. Зеиналова, Н. С. Казымова, Е. А. Нагыева

α -АМИН-N-ФЕНИЛУРЕДКАРАБА ТУРШУЛАРЫНЫН СИНТЕЗИ

α -амин-N-фенилуреидкараба туршулары мухталиф аминларин N-фенилкарбамиламелеру туршусуна бирлешме реаксиясы иле синтез едилиб идентифислашдирилишди. Реаксия триетиламинин иштиракы иле апарылмышдыр. Туршулуг ва эсаслыг хасселаринин потенциалометрик тадгили кестерир ки, аминларин бирлешмеси эсасан α -карбон атому узре кедир.

Г. А. Zeinalova, N. S. Kyazimova, E. A. Nagieva

SYNTHESIS OF α -AMINO-N-PHENYLUREIDOSUCCINIC ACIDS

By addition reaction of various amines to monophenylcarbamyamide of maleic acid in the presence of triethylamine some α -amino-N-phenylureidosuccinic acids were synthesized and identified.

Potentiometric measurements showed that the addition of amines proceeds mainly in α -position towards carboxylic group.

Академик С. Д. МЕХТИЕВ, Ф. З. АБДУЛЛАЕВ, Э. Т. СУЛЕЙМАНОВА,
В. М. ГУСЕЙНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ДЕГИДРИРОВАНИЯ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ ИЗОМЕРОВ МЕТИЛЦИКЛОГЕКСЕНА В СООТВЕТСТВУЮЩИЕ КРЕЗОЛЫ

Крезолы находят широкое применение в качестве полупродуктов в производстве физиологически активных веществ, антисептиков, антиоксидантов.

Несложными химическими превращениями на их основе могут быть получены различные полиэфирные и другие синтетические смолы, душистые вещества, фармацевтические препараты и другие ценные продукты нефтехимического синтеза. Однако области и масштабы применения в значительной мере ограничивает отсутствие эффективных процессов получения их на базе доступного сырья.

Запатентован ряд способов получения крезолов алкилированием, в частности, *о*-метилированием фенолов, преимущественно метанолом, в присутствии различных катализаторов при высоких температурах и давлении (до 300 атм) [1–7].

Эти способы не получили практической реализации из-за сложности технологического оформления, применения малодоступных и токсичных сырья и реагентов.

Одним из доступных методов получения крезолов может служить дегидрирование соответствующих алициклических спиртов.

В литературе описано дегидрирование 4-метилциклогексенола и 3-метилциклогексенола в соответствующие алкилфенолы над катализаторами платина на асбесте и палладий на кизельгуре [8,9].

Известен способ получения алкилфенолов дегидрированием оксидов алкил- или алкенилциклогексенов в присутствии палладия или платины на угле [10]. В частности, показано, что при дегидрировании монооксида 4-винилциклогексена образуются *м*- и *п*-этилфенолы. При этом, помимо основных продуктов, имеет место образование фенола, этилциклогексенона и этилбензола.

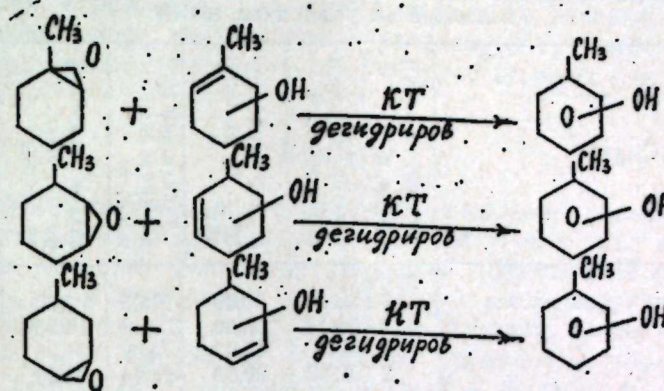
В настоящей работе описаны результаты исследования реакции дегидрирования смеси кислородсодержащих производных метилциклогексенов, состоящей из одноатомных непредельных спиртов и альфа-оксидов изомеров метилциклогексена в соответствующие крезолы.

Дегидрирование указанных соединений осуществляли при атмосферном давлении в реакторе проточного типа, изготовленном из стекла марки „Пирекс“, оснащенном карманом для термометра, механическим дозирующим устройством, обеспечивающим подачу исходного сырья с определенной объемной скоростью, а также охлаждаемым мерником для отбора катализатора.

В качестве катализатора реакции дегидрирования был использован палладий, нанесенный в количестве 5 масс. % на активированный уголь марки АР-3, приготовленный по методу [11].

С целью обеспечения высокой избирательности реакции, дегидрирование проводили в токе водорода, подаваемого со скоростью 5 л/ч.

Результаты исследований показали, что реакции дегидрирования кислородсодержащих производных метилциклогексенов протекают в основном по схеме:



Изомерный состав крезолов, образующихся при дегидрировании кислородсодержащих производных изомеров метилциклогексена, установлен методом ГЖХ-анализа.

Как показали результаты проведенных экспериментов (табл. 1, 2).

Таблица 1

Результаты опытов по дегидрированию оксидов 1-, 3- и 4-метилциклогексена при различных температурах (катализатор—палладий на угле, объемная скорость подачи сырья 4 ч⁻¹)

Сырье	Т-ра, °С	Конверсия оксидов, масс. %	Выход крезолов, масс. % на взятый оксид	Селективность по крезолу, масс. %	Выход углеводородов на оксид, масс. %	Остаток, масс. %	Потери, масс. %
Оксидат 1-метилциклогексена	420	83,10	65,20	78,47	15,60	2,30	1,23
	410	80,03	68,40	85,46	9,43	2,20	1,25
	400	76,17	69,64	91,42	4,53	2,00	2,45
	380	65,52	59,42	90,68	4,10	2,00	2,12
	360	49,98	44,43	90,71	2,62	1,93	2,00
Оксидат 3-метилциклогексена	420	67,55	35,70	52,85	29,40	2,45	2,05
	410	63,80	38,15	57,79	23,45	2,20	2,10
	400	60,65	40,33	66,49	18,32	2,00	2,00
	380	49,65	31,40	63,24	16,20	2,05	1,93
	360	32,70	20,50	62,69	10,30	1,90	1,80
Оксидат 4-метилциклогексена	420	80,50	64,20	79,75	14,40	1,90	1,50
	410	77,78	67,40	86,65	8,60	1,78	1,30
	400	75,05	68,70	91,53	4,50	1,85	2,30
	380	61,90	56,60	91,43	3,30	2,00	2,12
	360	44,55	40,70	91,35	2,40	1,45	2,00

при дегидрировании оксидата 1- и 4-метилциклогексена основным продуктом реакции является *o*-крезол (65,7 и 64,9%, соответственно), а дегидрирование оксидата 3-метилциклогексена приводит к образованию, в основном, *m*-крезола и выход крезолов в этом случае не превышает 43,2 масс. % на пропущенное сырье. В последнем случае

Таблица 2

Результаты опытов по дегидрированию оксидатов 1-, 3- и 4-метилциклогексена при различных объемных скоростях подачи сырья (катализатор — палладий на угле, t -ра 400°C)

Сырье	Об. ск. подачи сырья, г ⁻¹	Конверсия оксидата, масс. %	Выход крезолов, масс. % на оксидат	Селективность по крезолам, масс. %	Выход углеводородов, масс. % на оксидат	Остаток, масс. %	Потери, масс. %
Оксидат 1-метилциклогексена	5	55,00	50,30	91,45	3,00	1,70	2,05
	4	76,17	69,64	95,42	4,53	2,00	2,45
	3	79,16	45,93	58,02	31,38	1,85	2,10
	2	82,33	20,53	24,94	60,30	1,50	2,20
Оксидат 3-метилциклогексена	5	39,71	25,92	65,27	12,30	1,49	2,05
	4	60,65	40,33	66,49	18,32	2,00	2,00
	3	59,75	18,44	30,86	39,26	2,05	1,96
	2	58,83	8,42	14,31	48,16	2,25	2,45
Оксидат 4-метилциклогексена	5	54,41	48,92	89,90	3,46	2,03	2,19
	4	75,05	68,70	91,53	4,50	1,85	2,30
	3	80,38	43,96	54,69	34,40	2,02	1,96
	2	81,61	18,34	22,44	61,42	1,85	2,01

в катализате увеличивается содержание вторичных продуктов реакции — толуола и бензола (до 18,3 масс. %), тогда как выход их в случае дегидрирования оксидата 1- и 4-метилциклогексена не превышает 4,5 масс. % на пропущенное сырье. Это объясняется тем, что в случае оксидата 3-метилциклогексена, параллельно с реакцией дегидрирования, происходит отщепление метильных и гидроксильных групп.

Из табл. 1 и 2 следует, что повышение температуры выше 400°C и уменьшение объемной скорости подачи сырья ниже 4 ч⁻¹ приводит к снижению выхода целевого продукта и увеличению выхода вторичных продуктов реакции. Повидимому, эти условия содействуют протеканию побочных реакций — дегидрирования и деметилирования.

Однако температура ниже 400°C и объемная скорость подачи сырья выше 4 ч⁻¹ способствуют уменьшению выхода целевого продукта.

Таким образом, исследованием влияния различных параметров на выход и состав продуктов реакции показано, что наиболее благоприятными условиями проведения дегидрирования оксидата изомеров метилциклогексена являются: t 400°C, объемная скорость подачи сырья 4 ч⁻¹.

При найденных оптимальных условиях конверсия оксидатов 1-, 3-, 4-

метилциклогексенов достигает 76,2; 60,6; 75,1 масс. %, а выход крезолов — 69,6; 40,3; 68,7 масс. % на пропущенное сырье, соответственно.

Таким образом, разработанные условия дегидрирования оксидатов изомеров метилциклогексенов могут быть рекомендованы в качестве удобного метода получения изомерных крезолов на базе углеводородного нефтехимического сырья с высокими выходами.

Метод отличается малостадийностью, простотой технологического оформления, высокими конверсией сырья и селективностью превращения его в желаемые продукты, применением доступных и малотоксичных сырья и реагентов, простотой выделения целевых продуктов из реакционной смеси, отсутствием не утилизируемых побочных продуктов, загрязняющих биосферу, в том числе сточных вод.

Выводы

1. Исследована реакция дегидрирования оксидата изомеров метилциклогексена над катализатором палладий на угле в токе водорода и разработаны условия, благоприятствующие образованию с высокими выходами *o*-, *m*- и *p*-крезолов.

2. Установлено, что дегидрирование оксидата изомеров метилциклогексена при описанных условиях приводит к образованию в качестве побочных продуктов — толуола и бензола в количестве до 18 масс. % в случае оксидата 3-метилциклогексена и 4,5 масс. % в случае 1- и 4-метилциклогексенов за счет отщепления метильной и гидроксильной групп.

Литература

1. Пат. США № 3751488, РЖХ, № 10, Н114П, 1974 г. 2. Пат. ФРГ № 1297110, РЖХ, № 3, Н146П, 1971. 3. Япон. пат. № 48—19301, РЖХ, № 11, Н99П, 1974 г. 4. Англ. пат. № 1253543, РЖХ, № 8, Н140П, 1972 г. 5. Пат. США № 3867466, РЖХ, № 22, Н161П, 1975 г. 6. Япон. пат. № 51—11100, РЖХ, № 4, Н149П, 1976. 7. О возможности получения синтетических *o*-крезолов и 2,6-ксиленолов в коксохимии. „Кокс и химия“, № 9, стр. 38—41, 1972. 8. Англ. пат. № 1188827, кл. СО7с 39/06, опубл. 1970 г. 9. Швейц. пат. № 317679, кл. СО7с 39/06, опубл. 1972 г. 10. Пат. США № 3898289, кл. СО7с 37/00, 1975 г. 11. Добросердова Н. Б., Анисимов А. В. Практикум по нефтехимическому синтезу. Изд-во МГУ, стр. 8, 1981.

Институт нефтехимических процессов
им. Ю. Г. Маamedaieva

Поступило 29. VI 1982

С. Ч. Мехдијев, Ф. З. Абдуллајев, Е. Т. Сүлейманова, В. М. Хүсейнов

МЕТИЛТСИКЛОГЕКСЕНИН ИЗОМЕРЛЭРИНИН ОКСИКЕНЛИ ТӨРЭМЭЛЭРИНИН УЉГУН КРЕЗОЛЛАРА ДЕГИДРОКЕНЛЭШМЭСИ РЕАКСИЈАСЫНЫН ТЭДГИГИ

Метилтсиклогексенин изомерлэринин оксикенли төрэмэлэринин гидроген ишти-ракы илэ көмүр үзэринэ чөкдүрүлмүш палладий катализатору үзэриндэ 360-410°C температурда өз хаммалын 2-5 саат⁻¹ һечми сүрәти илэ деидрокенлэшмәси реаксиясы тәдгиг едилмишдир.

Мүөҗән едилмишдир ки, метилтсиклогексенин изомерлэринин оксикенли бирлэш-мэлэринин деидрокенлэшмәси заманы крезоллардан эләвә толуол өз бензол да әмә-лә кәлир.

STUDY OF DEHYDROGENATION REACTION OF OXYGEN-CONTAINING
DERIVATIVES OF METHYLCYCLOHEXENE ISOMERS INTO
CORRESPONDING CRESOLS

Dehydrogenation reaction of oxygen-containing derivatives of methylcyclohexene isomers in hydrogen flow over coal-supported Pd-catalyst at temperature within the range 360–410°C and rate of volume flow 2–5 hour⁻¹ with corresponding cresols formation is investigated.

It was established that on dehydrogenation of methylcyclohexene oxidate isomers secondary products—toluene and benzene—were formed besides cresols.

УДК 541.13; 621.923.76

ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Ф. Г. БАЙРАМОВ, чл.-корр. АН Азерб. ССР Б. Г. ЗЕЙНАЛОВ,
П. М. КЕРИМОВ, З. Р. АБДУЛЛАЕВА

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ

Электролитическое полирование—процесс анодного растворения металлов, в результате которого возникает блеск и улучшается микрогеометрия поверхности.

Ценность электролитического полирования не ограничивается лишь получением блестящих поверхностей металлов, оно оказывает благоприятное влияние на многие физико-химические и коррозионные свойства металлов. В отличие от механических способов обработки электрохимическое полирование позволяет повысить класс чистоты и удалить некондиционный поверхностный слой металла, не прибегая к какой-либо деформации [1, 2].

В настоящее время наибольшее применение получили трехкомпонентные фосфорносернохромовокислые и щелочные фосфатные электролиты [3].

Несмотря на то, что электрополирование алюминия уже давно применяется в производственной практике, оно еще нуждается в дальнейшей разработке более усовершенствованных технологических процессов с применением органических добавок [4].

Нами было исследовано влияние различных факторов (анодная плотность тока, состав электролита, концентрация компонентов, продолжительность процесса, температура и т. д.) на характер и блеск электрополированного алюминия.

Процесс проводился в лабораторных условиях в стеклянных ваннах емкостью 0,5 л. Анодами служили алюминиевые пластины марки АДОМ. В качестве катодов применялись свинцовые пластины.

Блеск электрополированной поверхности измерялся с помощью блескомера ФБ-2 (100%-ный блеск соответствует отражательной способности серебряного зеркала).

В табл. 1 показано влияние концентрации добавки ОА-1 на характер и блеск электрополированного алюминия.

Как видно из табл. 1, увеличение концентрации ОА-1 от 0,5 до 2,5 г/л сначала приводит к образованию блестящей поверхности, а дальнейшее увеличение добавки до 5 г/л—к зеркально-блестящей.

Установлено, что введение в электролит органической добавки ОА-1 в количестве 1,5–5 г/л приводит к сглаживанию микрошероховатостей, предотвращает травление анода и алюминий приобретает зеркально-блестящую поверхность.

Температура электролита оказывает существенное влияние на качество электрополированного алюминия. В табл. 2 приведены дан-

ные по влиянию температуры на блеск электрополированного алюминия.

Для каждой системы металл—электролит имеется строго определенный интервал оптимальных температур. Понижение темпера-

Таблица 1

Влияние концентрации добавки ОА-1 на блеск электрополированного алюминия,
 $i_a = 20 \text{ а/дм}^2$, $t = 60-80^\circ\text{C}$, $\tau = 10 \text{ мин}$

Состав электролита, г/л	Концентрация добавки, ОА-1	Напряжение на ванне, В	Блеск, %
H_3PO_4 —750	0,5	9—10	81
H_2SO_4 —375	1,0	7—8	82
CrO_3 —65	1,5	7—8	83
	2,0	6—8	86
	2,5	5—10	91
	3,0	7—11	92
	3,5	9—11	95
	5,0	9—12	92
	7,5	6,5—14	92
	10	10—16	91

туры увеличивает вязкость электролита и затрудняет диффузию продуктов анодного растворения от поверхности металла в общую массу электролита и свежего электролита к аноду. Из табл. 2 видно, что

Таблица 2

Влияние температуры на блеск электрополированного алюминия, $i_a = 20 \text{ а/дм}^2$, $\tau = 10 \text{ мин}$

Состав электролита, г/л	Т-ра, $^\circ\text{C}$	Напряжение на ванне, В	Блеск, %
H_3PO_4 —750	20	11—14	75
H_2SO_4 —375	30	12—14	80
CrO_3 —65	40	12—15	88
ОА-1—3	50	12—16	90
	60	13—17	95
	70	13—17	94
	80	13—17	94

с повышением температуры увеличивается блеск. При $60-80^\circ\text{C}$ и плотности тока $20-50 \text{ а/дм}^2$ повышается блеск алюминия, но одновременно идет сильное точечное травление его поверхности. Установлено, что добавка ОА-1 улучшает сглаживание микроповерхности, уменьшает травление.

В табл. 3 приводятся данные по влиянию продолжительности процесса на блеск электрополированного алюминия.

Установлено, что с увеличением времени отражательная способность металла увеличивается. Наибольшее повышение блеска поверхности происходит в начальный период электролиза и тем скорее, чем выше плотность тока. Оптимальная продолжительность равна 5—10 мин.

Таблица 3

Влияние продолжительности процесса на блеск электрополированного алюминия,
 $i_a = 20 \text{ а/дм}^2$, $t = 60-80^\circ\text{C}$

Состав электролита, г/л	Продолжительность, мин	Напряжение на ванне, в	Блеск, %
H_3PO_4 —750	5	11—13	75
H_2SO_4 —375	10	11—13	94
CrO_3 —65	15	11—17	94
ОА-1—3	20	11—24	93
	30	11—24	93

В результате изучения влияния добавки ОА-1 на процесс электрополирования алюминия был установлен следующий состав электролита и режим процесса:

состав электролита, г/л: H_3PO_4 —750

H_2SO_4 —375

CrO_3 —65

ОА-1—2,5—3,5

режим процесса $i_a = 20-30 \text{ а/дм}^2$, $t = 50-80^\circ\text{C}$,
 $\tau = 5-10 \text{ мин}$,

при котором получается зеркально-блестящая поверхность, равная 95%.

Выводы

1. Исследовано электрополирование алюминия в фосфорносернохромовокислом электролите в присутствии органической добавки ОА-1.

2. Установлены оптимальные условия (состав электролита: 750 г/л H_3PO_4 + 375 г/л H_2SO_4 + 65 г/л CrO_3 + 2,5 г/л ОА-1; режим процесса: анодная плотность тока $20-30 \text{ а/дм}^2$, т-ра $50-80^\circ\text{C}$, время—5—10 мин), при которых получается равномерная зеркально-блестящая поверхность алюминия, блеск которой равен 95%.

Литература

- Гриликес С. Я. Электрохимическое полирование. Л., 1976.
- Шиголев П. В. Электрохимическое и химическое полирование металлов. М., 1959.
- Гриликес С. Я., Еренько Е. И., Эльпинер Л. М. "Защита металлов", вып. 2, 1974.
- Кадагер Л. И. Справочник по гальваностегии. Киев, 1976.

Институт неорганической и физической химии

Поступило 10. VI 1981

Ф. Н. Бајрамов, Б. Г. Зејналов, П. М. Кәримов, З. Р. Абдуллаева

АЛУМИНИУМУН ЕЛЕКТРОЛИТИК ЧИЛАЛАНМАСЫ

1. Мағала ОА-1 үзүн элавансинин иштиракында фосфор-сулфохроматын турш электролитинде алүминийумун электрочилиланма просесинин тәдгигиндән бәһс едир.

2. Мүəjjән едилмишдир ки. оптимал шəрантə (електролитин тəркиби; 750 г/л H_3PO_4 + 375 г/л H_2SO_4 + 65 г/л CrO_3 + 2,5 г/л ОА-1 анод чəрəјан сыхлыгы 20–30 А дм², температура 50–80° С, чилаланма мүддəти 8–10 дəг) парлаглыгы 95% олан күзкү кими парлаг һамар сəһи алыныр.

F. G. Bayramov, B. G. Zeynalov, P. M. Kerimov, Z. R. Abdullayeva

THE ELECTROLYTIC POLISHING OF AL

The electrolytic polishing of Al in phosphorchromosulphuric electrolyte was investigated in the presence of organic addition OA-1.

The optimal conditions (electrolyte composition: 750g/l H_3PO_4 + 375 g/l H_2SO_4 + 65 g/l CrO_3 + 2.5g/l OA-1, the anodic current density: 20–30 a/dm², temperature 50–70°C, time 5–10 min) were determined, in which the uniform specular glare surface is obtained, the glare of which is equal to 95%.

УДК 518.564.581 (479.24)

ПОЛЕОНТОЛОГИЯ

Чл.-корр. Ак А. АЛИ-ЗАДЕ, Ш. А. БАБАЕВ

О ПРИМЕНЕНИИ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ АПТСКИХ НЕОГИБОЛИТОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

В меловых отложениях Азербайджана наряду с другими важными в биостратиграфическом отношении группами ископаемой фауны широко распространены также и белемниты. Многолетнее монографическое изучение меловых белемнитов Азербайджана позволило выделить среди них 73 вида и подвида, принадлежащих к 11 родам и двум семействам [1, 2].

В соответствии с существующей методикой изучение белемнитов было основано на комплексном исследовании внешних и внутренних свойств ростров (рис. 1).

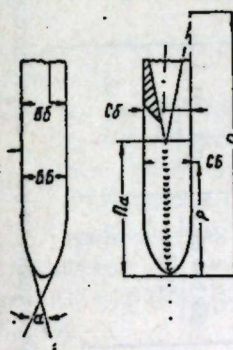


Рис. 1. Схема строения роостра с измененными параметрами:

P —предполагаемая полная длина роостра; p —расстояние от места наибольшего расширения роостра до острия; Pa —длина постальвеолярной части роостра; cb —спинно-брюшной диаметр в альвеолярной области; bb —то же боковой; a —апикальный угол, CB —спинно-брюшной диаметр в месте наибольшего расширения; BB —то же боковой

Все измерения производились штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Среди большого многообразия роостров аптских неогиболитов было выделено 6 подвигов (*Neohibolites clava clava* Stolley—нижний апт, *N. clava tudarica* Ak. Aliz.—нижний апт, *N. inflexus* Stolley—средний апт, *N. inflexus angelanica* Ak. Aliz.—средний апт, *N. aptiensis ewaldsimilis* Stolley—средний апт, *N. aptiensis strombeckiformis* Stolley—средний апт), имеющих важное стратиграфическое значение.

В настоящей статье на основании использования числовых характеристик параметров роостров и применения многомерных статистических методов предпринята попытка решения вопроса о таксономической валидности подвигов этих неогиболитов.

При наличии различий ставилась задача о нахождении такой линейной комбинации указанных параметров, которая даст максимальное возможное различие между этими подвидами. В табл. 1 даны количество исследованных экземпляров роостров, пределы изменения и среднее арифметическое параметров, характеризующих подвигов.

Таблица 1

Название подвида	Кол-во экз.	Пределы изменения параметров							
		P	Pa	P	Cb	Ob	Cb	Bb	a
<i>Neohibolites clava clava</i>	5	$\frac{-36,8-50,4}{44,5^{**}}$	$\frac{28,1-39,6}{33,1}$	$\frac{14,0-22,9}{18,4}$	$\frac{5,3-9,2}{7,3}$	$\frac{5,3-9,6}{7,4}$	$\frac{5,9-9,6}{8,0}$	$\frac{5,9-10,0}{8,3}$	$\frac{33-44}{41,4}$
<i>N. clava tudarica</i>	7	$\frac{29,8-52,7}{43,4}$	$\frac{26,7-39,8}{33,1}$	$\frac{13,3-23,7}{19,0}$	$\frac{4,6-8,2}{7,0}$	$\frac{4,7-8,3}{7,2}$	$\frac{6,1-9,4}{8,1}$	$\frac{6,3-9,9}{8,4}$	$\frac{30-38}{33,6}$
<i>N. inflexus inflexus</i>	7	$\frac{40,0-52,9}{45,8}$	$\frac{29,7-40,8}{34,6}$	$\frac{15,3-21,1}{18,5}$	$\frac{4,5-6,5}{6,0}$	$\frac{4,0-6,5}{5,7}$	$\frac{5,2-7,7}{6,8}$	$\frac{5,6-8,1}{7,2}$	$\frac{34-36}{35,3}$
<i>N. inflexus angelanica</i>	4	$\frac{39,7-51,0}{44,8}$	$\frac{31,2-39,9}{34,6}$	$\frac{17,8-21,9}{19,9}$	$\frac{5,7-6,4}{6,0}$	$\frac{5,5-6,0}{5,8}$	$\frac{6,2-6,8}{6,5}$	$\frac{6,4-7,3}{6,8}$	$\frac{28-30}{29,5}$
<i>N. aptiensis ewaldsimilis</i>	8	$\frac{33,1-50,2}{42,1}$	$\frac{23,7-40,6}{34,7}$	$\frac{15,4-37,6}{22,3}$	$\frac{3,8-7,1}{5,9}$	$\frac{3,9-7,4}{6,0}$	$\frac{5,1-8,1}{6,8}$	$\frac{5,5-8,9}{7,2}$	—
<i>N. aptiensis strombekiformis</i>	3	$\frac{31,9-48,5}{41,9}$	$\frac{30,6-42,9}{39,0}$	$\frac{14,7-20,5}{18,2}$	$\frac{4,5-6,2}{5,6}$	$\frac{5,0-8,5}{6,8}$	$\frac{6,1-9,1}{7,6}$	$\frac{6,8-9,5}{8,2}$	—
<i>N. aptiensis ewaldsimilis*</i>	10	$\frac{30,0-9}{38,4}$	$\frac{22,1-41,1}{30,8}$	$\frac{15,4-32,7}{21,3}$	—	$\frac{4,6-7,6}{5,9}$	—	$\frac{6,0-8,6}{7,0}$	—
<i>N. aptiensis strombekiformis*</i>	8	$\frac{29,7-47,8}{41,6}$	$\frac{23,1-35,3}{29,6}$	$\frac{13,6-21,2}{17,3}$	—	$\frac{43-73}{6,1}$	—	$\frac{5,3-9,1}{7,4}$	—

* Из работы Stolley (1919).

** В знаменателе дробей даны средние арифметические, а в числителе—пределы изменения соответствующих параметров.

Для проверки гипотезы о равенстве истинных значений векторов средних двух независимых случайных выборок использовался критерий Хотеллинга (T^2), являющийся многомерным эквивалентом критерия t [3, 4].

Критерий T^2 преобразуется в F критерий по формуле

$$F = \frac{(n_a + n_b - m - 1)}{(n_a + n_b - 2)m} T^2 \quad (4)$$

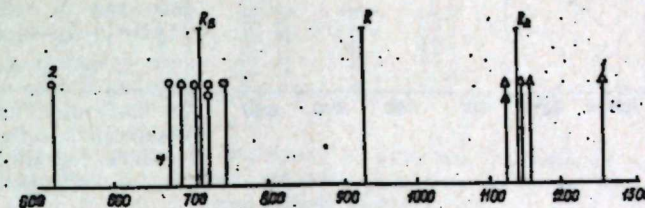


Рис. 2. Проекция выборок *Neohibolites clava clava* Stolley и *N. clava tudarica* Ak. Aliz. на дискриминантную прямую.

R_A —проекция 8-мерного среднего для *N. clava clava* Stolley; R_B —проекция 8-мерного среднего для *N. clava tudarica* Ak. Aliz.; R —дискриминантный индекс; 1—особи *Neohibolites clava clava*; 2—особи *Neohibolites bolites clava tudarica*.

Числа степеней свободы полученной статистики равны m и $(n_a + n_b - m - 1)$.

Где: n_a —количество элементов выборки a ,
 n_b —количество элементов выборки b ,
 m —число переменных,
 T^2 —значение критерия Хотеллинга.

Проверяемая с помощью этой статистики нулевая гипотеза заключается в том, что два многомерных средних значения равны между собой. При альтернативном случае они отличаются друг от друга.

Таблица 2

Вид	Значение R для отдельных экземпляров						
<i>Neohibolites clava clava</i> Stolley	1126,3	1145,6	1127,2	1258	1158,5	—	—
<i>Neohibolites clava tudarica</i> Ak. Aliz.	724,3	687,7	709,1	741,6	522	726	675,2

Для *Neohibolites clava clava* Stolley и *N. clava tudarica* Ak. Aliz. расчетное значение $F=47,11$. Критическое значение F при $m=8$ и $n_a + n_b - m - 1 = 5 + 7 - 8 - 1 = 3$ и 5% уровня значимости $F_{0,05, 8,3} = 8,85$.

Так как $F_{расч} > F_{крит}$, то гипотеза о равенстве значений многомерных средних отклоняется и потому эти подвиды статистически

значимо с 95 %-ной вероятностью отличаются друг от друга. Как видно из табл. 1, пределы изменения признаков ростров этих подвидов полностью или частично перекрываются. Для нахождения линейной ком-

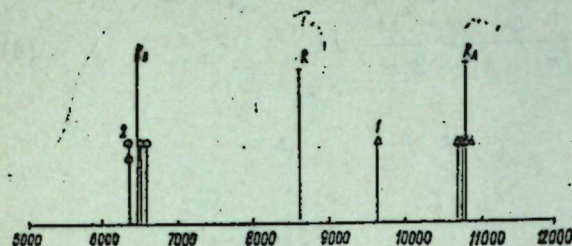


Рис. 3. Проекция выборок *N. inflexus inflexus* Stolley и *N. inflexus angelanica* Ak. Aliz. на дискриминантную прямую. R_A —проекция 8-мерного среднего для *N. inflexus inflexus* Stolley; R_B —проекция 8-мерного среднего для *N. inflexus angelanica* Ak. Aliz.; R —дискриминантный индекс; 1—особи *Neohibolites inflexus*, *inflexus*; 2—особи *Neohibolites inflexus angelanica*.

бинации параметров ростров, которая дает максимальное возможное различие между этими подвидами, нами был применен дискриминантный анализ [3,5]. При этом для *Neohibolites clava clava* Stolley вычисленное среднее значение дискриминантной функции $R_A = 1143,1$, а для *N. clava tudarica* Ak. Aliz. $R_B = 712,4$. Граничное значение

Таблица 3

Вид	Значение R для отдельных экземпляров						
<i>Neohibolites inflexus inflexus</i> Stolley	10778	10796	9635	10802	10776	10725	10813
<i>N. inflexus angelanica</i> Ak. Aliz.	6369	6567	6368	6488	—	—	—

дискриминантной функции $R = 927,7$. Дискриминантная функция для разделения ростров *Neohibolites clava clava* и *N. clava tudarica* имеет следующий вид: $R = -9,893P + 37,069 \cdot Па - 80,24 \cdot p + 1510,457 \cdot cb - 1068,514 \cdot \delta\delta - 1004,781 \cdot CB + 682,888 \cdot BB + 27,906 \cdot a$.

Применяя эту „оптимальную“ линейную комбинацию к первоначальным данным, мы получили четкое разграничение между популяциями этих подвидов (табл. 2, рис. 2).

В данном случае перекрытие отсутствует. Наибольшее значение R для *Neohibolites clava tudarica* равно 741,6, что значительно меньше его наименьшего значения для *Neohibolites clava clava*.

Таким образом, на основе вычисления соответствующего значения дискриминантной функции может быть решен вопрос о принадлежности изучаемых ростров белемнитов к одному из сравниваемых таксонов. Для *Neohibolites inflexus inflexus* Stolley и *N. inflexus angelanica* Ak. Aliz. расчетное значение $F = 307,2$. Критическое значение $F_{0,05,8,2} = 19,37$, так как $F_{расч} > F_{крит}$, то эти подвиды статистически значимо с 95 %-ной вероятностью отличаются друг от друга.

Вычисленное среднее значение дискриминантной функции для *Neohibolites inflexus inflexus* Stolley $R_A = 10794,4$, а для *N. inflexus angelanica* Ak. Aliz. $R_B = 6443,5$. Граничное значение дискриминантной функции $R = 8620,9$.

Дискриминантная функция для разделения ростров *Neohibolites inflexus inflexus* Stolley и *N. inflexus angelanica* Ak. Aliz. имеет следующий вид.

$$R = 409,827 \cdot P - 716,057 \cdot Па - 431,271 \cdot p - 939,741 \cdot cb - 4657,377 \cdot \delta\delta + 332,078 \cdot CB + 2814,804 \cdot BB + 535,555 \cdot a.$$

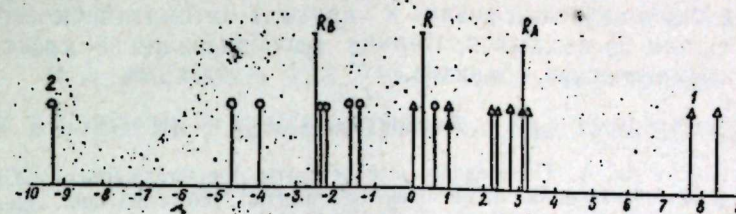


Рис. 4. Проекция выборок *N. aptiensis strombeckiformis* Stolley и *N. aptiensis ewaldsimilis* Stolley на дискриминантную прямую.

R_A —проекция 5-мерного среднего для *N. aptiensis strombeckiformis*; R_B —проекция 5-мерного среднего для *N. aptiensis ewaldsimilis*; R —дискриминантный индекс; 1—особи *Neohibolites aptiensis strombeckiformis*; 2—особи *Neohibolites aptiensis ewaldsimilis*.

Применяя эту „оптимальную“ линейную комбинацию к первоначальным данным, мы получили четкое разграничение между популяциями этих подвидов (табл. 3, рис. 3).

В данном случае перекрытие также отсутствует и определение новых образцов ростров можно производить на основе вычисления дискриминантной функции. Для *Neohibolites aptiensis strombeckiformis*

Таблица 4

Вид	Значение R для отдельных экземпляров									
<i>N. aptiensis strombeckiformis</i> Stolley	1,026	8,732	8,414	7,729	3,173	2,162	3,071	2,275	1,032	—
<i>N. aptiensis ewaldsimilis</i> Stolley	-4,692	-2,244	-3,932	0,612	-1,601	-2,335	-9,35	0,017	-1,427	—

Stolley и *N. aptiensis Stolley* при 5 измеренных параметрах (P , $Па$, P , $\delta\delta$, BB) из работы Stolley расчетное значение $F = 3,68$. Критическое значение $F_{0,05,5,12} = 3,11$, так как $F_{расч} > F_{крит}$, то эти подвиды по названным 5 параметрам с 95 %-ной вероятностью также отличаются друг от друга. Вычисленное среднее значение дискриминантной функции для *N. aptiensis strombeckiformis* Stolley $R_A = 3,068$, а для *N. aptiensis ewaldsimilis* Stolley $R_B = -2,455$. Граничное значение дискриминантной функции $R = 0,336$. Дискриминантная функция для разделения ростров этих подвидов имеет следующий вид:

$$R = 0,727 \cdot P - 0,250 \cdot Па - 0,764 \cdot P - 1,438 \cdot \delta\delta + 0,302 \cdot BB.$$

Как видно из табл. 4 и рис. 4, классифицирование этих подвидов по данной функции, за исключением 2 случаев, произведено успешно.

По имеющимся у нас материалам (см. табл. 1), отнесенным к указанным подвидам, были измерены 7 параметров. Расчетное значение $F = 0,92$. Критическое значение $F_{0,05,7,3} = 8,89$. Так как $F_{крит.} < F_{расч.}$, то нет оснований выделять здесь 2 подвида и, по-видимому, эти ростры относятся к единой популяции.

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что (критерий Готеллинга, дискриминантный анализ и другие) математические методы являются одним из важных критериев распознавания и классификации палеонтологических объектов.

Литература

1. Али-заде Ак. А. Позднемиоценовые белемниты Азербайджанской ССР. Азерб. недр., 1969.
2. Али-заде Ак. А. Меловые белемниты Азербайджана. "Недра", М., 1972.
3. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных. "Мир", 1977.
4. Миллер Р. Л., Кап Дж. С. Статистический анализ в геологических науках. "Мир", 1965.
5. Арабаджи М. С. Применение математических методов при структурных, литолого-фациальных и прогнозных построениях в нефтяной геологии. "Недра", 1978.

Институт геологии

Поступило 28. XII 1981

Ак. Ә: Әлизадә, Ш. Ә. Бабајев

АЗӘРБАЈҶАНЫН АПТ НЕОҢИБОЛИТЛӘРИНИН ӘҶРӘНИЛМӘСИНДӘ ДИСКРИМИНАНТ АНАЛИЗИНИН ТӘТБИГИНӘ ДАИР

Мәғаләдә хәтти дискриминант функцијаларын тәтбигилә 6 апт неоһиболит јарымнөвүнүн таксономик валидлик мәсәләси һәлл едилмишдир.

Мәлүм олмушдур ки, 95 % еһтималла бу јарымнөвләр бир-бириндән фәрғләнирләр.

Ак. А. Ali-Zade, Sh. A. Babayev

ABOUT DISCRIMINATIVE ANALYSIS APPLICATION TO ARTIC NEONIBOLITES OF AZERBAIJAN INVESTIGATION

In the work the solution of problem on taxonomic validity of 6 subspecies of Neohibolites is attempted on basing on many-dimension statistic methods (discriminative analysis, Hotelling's criterion). 52 rostra of these subspecies were explored. These subspecies differ with probability of 95 %.

УДК 57.570

БИОЛОГИЯ

М. А. МИКАИЛОВ, Т. В. РАДАЕВА, А. Г. МУСТАФАЕВА

К БИОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ БАСМЫ ТУРКМЕНСКОЙ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР И. К. Абдуллаевым)

Басма туркменская (*Isatis tinctoria* L.) в условиях Апшерона (Бакинский ботанический сад) впервые была интродуцирована в 1975 г. С этого же времени интродуцированы басма иранская (*Indigofera tinctoria* L.) и басма индийская (*Indigofera indica* Lam.).

Семена этих трех видов басмы, минуя закрытый грунт, хорошо размножаются в почве открытого грунта и дают дружные всходы при температуре почв выше 18°. Это обычно бывает в середине апреля или в начале мая.

В течение 5—6 месяцев растения этих видов, совершая свое онтогенетическое развитие, дают высококачественные листья вполне созревших семян [1, 2, 3].

Басма иранская хорошо реагирует на внесение под посев минерального питания (N, P, K) и микроэлементов молибдена и селена [4, 5].

Порошок из листьев иранской и индийской басмы широко используется совместно с порошком хны, получается светло-желтого и черного цвета [1, 6]. Порошок туркменской басмы дает синюю и зеленую окраску [7].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследования послужили семена туркменской басмы, которая в отличие от иранской и индийской басмы является многолетним травянистым растением из семейства крестоцветных. В первый год жизни туркменская басма, находясь в розеточном состоянии, дает единичные стебельки—бутонирует. На втором и третьем годах образуются стебли, на которых развивается обильное плодоношение. Семена имеют высокую грунтовую всхожесть (85—90%). Было изучено семенное размножение при разных способах посева (луночном, строчном, разбросном) при 1,0—1,5 см заделки в условиях открытого грунта. Исследованы вопросы роста и развития растений в поливных условиях. На площади 5 м² из 1, 2, 3 кустов анализировались по 20 растений. Площадь питания одного куста равна 60×30 см, в пересчете на 1 га размещалось 55,2 тыс. кустов.

В конце сентября кусты туркменской басмы фотографировались, затем стебельки срезались и в условиях лаборатории учитывался урожай листьев и семян.

Экспериментальные данные, полученные по выращиванию туркменской басмы на Апшероне на почвах Бакинского ботанического сада, в течение ряда лет (1976—1981 гг.), показывают, что ее семена при посеве дают всходы на 3—5 дней раньше, растут быстрее, чем семена других видов басмы.



Рис. 1. Кусты туркменской басмы с плодами на 3-м году жизни.

Туркменская басма в течение 35—40 дней образует розетки (листьев), число которых колеблется от 45 до 100 шт., а в годичном возрасте—50—100 шт. и выше. В течение вегетационного периода

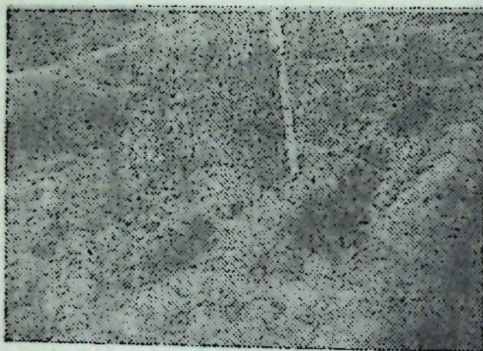


Рис. 2. Кусты туркменской басмы. С левой стороны—кусты басмы на 2-м году жизни с плодами, с правой—годовые растения с розетками.

кусты туркменской басмы не подвергались болезням, на них не образовывались вредители сельского хозяйства как в первом, так во втором и третьем годах жизни (см. рис. 1, 2, 3).

Из данных таблицы видно, что продолжительность фазы развития (бутонизация, цветение, созревание) у 3-летних кустов басмы на 9 дней больше (95), чем у двухлетних (86), и на 12 дней, чем у однолетних кустов (83). Объясняется это тем, что у 3-летних кустов образуется больше плодовых органов, требующих больше дней для завершения фазы развития, чем у кустов двух- и однолетних.

Высота стеблей однолетних кустов меньше колеблется (15—30 см), чем двухлетних (18—54 см) и трехлетних (43—93 см). Средняя высота у 3-летних кустов (67) на 31 см выше, чем у 2-летних (36), и на 44 см больше, чем у однолетних (23 см).

Урожай сухих листьев у 3-летних кустов (400 г) на 100 г больше, чем у 2-летних (300 г), и на 160 г больше, чем у однолетних кустов (240 г). В среднем на 1 куст у 3-летних (20,0 г) на 5 г

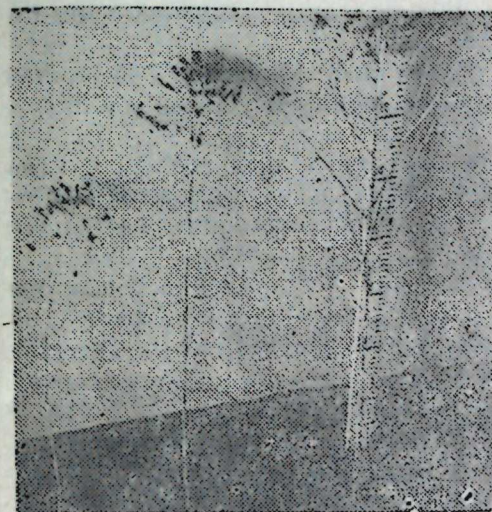


Рис. 3. Стебли кустов туркменской басмы с созревшими плодами: у линейки—стебли 3-летнего растения, рядом 2-летнего и годовичного растений.

больше, чем у 2-летних (15,0 г), и на 8 г больше, чем у однолетних (12,0 г). В пересчете на 1 г урожай сухих листьев у 3-летних кустов (11,0 ц) на 2,8 ц больше, чем у 2-летних (8,2 ц), и на 4,4 ц больше, чем у однолетних кустов (6,6 ц).

Рост и развитие туркменской басмы в условиях Апшерона

Число исследов. кустов	Возраст кустов, годы	Фаза развития кустов						Высота стеблей, см		Сухие листья, г		Урожай семян, г			
		бутонизация		цветение		созревание		от—до	средняя	общее количество	среднее на 1 растение	В пересчете на 1 га в ц	общее количество	среднее на 1 растение	В пересчете на 1 га в ц
		начало	конец	начало	конец	начало	конец								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	1	5.V	20.V	30.V	15.VI	20.VII	28.VII	15—30	23	240	12,0	6,6	10	0,5	0,27
20	2	19.IV	28.IV	13.V	30.V	9.VI	15.VI	18—54	36	300	15,0	8,2	30	1,5	0,80
20	3	23.III	17.IV	29.IV	24.V	30.V	28.VI	43—93	67	400	20,0	11,0	100	5,0	2,76

Общий урожай семян у 3-летних кустов (100 г) на 70 г больше, чем у 2-летних (30 г), и на 90 г больше, чем у однолетних (10 г). Среднее количество семян на одном 3-летнем кусте на 3,5 г больше, чем у 2-летних (1,5 г), и на 4,5 г больше, чем у однолетних (0,5 г). В пересчете на 1 га 3-летние кусты дают (2,76 ц) урожая на 1,96 ц больше, чем двухлетние (0,80 ц), и на 2,49 ц больше, чем однолетние (0,27 ц).

Выводы

1. Туркменская басма в условиях Апшерона была интродуцирована впервые. За годы исследования (1975—1981 гг.) определены основные агротехнические приемы при поливных условиях выращивания как 3-летняя культура (рис. 1, 2, 3).

2. Кусты басмы в течение 5—6 месяцев ежегодно, завершая вегетационный период, дают высококачественный урожай листьев и семян.

3. С возрастом (1—3 года) высота надземных частей кустов басмы колеблется от 15 до 93 см, продолжительность фазы развития—от 83 до 95 дней, урожай сухих листьев в пересчете на 1 га—от 6,6 до 11,0 ц и семян—от 0,27 до 2,76 ц.

4. Кусты туркменской басмы в течение вегетационного периода растут и развиваются хорошо, не поддаются болезням, на них не образуются вредители (насекомые), они оказались устойчивым (иммунным) растением.

Литература

1. Аббасов Р. М., Ахундзаде И. М., Гюльяхмедов А. Н., Миканлов М. А. и др. Сб. «Агроуказания по культурам хны и басмы в Азербайджане». Изд-во «Элм», 1979. 2. Мамедов Ф. М. «Басма». Журн. «Наука и жизнь Азербайджана», № 10, 1977. 3. Мамедов Ф. М. Журн. «Вестник с/х науки», № 1, 1979. 4. Теймурова Т. С. Влияние молибдена и селена на урожай листа басмы. Труды VIII конф. по микроэлементам в биологии. Ивано-Франковск, 1978. 5. Теймурова Т. С. Журн. «Наука и жизнь Азербайджана», № 1, 1979. 6. Миканлов М. А. Хна и басма в Азербайджане. «Изв. АН Азерб. ССР, серия биол. наук», № 1, 1983 г. 7. Буш Н. А. Род (*Isatis* L.) флора СССР, т. VIII, 203, 1939.

Институт ботаники

Поступило 24.VI 1981

М. Э. Микайлов, Т. В. Радаева, А. Г. Мустафаева

ТУРКМЕН БАСМАСЫНЫН ЧОХАЛМА БИОЛОГИЯСЫНА ДАИР

Туркмен басмасы (*Isatis tinctoria* L.) Азербайжан шәраитиндә интродукция едилмиш јени техники биткидир. Мүәјјән агротехники әсасларла әләғәдар тохумлары 1,0-1,5 см дәринликдә сәпмә јолу илә торпагда суварма үсулу илә бечәрилән биткиләр 5-6 ајын ичәрисиндә бәј атыб инкишаф едәрәк јүксәк келфијәтли јарпаг вә тохум әмәлә кәтириләр.

Бесма колларынын јашындан асылы олараг (1-3 ил), онларын јерүстү һиссәләринин һүндүрлүјү 15 см-дән 93 см-ә чатыр, гөнчәләмә-јетишмә фазаларынын узунлуғу 83 күндән 95 күнәдәк давам едир; гуру јарпаг мәһсулулу 1 гектара һесабладыгда 6,6 центнердән 12,0 центнерә чатыр, тохум мәһсулу илә 0,27-2,76 центнер олур.

Векетасија мүддәтиндә басма коллары јашын бәј атыб инкишаф едирләр, һеч бир хәстәлијә тутулмурлар. Онларын зәрәрверичи һәшәрәтлары олмур, вә давамлы биткидир.

А. А. Mikailov, T. V. Radaeva, A. G. Mustafaeva

ON THE BIOLOGY OF TURKMEN BASMA REPRODUCTION

Turkmen basma (*Isatis tinctoria* L.), is a new industrial crop in Azerbaijan. In the case of using the proper agricultural method the plants grown during 5—6 months give the leaves and seed production of high quality. In the conditions of irrigation it is a triennial crop.

The overground parts of the bushes of basma at the age of 1—3 years are of 15—93 cm high, the duration of developing phase varies from 83 to 95 days, the crop of dry leaves (1 hectare)—from 6,6 to 11,2 and that of seeds—from 0,27 to 2,76 centner.

The bushes of basma during the vegetation period grow and develop well, resist the illnesses, are not hurt by pests. They are immune plants.

Ш. Г. ДАДАШЕВА

СТОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭПИДЕРМЫ ЛИСТА НЕКОТОРЫХ АСТРАГАЛОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

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

В настоящее время stomатографический анализ эпидермы листа относится к числу наиболее важных вспомогательных методов при изучении полиморфных таксонов различного ранга.

Свидетельством тому является появление целого ряда обзоров—Stace [10], М. А. Барановой и др. как за рубежом, так и у нас в стране.

В этом отношении семейство бобовых представляет собой интерес с точки зрения эпидермального анализа. В отличие от многих семейств двудольных, для которых характерен только один тип устьичного аппарата, в семействе бобовых мы встречаемся с исключительным его разнообразием. Причем, здесь часто наблюдаются промежуточные типы и одновременная встречаемость двух или даже трех типов.

Поскольку на примере других семейств известна высокая стойкость этого признака, были все основания предполагать, что у бобовых, в частности, у астрагалов он так же может иметь очень большое систематическое значение.

Наиболее подробные сведения в литературе по строению устьичного аппарата имеются в работах Веска [3], Меткалфа [6], Панта [7] и др.

В отечественной литературе в этом направлении можно указать на работы И. Н. Свешниковой [8], М. А. Барановой [1], И. Г. Зубковой [4,5].

В настоящей работе приводятся результаты исследования типов устьичного аппарата 25 видов астрагалов, относящихся к 18 секциям. (*A. caragana* Fisch. et Mey., *A. torrentum* Bge., *A. falcatus* Bieb., *A. bacuensis* Bge., *A. declinatus* Willd., *A. talyschensis* Bge., *A. cicer* L., *A. aznabjurticus* Grossh., *A. macrourus* Fisch. et Mey., *A. takhadzjanli* Grossh., *A. albaicus* Grossh., *A. szovitsii* Fisch. et Mey., *A. falcatus* Lam., *A. cancellatus* Bge., *A. onobrychoides* Bied., *A. incertus* Ldb., *A. fragrans* Willd., *A. candolleanus* Boiss., *A. latifolius* Lam., *A. polygola* Pall., *A. prillpkuanus* Gross., *A. ordubadehsis* Grossh., *A. refractus* C. A. Mey., *A. cornutus* Bge., *A. calicinus* Bieb., *A. hircanus* Bull.).

Для исследования обесцвечивался в жавелевой воде лист, на предметном столе соскабливался бритвой слой подстилающих тканей до эпидермы. Затем материал подкрашивался алциан-синим. Далее

окрашенные препараты заливались глицерин-желатином. Микрофотографии сделаны на микроскопе МБИ-6.

Результаты исследования относительно небольшого (для рода астрагалов) материала показали, что основным исходным типом устьичного аппарата у рода является анизоцитный. Г. И. Суховой анизоцитный тип устьиц был отмечен и для большого числа астрагалов Туркмении [9].

Напомним, что это довольно своеобразный тип, основными признаками которого является наличие вокруг устьица трех клеток, одна из которых резко уступает по размерам двум другим. В своем классическом выражении тип этот очень характерен и не может быть спутан ни с каким другим. Такой четко выраженный анизоцитный тип у изученных нами астрагалов встречается относительно редко. *A. candolleanus*, изображенный на рис. 1, является примером такого „классического“ анизоцитного типа.



Рис. 1. *A. candolleanus* Boiss. Эпидерма листа (вид с поверхности) с несколькими типами устьиц: 1—анизоцитный; 2—псевдоанизоцитный; 3—тетрацитный.

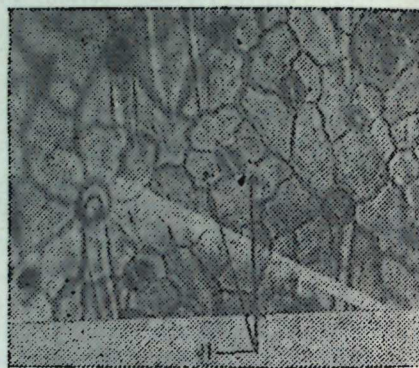


Рис. 2. *A. takhtadzhjanii* Grossh. Эпидерма листа (вид с поверхности): 1—устьице, составленное из комбинации парацитного и диацитного типов.

Однако даже для данного вида это не является общим правилом. На указанном рисунке (рис. 1, 2) можно видеть устьице, окруженное тремя клетками одной величины. Как показали анализы, это обстоятельство не является случайным. Данный подтип, названный нами „псевдоанизоцитный“ с устьицами, окруженными тремя одинаковыми по величине клетками, характеризует многие из исследованных нами видов, например, *A. Albaticus* Grossh., *A. cancellatus* Bge, *A. Incer-tus* Bge.

Следует отметить, что анизоцитный тип очень стойкий во многих семействах и родах, здесь обнаруживает большое разнообразие. Так, у *A. takhtadzhjanii* Grossh., *A. aznabjurgicus* Grossh. наблюдается очень интересная форма анизоцитного устьичного аппарата, представляющего собой как бы комбинацию парацитного и диацитного (рис. 3).

В ряде случаев анизоцитный тип переходит в аномоцитный, как, например, у *A. falcatus* Lam. (рис. 4).

Подобный переход не представляется неожиданным. М. Г. Зуб.

кова [4,5] показала, что возникновение анизоцитного типа является нормальным нарушением той последовательности деления, которая приводит к специализированным типам устьичного аппарата.



Рис. 3. *A. falcatus* Lam. Эпидерма листа (вид с поверхности): 1—аномоцитный; 2—анизоцитный.

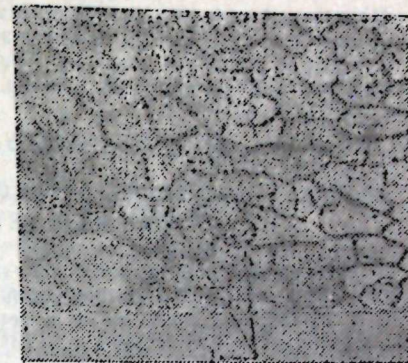


Рис. 4. *A. ordubadensis* Grossh. Эпидерма листа (вид с поверхности): 1—тетрацитный тип устьиц с тремя крупными и одной мелкой клеткой.

Более интересным является возникновение у астрагалов тетрацитных типов, которые довольно редки у двудольных (*A. szovitsii* Mey., *A. ordubadensis* Grossh.). Он возникает как некоторая аналогия анизоцитного типа, имеет три крупные и одну мелкую клетки.

У большинства исследованных видов (напр., *A. bacuensis* Bge.) околоустьичные клетки имеют тенденцию к удлинению по направлению от устьица и поэтому актиноцитный (звездчатый) тип возникает как естественное развитие тетрацитного.

В нашем изложении мы исходим из предположения, что анизоцитный тип у астрагалов является исходным, а все другие типы, выявленные нами,—аномоцитный, тетрацитный, актиноцитный и подтип „псевдоанизоцитный“ представляют собой производные.

Результаты этого предположения требуют еще доказательств, наш материал пока недостаточно обширен, чтобы эти доказательства собирать. Но во всяком случае, можно с убедительностью сказать, что тип устьичного аппарата у астрагалов является очень важным диагностическим признаком, который при накоплении данных приобретет и существенное филогенетическое значение.

Литература

1. Баранова М. А. „Бот. ж.“, т. 53, № 3, стр. 383—391, 1968.
2. Баранова М. А. „Бот. ж.“, т. 54, № 2, стр. 1952—1964, 1969.
3. Vesque M. J. Bull. Soc. bot. France, 36, XLI, 1889.
4. Зубкова И. Г. „Бот. ж.“, т. 56, № 12, стр. 1816—1819, 1971.
5. Зубкова И. Г. „Бот. ж.“, т. 51, № 2, 1966.
6. Metcalfe C. R. Advans. Bot. research., 1:10—147, 1963.
7. Pant D. D. Sci. Ser. Allahabad, 20:1—136, 1966.
8. Свешникова И. Н. „Бот. ж.“, т. 4, № 36, стр. 160—174, 1966.
9. Сухова Г. В. „Изв. АН Туркм. ССР, серия биол. наук“, № 5, стр. 37—44, 1968.
10. Stace C. A. Bull. of the British museum. Bot., 4, 1:1—78, 1965.
11. Флора Азербайджана. Изд-во АН Азерб. ССР, т. 5, 1954.

Институт ботаники

Поступило 7. IV 1981

АЗЭРБАЙЖАНЫН БЭ'ЗИ КЭВЭНЛЭРИНИН ЈАРПАГ ЕПИДЕРМАСЫНЫН СТОМАТИОГРАФИК АНАЛИЗИ

Мәгаләдә Азәрбајҗанын мүхтәлиф зоналарында јарылмыш 25 нөв кәвән јарпагы-
нын эпидермасынын стоматиграфик анализиниң нәтичәләри изаһ едилмишдир.
Тәдҗигат нәтичәсиндә кәвән нөвләриндә „псевдоанисит“ адландырдығымыз јарым
тип, ағызчыг типи мүәјјән едилмишдир.

Sh. G. Dadasheva

STOMATOGRAPHIC ANALYSIS OF THE EPIDERMIS OF THE LEAVES OF SOME MILK VETCHES OF AZERBAIJAN

The results of stomatographic analysis of 25 species of milk vetches, growing in
different zones of Azerbaijan, are given in the article.
It is established, that the milk vetches are characterized by the variety of sto-
matic organ types. The initial one is of anisocital type.

УДК 7.74

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

РАСИМ ЭФЕНДИЕВ, ТОГРУЛ ЭФЕНДИЕВ

БРОНЗОВЫЕ КОТЛЫ ИЗ ШИРВАНА

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

Еще в 1938 г. акад. И. А. Орбели в своей статье „Албанские
рельефы и бронзовые котлы“¹, классифицируя ряд бронзовых котлов,
хранящихся в Государственном Эрмитаже в г. Ленинграде, отнес неко-
торые из них к изделиям ширванских мастеров, датируя время их
изготовления XII—XIII вв.

Прошло более сорока лет со дня публикации этой интересной
статьи и вот теперь на широких просторах Ширвана обнаруживаются
котлы идентичные эрмитажным, о которых в свое время писал
ученый.

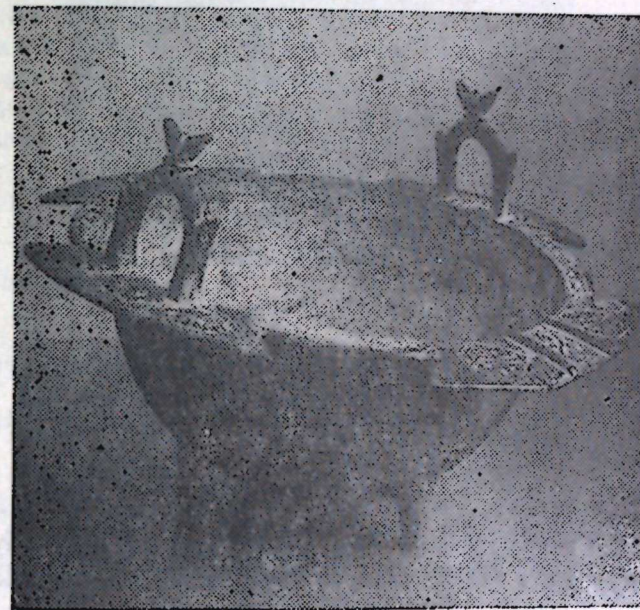


Рис. 1.

Их находят крестьяне во время полевых работ, встречаются они
также и во время археологических изысканий в различных районах
Азербайджана.

Эти котлы обнаружены в городе Кубе², в Сумгаитском районе,
недалеко от с. Алтыга³, а также в Шемахинском районе⁴, то есть
все они найдены на территории Ширвана.

Необходимо отметить, что Ширван издревле славился высоким уровнем техники обработки и художественной отделки металла.

Развитие в Ширване металлургии подчеркнуто агванским историком М. Саганкатвази, который не раз указывает в своей „Истории агван“, что чужеземцев прельщало добываемое в горах Ширвана золото, серебро, медь, железо... Ширванские мастера славились умелой промывкой руды, что золотари и серебряники еще в VIII в. объединялись в цех и имели над собой цехового старшину⁵.

О высоком развитии художественной обработки металла в Ширване имеются сведения и в персидской географии 983 г. „Худуд ал-алем“⁶. Художественная обработка металла в Ширване была развита настолько высоко, что в начале XIX в. российская администрация была озабочена тем, чтобы передать умение ширванских мастеров мастерам Ижевского оружейного завода⁷.

Обнаруженные за последние годы на территории Ширвана бронзовые котлы—еще одно свидетельство былого расцвета художественной обработки металла и в частности бронзолитейного дела в этом регионе Азербайджана.



Рис. 2.

Вновь найденные бронзовые котлы так же, как и из Эрмитажа, имеют полусферическую форму, с отходящим бортом и вертикально поднимающимися двумя ручками. Все котлы снабжены тремя ножками, которые отлиты вместе с ними.

Рассмотрим некоторые из них.

Бронзовый котел, ныне хранящийся в коллекции народного художника Азербайджана Тогрула Нариманбекова, был обнаружен в 1966 г. в Кубинском районе крестьянином во время полевых работ под старым деревом.

Описываемый бронзовый котел имеет полусферическую форму и покоится на трех ножках. Высота его 30 см, а диаметр—41 см.

Котел этот открытого типа имеет две вертикальные ручки, прикрепленные к боковым частям.

Боковые же части состоят из четырех выступов ромбовидной формы, два из них декорированы сильно стилизованным растительным узором. Третий выступ—самый большой, на нем помещены два симметрично расположенных круга с крючкообразными рисунками на внутренней части, а также узор в форме S-образного завитка.

Эти орнаментальные мотивы, ныне напоминающие нам какие-то символы, в прошлом, несомненно, носили в себе повествовательный характер и были теснейшим образом связаны с жизнью, бытом и фольклором его создателей.

Причем, эти орнаментальные мотивы не являются специфическим декором именно бронзовых котлов. Они широко распространены и в убранстве других предметов прикладного искусства Азербайджана и прослеживаются в декоре предметов прикладного искусства Азербайджана начиная с XI в., вплоть до наших дней. Особенно часто встречаются они в декоративном убранстве ковров Куба-Ширванского типа⁸.

Исследования показывают, что S-образный знак в истории орнаментального искусства Азербайджана всегда ассоциировался с образом дракона, а крючкообразный—с бараном⁹.

Интерес представляет четвертый выступ боковой части описываемого нами котла. Здесь помещена надпись, исполненная почерком цветущего куфи.

По мнению Мешади Ханум Нейматовой, прочитавшей этот текст, надпись содержит имя Мастера Ахмеда сына Мухаммеда.

Бронзовый котел, найденный недалеко от с. Алтыгач Сумгаитского района, аналогичен вышеописанному котлу. Он отличается от него лишь размером (52,5 × 17,5 см) и отсутствием декор.

Бронзовый котел, найденный во время археологических работ в городище Кален—Бугурт Шемахинского района¹⁰ в 1980 г., самый большой из всех подобных котлов, обнаруженных на сегодняшний день в Азербайджане. Высота его 30 см, а диаметр—60 см. Отличительной частью этого бронзового котла является то, что на его боковых выступах сохранились следы орнамента.

Это сильно стилизованный растительный мотив, по стилю трактовки близок к узорам исполненных в технике аппликации по войлоку.

Близкие по типу орнаментальные мотивы мы встречаем и в резьбе по гяже (декор михраба Мавзолея Шейх-Хорасан Ханега на р. Адлинджачай. Нах. АССР)¹¹, и в декоре тканей (фрагмент ткани из могилы Низами Гянджеви)¹², а также и в азербайджанской миниатюре, иллюстрирующей рукописи „Варга и Гюльша“ (нач. XIII в.)¹³.

Таким образом, стилистические особенности описываемых нами котлов (их форма, орнаменты, приемы композиционного построения декора и т. д.), форма надписи арабских букв и другие компоненты дают нам возможность считать их изделиями азербайджанских мастеров XII—XIII вв. и отнести их к кругу памятников художественного ремесла Ширвана.

Примечания

¹ И. А. Орбели. Албанские рельефы и бронзовые котлы. Памятники эпохи Руставели. Л., 1938, стр. 307.

² Находится в коллекции народного художника Азербайджана Тогрула Нариманбекова в г. Баку.

³ Находится в экспозиции Музея истории Азербайджана в г. Баку.

⁴ Хранится в археологическом фонде Музея истории Азербайджана в г. Баку.

⁵ Моисей Саганкатвази. Кн. I, гл. V, пер. Патканова. Спб., 1861, стр. 254.

⁶ Худуд ал-алем. Рукопись Туманского. С введением и указателем В. В. Бартольда. Л., 1930, л. 33, об. 2—3.

- 7 В. Н. Ленатов. Очерки из истории Азербайджана в XVIII веке. Баку 1948. стр. 54.
 8 Л. Керимов. Азербайджанский ковер. Баку, Л., 1961, табл. 43 (1).
 9 Расим Эфенди. Декоративно-прикладное искусство Азербайджана. Баку, 1976, стр. 26, 100.
 10 Крепость Бугурт находится в 20 км от города Шемаха на высокой горе, окруженной лесами. В результате археологических изысканий здесь было обнаружено большое количество предметов художественного ремесла, датируемое XI—XIII вв. см: Гусейн Джидди. Крепость Бугурт. Баку, 1973, стр. 42 (на азерб. яз.).
 11 М. Усейнов, Л. Бретаницкий, А. Саламзаде. История архитектуры Азербайджана. Баку, 1976, стр. 28.
 12 Расим Эфенди. Указ. раб., стр. 28.
 13 A. S. Melikian-Chirvani. Le Roman de Varque et Golsan. Arts Asiatiques, t XXIII, Paris, 1977, стр. 98, 99.
 14 К. Керимов. Азербайджанские миниатюры. Баку, 1980, ил. № 1.

Институт архитектуры и искусства

Поступило 25. I 1983

Расим Эфендијев, Тоғрул Эфендијев

БҮРҮНЧ ШИРВАН ТИЈАНЛАРЫ

Мәгалә ахыр 10-15 ил эзиндә Ширван эразисиндән тапылмыш бүрүнч тијанлара һәср едилмишдир. Губа, Сумгајт, Шамахи районларында мүхтәлиф вахтларда тапылмыш бу орижинал сәнәт нүмунәләри өз формасы вә бәдиһи хүсусијәтләринә кәрә Ленинград Дөвләт Ермитажында сахланылан бүрүнч тијанлары хатырладыр. Мәгаләдә бүрүнч тијанларын формасы, техники ичрасы, үзәриндәки бәзәкләр барәдә әтрафлы мәлүмат верилір. Онлар мүхтәлиф дөврләрин сәнәт әсәрләри илә мүгајисә олунур.

Мүәллифләр бу вә с. шәртләрә архаланарағ әлдә едилән бу јени бүрүнч тијанларын Ширван эразисиндә XII-XIII әсрләрдә јерли сәнәткарлар тәрәфиндән дүзәлдилдијини көстәрирләр.

Rasim Efendiev, Togrul Efendiev

THE BRONZE KETTLES FROM SHIRVAN

The article is dedicated to the bronze kettles discovered during the last decades in the town of Guba, in the Sumgait area not far from the village of Altyagach and also in Shemakha.

The bronze kettles discovered are of semi-spherical form, with opening sides and two vertically rising arms.

All the kettles are provided with three legs which are casted together with them.

The bronze kettles discovered at the territory of Shirvan during the last years once more testify to the past golden age of artistic treatment of metal and in particular of bronze-casting business in this region of Azerbaijan.

Stylistic peculiarities of bronze kettles, their community with analogical specimens discovered till then, the form of inscriptions of Arabic letters and other components afford the authors an opportunity to consider them to be the articles of Azerbaijanian masters of the XII—XIII cc. and regard them to be the monuments of artistic handicraft of Shirvan.

Г. А. ГЕЙБУЛЛАЕВ

К ВЫЯСНЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ТОПОНИМОВ В „ИСТОРИИ АГВАН“ МОИСЕЯ КАГАНКАТВАЦИ

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

В „Истории агван“ Моисея Каганкатваца [21], составленной в VII—X вв., упоминаются многие этнонимы и топонимы на территории Албании. Однако, как известно, специально они до сих пор не были изучены¹, а значит и не объяснены. Между тем, выявление языкового и этнического происхождения этих названий имеет большое значение для определения этнического состава Албании.

Изучение топонимов, отмеченных в этом источнике, показало, что часть их является тюркскими, переданными в фонетическом облике древнеармянского языка.

Упоминаемые в этом источнике топонимы *Гнаракерт* (фонетически от Хунанакерт), от названия Албанского города Хунан, соединительного гласного „а“ и армянского керт — „крепость“ (ср. „Хунан“ в древнегрузинских и арабских источниках), *Трту* (т. е. Тертер), *Чог* (т. е. Чол), которые связаны с древнетюркскими этнонимами хун² (гун), тертер и чул, нами уже объяснены [8, 9, 10].

По нашему мнению, к тюркскому по происхождению можно отнести и следующие топонимы.

В албанском источнике отмечен топоним *Котайк*, а в источнике VII в. этот же топоним упомянут в форме *Туч-Катак* [3, 51] как название одной из албанских областей. Топоним Котайк (с наращением „й“) можно связать с древнетюркским катак „крепость“ [22, 33]³. Для сравнения отметим, что среди печенегов, живших в русских степях в раннем средневековье, упоминалась крепость *Тун-Катай* [5]. Мы предполагаем, что топонимы Катак в источнике VII в. или Котайк в „Истории агван“ в Албании восходят к печенежскому слову катая — „крепость“, что свидетельствует о проживании в Албании в раннем средневековье печенегов. Это предположение подтверждается следующим.

¹ Исключение составляет статья В. Л. Гукасяна [12], в которой объяснены топонимы Каланкат и Члах из удийского языка, и Ю. Б. Юсифова [34] — о топонимах Каланкат и Пазканк.

² Ср. этноним хун у Птолемея (Ptol., III, 5, 10).

³ Следует отметить, что слово катак является исконно иранским (ср. согд. ktk, ktyk, пехлевийск. katak — „дом“, „город“ — см.: 1, 447), но оно, видимо, в Албанию перенесено печенегами — кангарами из Средней Азии. Это видно из того, что топоним Котак в Армении и Албании всегда встречается в ареале этнотопонимов ангар или Печенег. Например, в источнике VII в. [3] в зоне Нахичевань упоминается

В „Истории агван“ среди областей Арцаха назван также *Пазканк*, а в „Армянской географии VII века“ — *Панцканк* [3, 50], который считается фонетическим от этнонима пачанак (печенег) [34]. Известно, что в Армении и Албании⁴ в древнеармянских источниках упоминается округ *Кангар* [22, 58]. Известно также, что этноним кангар был древним названием части печенегов [14, 62]. Для сравнения отметим, что по источнику X в. [19] три колена печенегов южно-русских степей называются кангар. В литературе уже отмечено, что кангары (следовательно, часть печенегов) вместе с гуннами пришли в Закавказье в первых веках нашей эры [20, 179]. В этой связи обращает внимание сообщение Страбона (I в.) о том, что одним из кочевых племен между Меотидой и Каспийским морем является *панксан* (Страбон, XI. IV 6). Нам кажется, что в этнониме панксан (т. е. панкчан, из-за отсутствия буквы „ч“ в древнегреческом языке) можно видеть фонетическую форму этнонима пачанак (пачанак — пачанк — панкчан), с которым созвучны топонимы *Панцкан* (*Панцкан*) и *Пазкан* (*Пачкан*) в Албании. Проживание печенегов на границе Албании и Армении в раннем средневековье подтверждается также топонимом *Капан* (совр. Касан) в Армении, ближе к зоне Нахичеван, где древними источниками засвидетельствованы топонимы *Копайк* и *Кангарк* (см. выше). Впервые он в форме *Гапан* отмечен в источнике X в. [7, 80], позже — *Капан* (XIII в.) [4, 47—48], *Гапан* (XIV в.) [22, 129] и современных четыре топонима *Капаны* в Азербайджане. Топоним *Капан* можно связать с одним из южно-русских печенежских племен *копон* [10].

С этнонимом пачанак следует связать и топоним *Рот-Пацнан* — название области в Албании, от иранского *рот*, *рут* — „горная река“ и *пацнан* — древнеармянская передача этнонима пачанак со значением „река печенегов“.

Следовательно, топонимы *Котайк*, *Пазканк* (*Панцканк*), *Кангарк*, *Туч-Катак*, *Рот-Пацнан*, *Капан*, *Бчанс*, *Бчии* и *Пачаник* в Албании, Армении и Грузии в раннем средневековье связаны по происхождению с аланско-печенегами, проникшими в начале нашей эры с Северного Кавказа, где Страбоном они упомянуты в форме *панксаны* (*панкчаны*).

Называется топоним *Котайк*, там, где в другом источнике [23, 186] отмечен также *Кангарк* в провинции Арарат. Как известно, Кангары в средних веках жили в Нахичеване, где в настоящее время находится топоним *Биченес*. Интересно, что топонимы *Котайк* и *Бчии* в источнике XIV в. упомянуты и в Армении [31, 58], от катак — „крепость“ и этнонима печене (Г).

⁴ Округ Кангар находился на севере от Севана на границе с Албанией Иберией [18, 175]. С. А. Ковалевский считает, что упомянутый Птолемею (II в.) топоним Кангар в Албании отражает этноним кангар [18а, 33].

⁵ Округ Кангар с 387 г. по IX в. находился в составе Иберии [15, 57]. Поэтому в древнеармянских и древнегрузинских источниках на территории Грузии упоминаются также „провинция Кангарк“ [3, 49] и „Пачаник“ [28, 69].

⁶ По В. Ф. Минорскому, Вардан Великий упоминает Капан в связи с событиями 1074 года [26, 116]; см. также [27, 398].

⁷ В армяноязычной надписи XII в. в Азербайджане (в Нагорном Карабахе) отмечен топоним *Бчанс* [10], в котором выделяются компонент *бчан* и суффикс „с“ — показатель множественности в древнеармянском языке [25, 186]. Компонент *бчан* является древнеармянской передачей этнонима *бачана* (к), *пачанак*. Видимо, название произносилось *Бчана*, но в древнеармянском языке гласная „э“ хотя устно и произносилась, на письме не обозначалась, гласная „а“ в конце слова в древнеармянском не встречается (там же).

Интерес вызывают топонимы *Колманк*, *Дютакан*, *Урди*, *Кри Каруэч*, *Урекан*, *Тавус*, *Три* в „Истории агван“.

Топоним *Колманк* состоит из *Колман* и армянского суффикса „к“. Основу *Колман*, возможно, составляет древнетюркское кол „долина“, „долина без реки“, „русло реки“, „холм на склоне горы“ [13, 453; 29. II. I. 382—383] и суффикса „ман“. Этот суффикс может быть и иранским со значением „богатее чем-либо“ и тюркским — „окрестность“ [6, II]. Так или иначе топоним *Колман* связан с одним из значений древнетюркского „кол“. В источнике он упоминается в Арцахе (совр. Карабах).

Топоним *Дютакан* можно связать с тюркским тут — „толпа“, „народ“, „лагерь“ [29. III. 1475] соединителем гласного „а“ и армянского суффикса „кан“.

Топоним *Урди* (в источнике „гладкое поле Урди“), возможно, восходит к древнетюркскому орду (ord) — „ставка“, „резиденция хана“ [13, 370], „лагерь хана“, „ханская юрта“ [33. I. 471—472]. Начальное „у“ в топониме *Урди* передает „о“, потому что в древнеармянском отсутствовало „о“, оно введено после XI в. [3, 17], а конечный „и“ также является древнеармянской передачей „у“, так как в грабаре „и“ и „у“ являлись вариантами одной фонемы [30, 48].

В источнике отмечается гидроним „река *Кри*“. Видимо, он является фонетическим от древнетюркского егри (egr) — „кривой“ [13, 166] (ср. азерб. экри — „кривой“). Выпадение начальной фонемы „э“ объясняется тем, что в грабаре в начальных позициях „э“ могло звучать, но на письме не обозначалось [30, 59]. Реку *Кри* можно локализовать с современной Эгричай, одним из левых рукавов Куры, протекающей по территории Кахского района.

В связи с событиями середины IX в. (827 г.) в источнике упоминается топоним *Тавус*. В форме *Тавуш* (*Таус*) он отмечен и в источниках XII—XIV вв. [24, 10; 18, 112]. Раннесредневековая крепость *Тавус* расположена на реке *Таус*, ныне „Берд“ (от армянского *берд* — „крепость“) на территории Армении, к названию которого восходит и современный *Тавус* в Азербайджане. В документе XIX в. говорится, что на правом берегу реки *Тавуш*, на вершине горы расположена древняя *Тавускала* [2. II. 57].

Крепость названа по имени реки *Тавус*, название которой относится к тюркскому *таус* — „голос“, „звук“, „шум“ [29. III. I. 774, 776] и поэтому *Тавусчай* означает „шумящая река“. Подобные названия горных рек являются характерными. Например, *Асрикчай*, от древнетюркского *асрик* (äsruk) — „возбужденный“ [13, 184], *Атачай*, от древнетюркского *атаи* — „быстрое течение“ [29. I. I. 452], *Велвеличай*, от арабского *валвала* — „большой шум, крик, сумятица“ [6, II. 308] и др.

Топоним *Каруэч* указан в области Амарас. Нам кажется, что этот топоним является армянской передачей местного (тюркского) *Карача* или *Караджа*. Потому что, как сказано выше, для древнеармянского языка не было характерным писать „а“ в конце слова [30, 183]. В XVII в. в зоне Шеки упомянута местность *Караджа* [16, 11]. В Грузии и Азербайджане есть несколько топонимов *Караджалы*, *Караджалар*⁸. Как этноним, оно известно и в Средней Азии

⁸ В прошлом веке два топонима *Карачлу* отмечены в Шарура-Даралагезском и Борчалинском уездах (Д. Д. Пагирев. Алфавитный указатель к пятиперстой карте Кавказа. Тифлис, 1913, стр. 121).

Абдул хан Гази Хивинский (XVII в.) отмечает, что Караджа является одним из тюркских племен [19 а]. Топонимы Караджа известны в Узбекистане и Туркменин.

Тюрским по происхождению является и топоним *Урек-ан*. Он состоит из компонента Урек и древнеармянского суффикса „ан“ [30, 137]. Компонент Урек можно связать с древнетюркским словом Урук (очик) — „остановка“ [13, 399], в смысле „стоянка“, „местопребывание“. Село Урек находилось на территории современного Халданского района. Г. Капанцян пишет, что в селе Ареш (средневековый город Ареш находился на территории Халданского района) имеется церковь, из надписи на которой стало известно, что она построена в 1279 г. и называется храмом Урек-а [17, 53]. Наше мнение о связи топонима Урек с древнетюркским Урук („остановка“) подтверждается еще и тем, что Ареш на арабском языке означает „местопребывание“ [35, 1032], следовательно является калькой древнего Урек-а.

Интерес вызывает также топоним *Три* в „Истории агван“, который может быть связан с древнетюркским тура (tüga) „укрепленное жилище“, „крепость“ [13, 587].

В „Истории агван“ ряд топонимов являются иранского (Гардман, Парсакан, Михрован, Калачкат, Карнака, Шагат, Канду, Киш, Да-стакерт и др.), кавказского (Капал, Лубнас, Хени, Хот, Члх и др.) и армянского (Айрмануш, Глхованк, Бердзор, Чераберт, Шинакар, Тагцанк и др.) происхождения. Имеются еще топонимы неизвестного происхождения (Бед, Арцах, Гороз, Мивс, Гаку, Еут, Урьяц и др.).

Таким образом, можно сделать вывод, что изучение исторических топонимов Албании дает ценные факты, необходимые для решения двух вопросов: происхождения тюркоязычных азербайджанцев и определения этнической и языковой принадлежности населения Албании.

Литература

1. Абаев В. И. Этимологические заметки. Труды Института языкознания, т. VI. М., 1966.
2. Акты Кавказской Археографической Комиссии, т. II, ч. II. 3. Армянская география VII в. по Р. Х. СПб., 1877.
4. Армянские источники о монголах. Пер. с древнеармянского А. Г. Галстяна. М., 1962.
5. Баскаков Н. А. Введение в изучение тюркских языков. М., 1969.
6. Будагов Л. З. Сравнительный словарь турецко-татарских наречий, т. II.
7. Велиханлы Н. Арабские географы-путешественники X—XII вв. об Азербайджане. Баку, 1974.
8. Гейбуллаев Г. А. О происхождении названия города Чол в Кавказской Албании. «Сов. тюркология», 1975, № 6.
9. Гейбуллаев Г. А. О происхождении некоторых этнопонимов Азербайджана. «Азерб. этногр. сборник», вып. IV, Баку, 1981.
10. Гейбуллаев Г. А. Печенежские этнопонимы в Азербайджане. «ДАН Азерб. ССР», 1980, № 5.
11. Геюшев Р. Б. О Хотаванском храме и его надписях. «Изв. АН Азерб. ССР, серия истории, философии и права», 1972, № 3.
12. Гукасян В. Л. Уднские слова в «Истории агван». Изв. АН Азерб. ССР, серия общ. наук, 1968, № 1.
13. Древнетюркский словарь. М., 1969.
14. Жданко С. Т. Родоплеменная структура каракалпаков в XIX в. в начале XX в. КСИЭ, 1949, т. VI.
15. Ермеян С. Т. Армения по «Ашхарацуиц» (на арм. яз.). Ереван, 1963.
16. Каграманов Дж. В. Описание археографических документов. Баку, 1969.
17. Капанцян Г. Историко-лингвистические работы к начальной истории армян. Древняя Малая Азия. Ереван, 1956.
18. Киракос-Гандзакец. История. Баку, 1946.
19. Ковалевский С. А. Карта Птолемея в свете исторической географии Прикаспия. «Изв. Всесоюзного географического общества», 1958, № 1.
20. Константи Багрянородный. О фемах и о народах. М., 1899.
21. Кононов А. И. Родословная туркмен Абу-л Газиха Хивинского. М.—Л., 1958.
22. Кляшторный С. Г. Древнетюркские рунические памятники как источник по истории Средней Азии. М., 1964.
23. История агван Моисея Каганкатваци. СПб., 1861.
24. История Армении Хоренского. М., 1891.
25. История анонимного повествования.

Пер. с древнеармянского, предисловие и комментарии. М. О. Дарбания—Меликян. Ереван, 1971.
- 26. Мхитар-Гош. Албанская хроника. Баку, 1960.
- 27. Nemeth J. Die petschenegischen Stammenamen. Ungarische Jahrbücher, X. Leipzig, 1930.
- 28. Minorsky V. Studies in Caucasian History. Cambridge, 1953.
- 29. Hudud al-Alam. The Regions of the World. A Persian geography 372 AH—982 A. D. Translated and explained by V. Minorsky. London, 1957.
- 30. Мровели Леонти. Жизнь картлийских царей. М., 1979.
- 31. Радлов В. В. Опыт словаря тюркских наречий.
- 32. Туманян Э. Г. Древнеармянский язык. М., 1971.
- 33. Фома Мецопский. История Тимур—Ланка. Баку, 1957.
- 34. Хамдаллах Казвини. Нузхат ал Кулуб. Научный архив Ин-та истории АН Азерб. ССР, инв. № 21700.
- 35. Этимологический словарь тюркских языков, т. I. М., 1974.
- 36. Юсифов Ю. Б. О языковых элементах тюркского происхождения у албанского историка. «Сов. тюркология», 1974, № 2.
- 37. Ягелло И. Д. Полный арабско-персидско-русский словарь, Ташкент, 1911.

Институт истории

Поступило 23.VI 1983

Г. Э. Гейбуллаев

МОИСЕЙ КАГАНКАТВАТСНИН „АЛБАН ТАРИХИ“НДӘКИ БӘЗИ ТОПОНИМЛАРИН АЛДЫНЛАШДЫРЫЛМАСЫНА ДАИР

Мәғаләмә „Албан тарихи“ндә ады чәкиләп топонимларин бәзиләринин (Гаракерт, Трту, Чол, Пазканк, Катак, Колманк, Дютакан, Урди, Кри, Тавус, Каруеч Урекан вә Три) мәншәчә түрк дилләриндән олмасы кәстәрилер вә изаһ едилер. Бунлар албан адыны дашымыш этник бирлигин дил вә этник мәнсубияти һаггында мәвчуд нөгтеји-нәзәрә јенидән бахылмасыны тәләб едир.

G. A. Geybullayev

ABOUT THE ELUCIDATION OF SOME TOPONYMS IN THE „AGVAN HISTORY“ BY MOISEY KAGANKATVATSY

The toponyms mentioned in the „Agvan History“ by Moisey Kagankatvatsy (Garaker, Trtu, Chol, Pazkank, Kotayk, Kolmank, Dyutakan, Urdu, Kry, Tavus, Karuech, Urekan, Try) were originally Turkish, which were phonetically changed in the old Armenian language.

МҮНДЭРИЧАТ

Ријазийјат

Э. Р. Мəһəммəдов. Максимумлу диференциал тэнликлəрин хəллəринин дајанаглыгынын бəзи аспекти хəггында 3

Механика

Ф. Б. Нағыјев. Рəгс едэн габарчыгларын дахилиндəки хиссəчиклəрин сүр'əтинин профилини тəјин етмэк мəсəлəsi хəггында 9

Ријазийјат

А. И. Черкасов. Гејри-мəхсуси интегралын бəзи хассəлəri 13

Кибернетика

Ф. Һ. Əһмədов. $L_2^2[0, T]$ фазасында квадратик програмлашдырма мəсəлəsi үчүн хесаблама методу 20

Аналитик кимја

Ш. Ə. Мусажев, М. Ə. Чəфəров, С. А. Новрузов. Лантан вə сериумун (III) трилон—Б илə комплекс бирлəшмэлəрин давамсызлыг сабитинин кинетик методла тəјини 23

Механика

Ə. М. Исајев. Эластик хиссəси олэн гејри-хəттү лəвһəнин кəркинликлі вəзијјəти 28

Физика

Ш. В. Мəммədов, С. А. Абасов, Ј. Һ. Рəһимов, Р. Б. Асланов, В. Ə. Əлэкбəров. Селен əлвə едилмиш полиетилендə кимјəви гурулуш чевирмэлəri вə сəрбəст радикал хəллəринин тəдгиги 33

Јарымкечиричилər вə диелектриклər физикасы

Е. Ј. Салајев, Ə. Ш. Абдинов, Р. Р. Ағажев, Р. А. Əлэскəров, Һ. С. Сејидли $Cd_xHg_{1-x}Te$ бəрк гарышыгынын монокристалларында магнитоконцентрација эффектi 39

Теоретик физика

Н. А. Гулијев, И. Һ. Чəфəров, Б. И. Мəһдијев, Р. Ш. Јəһјажев. Лептонларын протонларла еластики тоггушмасы вə нејтрал зəиф чəрəјан эффектлəri 43

Бəрк чисимлэр физикасы

Т. М. Пəнаһов. Јүксək магнит нүфузлуғлу эринтилəрин хассəлəринə кечид элементлəринин тəсирi 47

М. Б. Кəримбəјов, К. В. Манујлов. Күнəш фотосфериндə далғалар хəггында 53

Үзви кимја

Г. А. Зејналова, Н. С. Қазымова, Е. А. Нағыјева. α-амин-N-фенилуредкəһраба туршуларынын синтези 57
С. Ч. Мəһдијев, Ф. З. Абдуллајев, Е. Т. Сүлєјманова, В. М. Һүсєјнов. Метил-тсиклохексенин изомерлəринин оксикенли тəрəмэлəринин уј-гун крезоллара дєһидрокенлəшмəsi реаксиясынын тəдгиги 60

Електрoхимја

Ф. Һ. Бајрамoв, Б. Г. Зејналов, П. М. Кəримов, З. Р. Абдуллајева. Алүминиумун електрoлитик чилаланмасы 65

Полеонтолокија

А. К. Ə. Əлизадə, Ш. Ə. Бабајев. Азəрбајчанын апт неохиболитлəринин өјрəнилмəsiндə дискриминант анализинин тəтбигиə даир 69

Биолокија

М. Ə. Микајылов, Т. В. Радајева, А. Г. Мустафајева. Түркмən басмасынын чохалма биолокијасына даир 75

Ботаника

Ш. Һ. Дадашов. Азəрбајчанын бəзи кəвəнлəринин јарпаг епидермасынын стоматиографик анализи 79

Сəнəтшүнаслыг

Расим Əфəндијев, Тоғрул Əфəндијев. Бүрүнч Ширван тижанлары 83

Топонимика

Г. Ə. Гејбуллајев. Монсеј Каганкатвацинин «Албан тарихи»-ндəки бəзи топонимлəрин ајдынлашдырылмасына даир 87

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

- А. Р. Магомедов. О некоторых аспектах устойчивости решений дифференциальных уравнений с максимумами 3

Механика

- Ф. Б. Нагиев. К вопросу об определении профиля скоростей частиц внутри пульсирующих пузырьков 9

Математика

- А. И. Черкасов. Некоторые свойства особого интеграла 13

Кибернетика

- Ф. Г. Ахмедов. Вычислительный метод для задачи квадратичного программирования в пространстве 20

Аналитическая химия

- Ш. А. Мусаев, М. А. Джафаров, С. А. Новрузов. Кинетический метод определения константы нестойкости комплексных соединений лантана и церия (III) с трилоном-Б. 23

Механика

- А. М. Исаев. Напряженное состояние пластинки с упругими включениями в нелинейной постановке 28

Физика

- Ш. В. Мамедов, С. А. Абасов, Я. Г. Рагимов, Р. Б. Асланов, В. А. Алекперов. Исследование свободнорадикальных состояний и структурно-химических превращений в полиэтилене с добавками селена 33

Физика полупроводников и диэлектриков

- Э. Ю. Салаев, А. Ш. Абдинов, Р. Р. Агаев, Р. О. Алескеров, Г. С. Сеидли. Магнитоцентрационный эффект в монокристаллах твердого раствора 39

Теоретическая физика

- Н. А. Гулнев, И. Г. Джафаров, Б. И. Мехтиев, Р. Ш. Яхьяев. Упругое столкновение лептонов с протонами и эффекты нейтральных слабых токов 43

Физика твердого тела

- Т. Е. Панахов. Влияние легирования переходными элементами на свойства сплавов с высокой магнитной проницаемостью 47

Физика плазм

- М. Б. Керимбеков, К. В. Мануйлов. О волнах и фотосфере Солнца I 53

Органическая химия

- Г. А. Зейналов, Н. С. Кизимова, Э. А. Нагиева. Синтез α -амино-N-фенилуредоацетарных кислот 57
- С. Д. Мехтиев, Ф. З. Абдуллаев, Э. Т. Сулейманова, В. М. Гусейнов. Исследование реакции дегидрирования кислородсодержащих производных изомеров метилциклогексена в соответствующие крезолы 60

Электрохимия

- Ф. Г. Байрамов, Б. Г. Зейналов, П. М. Керимов, З. Р. Абдулаева. Электролитическое полирование алюминия 65

Палеонтология

- Ак. А. Али-заде, Ш. А. Бабаев. О применении дискриминантного анализа при изучении аптекских неогенолитов Азербайджана 69

Биология

- М. А. Миканлов, Т. В. Радаева, А. Г. Мустафаева. К биологии размножения бабмы туркменской 75

Ботаника

- Ш. Г. Дадашева. Стоматографический анализ эпидермы листа некоторых астрагалов Азербайджана 79

Искусствование

- Расим Эфендиев, Тогрул Эфендиев. Бронзовые котлы из Ширвана 83

Топонимика

- Г. А. Гейбуллаев. К выяснению некоторых топонимов в «Истории Агван» Моисея Каганкатваци

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, *H* 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* и *j* — букву *i* и римскую единицу *i*, а также арабскую цифру *1* и римскую *I* (вертикальная черта), *I* и штрих в индексах, *I* (латинское эль) и *e*. Прописные буквы подчеркивают карандашом двумя черточками снизу (*C*), а строчные — сверху (*c*).

Следует избегать знаков типа $\sim$ (волна), $\odot$, $\otimes$, $\boxtimes$, $\square$, $\square$, $\diamond$, $\vee$, $\wedge$ (крышки) над и под буквами, а также знаков:

$\times$, $\in$, $\oint$, $\oint$, $\oint$, $\in$

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

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

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

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

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

Публикация статьи в «Докладах» не препятствует напечатанию расширенного ее варианта в другом периодическом издании.

Сдано в набор 4. 11. 83. Подписано к печати 30. 01. 84. ФГ 00513. Формат бумаги 70×100^{1/16}. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать высокая. Печ. лист. 7,8. Уч. изд. лист. 6,27. Тираж 620. Заказ 1474. Цена 70 коп.

Издательство «Элм».

370143 Баку-143, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание
Типография «Красный Восток» Государственного комитета Азербайджанской ССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Баку, ул. Ази Асланова, 80.