

ISSN 0002-3078

АЗЕРБАЙДЖАНСОР ЕЛМЛЕР АНАДЕМИЈАСЫ
АНАДЕМИЯНАУН АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

ТОМ XL чилд

1984 • 9

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 соображений 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 редакцией. 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 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. Тексты 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. 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)

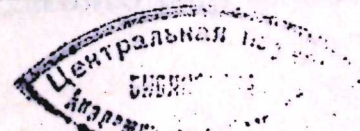
АЗƏРБАЙҘАН ССР ЕЛМЛƏР АКАДЕМИЈАСЫ
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

МЭ'РУЗЭЛЭР ДОКЛАДЫ

ТОМ XL ЧИЛД

No 9

„ЕЛМ“ НƏШРИЯТЫ—ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЭЛМ“
БАКЫ—1984—БАКУ



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Э. Ю. Салаев (главный редактор), Г. Б. Абдуллаев, М. Т. Абасов,
А. 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).

УДК 517.944

МАТЕМАТИКА

Р. К. МАМЕДГУСЕЙНОВ

О РЕГУЛЯРНОСТИ ГРАНИЧНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ
ВЫРОЖДАЮЩИХСЯ КВАЗИЛИНЕЙНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ
УРАВНЕНИЙ 2-го ПОРЯДКА

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

Пусть в ограниченной области D , лежащей в $(n+1)$ -мерном евклидовом пространстве E^{n+1} , дано уравнение

$$Lu = \sum_{i,k=1}^n a_{ik}(t, x, u(t, x), \nabla u(t, x)) u_{x_i x_k} + b(t, x) u(t, x),$$

$$\nabla u(t, x) - u_t = 0, \quad (1)$$

относительно коэффициентов которого будем предполагать, что

$$\sum_{i,k=1}^n a_{ik}(t, x, u(t, x), \nabla u(t, x)) \xi_i \xi_k \geq \alpha \xi_n^2, \quad (2)$$

$$|a_{ik}(t, x, u(t, x), \nabla u(t, x))| \leq A_0, \quad (3)$$

$$|b(t, x, u(t, x), \nabla u(t, x))| \leq \mu(u) u_{x_n}^2, \quad (4)$$

$$\int_0^\infty \mu(t) dt < \infty. \quad (5)$$

В этой заметке дается достаточное условие регулярности граничных точек для уравнения (1), коэффициенты которого удовлетворяют условиям (2)–(5).

Отметим, что достаточные условия регулярности граничных точек для уравнений 2-го порядка эллиптического и параболического типов были подробно рассмотрены в [1]–[4]. В [5] исследовался вопрос о регулярности граничных точек для эллиптических уравнений 2-го порядка, коэффициенты которых удовлетворяют условиям (2)–(5).

Прежде чем перейти к дальнейшему изложению, введем некоторые обозначения и определения.

Пусть $O_\varepsilon(t^0, x^0)$ — открытый шар радиуса ε с центром в точке (t^0, x^0) . Через $L_{x^0, R}^{t^0, t_1}$ будем обозначать цилиндр, определяемых неравенствами

$$t_1 < t < t_2, |x - x^0| < R.$$

Всюду в дальнейшем D — ограниченная область в R^{n+1} , ∂D — ее граница, $\Gamma(D)$ — ее собственная граница.

Определение. Точка (t^0, x^0) называется α, A_0 регулярной граничной точкой области D , если выполняются условия: для каждой

пары $\epsilon_1 > 0, \epsilon_2 > 0$ найдется такое $\delta > 0$, что какова бы ни была область $D' \subset G$, целиком лежащая в полупространстве $t < t^0$, оператор L , удовлетворяющий условиям (2)–(5), определенный на D , с константами α, A_0 и субпараболическая для него функция $u(t, x) \leq 1$ из того, что

$$u|_{\Gamma(D) \cap O_{\epsilon_1}(t^0, x_0)} \leq 0 \text{ следует, что } u|_{D \cap O_{\epsilon_2}(t^0, x_0)} < \epsilon_2.$$

Пусть s и β — положительные числа. Определим в R^{n+1} всюду, кроме начала координат, функцию $F_{s,\beta}(t, x)$ следующим образом

$$F_{s,\beta}(t, x) = \begin{cases} t^{-s} \exp(-|x|^2/4\beta t) & \text{при } t > 0 \\ 0 & \text{при } t \leq 0 \text{ (кроме } (t, x) = (0, 0)). \end{cases}$$

Пусть (t^0, x^0) — фиксированная точка из R^{n+1} и

$$K = \{(t, x) : |x_n - x_n^0| \geq \gamma |x - x^0|\},$$

$$K_1 = \{(t, x) : x_n - x_n^0 \leq -\gamma |x - x^0|\},$$

$$K_2 = \{(t, x) : x_n - x_n^0 \geq \gamma |x - x^0|\}.$$

Пусть $u(t, x)$ является решением уравнения (1). Обозначим

$$a_{ik}(t, x, u(t, x), \nabla u(t, x)) = B_{ik}(t, x),$$

и рассмотрим оператор

$$L' = \sum_{i,k=1}^n B_{ik}(t, x) \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_k} - \frac{\partial}{\partial t},$$

Субпараболическую функцию для оператора L' будем искать в виде $v = f(u)$.

Так как $v_{x_i x_k} = f' u_{x_i} u_{x_k} + f' u_{x_i x_k}$, то

$$L'v = \sum_{i,k=1}^n B_{ik}(t, x) v_{x_i x_k} - \tau_1 = f' \sum_{i,k=1}^n B_{ik}(t, x) u_{x_i} u_{x_k} + f' \sum_{i,k=1}^n a_{ik} u_{x_i x_k} - f' u_t.$$

Учитывая, что u — решение уравнения (1), получим, что

$$\begin{aligned} L'v &= f'' \sum_{i,k=1}^n B_{ik}(t, x) u_{x_i} u_{x_k} + f' (-b(t, x, u(t, x), \nabla u(t, x)) + \\ &+ u_t - f' u_t = f' \sum_{i,k=1}^n B_{ik}(t, x) u_{x_i} u_{x_k} - f' b(t, x, u(t, x), \nabla u(t, x)) \geq \\ &\geq u_{x_n}^2 [\alpha f' - \mu(u) f']. \end{aligned}$$

Если $f(u)$ будет решением дифференциального уравнения

$$\alpha f'(u) - \mu(u) f(u) = 0, \quad (6)$$

то $\tau = f(u)$ будет субрешением оператора L' .

Представим решением уравнения (6) в виде

$$f(u) = \int_0^u \exp\left(\frac{1}{\alpha} \int_0^t \mu(\tau) d\tau\right) dt. \quad (7)$$

Лемма 1. Существует s и β такие, что в области $D \subset K$ $F_{s,\beta}(t - t^0, x - x^0)$ является субпараболической функцией для оператора L .

Лемма 2. Пусть s, β такие, что $F_{s,\beta}(t - t^0, x - x^0)$ является субпараболической функцией для оператора L и

$$R > 0, U_1 = U_{x^0, R}^{t^0, t^0}, U_2 = U_{x^0, R}^{s^0, t^0},$$

$$x' = (x_1^0, \dots, x_{n-1}^0, x_n^0 + 2R), x'' = (x_1^0, \dots, x_{n-1}^0, x_n^0 + R/2),$$

$$t' = t^0 - bR^2, t'' = t^0 - \frac{1}{2} bR^2,$$

$$b_0 = \frac{1}{16\beta s}, 0 < b \leq b_0,$$

$$D \subset K_1 (D \subset K_2), (t^0, x^0) \in \partial D.$$

Пусть D расположена в U_1 , пересекает U_2 , имеет предельные точки на собственной границе U_1 и Γ -часть собственной границы D , которая расположена строго внутри U_1 .

Тогда для любого положительного субрешения оператора L непрерывного в $\bar{D}$ и обращающегося в нуль на Γ справедливо неравенство

$$\sup_D u \geq (1 + \gamma^0) \sup_{\partial D \cap U_2} u,$$

где $\gamma^0 > 0$ — положительная константа зависящая от s, β и отношения b_0/b .

Применяя лемму 2 к субрешениям вида (7), где u является решением уравнения (1), получаем аналогичную лемму для решения уравнения (1). С помощью этой леммы доказывается

Теорема. Пусть в области D дано уравнение (1) с коэффициентами удовлетворяющими условиям (2)–(5) и $(t^0, x^0) \in \partial D$. Пусть $D \subset K_1 (D \subset K_2)$, тогда точка (t^0, x^0) будет α, A_0 регулярной.

В заключение автор выражает глубокую благодарность проф. А. А. Новрузову.

Литература

1. Ландис Е. М. Уравнения второго порядка эллиптического и параболического типов. М.: Наука, 1971.
2. Новрузов А. А. Матем. заметки, 30, 3, 1981, 353–362.
3. Аббасов А. Т. Дифференц. уравнения, 6, № 6, 1970, 1073–1085.
4. Крупская Д. А. Дифференц. уравнения, 13, № 4, 1977, 654–657.
5. Новрузов А. А., Набова М. К. ДАН Азерб. ССР, 31, № 1, 1975, 3–7.

Институт математики
и механики

Поступило 15. VII, 1982

ЧЫРЛАШАН ИКИТЭРТИБЛИ КВАЗИХЭТТИ ПАРАБОЛИК ТЭНЛИКЛЭР ҮЧҮН СЭРХЭД НӨГТӨЛЭРИНИН ТЭНЗИМЛЭНМЭСИ ҲАГГЫНДА

Мағаләдә чырлашан икитәртибли квазихәтти параболик тәнликләр үчүн Дирихле мәсәләсиндә сәрхәд нөгтәләринин тәнзимләнмәсидән бәһс олунур. Сәрхәд нөгтәсинин тәнзимләнмәси үчүн кафи шәртләр олунур.

R. K. Mamedhuseinov

ON THE REGULARITY OF BOUNDARY POINTS FOR DEGENERATING QUASI-LINEAR PARABOLIC EQUATIONS OF THE SECOND ORDER

This work treats of Dirichlet's problem for degenerating quasi-linear parabolic equations of the second order and studies the questions of the regularity of the boundary points.

In this work the sufficient condition of the regularity of the boundary points is proved.

УДК 517.956.6

МАТЕМАТИКА

А. С. РУСТАМОВ

РЕШЕНИЕ СМЕШАННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ СОСТАВНОГО ТИПА И ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ

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

Обозначим через G и Q области на плоскости (x, t) , определенные равенствами

$$G = \{(x, t) : \sigma_1(t) < x < \sigma_2(t), 0 < t < T\},$$

$$Q = \{(x, t) : 0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$$

при этом $G \subset Q$.

В криволинейной области G рассматривается смешанная задача

$$L \cdot \left(\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \right) v(x, t) = 0, \quad (1)$$

$$v(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial t} v(x, 0) = 0, \quad (2)$$

$$v(\sigma_1(t), t) = \varphi_1(t), \quad \frac{\partial}{\partial x} v(\sigma_1(t), t) = \varphi_2(t),$$

$$v(\sigma_2(t), t) = \varphi_3(t), \quad (3)$$

где

$$L = \frac{\partial}{\partial t} - a(x, t) \frac{\partial^2}{\partial x^2} + b(x, t) \frac{\partial}{\partial x} + c(x, t)$$

параболический оператор.

Предполагается выполненными следующие условия:

а₁) коэффициенты $a(x, t)$, $b(x, t)$, $c(x, t)$ — непрерывные функции в G и для всех $(x, t) \in G$, $(x_0, t_0) \in G$, некоторого $0 < \alpha < 1$

$$|a(x, t) - a(x_0, t_0)| \leq C(|x - x_0|^\alpha + |t - t_0|^{\alpha/2})$$

$$|b(x, t) - b(x_0, t)| \leq C|x - x_0|^\alpha, \quad |c(x, t) - c(x_0, t)| \leq C|x - x_0|^\alpha,$$

а₂) $\varphi_1(t)$ и $\varphi_3(t)$ — дважды непрерывно дифференцируемы, $\varphi_2(t)$ — непрерывно дифференцируема и $\varphi_1(0) = \varphi_1'(0) = \varphi_2(0) = \varphi_3(0) = \varphi_3'(0) = 0$

а₃) функции $\sigma_1(t)$ и $\sigma_2(t)$ дважды непрерывно дифференцируемы.

$\sigma_1'(t) < 1$, $\sigma_2'(t) > 1$ (или $\sigma_2'(t) < 0$) и $\frac{\sigma_2(t) - \sigma_1(\tau)}{t - \tau} > 1$ при всех t и $\tau (t > \tau)$.

Теорема 1. При выполнении условия $a_1) - a_3)$ существует единственное решение задачи (1)–(3).

Если $T \leq \sigma_2(t) \leq l$, решение задачи (1)–(3) ищется в виде

$$v(x, t) = \sum_{i=1,2} \int_0^t \Gamma_i(x, t; \sigma_i(\tau), \tau) \mu_i(\tau) d\tau + \theta(t-x), \quad (4)$$

где

$$\Gamma_i(x, t; \sigma_i(\tau), \tau) = \int_0^{t-\tau} \Gamma(x - (t - \tau - s), s + \tau; \sigma_i(\tau), \tau) ds, \quad i = 1, 2,$$

$$\Gamma(x, t; \xi, \tau) = Z(x, t; \xi, \tau) + \int_0^t \int_0^1 Z(x, t; \eta, \sigma) \Phi(\eta, \sigma; \xi, \tau) d\eta d\sigma,$$

$$Z(x, t; \xi, \tau) = \frac{1}{1 \cdot [\pi(t - \tau) a(\xi, \tau)]^{1/2}} \exp \left[\frac{(x - \xi)^2}{4(t - \tau) a(\xi, \tau)} \right]$$

и μ_1, μ_2, θ — произвольные функции, удовлетворяющие условию $\mu_i(\xi) = 0$, $i = 1, 2$, $\theta(\xi) = 0$ при $\xi < 0$. Для $\Phi(x, t; \xi, \tau)$ имеет место неравенство (см. [1])

$$|\Phi(x, t; \xi, \tau)| \leq \frac{C}{(t - \tau)^\mu |x - \xi|^{3-2\mu-\alpha}}, \quad 1 - \alpha/2 < \mu < 1.$$

При $\sigma_1(t) \leq l < T$ в (4) функция $\theta(t-x)$ заменяется через $\theta(t - T + r - x)$, где $r = \inf_{0 < t < T} \sigma_2(t)$.

Разрешимость задачи (1)–(3) была сведена к разрешимости системы интегральных уравнений вида

$$\sum_{i=1,2} \int_0^t \Gamma_i(\sigma_i(t), t; \sigma_i(\tau), \tau) \mu_i(\tau) d\tau + \theta(t - \sigma_i(t)) = \varphi_i(t), \quad (5)$$

$$\mu_i(t) + \sum_{j=1,2} \int_0^t R_{ij}(t, \tau) \mu_j(\tau) d\tau = \Phi_i(t), \quad i = 1, 2.$$

Здесь ядра R_{ij} , $i, j = 1, 2$ и функции $\Phi_i(t)$, $i = 1, 2$ ограниченные.

В дальнейшем мы будем предполагать, что

$$|\Phi_i(t)| \leq C_0, \quad |R_{ij}| \leq M, \quad i, j = 1, 2,$$

где C_0, M — постоянные.

Рассмотрим систему

$$\mu_i(t) = \Phi_i(t) + \lambda \sum_{j=1,2} \int_0^t R_{ij}(t, \tau) \mu_j(\tau) d\tau, \quad i = 1, 2. \quad (6)$$

Лемма 1. Решение системы (6) можно представить в виде

$$\mu_i(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k g_k^i(t), \quad i = 1, 2,$$

где функции $g_k^i(t)$, $i = 1, 2$, $k = 0, 1, 2, \dots$ определяются из рекуррентных соотношений. При этом имеют место оценки

$$|g_k^i(t)| \leq C_0 \frac{(2Mt)^k}{k!}, \quad i = 1, 2, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$|\mu_i(t)| \leq C_0 \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2|\lambda|Mt)^k}{k!} = C_0 \exp[2|\lambda|Mt], \quad i = 1, 2.$$

Лемма 2. Пусть

$$\mu_i^n(t) = \sum_{k=0}^n \lambda^k g_k^i(t), \quad \mu_i(t) - \mu_i^n(t) = \sum_{k=n+1}^{\infty} \lambda^k g_k^i(t) = \alpha_n^i(t), \quad i = 1, 2,$$

Тогда справедливы оценки

$$|\alpha_n^i(t)| \leq C_0 \frac{(2|\lambda|MT)^{n+1}}{(n+1)!} \exp[2|\lambda|MT] \rightarrow 0, \quad i = 1, 2, \quad n \rightarrow \infty.$$

Теперь рассмотрим систему

$$\mu_i(t) = \sum_{j=1,2} R_{ij}(t, \tau) \mu_j(\tau) d\tau = \Phi_i(t), \quad i = 1, 2. \quad (5')$$

Следствие. Решение системы (5') можно представить в виде

$$\mu_i(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k g_k^i(t), \quad i = 1, 2$$

и для системы (5') имеют место соотношения

$$|\alpha_n^i(t)| \leq C_0 \frac{(2MT)^{n+1}}{(n+1)!} \exp[2MT] \rightarrow 0, \quad i = 1, 2, \quad n \rightarrow \infty. \quad (7)$$

Из условия $\sigma_i(t) < l$ следует, что функция $y = t - \sigma_i(t)$ ($0 \leq t \leq T$) — монотонно возрастающая, поскольку $y' = 1 - \sigma_i'(t) > 0$. Тогда, в силу известной теоремы из анализа, для нее существует монотонно возрастающая обратная функция $t = g(y)$.

Положим

$$\theta^n(t - \sigma_1(t)) = \varphi_1(t) - \sum_{i=1,2} \int_0^t \Gamma_i(\sigma_i(t), t; \sigma_i(\tau), \tau) \mu_i^n(\tau) d\tau,$$

$$v_n(x, t) = \sum_{i=1,2} \int_0^t \Gamma_i(x, t; \sigma_i(\tau), \tau) \mu_i^n(\tau) d\tau + \theta^n(t - x).$$

Тогда, используя первое уравнение системы (5) и равенство (4) можно показать, что

$$v(x, t) - v_n(x, t) = \sum_{i=1,2} \int_0^t \Gamma_i(x, t; \sigma_i(\tau), \tau) \alpha_n^i(\tau) d\tau - \sum_{i=1,2} \int_0^{g(t-x)} \Gamma_i(\sigma_i(g(t-x)), g(t-x); \sigma_i(\tau), \tau) \alpha_n^i(\tau) d\tau.$$

Заметим, что функции $\Gamma_i, \frac{\partial}{\partial x} \Gamma_i(x, t; \sigma_i(\tau), \tau), i = 1, 2$ — ограниченные, а $\frac{\partial}{\partial t} \Gamma_i(x, t; \sigma_i(\tau), \tau), \frac{\partial}{\partial t} \Gamma_i(\sigma_i(g(t-x)), g(t-x); \sigma_i(\tau), \tau), \frac{\partial}{\partial x} \Gamma_i(\sigma_i(g(t-x)), g(t-x); \sigma_i(\tau), \tau), i = 1, 2$ имеют слабые особенности,

Поэтому, в силу неравенства (7), справедливы следующие соотношения

$$\left| \frac{\partial^i}{\partial t^i} [\tau(x, t) - v_n(x, t)] \right| < CC_0 \frac{(2MT)^{n+1}}{(n+1)!} \exp[2MT] \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0, \quad (8)$$

$i = 0, 1,$

$$\left| \frac{\partial}{\partial x} [v(x, t) - \tau_n(x, t)] \right| < CC_0 \frac{(2MT)^{n+1}}{(n+1)!} \exp[2MT] \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0, \quad (9)$$

где $C = \text{const.}$

Таким образом, имеет место

Теорема 2. При выполнении условия $a_1) - a_3)$ справедливы оценки (8), (9), показывающие скорости приближения приближенного решения к истинному решению задачи (1)–(3) и их производных.

Автор выражает благодарность проф. Г. Н. Агаеву за постановку задачи и обсуждение результатов.

Литература

1. Фридман А. Уравнения с частным производными параболического типа М.: Мир, 1968. 2. Камынин Л. И. СМЖ, т. 4, № 5, 1963, 1071–1105; т. 5, 1954 1207. 3. Канторович Л. В., Крылов В. И. Приближенные методы высшего анализа. М.—К.: Госиздат, 1962.

Институт математики и механики

Поступило 1. VII 1982

А. С. Рустамов

ГАРЫШЫГ ТИП ТЭНЛИК ҮЧҮН ГАРЫШЫГ МЭСЭЛЭНИН ХЭЛЛИ ВЭ ТЭГРИБИ ХЭЛЛИН ХЭТАСЫНЫН ГИЖМЭТЛЭНДИРИЛМЭСИ

Мәгәләдә дәјишән әмсаллы гарышыг тип тәнлик үчүн әрихәтли областда гарышыг мәсәлә нәзәрдән кечирилир вә онун јекәнә хәлли верилир. Бурада һәбелә мәсәләнин тәгриби хәлли гурулуру вә бу тәгриби хәллин хәтәси гијмәтләндирилир.

A. S. Rustamov

THE SOLUTION OF THE MIXED PROBLEM FOR THE EQUATION OF THE COMPOSITE TYPE AND THE ESTIMATION OF THE ERROR OF THE APPROXIMATE SOLUTION

In the curvilinear field the mixed problem for the equation of the composite type with variables of the coefficients is considered. The existence of the unique solution of the mixed problem is set up. The approximate solution of the problem is built up and the error of the approximate solution is estimated.

УДК 517.946

МАТЕМАТИКА

А. Д. ИСКЕНДЕРОВ

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ОДНОЙ МНОГОМЕРНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ И ЕЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПОСТАНОВКИ

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

В данной статье рассматривается многомерная обратная задача (см. также [1–4]) для квазилинейных параболических уравнений, исследуются вопросы корректности и регуляризации ее. Изучена также оптимизационная постановка рассматриваемой задачи.

Пусть D_1 — область $(n+1)$ -мерного евклидова пространства E_{n+1} с достаточно гладкой границей Γ_1 , произвольную точку области D_1 можно представить в виде $(x, y) = (x_1, x_2, \dots, x_n, y)$, где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $x \in D \subset E_n$, $S_{1t} \equiv \Gamma_1 x[0, t]$, $\Omega_{1t} \equiv D_1 x(0, t]$, $\Omega_1 = \Omega_{1T}$, $S_1 \equiv S_{1T}$, Γ — граница области D , которая также предполагается достаточно гладкой, $S_t \equiv \Gamma x[0, t]$, $\Omega_t \equiv D x(0, t]$, $\Omega \equiv \Omega_T$, $S \equiv S_T$, $z_{n+1} \equiv y$.

Изложим основные результаты для задачи об определении неизвестных коэффициентов параболического уравнения

$$u_t - a \Delta u + cu = h. \quad (1)$$

Пусть требуется определить функции $\{a(x, t, u) > 0, c(x, t, u), u(x, y, t)\}$, удовлетворяющие уравнению (1) и следующим условиям:

$$u|_{t=0} = \varphi; u|_{S_1} = f, \quad (2)$$

$$a \frac{\partial u}{\partial \nu} \Big|_{\Gamma_{1T}} = g_1; \left[a \frac{\partial u}{\partial \nu} - c\psi \right] \Big|_{\Gamma_{2T}} = g_2, \quad (3)$$

где $h \in C_*(\Omega_1)$, $\varphi \in C_{2+\alpha}(D_1)$, $f \in C_{2+\alpha, 1+\frac{\alpha}{2}}(S_1)$, $g_i \in C_\alpha(\Gamma_{iT})$, $i = 1, 2$,

$\psi \in C_\alpha(\Gamma_{2T})$ — заданные функции $\varphi|_{\Gamma_1} = f|_{S_1}$, $\Gamma_{1t} \equiv \Gamma_1 x[0, t]$, $\Gamma_{1t} \subset \bar{D}_1$ — заданные многообразия размерности меньше, чем размерности области D_1 , ν — направление внутренней нормали γ_i . Ниже всюду предположим, что если отыскиваемые коэффициенты зависят лишь от t или от u , тогда γ_i — совокупность фиксированных точек $(\xi_{ik}, \eta_{ik}) \in \bar{D}$, $k = 1, 2, \dots, \kappa^i$, $i = 1, 2$, а в остальных случаях γ_i — n -мерные многообразия, принадлежащие $\bar{D}_1$ и $F_i(x)$ достаточно гладкие функции, отображающие область $\bar{D}$ на γ_i , $i = 1, 2$. Если один из коэффициентов задан, то отпадает необходимость задания части условий (3).

Определение 1. Функции $\{a(x, t, u), c(x, t, u), u(x, y, t)\}$ назовем решением задачи (1)–(3), если: 1) $0 < a \in C(\Pi)$, $c \in C(\Pi)$, где $\Pi = \{(x, t, u) : (x, t) \in \bar{D}, r \leq u \leq R\}$, r, R — некоторые числа, 2) $u \in C_{2,1}(\Omega_1) \cap C(\bar{\Omega}_1)$, $r \leq u(x, y, t) \leq R$, $\exists$ — пределы функции $\mu_{x_k}(x,$

$u, t), \kappa = 1, 2, \dots, n+1$ при $(x, y) \rightarrow (\xi, \eta) \in \gamma_i, i = 1, 2, 3$ выполняются соотношения (1)–(3).

Задача (1)–(3) является некорректной в классическом смысле. Примеры показывают, что решение задачи (1)–(3) не всегда существует, а если даже существует, то оно может быть не единственным и неустойчивым.

Задача (1)–(3) исследуется в следующих ее вариантах. Коэффициенты a и c зависят от:

1) x, t , 2) u , 3) x, u . Задачу (1)–(3) при этих вариантах назовем задачами 1–3 соответственно.

Далее всюду предположим, что в случае задач 2, 3 $\gamma_i \in \Gamma_1, i = 1, 2$ и область D_1 является ограниченной. Обозначим: $f_{ik}(t) \equiv f(\xi_{ik}, \eta_{ik}, t)$, $r_{ik}(t) \equiv \min_{[0,1]} f_{ik}(\tau)$, $R_{ik}(t) \equiv \max_{[0,1]} f_{ik}(\tau)$, $\kappa = 1, 2, \dots, \kappa_i, i = 1, 2$, $r_m(t) \equiv \min_{[0,1]} f_m(\tau)$, $R_m(t) \equiv \max_{[0,1]} f_m(\tau)$, $m = 0, 1$, $f_0(t), f_1(t)$ – заданные функции.

Определение 2. Скажем, что решение задачи (1)–(3) принадлежит множеству M , если функция $u(x, y, t)$ имеет ограниченные в $\bar{D}_1$ производные по x и y до второго порядка, коэффициенты a и c по переменному u удовлетворяют условию Липшица и в случае задач 2 и 3 выполняется одно из следующих условий соответственно:

а) функции $a(u), c(u)$ в областях $[r, R] \bigcup_{\kappa=1}^{\kappa_1} [r_{ik}(T), R_{ik}(T)]$ являются заданными и если $u(x, y, t) \in [r_{ik}(T), R_{ik}(T)]$, то $r_{ik}(t) \leq u(x, y, \tau) \leq R_{ik}(t)$, $(x, y, \tau) \in \bar{\Omega}_{11}$.

б) $f \equiv f_1(t)$, функции $a(x, u), c(x, u)$ в области $\bar{D} \times [r, R] \setminus \bar{D} \times [r_1(T), R_1(T)]$ являются заданными и если $u(x, y, t) \in [r_1(T), R_1(T)]$, то $r_1(t) \leq u(x, y, \tau) \leq R_1(t)$, $(x, y, \tau) \in \bar{\Omega}_{11}$.

Теорема 1. Если $g_1 \neq 0, \psi \neq 0$, то решение задачи (1)–(3) на множестве M единственно и верна оценка

$$\begin{aligned} \|a - \bar{a}\|_{C(\Pi)} + \|c - \bar{c}\|_{C(\Pi)} + \|u - \bar{u}\|_{W_{p,1}^{2,1}(\Omega_1)} &\leq N \left(\|h - \bar{h}\|_{L_p(\Omega_1)} + \right. \\ &+ \|\varphi - \bar{\varphi}\|_{W_p^2(D_1)} + \|f - \bar{f}\|_{W_{p,1}^{2,1-\frac{1}{2p}}(S_1)} + \\ &\left. + \sum_{i=2}^2 \|g_i - \bar{g}_i\|_{C(\gamma_{1T})} + \|\psi - \bar{\psi}\|_{C(\gamma_{1T})} \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где $p > n+3, N > 0$ – зависит от данных задачи и множества решений M , $\{\bar{a}, \bar{c}, \bar{u}\}$ – решение задачи (1)–(3) с данными $\bar{h}, \bar{\varphi}, \bar{f}, \bar{g}_1, \bar{\psi}, \bar{g}_2$, которые удовлетворяют всем условиям гладкости, наложенным на функции $h, \varphi, f, g_1, \psi, g_2$ соответственно.

Примеры показывают, что если $g_1 \equiv 0$ или $\psi \equiv 0$, тогда решение задачи (1)–(3) не единственно. Кроме того, если возмущения данных выводит решение за пределы множества M , то оно неустойчиво. При этом малостью выходы данных по норме любого C_k невозможно обеспечить малость решения в равномерной норме. Оценка (4) достаточ-

но точная. Если в правой части (4) вместо $\|\varphi - \bar{\varphi}\|_{W_p^2(D_1)}$ стояло бы $\|\varphi - \bar{\varphi}\|_{W_{p-\frac{2}{p}}^2(D_1)}$, то эта оценка была бы неулучшаемая.

Теоремы существования доказываются при дополнительных предположениях для задачи с одним коэффициентом. При этом отпадает необходимость задания части условий (3). Если коэффициент c (коэффициент a) уравнения (1) задан, то задачи 1–3 назовем задачами 1_1 – 3_1 (задачами 1_2 – 3_2) соответственно.

Для всех этих задач доказаны теоремы существования. Приведем некоторые из них. Положим: $r(t) \equiv \min_{\bar{D}_1} [\min_{S_{11}} \varphi, \min_{S_{11}} f]$, $R(t) \equiv \max_{\bar{D}_1} [\max_{S_{11}} \varphi, \max_{S_{11}} f]$, $r \equiv r(T), R \equiv R(T), r_1 \equiv r_1(T), R_1 \equiv R_1(T)$.

Теорема 2. Пусть $h \in C_{2+\alpha, 1+\frac{\alpha}{2}}(\bar{\Omega}_1), \varphi \in C_{4+\alpha}(\bar{D}_1), f \in C_{4+\alpha, 2+\frac{\alpha}{2}}(S_1), \Delta h \geq 0, g_1 < 0, c \equiv \Delta \varphi \equiv 0, f_1(\xi, \eta, 0) = h(\xi, \eta, 0), f_1(\xi, \eta, t) \geq h(\xi, \eta, t), (\xi, \eta) \in \Gamma_1$, для решения задачи $\Delta \omega = 0, \omega|_{\Gamma} = f$ верна оценка $\left. \frac{\partial \omega}{\partial \nu} \right|_{\Gamma_{1T}} < 0$. Тогда задача 1_1 имеет единственное решение.

Теорема 3. Пусть $\gamma_1 = (\xi_1, \eta_1)$ – фиксированная точка границы Γ_1 , функция $f_1(t) \equiv f(\xi_1, \eta_1, t)$ имеет обратную $\Phi_1(f_1) \in \text{Lip}[r_1, R_1], c \equiv h \equiv \Delta \varphi \equiv 0, \varphi \in C_{4+\alpha}(\bar{D}_1), f(\xi, \eta, t) \in C_{4+\alpha, 2+\frac{\alpha}{2}}(S_1), f_1(\xi, \eta, 0) = 0, f_1(\xi, \eta, t) \geq 0, (\xi, \eta) \in \Gamma_1, g_1 \in \text{Lip}[0, T], g_1 < 0, \varphi(x, y) \leq f_1(0), r_1(t) = \min_{S_{11}} f(\xi, \eta, \tau), R_1(t) = \max_{S_{11}} f(\xi, \eta, \tau)$, для решения задачи $\Delta \omega = 0, \omega|_{\Gamma_1} = f(\xi, \eta, t)$ имеет место оценка $\left. \frac{\partial \omega}{\partial \nu} \right|_{\Gamma_{1T}} < 0$, функция $a(u)$ в области $[r, R] \setminus [r_1, R_1]$ задана и удовлетворяет условию Липшица. Тогда задача 2_1 имеет единственное решение.

Теорема 4. Пусть $0 < a \in C_{\frac{\alpha}{2}}(\bar{\Omega}), g_2 \geq 0, \psi \leq 0, \left\{ f_{\tau} - a \Delta \varphi + \right.$

$\left. + \varphi \left[a \frac{\partial \varphi}{\partial \nu} - g_2 \right] \psi^{-1} - h \right\} \Big|_{\Gamma_1, t=0} = 0$, для решения задачи $\omega_t - a \Delta \omega = h, \omega|_{S_1} = f > 0$ верно оценка $\left. \frac{\partial \omega}{\partial \nu} \right|_{\Gamma_{1T}} \leq 0$. Тогда задача 1_2 имеет единственное решение.

Доказательство теорем существования проводится методом последовательных приближений, который может быть использован также для построения регуляризующего алгоритма в случае неустойчивости задачи. Этот метод изложен в [4]. Далее укажем приближенный метод решения задачи (1)–(3), основанный на методе регуляризации А. Н. Тихонова. Сперва рассмотрим одну из вариационных постановок задачи I_1 .

Пусть $a_0 > 0, a_1 > 0$ – заданные числа, B_0 – банахово пространство

функций, определенных на $\bar{\Omega}$, $U = \{a: a \in U_0 \subset B_0, 0 < a_0 \leq a \leq a_1\}$

$$h \in L_2(\Omega_1), \varphi \in W_2^{\frac{3}{2}, \frac{3}{4}}(D_1), f \in W_2^{\frac{3}{2}, \frac{3}{4}}(D_1), g_1 \in L_2(\Gamma_T).$$

В уравнении (1) $c \equiv 0$. Рассмотрим задачу минимизации функционала

$$J_\alpha(a) = \|A(a) - g_1\|_{L_2(\Gamma_T)}^2 + \alpha \|a - a\|_{B_0}^2, \quad (5)$$

в области U при условиях (1), (2). Здесь $A(a) \equiv a \frac{\partial u}{\partial \nu} \Big|_{\Gamma_T}$, $\alpha \geq 0$ — за-

данное число, $U_0 \equiv C(\bar{\Omega})$. При этом под решением задачи об определении функции $u(x, y, t)$ из условий (1), (2) при заданном a из U понимается функция $u \in W_2^{2,1}(\Omega_1)$, удовлетворяющая этим условиям почти всюду. Пусть K некоторое плотное множество B_0 , $a_0 \in K$.

Теорема 5. Пусть $B_0 = L_2(\Omega)$, $\alpha > 0$. Тогда вариационная задача (5) имеет хотя бы одно решение.

Теперь займемся регуляризацией задачи (1)–(3). В этой задаче наряду с элементом g_1 оператор $A(a)$ также следует считать приближенно заданным. Пусть оператор $\bar{A}(a)$ соответствует данным $\bar{h}$, $\bar{f}$, $\bar{\varphi}$. Имеет место оценка

$$\|A(a) - \bar{A}(a)\|_{L_1} \leq N [\|h - \bar{h}\|_{L_1} + \|\varphi - \bar{\varphi}\|_{W_2^1} + \|\bar{f} - f\|_{W_2^{\frac{3}{2}, \frac{3}{4}}}], \quad (6)$$

где $N > 0$ определяется данными задачи и числами a_0, a_1 . Пусть

$$U_0 \equiv B_2 \equiv W_2^{1, \frac{1}{2}}(\Omega), \quad l > \frac{n+1}{2} \text{ и известно, что точное решение задачи}$$

(1)–(3) $\bar{a} \in W_2^1(\Omega)$. Тогда при перечисленных предположениях функционал $J_\alpha(a)$ будет сглаживающим функционалом [1] для задачи (1)–(3). Приближенное решение задачи ищется как точка минимума функционала $J_\alpha(a)$ на U . При этом параметр регуляризации α может выбран из условия [1]:

$$\|A(a) - g_1\|_{L_2(\Gamma_T)}^2 = \delta^2 + \delta_1^2 \|a^*\|_{B_0}^2, \quad (7)$$

где a^* — точка минимума функционала $J_\alpha(a)$ на U , $\|g_1 - \bar{g}_1\|_{L_2(\Gamma_T)} \leq \delta$,

$\|A(a) - \bar{A}(a)\|_{L_1} \leq \delta_0 \|a\|_{B_0}$ и число δ_0 оценивается, используя оценку (6).

Вариационная задача об определении минимум функционала $J_0(a)$ на U неустойчива. Задача (5) может быть использована для регуляризации этой задачи.

Замечание. Изложенным способом может быть определен коэффициент $a(x, y, t, u)$ уравнения (1). При этом предполагается, что $c \equiv 0$, a — кусочно-постоянная функция по y , и на поверхностях ее разрыва Γ_T^0 заданы условия

$$u|_{\Gamma_T^0+0} = f_0(\xi, \eta, t); \quad a \frac{\partial u}{\partial \nu} \Big|_{\Gamma_T^0+0} = a \frac{\partial u}{\partial \nu} \Big|_{\Gamma_T^0-0}. \quad (8)$$

Литература

1. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. методы решения некорректных задач. М.: 1974.
2. Лаврентьев М. М., Романов В. Г. Многомерные обратные задачи для дифференциальных уравнений, 1969.
3. Романов В. Г. Обратные задачи для

дифференциальных уравнений, 1973. 4. Искендеров А. Д. ДАН СССР, 225: 5 1975, 1004–1008.

АГУ и.м. С. Кирова

Поступило 26. II, 1982

А. Д. Искендеров

БИР ЧОХӨЛЧҮЛҮ ТЭРС МЭСЭЛЭ ВЭ ОНУН ОПТИМАЛ ГОЈУЛУШУНУН РЕГУЛЈАРЛАШДЫРЫЛМАСЫ

Мэгалэдэ квазикэти параболлик тэнликлэр үчүн чохөлчүлү тэрс мэсэлэлэрин корректлији нэ регулјарлашдырылмасы тэдгиг едилир. Бурада хэмчинин бу мэсэлэлэрин оптималлашдырылма варианты өјрөнилир.

A. D. Iskenderov

REGULARIZATION OF ONE MULTIDIMENSIONAL REVERSE PROBLEM AND ITS OPTIMIZATIONAL FORMULATION

In this paper the questions of correctness and regularization of the multidimensional reverse problems and their optimizational formulations for the quasi-linear equations of the parabolic type are investigated.

УДК 517.91

МАТЕМАТИКА

Г. М. НАБИЕВ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С МАКСИМУМАМИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. Султановым)

В работе [4] исследовались некоторые вопросы устойчивости решений системы дифференциальных уравнений с минимумами с переменными коэффициентами.

Здесь устанавливаются некоторые вопросы устойчивости решений для систем дифференциальных уравнений с максимумами следующего вида

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t) \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau) + F_1(t, x(t), \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau)), \quad (1)$$

$$\text{где } A(t) = F_x(t, x(t), y(t)), \quad B(t) = F_y(t, x(t), y(t)), \\ y_1(t) = \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau).$$

А теперь сформулируем следующие теоремы.

Теорема 5. Если тривиальное решение соответствующей однородной системы (1) равномерно асимптотически устойчиво, то существуют $\kappa > 0$ и $\alpha > 0$ такие, что

$$|y(t; t_0, \varphi)| < \kappa e^{-\alpha(t-t_0)} \|\varphi\| \quad (2)$$

для $t \geq t_0$.

Доказательство. Пусть оператор A_{t,t_0} линейен, то следовательно ограничен $\|A_{t,t_0} \varphi\| \leq \|A_{t,t_0}\| \|\varphi\|$. Для $t \geq t_0 + T(\epsilon)$ имеем $\|y(t; t_0, \varphi)\| < \epsilon$; отсюда вытекает, что для $t \geq t_0 + T + h$ $|x(s; t_0, \varphi)| < \epsilon$ при $t-h \leq s \leq t$, и следовательно $\|A_{t,t_0} \varphi\| < \epsilon$. Так как можно предположить, что $T(\epsilon)$ соответствует начальным, данным для которых $\|\varphi\| < 1$, то можно писать $\|A_{t,t_0}\| < \epsilon$ для $t \geq t_0 + T + h$. Имеем $A_{t,t_0} \varphi = A_{t,t_0+T+h} (A_{t_0+T+h,t_0} \varphi)$. Отсюда следует, что

$$\|A_{t,t_0} \varphi\| \leq \|A_{t,t_0+T+h}\| \|A_{t_0+T+h,t_0} \varphi\| \leq \epsilon \cdot \epsilon \|\varphi\| = \epsilon^2 \|\varphi\| \text{ для } t \geq t_0 + 2(T+h)$$

Продолжая таким же образом для $t \geq t_0 + m(T+h)$ получим $\|A_{t,t_0} \varphi\| \leq \epsilon^m \|\varphi\|$.

Пусть $t \geq t_0$. Существует $m > 1$ такое, что для $t_0 + (m-1)(T+h) < t < t_0 + m(T+h)$, тогда имеем $t-t_0 < m(T+h)$, $m > \frac{1}{T+h} (t-t_0)$.

$\epsilon^m < e^{\frac{1}{T+h} (t-t_0)}$, так как выбираем $\epsilon < 1$.

Заметим, что для всех $t \geq t_0$ имеем $\|A_{t,t_0}\| \leq N$ из-за равномерной устойчивости из $t \geq t_0 + (m-1)(T+h)$ следует, что $\|A_{t,t_0} \varphi\| < N \epsilon^{m-1} \|\varphi\| = \frac{N}{\epsilon} \cdot \epsilon^m \|\varphi\| < \frac{N}{\epsilon} \cdot e^{\frac{1}{T+h} (t-t_0)} \|\varphi\|$.

Обозначим $\frac{N}{\epsilon} = \kappa$, $\alpha = -\frac{1}{T+h} \ln \epsilon$. Тогда $\kappa > 0$, $\alpha > 0$, $e^{\frac{1}{T+h} (t-t_0)} = e^{-\alpha(t-t_0)}$

и следовательно

$$\|A_{t,t_0} \varphi\| < \kappa e^{-\alpha(t-t_0)} \|\varphi\|, \quad \|y(t; t_1, \varphi)\| < \kappa e^{-\alpha(t-t_1)} \|\varphi\|,$$

что и требовалось доказать.

Теорема 6. Пусть: 1) тривиальное решение соответствующей однородной системы (1) равномерно устойчиво (вес решения однородной системы равномерно ограничен);

$$2) |F_1(t, t, y_1)| \leq \eta(t) (|x| + |y|) \text{ для } |x| + |y| < \epsilon \text{ и } \int_0^\infty \eta(t) dt < +\infty.$$

Тогда решение систем (1) равномерно ограничено (тривиальное решение равномерно устойчиво).

Доказательство. На основании предположения теоремы 5 мы имеем $|y(t; t_0, \varphi)| \leq M \|\varphi\|$.

Пусть функционал $A[t, \varphi]$ имеет следующий вид

$$A[t, \varphi] = \sup_{\sigma > 0} \|y(t + \sigma + s; t, \varphi(u-t))\|, \quad u \in E_t = [t-h, t].$$

Тогда имеем, что $A[t, \varphi] \geq \|\varphi\|$ и $A[t, \varphi] \leq M \|\varphi\|$.

А теперь рассмотрим разности

$$\|y(t + \sigma + s; t, \varphi_1)\| - \|y(t + \sigma + s; t, \varphi_2)\| \leq \|y(t + \sigma + s; t, \varphi_1) - y(t + \sigma + s; t, \varphi_2)\| \leq M \|\varphi_1 - \varphi_2\|, \text{ следовательно,}$$

$$\|y(t + \sigma + s; \varphi_1)\| \leq \|y(t + \sigma + s; t, \varphi_2)\| + M \|\varphi_1 - \varphi_2\|.$$

Отсюда непосредственно следует, что

$$|A[t, \varphi_1] - A[t, \varphi_2]| \leq M \|\varphi_1 - \varphi_2\|.$$

Теперь рассмотрим функционал следующего вида

$$A[t, y(t+s; t_0, \varphi)] = \sup_{\sigma > 0} \|y(t + \sigma + s; t, y(t+s; t_0, \varphi))\| = \\ = \sup_{\sigma > 0} \|y(t + \sigma + s; t_0, \varphi)\| = \sup_{\sigma > 0} \|y(\sigma + s; t_0, \varphi)\|.$$

Следовательно,

$$\limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, y(t+h+s; t, \varphi)] - A[t, \varphi]}{h} \leq 0.$$

Из системы получаем

$$x(\xi; t, \varphi) = \varphi(t) + \int_t^\xi \{A(\xi)x(\xi; t, \varphi) + B(\xi)\varphi(\xi) + F_1(\xi, x(\xi; t, \varphi), \varphi(\xi))\} d\xi \text{ при } \xi \in E_t.$$

Отсюда получаем следующую оценку:

$$|x(\xi; t, \varphi)| \leq \|\varphi\| + \int_1^\xi (|A(\xi)| \lambda(\xi; t, \varphi) + |B(\xi)| \|\varphi\| + \eta(\xi) [|x(\xi; t, \varphi)| + \|\varphi\|]) d\xi \leq \left(1 + \int_1^{t+h} (|B(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi\right) \|\varphi\| + \int_1^\xi (|A(\xi)| + \eta(\xi)) |x(\xi; t, \varphi)| d\xi \text{ при } t \leq \xi \leq t+h.$$

Следовательно, по лемме Гронуолла из [3] имеем

$$|x(\xi; t, \varphi)| \leq \left(1 + \int_1^{t+h} (|B(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi e^{\int_1^{t+h} (|A(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi}\right) \|\varphi\|.$$

А теперь рассмотрим разности $x(\xi; t, \varphi) - y(\xi; t, \varphi)$:

$$x(\xi; t, \varphi) - y(\xi; t, \varphi) = \int_1^\xi A(\xi) [x(\xi; t, \varphi) - y(\xi; t, \varphi)] d\xi + \int_1^{\xi_1} (F_1(\xi, x(\xi; t, \varphi), \varphi(\xi)) - F_1(\xi, y(\xi; t, \varphi), \varphi(\xi))) d\xi \text{ при } \xi \in E_1.$$

Отсюда получаем следующую оценку:

$$|x(\xi; t, \varphi) - y(\xi; t, \varphi)| \leq \int_1^\xi |A(\xi)| |x(\xi; t, \varphi) - y(\xi; t, \varphi)| d\xi + \left\{ \left(1 + \int_1^{t+h} (|B(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi e^{\int_1^{t+h} (|A(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi} + 1 \right) \int_1^{t+h} \eta(\xi) d\xi \|\varphi\| \right\}$$

при $\xi \in [t, t+h]$.

Следовательно, по лемме Гронуолла имеем

$$|x(\xi; t, \varphi) - y(\xi; t, \varphi)| \leq \left\{ \left(1 + \int_1^{t+h} (|B(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi e^{\int_1^{t+h} (|A(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi} + 1 \right) \int_1^{t+h} \eta(\xi) d\xi e^{\int_1^{t+h} |A(\xi)| d\xi} \|\varphi\| \right\} \text{ при } \xi \in [t, t+h].$$

Отсюда получается оценка такого же вида для

$$|x(t+h+s; t, \varphi) - y(t+h+s; t, \varphi)|$$

и

$$|A[t+h, x(t+h+s; t, \varphi)] - A[t+h, y(t+h+s; t, \varphi)]| \leq$$

$$\leq M \left\{ 1 + \int_1^{t+h} (|B(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi e^{\int_1^{t+h} (|A(\xi)| + \eta(\xi)) d\xi} + 1 \right\} e^{\int_1^{t+h} |A(\xi)| d\xi} \int_1^{t+h} \eta(\xi) d\xi \|\varphi\|.$$

Отсюда на основании [2], получаем

$$\limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, x(t+h+s; t, \varphi)] - A[t+h, y(t+h+s; t, \varphi)]}{h} \leq \leq 2M\eta(t) \|\varphi\|.$$

Из этого вытекает

$$\begin{aligned} \limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, x(t+h+s; t, \varphi)] - A[t, \varphi]}{h} &\leq \\ &\leq \limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, y(t+h+s; t, \varphi)] - A[t, \varphi]}{h} + \\ &+ \limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, x(t+h+s; t, \varphi)] - A[t+h, y(t+h+s; t, \varphi)]}{h} \leq \\ &\leq 2M\eta(t) \|\varphi\| \leq 2M\eta(t) A[t, \varphi]. \end{aligned}$$

Отсюда получаем

$$\limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, x(t+h+s; t_0, \varphi)] - A[t, x(t+s; t_0, \varphi)]}{h} \leq \leq 2M\eta(t) A[t, x(t+s; t_0, \varphi)].$$

Обозначим $A[t, x(t+s; t_0, \varphi)] = A^*(t)$.

Тогда имеем

$$\frac{1}{A^*(t)} \limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A^*(t+h) - A^*(t)}{h} \leq 2M\eta(t)$$

или

$$\limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{\ln A^*(t+h) - \ln A^*(t)}{h} \leq 2M\eta(t).$$

Отсюда вытекает, что

$$A^*(t) \leq A^*(t_0) e^{2M \int_{t_0}^t \eta(\xi) d\xi}$$

или

$$A[t, x(t+s; t_0, \varphi)] \leq A[t_0, \varphi] e^{2M \int_{t_0}^t \eta(\xi) d\xi}$$

Но

$$A[t, x(t+s; t_0, \varphi)] \geq \|x(t+s; t_0, \varphi)\|$$

и

$$A[t_0, \varphi] \leq M \|\varphi\|.$$

Следовательно

$$\|x(t+s; t_0, \varphi)\| \leq M e^{2M \int_{t_0}^t \eta(\xi) d\xi} \|\varphi\|$$

Так как $\int_1^\infty \eta(\xi) d\xi < +\infty$, следовательно

$$|x(t; t_0, \varphi)| \leq L \|\varphi\|.$$

Таким образом, теорема доказана.

Теорема 7. Если тривиальное решение соответствующей однородной системы равномерно асимптотически устойчиво, то

тривиальное решение системы (1) также равномерно асимптотически устойчиво.

Доказательство. Из теоремы 5 имеем, что условие (3) имеет место. Рассмотрим следующий функционал

$$A[t, \varphi] = \int_0^{\infty} \|y(t + \xi + s; t, \varphi)\| d\xi + \sup_{s \geq 0} \|y(t + s; t_0, \varphi)\|.$$

На основании доказанных теорем мы имеем, что

$$A[t, \varphi] \geq \|\varphi\|, \quad A[t, \varphi] \leq M \|\varphi\|, \quad |A[t, \varphi_2] - A[t, \varphi_1]| \leq L \|\varphi_2 - \varphi_1\|.$$

$$\limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, y(t+h+s; t, \varphi)] - A[t, \varphi]}{h} \leq -\|\varphi\|.$$

На основании теоремы 6 мы получим, что

$$\limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{A[t+h, x(t+h+s; t_0, \varphi)] - A[t, x(t+s; t_0, \varphi)]}{h} \leq -\|x(t+s; t_0, \varphi)\|.$$

$$\|x(t+s; t_0, \varphi)\| [1 - 2\eta(t)L] \leq A[(t)x(t+s; t, \varphi)] \left[2L\eta(t) - \frac{1}{M} \right].$$

Если $A^*(t) = A[t, x(t+s; t_0, \varphi)]$, получаем

$$\limsup_{h \rightarrow 0^+} \frac{\ln A^*(t+h) - \ln A^*(t)}{h} \leq 2L\eta(t) - \frac{1}{M}.$$

Отсюда,

$$A^*(t) \leq A^*(t_0) e^{2L \int_{t_0}^t \eta(\xi) d\xi - \frac{1}{M}(t-t_0)}.$$

следовательно,

$$|x(t; t_0, \varphi)| \leq M e^{2L \int_{t_0}^t \eta(\xi) d\xi - \frac{1}{M}(t-t_0)} \|\varphi\| \text{ при } t \in E_t.$$

Таким образом теорема доказана.

Литература

1. Малкин И. Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966.
2. Руш Н., Абетс П., Лаула М. Прямой метод в теории устойчивости. Мир, 1980.
3. Белман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. Мир, 1967.
4. Магомедов А. Р. ДАН Азерб. ССР, 1983, № 10.
5. Тышкевич В. А. Некоторые вопросы теории устойчивости функционально-дифференциальных уравнений. Киев: Наукова думка, 1981.

Институт математики
и механики

Поступило 1. III, 1984

Н. М. Набијев

МАКСИМУМУЛУ ДИФЕРЕНСИАЛ ТЭНЛИКЛЭРИН ҲАЛЛИНИН ДАҲАНЫГЛЫГ НЭЗЭРИҲЭСИНИН БЭ'ЗИ МЭСЭЛЭЛЭРИ. II

Мағаләдә максимумлу дифференциал тәнликләрин һәллини даһаныглыг нәзәри-
јәсинин бә'зи мәсәләләриндән бәһс олунур. Бурада

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t) \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau) + F_1(t, x(t), \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau))$$

шәклиндә олан максимумлу дифференциал тәнликләр системинин тривиал һәлләринин
мүнтәзәм асимптотик даһаныглыгы һағғында теоремләр исбат едилмишдир.

G. M. Nabiyev

SOME QUESTIONS OF THE THEORY OF STABILITY OF SOLUTIONS OF THE DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH MAXIMA. II

Some questions of the theory of stability of solutions of the differential equations with maxima are considered. The theorems of the uniform asymptotic stability of the trivial solution of the system of differential equations with maxima of the form

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t) \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau) + F_1(t, x(t), \max_{\tau \in [t-h, t]} x(\tau))$$

are demonstrated.

УДК 532.584

МЕХАНИКА

И. А. АМИРАСЛАНОВ

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛА

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

Рассмотрена новая плоская задача теории потенциала с неизвестной границей, представляющая интерес для процесса вымывания грунта под плотиной. Решение ее получено в замкнутом виде.

Пусть в начальном ненарушенном состоянии край непроницаемого основания плотины был расположен вдоль оси x при $x < l$, а пористый грунт занимал полупространство $y < 0$ (рисунок). Вследствие локального поверхностного разрушения и вымывания частиц грунта под плотиной образуется полость, криволинейную границу которой OAB требуется определить. Задача предполагается плоской, а фильтрация воды под плотиной при $x \rightarrow -\infty$, происходящей в направлении оси x . В начальном состоянии процесс фильтрации описывается следующим комплексным потенциалом.

$$f(z) = -iK \sqrt{z-l}, \quad \tau_x + i\tau_y = \frac{\kappa K}{2\sqrt{r_0}} \left(-\sin \frac{\theta_0}{2} + i \cos \frac{\theta_0}{2} \right) \quad (1)$$

$$(r_0 = |z-l|, \theta_0 = \arg(z-l) \quad K > 0)$$

Здесь K —некоторый коэффициент, зависящий от общего перепада давления и формы основания всей плотины, определяемый из решения задачи в целом. В данной локальной задаче он считается заданным.

Согласно (1), скорость фильтрации при $z=l$ в точке C (рисунок) бесконечна, поэтому размывание грунта начинается в этой точке при сколь угодно малых K . С образованием полости комплексный потенциал на бесконечности при $z \rightarrow \infty$, очевидно, будет совпадать с (1).

Такая постановка задачи, очевидно, вполне пригодна для полостей, характерный линейный размер которых мал по сравнению с характерным линейным размером плотины [1].

Напомним общие формулы представления давления и скорости фильтрации при помощи комплексной аналитической функции $f(z)$ в плоских задачах [2].

$$P = \operatorname{Re} f(z), \quad \tau_x + i\tau_y = \kappa \overline{f'(z)} \quad (q = x+iy)$$

Здесь x, y —декартовы координаты; P —давление; τ_x, τ_y —составляющие вектора скорости фильтрации; κ —коэффициент фильтрации.

Давление на всей границе полости OAB предполагается постоянным и равным давлению жидкости P_0 в резервуаре, скорость филь-

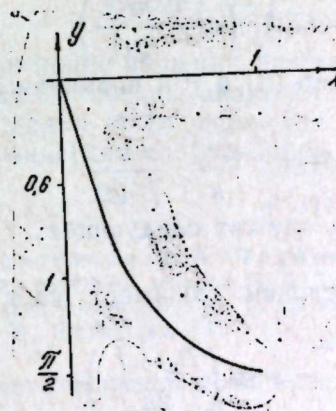
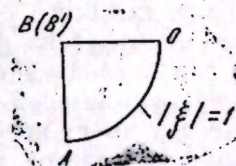
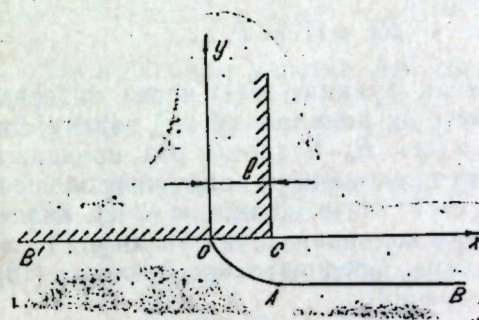
трации на активном участке OA полости считаем равной предельно-равновесной величине v_* , а пассивный участок AB —параллельным оси x .

Эти граничные условия при помощи (1) можно записать так:

$$\operatorname{Im} f'(z) = 0 \text{ на } OB, \operatorname{Re} f(z) = P_0 \text{ на } OAB \quad (2)$$

$$\kappa |f'(z)| = v_* \text{ на } OA, \operatorname{Re} f'(z) = 0 \text{ на } AB \quad (3)$$

$$\text{при } z \rightarrow \infty \quad f'(z) = -\frac{1}{2} i K^{-1/2} \quad (4)$$



Введем новую комплексную переменную

$$\xi = \frac{\kappa}{v_*} f'(z) \quad (5)$$

На плоскости ξ физической плоскости z , согласно (2)–(4), соответствует четверти единичного круга $|\xi| \leq 1, -\frac{\pi}{2} < \arg \xi < 0$ (см. рисунок), на котором соответствующие точки обозначены теми же буквами.

Обозначим

$$\omega(\xi) = f(z(\xi)) \quad (6)$$

Для функции $\omega(\xi)$, согласно (2)–(4), имеем следующую смешанную краевую задачу [3]:

при $\text{Im } \xi = 0, \quad 0 < \text{Re } \xi < 1 \quad \text{Im } \omega(\xi) = 0, \quad (7)$

при $\text{Re } \xi = 0, \quad -1 < \text{Im } \xi < 0 \quad \text{Re } \omega(\xi) = P_0, \quad (8)$

при $|\xi| = 1, \quad -\frac{\pi}{2} < \arg \xi < 0 \quad \text{Re } \omega(\xi) = P_0, \quad (9)$

при $\xi \rightarrow 0 \quad \omega(\xi) = -\frac{\kappa K^2}{2v_* \xi} + O(\xi) \quad (10)$

(Мнимая постоянная для $f(z)$ несущественна).

Воспользуемся принципом симметрии [3] и продолжим аналитическую функцию $\omega(\xi)$ через интервал $(0,1)$. В результате получим задачу Дирихле для полукруга

$$|\xi| = 1, \quad |\arg g\xi| < \frac{\pi}{2} \quad \text{Re } \omega(\xi) = P_0$$

Продолжим еще раз аналитически функцию $\omega(\xi)$ через интервал $(-i, i)$ при помощи принципа симметрии; получим ту же задачу Дирихле для всего круга $|\xi| = 1$; $\text{Re } \omega(\xi) = P_0$. В третий раз продолжим аналитически функцию $\omega(\xi)$ через единичную окружность; приходим к следующей задаче: требуется найти функцию $\omega(\xi)$, аналитическую во всей плоскости ξ , за исключением точек $\xi = 0$ и $\xi = \infty$, где она имеет полосы первого порядка. Следовательно, согласно (10), решение краевой задачи будет следующим

$$\omega(\xi) = P_0 - \frac{a}{\xi} + a\xi \quad \left(a = \frac{\kappa K^2}{2v_*}\right) \quad (11)$$

Подставляя сюда ξ и ω , согласно (5) и (6), получаем следующее дифференциальное уравнение

$$f(z) = P_0 + \frac{a\kappa}{v_*} f'(z) - \frac{av_*}{\kappa} \frac{1}{f''(z)} \quad (12)$$

В качестве начального условия служит следующее:

при $z = 0 \quad f = P_0 \quad (13)$

Решение уравнения (12) при условии (3) имеет следующий вид

$$z = \frac{a\kappa}{v_*} \left[-\left(\frac{P_0 - f}{2a}\right)^2 - \text{arsh} \left(\frac{P_0 - f}{2a}\right) - \frac{P_0 - f}{2a} \sqrt{1 - \left(\frac{P_0 - f}{2a}\right)^2} \right] \quad (14)$$

Найдем отсюда уравнение неизвестного контура активного участка полости OA при помощи (6) и (11), используя соотношения

$$\xi = e^{i\theta}, \quad \xi - \xi^{-1} = 2i \sin \theta, \quad f - P_0 = 2a i \sin \theta$$

на этом участке, получаем

$$z = \frac{1}{2} \left(\frac{\kappa K}{v_*}\right)^2 (\sin^2 \theta + i\theta + i \sin \theta \cos \theta) \quad \left(-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq 0\right) \quad (15)$$

или в действительных переменных

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2} \left(\frac{\kappa K}{v_*}\right)^2 \sin^2 \theta \\ y = \frac{1}{2} \left(\frac{\kappa K}{v_*}\right)^2 \left(\theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta\right) \end{cases} \quad (16)$$

Как видно, функции $x(\theta)$ и $y(\theta)$ монотонно возрастают с увеличением θ . Как и следовало ожидать, контур полости в точке O перпендикулярен основанию плотины. Координаты точки, согласно (16), будут следующими

$$\begin{cases} x_A = \frac{1}{2} \left(\frac{\kappa K}{v_*}\right)^2 \\ y_A = -\frac{\pi}{4} \left(\frac{\kappa K}{v_*}\right)^2 \end{cases} \quad (17)$$

На пассивном участке AB , согласно (11) и (6), будет

$$\xi = it, \quad f - P_0 = ai(t + t^{-1}), \quad t + t^{-1} > 2, \quad \text{Im arsh} \frac{P_0 - f}{2a} = \frac{\pi}{2}$$

исследовательно, согласно (14), участок AB прямой, параллельно оси x , что и требовалось.

График активного участка полости, построенный при помощи (16), приведен в безразмерных переменных x и y .

$$\bar{x} = 2x \left(\frac{v_*}{\kappa K}\right)^2, \quad \bar{y} = 2y \left(\frac{v_*}{\kappa K}\right)^2 \quad (18)$$

В построенном решении расстояние передней кромки полости от края основания плотины является свободным параметром (рисунок). Для определения этого параметра необходимо привлекать дополнительные физические соображения.

Литература

1. Амирасланов И. А. Черепанов Г. П., ПМТФ, № 4, 1982, 79–85.
2. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука 1977.
3. Лаврентьева Б. В., Шабат. Методы теории функций комплексного переменного. М.: Физматгиз, 1953.

Азербайджанский технологический институт

Поступило 31. V 1984

И. А. Эмирасланов

ПОТЕНЦИАЛ НЭЗЭРИЈЭНИН БИР МЭСЭЛЭСИ ЫАГГЫНДА

Мәгәләдә потенциал нәзәријәнин гәјри-мүјјән сәрхәддәи мүстәви мәсәләсиндән бәһс олунур. Бәнд алтында торпағын јујулмасы просеси үчүн бу мәсәлә хусуси ма¬ рағ доғурур. Мәсәләнүн һәлли аналитик шәкилдә алынмышдыр.

I. A. Amiraslanov

ON THE PROBLEM OF THE THEORY OF POTENTIAL

The new flat problem of the theory of potential with unknown limits having an interest for the process of ground washing under a dam is considered. The solving of the problem is got in analytical form.

Чл.-корр. М. Г. ШАХТАХТИНСКИЙ, Н. Б. МУСТАФАЕВ

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ И ПЛАЗМЕННЫЕ ЧАСТОТЫ СПЛАВОВ $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$

В работе [1] исследованы гальваномагнитные, осцилляционные и плазменные эффекты в легированных образцах полупроводниковых сплавов $\text{Bi}_{0.921}\text{Sb}_{0.076}$. Показано, что спектр L -электронов в этих сплавах хорошо описывается законом дисперсии Абрикосова [2]. Приведены оптические характеристики (высоочастотные диэлектрические проницаемости ϵ_∞ и плазменные частоты ω_p) исследованных образцов.

Целью настоящей работы является проведение теоретического расчета диэлектрической проницаемости в рамках модели Абрикосова и сравнение рассчитанных значений ϵ_∞ и ω_p с их экспериментальными величинами.

Спектр Абрикосова может быть записан в виде:

$$\left(E - \frac{p^2}{2m_2}\right) \left(1 + \frac{E}{E_{gL}} + \mu \frac{p^2}{2m_2 E_{gL}}\right) = V_1^2 p_1^2 + V_3^2 p_3^2 \quad (1)$$

Здесь E_{gL} — энергетический зазор в L -точке зоны Бриллюэна, ось 1 направлена вдоль бинарной оси, ось 2 — вдоль вытянутости поверхности постоянной энергии и наклонена под углом $\varphi \approx 6^\circ$ к биссектрисной оси, ось 3 — под углом $\varphi \approx 6^\circ$ к тригональной оси, μ — параметр, характеризующий нес зеркальность зон L_2 и L_3 в направлении оси 2, $V_j^2 = \frac{E_{gL}}{2m_j}$ — положительные константы спектра.

Согласно формуле (2,10) работы [3], диэлектрическая проницаемость определяется следующим образом:

$$\epsilon(\omega, \vec{q}) - 1 = 4\pi \left(\frac{eh}{m_0}\right)^2 \sum_{\vec{k}} \frac{2|<c|p_j|V>|^2}{(E_c - E_v)[(E_c - E_v)^2 - (\hbar\omega)^2]} - 4\pi \left(\frac{e}{q\omega}\right)^2 \sum_{\vec{k}} \left(-\frac{\partial f}{\partial E}\right) (\vec{V} \cdot \vec{q})^2$$

где $\hbar$ — постоянная Планка, деленная на 2π .

В рамках модели Абрикосова значение матричного элемента необходимо положить равным $|<c|p_j|V>|^2 = \frac{m_2^2}{m_j} E_{gL}$ для $j=1, 3$. Для $j=2$ матричный элемент дипольного момента равен нулю, однако в следующем приближении он может быть записан в виде:

$$|<c|p_j|V>|^2 = \frac{m_0^2}{m_2} \sum_{i=1}^3 \frac{p_i^2}{2m_i}$$

Полученное в результате проведенных расчетов выражение для межзонного вклада в диэлектрическую проницаемость от дипольных переходов в L -точке (для одной долины) равно;

$$\epsilon_{L,j}^M = \frac{2e^2}{\pi\hbar} \frac{1}{m_j} \sqrt{\frac{2m_1 m_2 m_3}{(\mu+1)E_{gL}}} \Phi_j \left(\frac{E_F}{E_{gL}}\right) \quad (2)$$

Коэффициенты Φ_j имеют громоздкий вид и здесь не приводятся. Отметим, что $\Phi_j \sim 1$ для $j=1, 3$ и $\Phi_2 \sim \frac{m_2}{m_1}$.

Межзонный вклад от T -точки, вычисленный в рамках эллипсодальной параболической модели, равен:

$$\epsilon_{T,j}^M = \frac{1}{4\sqrt{2}} \frac{e^2}{\hbar} \frac{1}{m_j} \sqrt{\frac{2m_1 m_2 m_3}{E_{gT}}} \quad (3)$$

где m_j — масса T -дырок.

Для внутризонного вклада от L и T -точек зоны Бриллюэна получаем, соответственно:

$$\epsilon_{L,j}^B = -\frac{4e^2}{\pi\hbar} \frac{1}{m_j} \sqrt{\frac{2m_1 m_2 m_3}{E_{gL}}} \left(\frac{E_{gL}}{\hbar\omega}\right)^2 I_j$$

$$\epsilon_{T,j}^B = -\frac{4e^2\pi}{m_j\omega^2} N', \quad (4)$$

где для $j=1, 3$

$$I_j = \frac{1}{(\mu-1)^2} \left(\sqrt{\beta} F_{\frac{1}{2}} - \frac{1}{\sqrt{\mu-1}} J_{\frac{1}{2}}^2 \right) + \frac{\beta}{\mu-1} \left(\frac{2}{3} \mu + \frac{\mu+1}{\mu-1} \right) \sqrt{\beta} F_{\frac{3}{2}}$$

(выражение для I_2 , имеющее сложную форму, мы не приводим; оценки показывают, что $I_2 \sim 1$).

Здесь N' — концентрация T -дырок, $F_r = \int_0^\infty \left(-\frac{\partial f}{\partial x}\right) x^r dx$ — интегралы Ферми, $x = \frac{E}{\kappa_0 T}$, $\beta = \frac{\kappa_0 T}{E_{gL}}$,

$$J_n^m = \int_0^\infty \left(-\frac{\partial f}{\partial x}\right) \frac{[1 + (\mu+1)\beta x]^m}{(1 + 2\beta x)^n} \cdot \text{arctg} \sqrt{\frac{(\mu-1)\beta x}{1 + 2\beta x}} dx$$

Диэлектрическая проницаемость кристалла в перпендикулярном и параллельном к тригональной оси направлениях определяется соотношениями:

$$\epsilon_1 = \frac{3}{2} (\epsilon_{L,1} + \epsilon_{L,2}) + \epsilon_{T,1}$$

$$\epsilon_{11} = 3\epsilon_{L,3} + \epsilon_{T,3}, \quad (5)$$

При этом мы пренебрегаем малым углом наклона φ изоэнергетических поверхностей к базисной плоскости.

Для сравнения с экспериментальными данными работы [1], воспользуемся приведенными в ней для $\text{Bi}_{0,94}\text{Sb}_{0,06}$ при гелиевых температурах значениями концентрации электронов N , энергетического зазора $E_{\text{GL}} = 10$ мэВ и констант спектра L -электронов $V_1^2 = 0,83 \cdot 10^{16} \text{ см}^2 \text{ с}^{-2}$, $V_1 V_3 = 0,51 \cdot 10^{16} \text{ см}^2 \text{ с}^{-2}$, $m_2 = 1,2 m_0$ и $\mu = 2$. Значение E_F будем определять из полученного для спектра Абрикосова выражения концентрации:

$$N = \frac{2k_0 T}{\pi^2 h^3} \sqrt{2m_1 m_2 m_3 k_0 T} \left(F_{\frac{3}{2}} + \frac{\mu+5}{5} \beta F_{\frac{5}{2}} \right) \quad (6)$$

Эффективные массы T -дырок и значение E_{GT} будем брать согласно [1], такие же, как и у чистого висмута: $m_1 = m_2 = 0,063 m_0$, $m_3 = 0,667 m_0$, $E_{\text{GT}} = 0,2$ эВ.

Таблица 1

Значения концентрации электронов, диэлектрической проницаемости и плазменной частоты образцов $\text{Bi}_{0,924}\text{Sb}_{0,076}$ при гелиевых температурах

$N (10^{17} \text{ см}^{-3})$	$\epsilon_{\infty}^{\perp}$		$\omega_p^{\perp} (10^{13} \text{ с}^{-1})$	
	эксп.	выч.	эксп.	выч.
0,39	120	118	1,4	1,37
4,5	120	118	3,08	3,02
13,0	120	118	4,18	4,20

Сравнение найденных нами результатов с результатами эксперимента [1] приводится в табл. 1. Вычисление $\omega_p^{\perp}$ проводилось по приближенной формуле:

$$(\omega_p^{\perp})^2 = \frac{4\sqrt{\mu+1}}{\pi h^2} E_{\text{GL}}^2 I \quad (7)$$

Погрешность, вносимая при этом в расчеты, составляет несколько процентов.

В работе [1] указано, что параметры V_1 и V_3 не меняются заметно у сплавов $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ при увеличении концентрации сурьмы вплоть до 15%. Поэтому, используя значения V_1 и V_3 для $\text{Bi}_{0,934}\text{Sb}_{0,076}$, вычислим ϵ_{∞} и ω_p для чистого висмута и образцов с другим содержанием сурьмы. При этом будет полагать, что значения параметра μ и m_2 также не меняются с составом.

Для чистого висмута с $E_{\text{GL}} = 13,6$ мэВ и $N = 3,45 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ получаем: $\epsilon_{\infty}^{\perp} = 102$, $\epsilon_{\infty}^{\parallel} = 75$, $\omega_p^{\perp} = 3,15 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$, что находится в согласии с экспериментальными данными $\epsilon_{\infty}^{\perp} = 100 \pm 10$, $\epsilon_{\infty}^{\parallel} = 76$, $\omega_p^{\perp} = 2,98 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$ [4]. Вычисленное значение $\omega_p^{\parallel} = 2,98 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$ хуже согласуется с экспериментальным $\omega_p^{\parallel} = 3,52 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$ [4].

В работе [5] приведены значения $\omega_p^{\perp}$ для легированных образцов Bi , $\text{Bi}_{0,92}\text{Sb}_{0,08}$, $\text{Bi}_{0,88}\text{Sb}_{0,12}$ при $T = 90$ К. Сравнение экспериментальных результатов работы [5] с нашими теоретическими приводится в

табл. 2. Учет температурной зависимости проводился согласно [6], по формуле:

$$E_{\text{GL}} = 13,6 + 2,1 \cdot 10^{-3} T + 2,5 \cdot 10^{-4} T^2 \text{ (мэВ)}$$

Зависимость E_{GL} от состава учитывалась согласно результатам работы [7].

Таблица 2

Значения концентрации электронов и плазменной частоты, $T = 90$ К

Материал	$N (10^{18} \text{ см}^{-3})$	$\omega_p^{\perp} (10^{13} \text{ с}^{-1})$		Материал	$N (10^{18} \text{ см}^{-3})$	$\omega_p^{\perp} (10^{13} \text{ с}^{-1})$	
		эксп.	выч.			эксп.	выч.
$\text{Bi}_{0,92}\text{Sb}_{0,08}$	6,65	7,96	8,01	Bi	1,98	5,00	5,28
	24,00	13,57	11,89		2,40	5,47	5,61
	1,25	4,52	5,09		2,90	5,84	5,96
	2,40	5,28	6,25		3,34	6,22	6,23
$\text{Bi}_{0,88}\text{Sb}_{0,12}$	6,25	7,92	8,30		4,58	6,97	6,86
	15,60	10,93	12,08		4,90	7,16	7,02
	24,20	13,63	12,62		5,87	7,63	7,37
	28,30	14,33	13,24		6,55	7,92	7,64
					7,24	8,20	7,91
					9,60	9,05	8,61
					10,20	9,33	8,76

В заключение отметим, что диэлектрическая проницаемость Bi в рамках эллипсоидальной непараболической модели Лэкса была вычислена в работе [8]. Значения ϵ_{∞} , полученные в этой работе, как отмечено самими авторами, намного ниже экспериментальных.

Зависимость диэлектрической проницаемости $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ от состава в рамках неэллипсоидальной непараболической модели Козна исследовалась в работе [9]. Авторами работы было сделано предположение о том, что большая компонента эффективной массы электронов m_2 меняется пропорционально E_{GL} , что противоречит модели Козна. Как это было показано Абрикосовым [2], в рамках модели Козна m_2 определяется не E_{GL} , а энергетическим расстоянием между более удаленными зонами.

Известно, что в сплавах $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ при $x = 0,05-0,06$ когда $E_{\text{GL}} \rightarrow 0$, наблюдаются аномально большие значения ϵ_{∞} . Объяснение этому явлению вытекает непосредственно из нашей формулы (2). Авторам же работы [9] пришлось для этого предположить, что аномалия диэлектрической проницаемости определяется в основном непрямыми переходами, что вызывает сомнение.

Литература

1. Беловолов М. И., Брандт Н. Б., Вавилов В. С., Пономарев Я. Г. ЖЭТФ, 73, 721, 1977.
2. Абрикосов А. А., Фальковский Л. А. ЖЭТФ, 43, 1087, 1962; Abrikosov A. A.—J. Low Temp. Phys., 1972, 8, 315.
3. Кардона М. Модуляционная спектроскопия. М., Мир, 1972.
4. Эдельман В. С. УФН, 123, 257, 1977.
5. Грабов В. М., Комаров А. Г., Чувохин А. П. ЛПГУ им. А. И. Герцена, Л., 1981. Деп. ВИНТИ, № 4545—81, РЖ Физика IE1209 ДЕП, 1982.
6. Veschi M. P., Dresselhaus M. S.—Phys. Rev., 1974, B. 10, 77.
7. Алексеева В. Г., Заец Н. Ф., Кудряшов А. А., Ормонт А. Б. ФТП, 10, 2243, 1976.
8. Alst

М. Н. Шахтахтински, Н. Б. Мустафаев

$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ХЭЛИТЭЛЭРИН ПЛАЗМА ТЕЗЛИКЛЭРИ ВЭ ДИЕЛЕКТРИК САБИТИ

Абрикосовун дисперсија гануну эсасында $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ хэлитэлэрин диелектрик сабити ϵ_∞ вэ плазма тезлији ω_p һесаблинмышдыр. Һесабламалар Еренрајх—Коенин дүстүрү илэ хаотик фазалар јакылашмасында апарылмышдыр. Диелектрик сабити ϵ_∞ вэ ω_p үчүн алынган гүмәгләр әдәбијјатда олан тәчрүби нәтичәләрлә ујғулашыр.

M. N. Shahtakhtinsky, N. B. Mustafaev

DIELECTRIC FUNCTION AND PLASMA FREQUENCY OF $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ ALLOYS

The dielectric function ϵ_∞ and plasma frequency ω_p of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ alloys on the basis of Abrikosov dispersion relation for L -electrons are calculated. The general formula for the dielectric function given by Cohen and Ehrenreich is used. Calculated values of ϵ_∞ and ω_p are in good agreement with the experimental data.

УДК 35.37

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Академик Э. Ю. САЛАЕВ, Т. Д. АЛИЕВА Р. А. ДЖАФАРОВА

ЭКСИТОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ЙОДИДОВ ПРОПИЛЗАМЕЩЕННЫХ АММОНИЯ

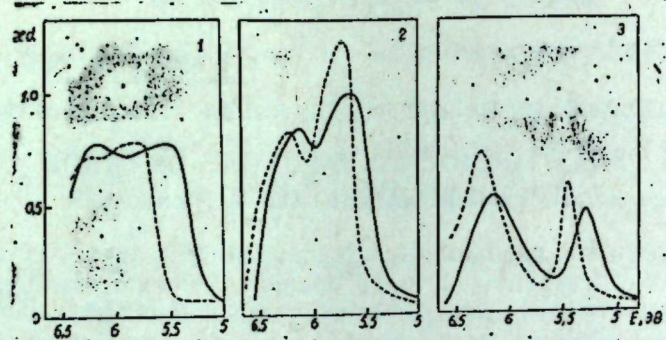
В настоящем сообщении приводятся результаты исследования экситонного поглощения йодидов пропилзамещенных аммония (ЙПА), являющихся аналогами хорошо изученных простых неограниченных ионных кристаллов—йодидов щелочных металлов и аммония [1,2]. Проведенные ранее исследования экситонных спектров поглощения галогенидов алкиламмония (ГАА) относятся главным образом к низкомолекулярным соединениям [3,4]. Для обобщения результатов полученных соединений, необходимо выяснить характерные особенности электронных спектров поглощения их более высокомолекулярных представителей.

Спектры поглощения измерялись с помощью спектрофотометров СФ-8 и „Specord uv vis“ в оптическом вакуумном криостате при температурах от 293 до 80 К в спектральном диапазоне 6,7—1,55 эв. Для области 6,7—6,2 эв применялась продувка оптического блока спектрофотометра „Specord uv Vis“ сухим азотом.

Образцы йодидов пропил- и тетрапропиламмония марки „ч“, а также синтезированный нами йодид дипропиламмония были многократно (3—4 раза) перекристаллизованы из соответствующих растворов. В зависимости от физико-химических свойств ЙПА—плавления, растворимости, сублимации и гигроскопичности—получение тонких пленок, пригодных для измерения спектров поглощения, велось тремя способами: постепенным испарением растворителя из раствора, нанесенного на поверхность кварцевой пластинки ($\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2\text{J}$), расплавлением с последующей медленной кристаллизацией между двумя кварцевыми пластинками ($(\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{NH}_2\text{J}$) и напылением слоя в вакууме (при 10^{-5} торр) на кварцевую пластинку ($(\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{NJ}$).

ЙПА прозрачны в широком спектральном диапазоне, включающем близкую инфракрасную, всю видимую и значительную часть ультрафиолетовой области спектра, где в том же интервале энергий, что и для йодидов щелочных металлов и аммония (5—6,5 эв), наблюдаются интенсивные полосы поглощения (см. рисунок). При понижении температуры образцов до 80 К полосы поглощения значительно смещаются (на 0,1—0,3 эв) в коротковолновую область и становятся более отчетливыми. Такое значительное смещение полос и большой коэффициент поглощения в области их максимумов (более 10^4 см^{-1}) характерны для экситонов. Эти факты, а также близость поглощения полос ЙПА к соответствующим полосам йодидов щелочных металлов и аммония дают основание приписать их к экситонам галогидного происхождения.

Известно, что в щелочногалонидных и аммонийногалонидных кристаллах (ЩГК и АГК) длинноволновые полосы фундаментального поглощения обнаруживают дублетное расщепление, соответствующее расщеплению $3P_{3/2}$, $4P_{3/2}$ и $5P_{3/2}$ уровней, обусловленному спин-



орбитальным взаимодействием. Подобная дублетная структура отчетливо проявляется во всех приведенных спектрах ИПА. Как и в случае ЩГК и АГК, эти две полосы можно приписать дублетному поглощению экситона, связанному с переходом из валентной зоны, состоящей из P -уровней ионов I^- , в зону проводимости.

Характерной особенностью приведенных спектров (за исключением $(C_3H_7)_3NH_2J$) является то, что полосы поглощения расположены в несколько более длинноволновой области, чем в йодидах щелочных металлов и в более коротковолновой области, чем в NH_4J . Длинноволновые компоненты экситонного дублета имеют ассиметрию или большую полуширину по сравнению с последними. С другой стороны, коэффициент поглощения в максимумах их полос несколько меньше, чем в их неорганических аналогах. Относительно меньшая оптическая плотность в максимумах полос поглощения ИПА по сравнению с ЩГК и АГК находит естественное объяснение, если учесть меньшую плотность и большую пространственную разделенность ионов галонда ГАА.

Положение полос поглощения ИПА определяется главным образом двумя факторами: координационным числом ионов галонда и поляризуемостью комплексных катионов. Увеличение их обычно приводит к длинноволновому смещению полос. Имеющиеся данные по кристаллической структуре ГАА показывают, что их симметрия, как правило, ниже кубической и в большинстве случаев являются тетрагональной. Из этого следует, что по сравнению с их высокосимметричными аналогами (ЩГК и АГК) полосы экситонного поглощения ИПА должны быть более коротковолновыми. Однако значительно большая поляризуемость их катионов по сравнению с ионами щелочных металлов и аммония должна привести к длинноволновому смещению полос. Совокупность указанных факторов приводит к реально наблюдаемым спектрам экситонного поглощения.

Большая полуширина длинноволновой экситонной полосы поглощения ИПА по сравнению с ЩГК и АГК также обусловлена низкой симметрией их кристаллических решеток и большей долей ковалентной связи между катионом и анионом. Таким образом, характерные

особенности спектров поглощения ИПА согласуются с особенностями их кристаллической структуры и физико-химических характеристик.

Литература

1. Eby J., Teegarden K., Dutton D.—Phys. Rev., 1959, 116, 1082. Yamashita H.—J. Phys. Soc. Japan, 1970, 29, 1391. 3. Мамедов А. П., Панова Л. Я., Шабалинская Л. А. Оптика и спектроскопия, 43, 569, 1977. 4. Мамедов А. П., Панова Л. Я., Шабалинская Л. А., Тагиров И. М. Оптика и спектроскопия, 44, 820, 1978.

Поступило 29. IX, 1983

Е. Ю. Салаев, Т. Ч. Алиева, Р. А. Дзахфарова

АММОНИУМ-ЙОДИДИН ПРОПИЛ ТӨРЭМЭЛЭРИНИН ЭКСИТОН УДМАСЫ

Мәгәләдә аммоний-йодидин пропи́л төрәмәләринин энергиянин 1,55—6,7 эв интервалында электрондук спектрләринин тәдигиндән алынган нәтижәләр изаһ олунур. Аммоний-йодидин пропи́л төрәмәләринин узундалгалы удма золагынын икили гурулушу, онларын вәзигәтинин температурдан асылылыгы, золагын максимумунда удма әмсалынын бәјүк гыҗмәти (10^4 см^{-1} -дән бәјүк), аммоний-йодидин пропи́л төрәмәләринин, гәләви металлларын вә аммонийун һалокенли төрәмәләринин кристалларыннын спектрал областларыннын үст-үстә дүшмәси о нәтиҗәҗә кәтирир ки, гәјдә алынмыш золаглар экситон тәбиәтлидир вә I^- ионунун һәҗәчәнләшмәси илә әләгә дардыр.

E. Yu. Salayev, T. D. Aliyeva, R. A. Dzhaferova

EXCITON ABSORPTION OF PROPYL SUBSTITUTED AMMONIUM IODIDES

The results of study of electronic absorption spectra of propyl substituted ammonium iodides in the energy interval 1.55—6.7 eV are presented in the paper.

On the basis of doublet structure of long-wave propyl substituted ammonium iodides absorption bands, the temperature dependence of their position, large absorption coefficient in the bands maximum (more than 10^4 cm^{-1}), coincidence of spectral range of propyl substituted ammonium iodides, alkali halide crystals and ammonium halide crystals absorption, the detected bands are concluded to be exciton and due to I^- ions excitation.

УДК 539.221

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Чл.-корр. Ю. М. СЕИДОВ, М. Б. ГУСЕЙНОВ, Н. Г. ГУСЕЙНОВ

ОДНОМАГНОННОЕ И ДВУХМАГНОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЯ В ИЗИНГОВОМ ФЕРРОМАГНЕТИКЕ С БИКВАДРАТНЫМ ОБМЕНОМ

Обычно считалось, что двухмагнотное поглощение возможно только в антиферромагнетиках, а в ферромагнетиках такой процесс запрещен из-за параллельности спинов [1]. Однако как было отмечено в работе [2], двухмагнотное поглощение возможно и в ферромагнетиках, если внешнее статическое магнитное поле будет поперечным. В [2] также были рассмотрены одноманотное и двухмагнотное поглощения в ферромагнетике без учета биквадратного обмена в поперечном магнитном поле при $S=1$ и $T=0$. Однако при $S>1$ наряду с билинейным обменом необходимо учесть и биквадратный обмен [3].

В настоящей работе рассматриваются одноманотное и двухмагнотное поглощения в изинговом ферромагнетике со спином $S=1$ и биквадратным обменом в поперечном магнитном поле с учетом мультиплетности атомных состояний (т. е. всех $2S+1$ спиновых состояний атома) при $T \neq 0$.

Для расчета использован метод стандартных базисных операторов (СБО) в технике функций Грина [4].

1. Одноманотное поглощение

Для определения спектра одноманотных переходов гамильтониан выбирается в виде

$$H_1 = -J \sum_{ij} S_i^z S_j^z - B \sum_{ij} (S_i^z S_j^z)^2 - V \sum_i (S_i^z)^2 - g \mu_B H \sum_i S_i^x, \quad (1)$$

где $J>0$ и $B>0$ — параметры билинейного и биквадратного обмена соответственно, $V>0$ — параметр одноионной анизотропии, $H=H_x$ — магнитное поле в направлении оси X , g — фактор Ланде, μ_B — магнетон Бора, S_i — оператор спина в узле i .

Используя уравнение движения для СБО [4] и гамильтониан (1) (после перехода к системе координат, где ось Z совпадает с направлением намагниченности) получим следующие выражения для частот одноманотных переходов $\left(\frac{h}{2\pi} = 1\right)$

$$\omega_{1,2}^2(\kappa) = \alpha \pm (\alpha^2 - \beta^2)^{1/2}, \quad (2)$$

где

$$\alpha = \frac{1}{2} [R_1^2(\kappa) + R_2^2(\kappa) - \lambda_2^2 - \mu_2^2 + 2(\mu_1 \lambda_1 - \mu_3 \lambda_3)],$$

$$\beta = [R_1^2(\kappa) R_2^2(\kappa) + 2(\mu_1 \lambda_3 + \mu_3 \lambda_1)(\lambda_2 R_1(\kappa) + \mu_2 R_2(\kappa) + \mu_2 R_2) -$$

$$- 2(\mu_1 \lambda_1 + \mu_3 \lambda_3) R_1(\kappa) R_2(\kappa) - \mu_2^2 R_2^2(\kappa) - \lambda_2^2 R_1^2(\kappa) + \mu_2^2 \lambda_2^2 +$$

$$+ (\mu_1^2 - \mu_3^2)(\lambda_1^2 - \lambda_3^2) - 2\mu_2 \lambda_2 (\mu_1 \lambda_1 + \mu_3 \lambda_3)]^{1/2}.$$

$$R_1(\kappa) = 2I_1(\kappa) D_{12} - 2I_2(0) D_{13} + 2B_1(0)(1 + D_2) - 4B_2(0) D_2 -$$

$$- 2B_3(0)(1 - D_2) + 2B_4(\kappa) D_{12} - V_2 - h_1,$$

$$R_2(\kappa) = 2I_1(\kappa) D_{23} - 2I_2(0) D_{13} - 2B_1(0)(1 + D_2) + 4B_2(0) D_2 +$$

$$+ 2B_3(0)(1 - D_2) + 2B_4(\kappa) D_{23} + V_2 - h_1,$$

$$\mu_1 = 2[I_1(\kappa) - B_4(\kappa)] D_{12}$$

$$\mu_2 = 2[I_1(\kappa) + B_4(\kappa)] D_{12}$$

$$\mu_3 = 2[(I_1(\kappa) - B_4(\kappa)) D_{12} - 2B_1(\kappa)(1 + D_2) - 2B_2(\kappa)(1 - D_2)],$$

$$\lambda_1 = 2[I_1(\kappa) - B_4(\kappa)] D_{23}$$

$$\lambda_2 = 2[I_1(\kappa) + B_4(\kappa)] D_{23}$$

$$\lambda_3 = 2[(I_1(\kappa) - B_4(\kappa)) D_{23} + 2B_1(\kappa)(1 + D_2) + 2B_2(\kappa)(1 - D_2)],$$

$$I_1 = \frac{1}{2} I \cos^2 \theta, \quad B_4 = \frac{1}{2} B \sin \theta \cos \theta,$$

$$I_2 = I \sin^2 \theta, \quad V_1 = 2V \cos^2 \theta,$$

$$B_1 = \frac{1}{4} B \cos^4 \theta, \quad V_2 = V \sin^2 \theta,$$

$$B_2 = \frac{1}{2} R \sin^2 \theta \cos^2 \theta, \quad h_1 = h \cos \theta,$$

$$B_3 = B \sin^4 \theta, \quad h = g \mu_B H, \quad \cos \theta = \frac{h}{2J\sigma + 2B\sigma^2 + 2V\sigma}.$$

$I(0) = I(\kappa=0)$, $B(0) = B(\kappa=0)$, κ — волновой вектор, $D_{11} = D_1 = D_1'$ — величина вероятности занятости уровня γ , θ — угол между намагниченностью и полем H .

Заметим, что частоты (2) соответствуют переходам с изменением S_z на единицу. В работе [2] была получена только одна частота с $|\Delta S_z| = 1$, т. к. был рассмотрен случай $T=0$ и естественно, что переход между возбужденными уровнями отсутствует.

Для частоты перехода с $|\Delta S_z| = 2$ получено следующее выражение

$$\omega_3^2(\kappa) = [4I_2(0) D_{13} - 2h_1]^2 - 4[4I_2(0) D_{13} - 2h_1] B_1(\kappa) D_{13}. \quad (3)$$

Используя явный вид функций Грина и спектральную теорему [5], для параметров дипольного (σ) и квадрупольного (Z) упорядочения получим следующие выражения:

$$\sigma = \langle S_z \rangle = D_1 - D_3 = \frac{1 + \phi_1 + \phi_2}{(1 + 2\phi_1)(1 + \phi_2) + \phi_1 \phi_2}, \quad (4)$$

$$Z = 3 \langle S_z^2 \rangle - S(S+1) = 1 - 3D_2 = \frac{(1 - \phi_1)(1 + \phi_2) + \phi_1 \phi_2}{(1 + 2\phi_1)(1 + \phi_2) + \phi_1 \phi_2}, \quad (5)$$

где

$$\phi_1 = \sum_{\kappa} [A_1 f(\omega_1) + B_1 f(-\omega_1) + C_1 f(\omega_2) + N_1 f(-\omega_2)],$$

$$\phi_2 = \sum_{\kappa} [A_2 f(\omega_1) + B_2 f(-\omega_1) + C_2 f(\omega_2) + N_2 f(-\omega_2)],$$

$f(x) = \left[\exp\left(\frac{x}{\kappa_B T}\right) - 1 \right]^{-1}$ — функция распределения Бозе—Эйнштейна.

на; k_B — постоянная Больцмана, T — абсолютная температура.

$$A_1 = \frac{1}{2\omega_1(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_1^3 - \omega_1^2 R_1(\kappa) - \omega_1(R_2^2(\kappa) - \lambda_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) + R_1(\kappa)R_2^2(\kappa) + \mu_1\lambda_2\lambda_3 + \mu_3\lambda_1\lambda_2 - \lambda_2^2 R_1(\kappa) - \mu_3\lambda_3 R_2(\kappa) - \mu_1\lambda_1 R_2(\kappa)],$$

$$B_1 = \frac{1}{2\omega_1(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_1^3 + \omega_1^2 R_1(\kappa) - \omega_1(R_2^2(\kappa) - \lambda_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) - R_1(\kappa)R_2^2(\kappa) - \mu_1\lambda_2\lambda_3 - \mu_3\lambda_1\lambda_2 + \lambda_2^2 R_1(\kappa) + \mu_3\lambda_3 R_2(\kappa) + \mu_1\lambda_1 R_2(\kappa)],$$

$$C_1 = -\frac{1}{2\omega_2(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_2^3 - \omega_2^2 R_1(\kappa) - \omega_2(R_2^2(\kappa) - \lambda_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) + R_1(\kappa)R_2^2(\kappa) + \mu_1\lambda_2\lambda_3 + \mu_3\lambda_1\lambda_2 - \lambda_2^2 R_1(\kappa) - \mu_3\lambda_3 R_2(\kappa) - \mu_1\lambda_1 R_2(\kappa)],$$

$$N_1 = -\frac{1}{2\omega_2(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_2^3 + \omega_2^2 R_1(\kappa) - \omega_2(R_2^2(\kappa) - \lambda_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) - R_1(\kappa)R_2^2(\kappa) - \mu_1\lambda_2\lambda_3 - \mu_3\lambda_1\lambda_2 + \lambda_2^2 R_1(\kappa) + \mu_3\lambda_3 R_2(\kappa) + \mu_1\lambda_1 R_2(\kappa)],$$

$$A_2 = \frac{1}{2\omega_2(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_1^3 - \omega_1^2 R_2(\kappa) - \omega_1(R_1^2(\kappa) - \mu_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) + R_1^2(\kappa)R_2(\kappa) + \mu_1\mu_2\lambda_3 + \mu_2\mu_3\lambda_1 - \mu_2^2 R_2(\kappa) - \mu_3\lambda_3 R_1(\kappa) - \mu_1\lambda_1 R_1(\kappa)],$$

$$B_2 = \frac{1}{2\omega_1(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_1^3 + \omega_1^2 R_2(\kappa) - \omega_1(R_1^2(\kappa) - \mu_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) - R_1^2(\kappa)R_2(\kappa) - \mu_1\mu_2\lambda_3 - \mu_2\mu_3\lambda_1 + \mu_2^2 R_2(\kappa) + \mu_3\lambda_3 R_1(\kappa) + \mu_1\lambda_1 R_1(\kappa)],$$

$$C_2 = -\frac{1}{2\omega_2(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_2^3 - \omega_2^2 R_2(\kappa) - \omega_2(R_1^2(\kappa) - \mu_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) + R_1^2(\kappa)R_2(\kappa) + \mu_1\mu_2\lambda_3 + \mu_2\mu_3\lambda_1 - \mu_2^2 R_2(\kappa) - \mu_3\lambda_3 R_1(\kappa) - \mu_1\lambda_1 R_1(\kappa)],$$

$$N_2 = -\frac{1}{2\omega_2(\omega_1^2 - \omega_2^2)} [\omega_2^3 + \omega_2^2 R_2(\kappa) - \omega_2(R_1^2(\kappa) - \mu_2^2 - \mu_3\lambda_3 + \mu_1\lambda_1) - R_1^2(\kappa)R_2(\kappa) - \mu_1\mu_2\lambda_3 - \mu_2\mu_3\lambda_1 + \mu_2^2 R_2^2(\kappa) + \mu_3\lambda_3 R_1(\kappa) + \mu_1\lambda_1 R_1(\kappa)].$$

2. Двухмагнонное поглощение

При рассмотрении двухмагнонного поглощения в гамильтониан (1) добавляется член вида

$$H_2 = -\vec{E} \vec{P}, \quad (6)$$

где $\vec{E}$ — электрический вектор электромагнитного излучения, $\vec{P}$ — электрический дипольный момент.

Диэлектрическая восприимчивость $\epsilon = -2\pi i \ll P(t) | P(t') \gg$, полюс которой определяет энергию двухмагнонного поглощения, вычислена для двух случаев: (а) оба магнона возбуждаются с основного уровня, (б) оба магнона возбуждаются с первого возбужденного уровня. Случай (а) соответствует низким температурам, а случай (б) — высоким.

В случае (2) восприимчивость имеет вид

$$\epsilon_a = 8(g\mu_B)^2 (D_1^2 - D_2^2) \frac{\omega_1(\kappa) - \mu_1}{\omega^2 - \Omega_1^2(\kappa)}, \quad (7)$$

а в случае (б)

$$\epsilon_b = 8(g\mu_B)^2 (D_2^2 - D_3^2) \frac{\omega_2(\kappa) - \mu_2}{\omega^2 - \Omega_2^2(\kappa)} \quad (8)$$

где

$$\omega_1(\kappa) = \omega_1(\kappa, D_3 = 0), \quad \omega_2(\kappa) = \omega_2(\kappa, D_1 = 0),$$

$$\Omega_1(\kappa) = 2[\omega_1^2(\kappa) - \mu_1^2]^{1/2}, \quad \Omega_2(\kappa) = 2[\omega_2^2(\kappa) - \lambda_2^2]^{1/2},$$

$\omega_1(\kappa)$, $\omega_2(\kappa)$, λ_2 , λ_2 определяются как в разделе 1. С ростом магнитного поля H как ϵ_a , так и ϵ_b уменьшаются.

Литература

1. Еременко В. В. Введение в оптическую спектроскопию магнетиков. Киев: Наукова думка, 1975.
2. Локтев В. М. Островский В. С. УФЖ, т. 23, № 10, 1978, с. 1708.
3. Schrödinger E. — Proc. Roy. Irish. Acad., 1941, v. A47, № 1, p. 39.
4. Haley S. B., Erdős P. — Phys. Rev., 1972, v. B5, № 3, p. 1106.
5. Тябликов С. В. Методы квантовой теории магнетизма. М.: Наука, 1975.

Институт физики

Поступило 30. XII 1983

Ж. М. Сеидов, М. Б. Гусейнов, Н. Г. Гусейнов

БИКВАДРАТ МУБАДИЛЭЛИ ИЗИНГ ФЕРРОМАГНИТИНДЭ БИРМАГНОНЛУ ВЭ ИКИМАГНОНЛУ УДУЛМА

Мәгаләдә атом һалларының мультиплетлијини нәзәрә алмагла синнә магнит сәһәсиндә биквадрат мубадиләли Изинг ферромагнитиндә бирмагнонлу вә икимагнонлу удулмадан бәһс олунур. Икимагнонлу кечиди характеризә едән диелектрик гаврајычылығы һесаблинмыш, дипол вә квадрупол низамлылыг параметрләри үчүн ифадәләр алынмышдыр.

Yu. M. Seldov, M. B. Guseinov, N. G. Guseinov

ONE-MAGNON AND TWO-MAGNON ABSORPTION IN THE ISING FERROMAGNETIC WITH BIQUADRATIC EXCHANGE

The one-magnon and two-magnon absorption in the Ising ferromagnetic with bi-quadratic exchange and $S = 1$ spin on transverse magnetic field taking into account all of the $2S + 1$ atomic states is considered. The expressions for dielectric function are obtained, the pole of which determines the frequency of two magnon absorption.

Т. С. АБИЛОВА, ДАНГ СУАН ХАЙ, Р. Э. АЛИЕВ, Р. М. АХМЕДОВ

ИК-СПЕКТРЫ И НОРМАЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ
КОНФОРМАЦИОННЫХ ИЗОМЕРОВ
β-ДИМЕТИЛАМИНОИЗОБУТИРОНИТРИЛА (ДМАИБН) И
β-ДИМЕТИЛАМИНОБУТИРОНИТРИЛА (ДМАБН)

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

Настоящая работа является продолжением исследования структуры молекул, относящихся к широкому классу соединений, называемых аминонитрилами, сочетанием методов теоретического конформационного анализа, теоретической и экспериментальной спектроскопии. Исследуемые соединения имеют перспективные области применения [1, 2, 3]. Ранее [4] были найдены устойчивые конформации молекул АИБН и АБН и проанализированы теоретические кривые ИК-поглощения, соответствующие различным конформерам. Представляет интерес рассмотрение аналогичных задач для молекул ДМАИБН и ДМАБН, которые можно представить как АИБН и АБН с замещением у них атомов водорода аминогрупп на метильные. Изучение химических свойств ДМАИБН и ДМАБН показывает значительное уменьшение их реакционной способности. Объяснение этому можно дать на основе теоретического конформационного анализа, результаты которого приводятся. Действительно, число устойчивых пространственных изомеров уменьшается при метильном замещении до двух для ДМАИБН (у АИБН-5) и четырех для ДМАБН (у АБН-7), а стерические затруднения являются причиной уменьшения реакционной способности. В табл. 1 и 2 перечислены найденные устойчивые конформации молекул ДМАИБН и ДМАБН. Расшифровка всех обозначений дана в [4].

На рис. 1 изображены исследуемые молекулы в конформациях I и II и их ньюменовские проекции.

В процессе минимизации потенциальной энергии по валентным углам для некоторых из них получились значения, отличающиеся от тетраэдрических:

для ДМАИБН: $\theta_{8,11} = 110^\circ 24'$; $\theta_{11,12} = \theta_{11,13} = 112^\circ$; $\theta_{12,13} = 107^\circ 28'$

для ДМАБН: $\theta_{6,8} = 110^\circ 12'$; $\theta_{4,8} = 107^\circ 21'$; $\theta_{11,12} = \theta_{11,13} = 112^\circ$;
 $\theta_{12,13} = 107^\circ 28'$.

Подтверждением существования указанных конформаций могут служить ИК-спектры молекул, причем наглядным является именно выстраивание теоретических кривых ИК-поглощения, соответствующих различным конформациям, их анализ, суммирование и последующее сравнение с экспериментальными кривыми.

Таблица 1

№ п.п.	ψ_1	ψ_2	$E_{\text{отн}}$
I	180°	180°	0
II	60°	180°	0,1

Таблица 2

№ п.п.	ψ_1	ψ_2	$E_{\text{отн}}$
I	73°	173°	0
II	147°	172°	0,03
III	75°	78°	0,73
IV	49°	167°	0,83

На первом этапе решалась задача нахождения частот и форм нормальных колебаний по методу, изложенному в [5]. Далее, по тому же методу находились величины $\left(\frac{\partial \mu_i}{\partial Q_i}\right)_0^2$, от которых зависят интенсивности в ИКС, и выстраивались теоретические кривые поглощения при подборочных из эксперимента полуширинах отдельных полос

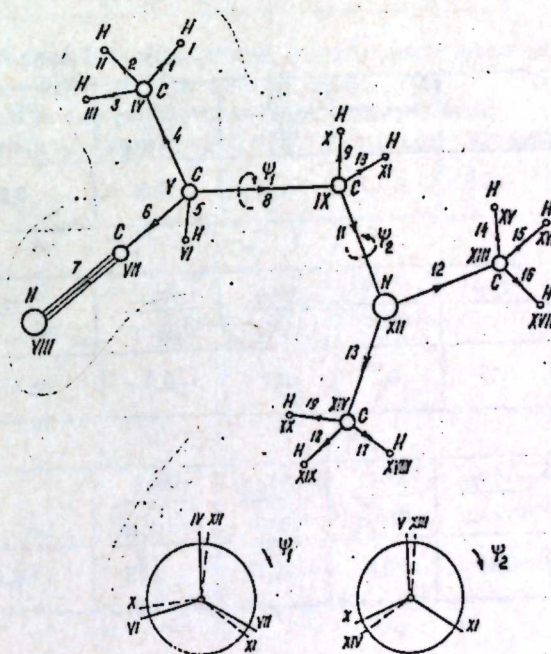


Рис. 1.

поглощения. При расчете в нулевом приближении использовались силовые постоянные, электрооптические параметры молекул АИБН и АБН [4], а также молекулы триметилamina [6], которые варьировались для более удовлетворительного согласия с экспериментом.

В табл. 3, 4, 5, 6 приведены значения их для ДМАИБН и ДМАБН, которые отличны от соответствующих значений АИБН и АБН.

Сравнение силовых постоянных АИБН, ДМАИБН, АБН и ДМАБН показывает, что таковые для сходных химических групп в этих моле-

Таблица 3 (дмаибн)

K_{11}	$K_{12,14}$	$K_{8,9}$	$K_{14,15}$	$K_{9,10}$	$K_4 = K_8$	$K_{11,12}$	K_{14}
8,0	0,92	0,82	0,71	0,69	7,02	1,26	7,91

$H_4^8 = H_8^{11} = H_{11}^{12}$	$l_{11,12}^{11,13}$	$\psi_{6,7}^{6,4}$	$\psi_{6,7}^{6,8}$	$A_{11}^{11,12}$
0,1	0,09	0,38	0,38	0,40

Таблица 4 (дмаибн)

μ_8	μ_{11}	μ_9	μ_7	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \beta_{5,6}^1}$	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \gamma_{4,8}}$	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \beta_{8,9}^1}$	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \beta_{8,10}^1}$
0	0,5	-0,6	-1,8	0,32	0,2	0,2	0,2

$\frac{\partial \mu_9}{\partial \beta_{11,9}^1}$	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \beta_{11,10}^1}$	$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial \gamma_{11,19}}$	$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial Q_{11}}$	$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial Q_{12}}$	$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial \gamma_{12,11}}$	$\frac{\partial \mu_{12}}{\partial \beta_{19,14}^1}$	$\frac{\partial \mu_{13}}{\partial \beta_{13,17}^1}$
0,55	0,3	0,6	0,7	0,1	-0,2	0,25	0,25

$\frac{\partial \mu_{6,4}}{\partial \beta_{12,13}^1}$	$\frac{\partial \mu_4}{\partial \alpha_{16,15}^1}$	$\frac{\partial \mu_{14}}{\partial \alpha_{14,15}}$	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \gamma_{11,8}}$	$\frac{\partial \mu_{14}}{\partial \beta_{12,14}^1}$	$\frac{\partial \mu_{14}}{\partial \beta_{13,15}^1}$	
0,3	0,4	0,45	0,3	-0,75	-0,45	0,4

Таблица 5 (дмаибн)

K_{14}	$K_{3,8}$	K_{11}	$H_{14}^{15} = H_7^{18}$	$A_{11}^{11,12}$	$l_{11,12}^{11,13}$	$\psi_{5,7}^{5,8}$	$\psi_{6,7}^{5,9}$
7,91	0,92	8,0	-0,1	0,25	0,09	0,38	0,3

Таблица 6 (дмаибн)

μ_8	μ_{11}	μ_9	μ_7	$\frac{\partial \mu_4}{\partial \gamma_{4,11}}$	$\frac{\partial \mu_{14}}{\partial \gamma_{4,8}}$	$\frac{\partial \mu_8}{\partial \beta_{4,5}^1}$	$\frac{\partial \mu_8}{\partial \gamma_{4,8}}$
0	0,5	-0,6	-1,8	0,33	-0,33	-0,27	-0,63

$\frac{\partial \mu_8}{\partial \gamma_{6,8}}$	$\frac{\partial \mu_8}{\partial \gamma_{8,11}}$	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \gamma_{6,8}}$	$\frac{\partial \mu_9}{\partial \beta_{8,9}^1}$	$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial \gamma_{11,11}}$	$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial \gamma_{11,12}}$	$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial \gamma_{12,13}}$
-0,63	-0,63	0,1	-0,3	0,3	0,6	-0,2

$\frac{\partial \mu_{11}}{\partial \beta_{12,15}^1}$	$\frac{\partial \mu_{12}}{\partial \beta_{12,14}^1}$	$\frac{\partial \mu_{14}}{\partial \alpha_{15,16}^1}$	$\frac{\partial \mu_{14}}{\partial \alpha_{14,15}}$	$\frac{\partial \mu_{14}}{\partial \beta_{19,14}^1} = \frac{\partial \mu_{17}}{\partial \beta_{13,17}^1}$
-0,45	0,30	0,40	0,45	-0,45

кулах практически не меняются; изменяются конечно силовые постоянные группы— $CN(CH_3)_2$ в обеих молекулах.

Что касается электрооптических параметров, то здесь наблюдается иная картина. Замена атомов водорода на метильные группы,

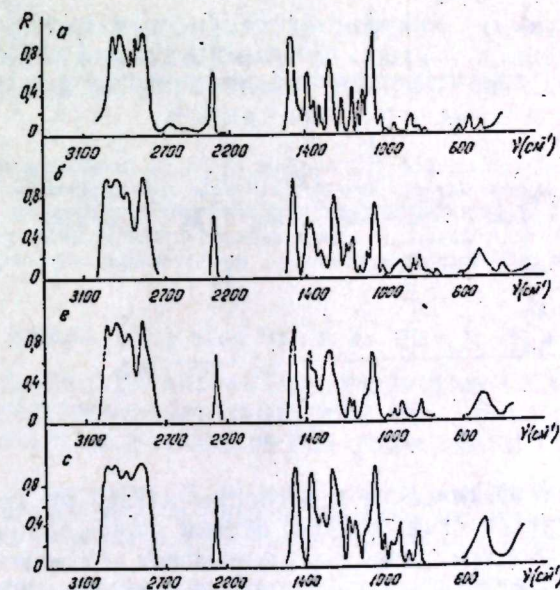


Рис. 2.

несомненно, изменяет полярные свойства жидкостей, а потому параметры нитрильной группы, которые скорее являются „эффективными“ параметрами молекулы, заметно изменились. Изменились также параметры CH_2 -группы в третичном теперь амиде. Метильные группы у атома азота, как известно, имеют значения как силовых постоянных,

так и электрооптических параметров, отличающиеся от таковых для метильных групп у атома С.

ИК-спектры исследуемых соединений сняты для жидких образцов при нормальных условиях на приборе марки Spicord, с толщиной слоя $d = 0,013$ мм. Были построены теоретические кривые ИК-поглощения для всех найденных конформаций в отдельности, а также их суммарная кривая в предположении одинакового их процентного содержания в образцах.

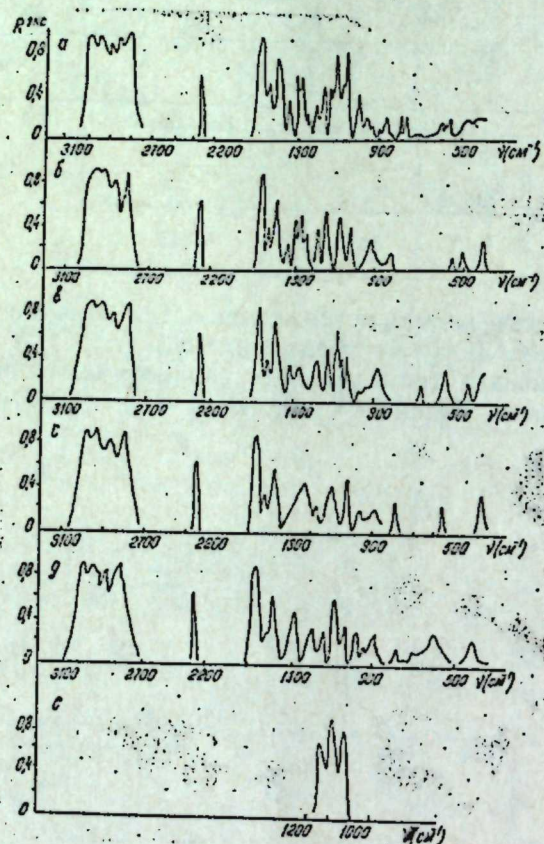


Рис. 3.

Анализируя теоретические и экспериментальные кривые, можно сказать, что теоретическая кривая первой конформации ДМАИБН (рис. 2, б) достаточно хорошо описывает ИК-спектр молекулы, чего нельзя сказать о II конформации (см. область $1000 - 1380 \text{ см}^{-1}$, $950 - 970$). Однако их суммарная кривая также может считаться удовлетворительной при сравнении с экспериментом. По-видимому, можно предположить преимущественное состояние молекулы в первой конформации.

Для ДМАБН расчет дали 4 устойчивые конформации. Теоретический расчет ИК-спектров установил полосы, чувствительные к конформационным изменениям. Так, из рис. 3, б, в, г, д, где изображе-

ны теоретические кривые четырех указанных конформаций, видно что полосы $978, 770 \text{ см}^{-1}$ имеются только на кривых III и IV конформаций. Широкая полоса $1020 - 1260 \text{ см}^{-1}$ (рис. 3, а — эксперимент) может быть объяснена только наличием всех четырех конформаций в исследуемом образце. Суммарная кривая (рис. 3, е) подтверждает сказанное.

Таким образом, сочетание указанных методов дает ценную информацию о структуре ДМАИБН и ДМАБН, возможных их устойчивых конформациях, а также о силовом поле и электрооптических параметрах молекул.

Литература

1. Бабаев Р. А., Ахмедов Р. М., Мехтиев С. И., Кулиев Т. А., Джабаров М. И. Радиобиология, 1980, т. XX, вып. 5, 750—752.
2. Гюльахмедов А. Н., Мехтиев С. И., Ахмедов Р. М., Халилова Х. А. ДАН Азерб. ССР, 1980, т. XXXVI, № 6, 73—75.
3. Мамедова И. Ф., Кязимов А. М., Ахмедов Р. М., Мехтиев С. И., Мирзоев С. И., Мирзоева М. Р. Азерб. хим. ж., 1980, № 6, 124—126.
4. Абилова Т. С., Данг Суан Хай, Алиев Р. Э. ДАН Азерб. ССР, 1984, т. XL, № 1, 34—39.
5. Грибов Л. А., Дементьев В. А. Методы и алгоритмы вычислений в теории колебательных спектров молекул. Наука, 1981, 355 с.
6. Грибов Л. А. Введение в молекулярную спектроскопию. Наука, 1976, 340 с.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 25. X 1983

Т. С. Абилова, Данг Суан Хай, Р. Э. Алиев, Р. М. Ахмедов

β -ДИМЕТИЛАМИНОИЗОБУТИРОНИТРИЛ (ДАИБН) В β -ДИМЕТИЛАМИНОБУТИРОНИТРИЛ (ДМАБН) МОЛЕКУЛЯРЫН КОНФОРМАСИЈА ИЗОМЕРЛЭРИНИН ИК-СПЕКТРЛЭРИ ВЭ ОНЛАРЫН НОРМАЛ РЭГСЛЭРИ

Мәгәләдә β -диметиламиноизобутиронитрил (ДАИБН) вә β -диметиламинобутиронитрил (ДМАБН) молекулларың нәзәри конформасија тәһлилинин нәтичәләри верилмишидр. Стабил фәза изомерләри кәстәрилмиш вә онларың һәм аҗры-аҗры, һәм дә јекун ИК-нәзәри удулма әјриләри һесаблинмишдыр, һесабат просесиндә һәр ики молекулунун электрооптик параметрләри дәғигләшдирилмиш, гијмәтләри исә чәдвәлдә верилимишидр.

T. S. Abilova, Dang Suan Hai, R. E. Aliev, R. M. Akhmedov

IR-SPECTRA AND NORMAL VIBRATIONS OF THE β -DIMETHYLAMINOISOBUTIRONITRILE AND β -DIMETHYLAMINO-BUTIRONITRILE MOLECULES FOR THEIR TRACE CONFORMERS

The results of calculation of the stable conformers of the β -dimethylaminoisobutyronitrile and β -dimethylaminobutyronitrile molecules are presented.

Theoretical curves of the IR-absorption for the isolated conformers and their sum were drawn. It was proved that only the summarized curves could adequately describe the experimental spectra. The force constants and electrooptical parameters for the molecules mentioned above were obtained.

З. Я. КУЛИЕВ

АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

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

Одной из основных проблем развития исследований электрических цепей с распределенными и сосредоточенными параметрами является проблема повышения эффективности методов. Для этих целей в работах [1—7] получил применение метод переменных состояний. Главным преимуществом этого сравнительно нового метода анализа является возможность приведения исходных уравнений к дифференциальным, разрешенным относительно производных, что позволяет пользоваться хорошо разработанными методами явного интегрирования [8].

Целью настоящей работы является разработка алгоритмов формирования уравнений переменных состояния электрических цепей с распределенными параметрами для наиболее общего случая—учета потерь и искажений.

Примем в качестве электрической цепи с распределенными параметрами n —проводную линию, описываемую телеграфными уравнениями в матричной форме:

$$-\frac{\partial}{\partial x} [u] = [r] [i] + [L] \frac{\partial}{\partial t} [i], \quad (1)$$

$$-\frac{\partial}{\partial x} [i] = [g] [u] + [C] \frac{\partial}{\partial t} [u], \quad (2)$$

где $[u]$, $[i]$ —вектор-столбцы напряжения и тока двух переменных: времени t и расстояния x от начала линии, порядка n . $[r]$, $[L]$, $[C]$, $[g]$ —матрицы погонных сопротивлений, индуктивностей, емкостей, проводимостей соответственно, порядка $n \times n$.

С помощью модального метода [9] и несложных преобразований уравнения (1) и (2) для s -волновых каналов выписываются в виде

$$-\frac{\partial}{\partial x} [u_s] = [r_s] [i_s] + [L_s] \frac{\partial}{\partial t} [i_s], \quad (3)$$

$$-\frac{\partial}{\partial x} [i_s] = [g_s] [u_s] + [C_s] \frac{\partial}{\partial t} [u_s], \quad (4)$$

где $[u_s]$, $[i_s]$ —вектор-столбцы напряжения и тока, $[r_s]$, $[L_s]$, $[g_s]$, $[C_s]$ —диагональные матрицы погонных параметров в s -волновых каналах. Уравнения (3) и (4) представляют собой матричную форму записи скалярных уравнений вида:

$$-\frac{\partial u_s}{\partial x} = r_s i_s + L_s \frac{\partial i_s}{\partial t}, \quad (5)$$

$$-\frac{\partial i_s}{\partial x} = g_s u_s + C_s \frac{\partial u_s}{\partial t}, \quad (6)$$

где: $s = \overline{1, n}$.

По аналогии с [10], для уравнений (5) и (6), записав соотношения между началом и концом и перейдя к матричной форме с учетом матриц преобразования $[\lambda]$ и $[\delta]$ [9], получим в фазных координатах:

$$[a_1] [\lambda]^{-1} [u_n] (t) + [b_1] [\delta]^{-1} [i_n] (t) = [c_1] [\lambda]^{-1} [u_n] (t - \tau_s) + [d_1] [\delta]^{-1} [i_n] (t - \tau_s), \quad (7)$$

$$[a_1] [\lambda]^{-1} [u_n] (t) - [b_1] [\delta]^{-1} [i_n] (t) = [c_1] [\lambda]^{-1} [u_n] (t - \tau_s) - [d_1] [\delta]^{-1} [i_n] (t - \tau_s), \quad (8)$$

$$\text{где: } [a_1] = \left[1 + z_{Bs} \frac{g_s l}{2} \right], [b_1] = \left[r_{Bs} + \frac{r_s l}{2} \right],$$

$$[c_1] = \left[1 - z_{Bs} \frac{g_s l}{2} \right], [d_1] = \left[\frac{r_s l}{2} \right],$$

где $[u_n]$, $[i_n]$, $[L_n]$, $[i_n]$ —вектор-столбцы напряжений и токов в конце и начале линии, τ_s —время пробега волны в один конец s -го волнового канала. Уравнения (7) и (8) представляют собой $2n$ соотношений для напряжений и токов между началом и концом всех проводов, которые имеют $4n$ переменных. Поэтому для решения этих уравнений выписываются еще $2n$ уравнений из граничных условий. Предлагаются два алгоритма формирования уравнений переменных состояния.

Первый алгоритм.

1. Выписываются дифференциальные алгебраические уравнения для начала и конца линии. 2. Устанавливаются независимые и зависимые переменные. Переменные начала и конца линии рассматриваются как зависимые. 3. Если в дифференциальных уравнениях пункта 1 под знаком производной находятся переменные начала и конца линии, то немедленно вводятся новые переменные, равные им. 4. Новые переменные в дальнейшем рассматриваются как независимые переменные, а исходные дифференциальные уравнения распадаются на дифференциальные и алгебраические. 5. Уравнения (7) и (8) выписываются относительно тех переменных напряжений и токов начала и конца линии, которые не вошли под знак производной.

Учитывая изложенное, соответствующая форма уравнений переменных состояния будет иметь вид:

$$[\dot{X}] = [A_1] [X] + [B_1] [Y_1] + [C_1] [F], \quad (9)$$

$$[Y_0] = [A_2] [X] + [B_2] [Y_1] + [C_2] [F], \quad (10)$$

$$[Y_1] = [A_3] [X] + [B_3] [Y_1] + [C_3] [F], \quad (11)$$

где $[\dot{X}]$ —вектор-столбец производных первого порядка независимых переменных состояния $[X]$, $[Y_0]$ —вектор-столбец зависимых переменных состояния сосредоточенных элементов, $[Y_1]$ —вектор-столбец запаздывающих зависимых $4n$ переменных состояния напряжений и токов начала и конца линии, $[F]$ —вектор-столбец независи-

мых источников напряжений и токов, $[A_1]$, $[A_2]$, $[A_3]$, $[B_2]$, $[B_3]$, $[C_1]$, $[A_2]$, $[C_3]$ —матрицы коэффициентов, причем $[A_1]$, $[B_3]$ —квадратные матрицы.

Второй алгоритм.

1. Выписываются дифференциальные и алгебраические уравнения для начала и конца линии. 2. Устанавливаются независимые и зависимые переменные. Одна часть переменных начала и конца линии рассматривается как независимые, другая как зависимые переменные. 3. Уравнения (7) и (8) выписываются относительно зависимых переменных напряжений и токов начала линии.

Соответствующая форма уравнений переменных состояния будет иметь вид:

$$[\dot{X}] = [A_1][X] + [B_1][Y_1] + [C_1][F], \quad (12)$$

$$[Y_0] = [A_2][X] + [B_2][Y_1] + [C_2][F], \quad (13)$$

$$[Y_1] = [A_3][X] + [A_4][X_1] + [B_3][Y_1] + [C_3][F], \quad (14)$$

где $[X_1]$ —вектор-столбец запаздывающих независимых переменных состояния напряжений и токов в начале и в конце линии, $[A_1]$ —матрица коэффициентов, а остальные обозначения остаются как при первом алгоритме.

Литература

1. Trzaska Z.—Archiwum elektrotechniki, t. XX, zesz. 3, Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa, 1971, s. 623—624.
2. Толстик Ю. В. Изв. вузов СССР, Радиоэлектроника, 1977, № 8, с. 18—23.
3. Толстик Ю. В. Изв. вузов СССР, Радиоэлектроника, 1981, т. XXIV, № 9, с. 77—78.
4. Кулиев З. Я., Воропаев П. В. Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт, 1974, № 4, с. 28—35.
5. Кулиев З. Я., Воропаев П. В., Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт, 1975, № 1, с. 67—75.
6. Кулиев З. Я., Воропаев П. В. ДАН Азерб. ССР, 1976, № 3, с. 13—16.
7. Кулиев З. Я., Воропаев П. В. Теоретическая электротехника. Львовский университет, вып. 21, с. 116—121. Львов, 1976.
8. Ильин В. И. Машинное проектирование электронных схем, с. 280. М.: Энергия, 1972.
9. Костенко М. В., Перельман Л. С., Шкарии Ю. П. Волновые процессы и электрические помехи в многопроводных линиях высокого напряжения, с. 272. М.: Энергия, 1973.
10. Караев Р. И. Переходные процессы в линиях большой протяженности, с. 192. М.: Энергия, 1978.

АЗНИИ энергетика им. И. Г. Есманова

З. Я. Гулиев

Поступило 28. VI 1983

ПАЛАНМЫШ ПАРАМЕТРЛЭРИ ОЛАН ЕЛЕКТРИК ДӨВРЭЛЭРИ ҮЧҮН ДӘЈИШӘН ВӘЗИЈӘТЛЭР ТӘНЛИКЛЭРИНИН АЛЫНМАСЫ АЛГОРИТМЛЭРИ

Мәғалә позулма вә иткиси изәрә алынған паланмыш параметрлэри олан електрик дөврэлэри үчүн дәјишән вәзијәтлэр тәнликлэринин алынмасы үчүн ики алгоритм ишләнмишдир. Бу алгоритмлэр башлангыч тәнликлэри тәрәмјә кәрә һәлл едилмиш диференциал тәнликләрә кәтирмәјә имкан верир ки, бу да јахшы тәдгиг олуиуш мүәјјән интеграллама үсулларынын тәتبигинә имкан верир.

З. Я. Кулиев

ALGORITHMS OF THE EQUATIONS OF STATE VARIABLES FORMATION OF THE ELECTRIC DISTRIBUTED CIRCUITS

Two algorithms of the equations of state variables formation of the electric distributed circuit accounting losses and distortion are developed. The algorithms give the possibility to reduce equation to form differential one, solvable for derivatives. This allows the utility of the well-developed methods of evident integration.

УДК 536.7171546.68.289'22

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ФАМ ВАН НЪЕУ, М. Б. БАБАНЛЫ, А. А. КУЛИЕВ

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Tl_4GeS_4 — Tl_4SnS_4

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

Исследование систем Tl — $Ge(Sn)$ — $S^{(1,2)}$ показало существование тройных соединений $Tl_4Ge(Sn)S_4$. Согласно результатам работы [3], Tl_4GeS_4 кристаллизуется в моноклинной решетке с параметрами: $a = 12,44$; $b = 11,23$; $c = 7,59$ Å; $\beta = 111,0^\circ$. Сведения о структуре Tl_4SnS_4 и взаимодействии его с Tl_4GeS_4 в литературе отсутствуют.

Настоящая работа посвящена исследованию характера взаимодействия компонентов в системе Tl_4GeS_4 — Tl_4SnS_4 путем построения диаграммы фазовых равновесий. Исследование проводилось методами дифференциально-термического (ДТА) и рентгенофазового анализа (РФА), а также измерением микротвердости и плотности.

Соединения $Tl_4Ge(Sn)S_4$ синтезированы из элементов высокой степени чистоты методом сплавления в вакуированных до $\sim 10^{-2}$ Па и запаянных кварцевых ампулах. При синтезе этих соединений кварцевую ампулу с исходными веществами, взятыми в стехиометрическом соотношении, помещали в печь, температуру которой медленно повышали до ~ 800 К, и выдерживали при этой температуре в течение 4—5 ч, а затем охлаждали в режиме выключенной печи. Во время синтеза содержимое в ампуле тщательно перемешивали встряхиванием. Полученные тройные соединения были однофазными. Определением температуры плавления и сопоставлением полученных данных с литературными проверяли их индивидуальность. Для построения диаграммы состояния системы $Tl_4Ge_xSn_{1-x}S_4$ сплавы готовили из синтезированных и идентифицированных тройных соединений $Tl_4Ge(Sn)S_4$ в откаченных и запаянных кварцевых ампулах.

Термический анализ сплавов проводили путем записи кривых нагревания и охлаждения на пирометре марки ФПК-59.

Сплавы Tl_4GeS_4 — Tl_4SnS_4 помещали в кварцевые сосудики Степанова, которые запаявали после вакуирования до 10^{-2} Па. Па термограммах, снятых из неотожженных сплавов помимо тепловых эффектов, соответствующих началу и концу кристаллизации, наблюдались дополнительные тепловые эффекты, связанные с неравновесностью сплавов. Эти термограммы были использованы для определения температуры гомогенизирующего отжига. Опыты показали, что гомогенные сплавы получают только после отжига при 600 К в течение не менее 3 месяцев. На основании данных ДТА построена (рис. 1, а) диаграмма фазовых равновесий системы Tl_4GeS_4 — Tl_4SnS_4 . Температуры ликвидуса и солидуса определяли как среднее из трех термограмм.

Из рис. 1, а, видно, что компоненты системы Tl_4GeS_4 — Tl_4SnS_4

полностью растворяются друг в друге при любых соотношениях как в жидком, так и твердом состояниях.

РФА проводили на дифрактометре ДРФ-2,0 с CuK_α -излучением. Согласно данным порошковых дифрактограмм, соединения Ti_4GeS_4 и Ti_4SnS_4 не изоструктурны. Поэтому можно было предположить, что либо в системе Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 существуют две ограниченные области твердых растворов на основе исходных фаз, разграниченные областью гетерогенности, либо в системе происходит морфотропное изменение структуры твердых растворов при определенном составе, а гетерогенная область сильно вырождена.

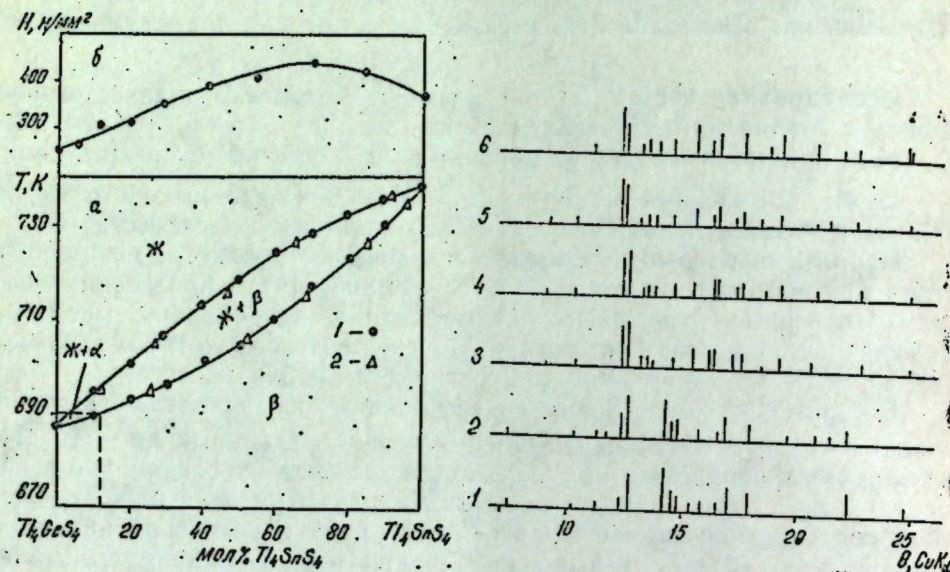


Рис. 1. Диаграмма состояния (а) и зависимость микротвердости от состава (б) системы Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 : 1 — эксперимент; 2 — расчет

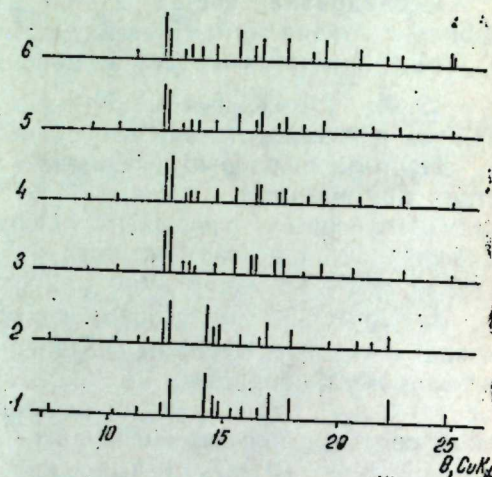


Рис. 2. Штрих-диаграмма системы Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 : 1— Ti_4GeS_4 ; 2—10; 3—15; 4—30; 5—80 мол % Ti_4SnS_4 ; 6— Ti_4SnS_4

Результаты РФА показали, что в системе Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 образуются непрерывные ряды твердых растворов, а морфотропное превращение их структуры происходит при составе 12 мол. % TiSnS_4 . Это наглядно видно из рис. 2, где штрих-рентгенограммы сплавов, содержащих менее 12 мол. % Ti_4SnS_4 , качественно аналогичны с рентгенограммой чистого Ti_4GeS_4 , а остальные—с рентгенограммой Ti_4SnS_4 .

Измерение микротвердости на приборе ПМТ-3 [4] при нагрузке 50 Г и продолжительности выдержки под нагрузкой 8 сек отожженных образцов показало их однофазность. Микротвердость, определенная внутри одного зерна, в среднем не отличалась от микротвердости другого зерна, что указывало на однородность исследованных образцов.

Концентрационная зависимость микротвердости (рис. 1, б) системы Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 проходит через плавный максимум, что характерно для непрерывных рядов твердых растворов. В точке морфотропного изменения структуры твердых растворов скачкообразное

изменение как микротвердости, так и плотности не наблюдалось. По-видимому, это связано с близкостью соответствующих величин для твердых растворов со структурой Ti_4GeS_4 и Ti_4SnS_4 , вследствие чего величины их скачков при составе 12 мол. % Ti_4SnS_4 не превышают ошибки эксперимента.

Как видно из рис. 1а, наибольший температурный интервал кристаллизации в системе Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 не превышает $\sim 15^\circ$.

Это дает основание считать, что в данной системе энергия смешения в жидком и твердом состояниях близка к нулю. Исходя из этого предположения нами рассчитаны идеальные кривые ликвидуса и солидуса по уравнениям [5]:

$$x^l = (e^{-\lambda_1} - 1) / (e^{-\lambda_1} - e^{-\lambda_2})$$

$$x^s = (e^{-\lambda_1} - 1) / (e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)} - 1),$$

где: $\lambda_1 = \frac{\Delta H_1^{\text{пл}}}{R} \left(\frac{1}{T_1^{\text{пл}}} - \frac{1}{T} \right)$; $-\lambda_2 = \frac{\Delta H_2^{\text{пл}}}{R} \left(\frac{1}{T_2^{\text{пл}}} - \frac{1}{T} \right)$; 1^s — Ti_4GeS_4 ;

$x^{(s)}$ —мол. доли Ti_4SnS_4 на линии ликвидуса и солидуса при температуре T .

Значения теплоты плавления Ti_4GeS_4 и Ti_4SnS_4 для проведения расчетов по этим уравнениям взяты из работ [1, 6] и соответственно имеют значения 44 и 42 кДж/моль.

Как видно из рис. 1а, в системе Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 рассчитанные и экспериментальные кривые хорошо согласуются, это свидетельствует о том, что данная система близка к идеальной.

Литература

- Кулиева Н. А., Бабанлы М. Б. Изв. АН СССР, неорган. мат.-лы. т. 17, № 3, 1981, с. 421.
- Кулиев А. А., Бабанлы М. Б., Али Аларик. Готук. В ки: Термодинамика и полупроводниковое материаловедение, с. 97, М., 1980.
- Eulenberger G., Müller D.—Z. Naturforsch., 1974, 296, S. 118.
- Глазов В. М., Вигдорович Б. Н. Микротвердость металлов и полупроводников. М.: Металлургия, 1968.
- Глазов В. М., Павлова Л. М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия, с. 155. М.: Металлургия, 1981.
- Кулиев А. А., Бабанлы М. Б., Кулиева Н. А., Фам Ван Нъеу. Всесоюз. конф. по калориметрии и химической термодинамике. Расширенные тезисы, с. 307, Тбилиси, 1982.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 27. IV 1983

Фам Ван Нъеу, М. Б. Бабанлы, Э. А. Гулијев

Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 СИСТЕМИНДЭ ФАЗА ТАРАЗДЫҒЫ

ДТА, РФА, һәмчинини микробәрклијини вә сыхлығын өлчүләсә илә Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 системинини һал диаграммы гурулмушдур. Мүәјјән едилмишдир ки, һәмин системдә компонентлар һәм маје, һәм дә бәрк һалда бир-бириндә гејри-мәһдуд һәлл

олур. Рентгенографик үсулла Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 системинде 12 мол % Ti_4SnS_4 тәркиб-
де бәрк фазада кристаллик гурuluşуи морфотроп чеврилмәси ашкар едилмишдир.
Тәдгиг олунан системин һал диаграмы идеал мәһлул модели әсасында һесаблинмыш
вә тәчрүби нәтичәләрлә уйғунлуғу мүһабидә олунмушдур.

Fam Van Njen, M. B. Babanly, A. A. Kuliev

THE PHASE EQUILIBRIUM IN THE Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 SYSTEM

The phase equilibrium in the Ti_4GeS_4 — Ti_4SnS_4 quasi-binary system was investi-
gated and complete solid solubility was found. The existence of the morphotrop
phase change (about 12 mol. % Ti_4SnS_4) was found by means of x-ray. The phase
diagram of this system in ideal solution model was calculated and showed its good
conformity to the experimental results.

АЗӘРБАЙҖАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘРҮЗӘЛӘРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XL ЧИЛД

№ 9

1984

УДК 539.2:678.742.2/004

ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ

Р. М. АЛИГУЛИЕВ, В. А. ОГАНЯН, Д. М. ХИТЕЕВА, Ф. А. АХУНДОВА,
Ф. И. ДЖУМШУДОВ, чл.-корр. Р. А. БАБАХАНОВ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ РАСТЯЖЕНИЯ

Исследование поведения микрогетерогенных эластомерных мате-
риалов в однородном механическом поле при одноосном растяжении
имеет практическое и научное значение. Однако известная ограничен-
ность физической информации, связанной с представлениями о различ-
ных уровнях молекулярной и надмолекулярной структурной организа-
ции высокоэластичных полимеров, приводит к теоретическим труд-
ностям в описании поведения данных материалов при больших значе-
ниях деформации. Вследствие этого большинство экспериментальных
работ в этом направлении опирается на полуэмпирические и эмпириче-
ские уравнения, которые не всегда дают четкую аналитическую зависи-
мость между напряжением и деформацией в области ее предельных
значений. В этой связи желательна разработка приближенных методов
расчета и отыскание новых форм аналитических соотношений, сохра-
няющих физическую содержательность в широком интервале дефор-
маций, включая предельные удлинения. Так более это важно, что сама
способность полимеров к большим деформациям является их важней-
шим специфическим свойством.

Анализ как представленных в литературе [1, 2], так и полученных
нами [3] зависимостей «напряжение — деформация» в равновесных
условиях для ненаполненных, наполненных резин, термоэластопластов
(ТЭП), иономеров и др., показывает, что у всех эластомерных систем,
независимо от химического строения и степени микрогетерогенности,
реализуется сложная S-образная форма деформационной кривой (рис. 1),
которая характеризуется тремя ярко выраженными участками: I — об-
ласть линейной зависимости напряжения от деформации; II — область
интенсивного развития деформаций при незначительных изменениях
нагрузки; III — область интенсивного возрастания напряжений при
незначительном изменении деформаций, вплоть до предельных. При
этом следует подчеркнуть особо, что интервалы проявления этих об-
ластей зависят в первую очередь от структурной организации мате-
риала.

I область кривой описывается классической теорией упругости
эластомеров [6] и выражается уравнением вида $\sigma = E(\epsilon - \epsilon^{-2})$ (1),
где σ — условное напряжение, E — модуль упругости, ϵ — относительное
удлинение. Однако несмотря на современные достижения в области
классической теории вязкоупругости, данная формула и ее многочис-
ленные модификации [2] неприменимы для описания поведения эла-
стомеров в диапазоне средних и больших деформаций.

Ввиду ограниченности интервала применимости классической теории вязкоупругости, большее распространение для описания деформационных свойств эластомеров получило полуэмпирическое уравнение Муни—Ривлина [5]:

$$\sigma = (2C_1 + 2C_2\varepsilon^{-1})(\varepsilon - \varepsilon^{-2}), \quad (2)$$



Рис. 1. Равновесные изотермы деформационных кривых для эластомерных композитов. а — термоэластопласты: 1 — полиолефиновый ТЭП, кристалличность К-60%; 2 — полиолефиновый ТЭП, К-40%; 3 — полиолефиновый ТЭП, К-20%; 4 — бутадиен-стирольный ТЭП (20% стирола); б — эластомеры: 1 — НК; 2 — СКД; 3 — ПУ; 4 — СКЭП

где C_1 — модуль упругости; C_2 — упругая константа, физический смысл которой в настоящее время не ясен.

Данное уравнение удовлетворительно описывает поведение эластомерных систем в области малых и средних значений деформаций, но не предсказывает поведения материала в III области, т. е. диапазон больших деформаций остается за пределами возможностей данного уравнения [4]. При этом необходимо также отметить, что с увеличением степени микрогетерогенности эластомерных систем диапазон деформаций, где наблюдается совпадение экспериментальных данных с теоретическим расчетом, резко сокращается [5].

Ввиду изложенного, предпринимались попытки учесть влияние степени микрогетерогенности для более удовлетворительного описания деформационных свойств эластомерных систем при больших степенях удлинений. В частности, для натурального каучука, содержащего наполнитель на основе технического углерода был предложен модифицированный вариант уравнения Муни—Ривлина

$$\sigma = 1,62 G (\varepsilon - \varepsilon^{-2}) \exp(0,31 \varepsilon + \mu \varepsilon^4), \quad (3)$$

где G — модуль сдвига; μ — параметр, характеризующий межмолекулярное взаимодействие.

Для обработки экспериментальных данных это уравнение удобно представить в следующем виде:

$$\ln \Phi = \ln G + \mu \varepsilon^4, \quad (4)$$

где $\ln \Phi = \ln [\sigma \cdot 1,62 (\varepsilon - \varepsilon^{-2}) + 0,31 \varepsilon]$

Нами была предпринята попытка описать в терминах данного уравнения деформационные свойства полиолефиновых ТЭП, характеризующихся ярко выраженной микрогетерогенной структурой [7]. На рис. 2 показаны зависимости между Φ и ε^4 для полиолефиновых ТЭП

с различной степенью кристалличности. Приведенные зависимости носят нелинейный характер и определить количественные значения экстраполяцией к нулевому значению $\ln G$ и величины μ как тангенса угла наклона неправомерно. Ввиду сложности описания дефор-

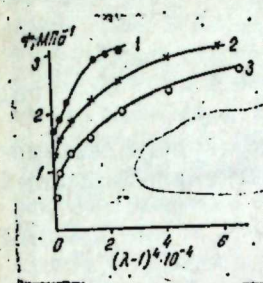


Рис. 2. Зависимость напряжения от деформации в терминах уравнения (4) для полиолефиновых ТЭП с различной степенью кристалличности: 1 — 60; 2 — 40; 3 — 20 %.

мационных кривых эластомеров в ряде работ [8, 9] делается вывод о необходимости отдельного рассмотрения каждой стадии процесса. Так в [8] было показано, что деформационные свойства различных эластомерных систем, начиная с точки перегиба на S-образной кривой с достаточной степенью точности можно описать уравнением равнобочной гиперболы:

$$\sigma (\varepsilon_{\max} - \varepsilon) = A, \quad (5)$$

где $\varepsilon_{\max}$ — предельное удлинение, представляющее постоянную величину испытанного образца и вычисляемое путем экстраполяции по экспериментально установленной линейной зависимости $1/\sigma$ от ε для $1/\sigma = 0$. Достоинством данного уравнения является ее простота, что

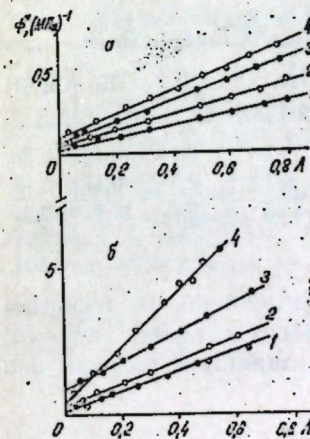


Рис. 3. Зависимость напряжения от деформации для эластомерных композитов в терминах уравнения (9). а — термоэластопласты: 1 — полиолефиновый ТЭП, К=60%; 2 — полиолефиновый ТЭП, К=40%; 3 — полиолефиновый ТЭП, К=20%; 4 — бутадиенстирольный ТЭП (20% стирола); б — эластомеры: 1 — НК; 2 — СКД; 3 — ПУ; 4 — СКЭП

облегчает расчетные операции, а также возможность описания поведения эластомеров в области предельных значений. Однако выпадение начальных участков деформационной кривой носит несколько искусственный характер и значительно сужает границы ее применимости. В связи с изложенным нами предложено уравнение, близкое по математической структуре к уравнению (5), но позволяющее описывать весь ход деформационных кривых для эластомерных гетерогенных систем различного класса:

$$\frac{1}{\sigma} = K(1 - \Lambda) + L \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right), \quad (6)$$

где Λ —отношение относительного удлинения в данный момент к максимальной степени удлинения, т.е. $\Lambda = \varepsilon/\varepsilon_{\max}$; K и L —коэффициенты, которые имеют следующие значения:

$$K = \frac{1}{E\mu} \quad (7)$$

и

$$L = \frac{\mu + 1}{E\mu} \quad (8)$$

где E —модуль упругости, μ —параметр межмолекулярного взаимодействия. Для удобства интерпретации экспериментальных данных уравнения (6) представим в следующем виде:

$$\Phi^* = K + \Lambda L, \quad (9)$$

где

$$\Phi^* = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\Lambda}{1 - \Lambda}$$

Согласно уравнению (9), зависимость Φ^* от Λ должна иметь вид прямой при подстановке экспериментальных значений для всех исследуемых эластомерных систем.

Как видно из рис. 3, обработка статистических экспериментальных данных в терминах предложенного уравнения позволила удовлетворительно описать весь ход S-образной деформационной кривой эластомерных композитов (ТЭП, резины).

Расчетные значения коэффициентов приведены в таблице.

Экспериментальные и расчетные значения констант по уравнению (9)

Наименование	ТЭЦ-1	ТЭП-2	ТЭП-3	ТЭП-4	НК	СКД	ПУ	СКЭП
$E_{\text{экспер.}}$, МПа	2,12	1,54	1,15	1,24	0,28	0,24	0,12	0,09
$E_{\text{расч.}}$, МПа	2,27	1,72	1,25	1,05	0,29	0,25	0,17	0,10
пот. ед.	22,0	11,6	10,0	9,5	23,3	15,2	19,7	7,3

Таким образом, спрямление зависимости напряжения от деформации с применением уравнения (9) позволит непосредственно использовать многие математические подходы, развитые линейной теорией вязкоупругости в широком диапазоне растяжений.

Вывод

Показано, что экспериментальные зависимости напряжения от деформации для микрогетерогенных систем описываются предложенным уравнением в широком интервале растяжений, вплоть до разрывных значений.

Литература

1. Аскадский А. А. Деформация полимеров, 220 с; М.: Химия, 1973.
2. Бартенев Г. М., Зеленов Ю. В. Физика полимеров, 391 с; М.: Высшая школа, 1983.
3. Алигулиев Р. М., Алиев Г. М., Хитеева Д. М., Зеленов Ю. В., Новрузова А. А., Гусейнова Э. С. Пластмассы, 1980, № 10, с. 24—26.
4. Blanchard A. K., Parkinson D. Breakage of carbon-rubber networks by applied stress.—Ind. Eng. Chem., 1952, vol. 44, № 4, p. 799—803.
5. Алигулиев Р. М., Алиев Г. М., Хитеева Д. М., Ахундова Ф. Г., Мамедов А. А. ДАН Азерб. ССР, 1981, № 5, с. 43—93.
6. Guth E., James H. M. Elastic and thermoelastic properties of rubberlike materials.—Ind. Eng. Chem., 1941, v. 33, p. 624—627.
7. Уорд И. Механические свойства полимеров, с. 355. М.: Химия, 1975.
8. Кузовов А. Б. Каучук и резина, 1979, № 4, с. 16—18.
9. Кузовов А. Б. Каучук и резина, 1983, № 7, с. 8—10.

АМИ им. Н. Нариманова

Поступило 24. X. 1983

Р. М. Алигулиев, В. А. Оганян, Д. М. Хитеева, Ф. А. Ахундова,
Ф. И. Чумшудов, Р. А. Бабаханов

КЕНИШ ДАРТЫЛМА ИНТЕРВАЛЫНДА ЭЛАСТОМЕР КОМПОЗИТЛЭРИНИН ДЕФОРМАСИЈА ХАССЭЛЭРИНИН РИЈАЗИ ЈАЗЫЛЫШЫ

Магаләдә микрогетероген системлэрин (эластомерлэр, термоэластопластлар) бирохлу дартылмада тәбиәтиндән бәһс олунур. Кениш дартылма интервалында (гырылмаја кими) S-шәкилли деформасија әјрисинин хедишини јаза билән јени нөв тәклиф едилмишдир.

R. M. Aliguliyev, V. A. Oganyan, D. M. Khiteyeva, F. A. Akhundova,
F. I. Djumshudov, R. A. Babakhanov

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF STRESS-STRAIN PROPERTIES OF ELASTOMERIC COMPOSITIONS IN A WIDE EXTENSION RANGE

The behaviour of microheterogeneous systems (thermoplastic and other elastomers) is investigated under the condition of one-dimensional stretch. The new equation is proposed to describe how the reverse stress—strain curve runs in a wide interval of extensions up to a rupture.

УДК 678.744.339

ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Академик А. М. КУЛИЕВ, А. И. АХМЕДОВ, А. М. ЛЕВШИНА

СОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ДЕЦИЛМЕТАКРИЛАТА С МАЛЕННОВЫМ АНГИДРИДОМ

Производные полиалкенилэтантарного ангидрида находят широкое применение в качестве детергентных присадок к смазочным маслам [1]. Присадки этого типа получают алкилированием малеинового ангидрида олигомерами различных олефинов. Такой способ синтеза полиалкенилэтантарного ангидрида сложен тем, что малеиновый ангидрид не сополимеризуется по ионному механизму.

Настоящая работа посвящена проведению радикальной сополимеризации малеинового ангидрида с децилметакрилатом. Сополимеризация дает возможность регулировать молекулярную массу и состав полученных сополимеров.

Сополимеризация децилметакрилата с малеиновым ангидридом проводилась в присутствии перекиси бензоила в растворе толуола. Было изучено влияние температуры, соотношения сомономеров, количества растворителя, продолжительности и концентрации инициатора на процесс сополимеризации.

При увеличении продолжительности сополимеризации (сополимеризация ведется при 80 °С, количество малеинового ангидрида в мономерной смеси 10%, концентрация инициатора — 0,5%, соотношение мономер: толуол — 1:1) от 1 до 3 ч выход сополимера увеличивается от 59,8 до 93,5%. Дальнейшее увеличение продолжительности (до 4 ч) мало влияет на выход (95,2%). При этом значение молекулярной массы изменяется в пределах 8 000—10 000.

Увеличение концентрации инициатора от 0,1 до 0,7% приводит к увеличению выхода от 15 до 97,5%. При этом значение молекулярной массы снижается от 10 000 до 7 000. Такая закономерность характерна для радикальной полимеризации — с увеличением числа активных центров длина полимерной цепи сокращается.

Значение молекулярной массы и выход снижаются с повышением концентрации малеинового ангидрида в мономерной смеси от 10 до 40%. выход изменяется в пределах 93,5—60%, молекулярная масса — 7400—4 200. Таким образом, малеиновый ангидрид участвует в процессе прекращения роста цепи. Изменением его количества можно регулировать молекулярную массу и выход сополимера.

Изменение температуры в пределах 70—90 °С приводит к увеличению выхода от 80 до 90%, но молекулярная масса снижается от 9 000 до 6 000. Это означает, что повышение температуры наряду со скоростью сополимеризации увеличивает и скорость других процессов, приводящих к прекращению сополимеризации.

Изменением соотношения толуола к мономерной смеси также можно регулировать молекулярную массу сополимеров.

По окончании сополимеризации продукт освобождается от растворителя, избытка мономеров и подвергается анализу.

Молекулярная масса определялась по Штаудингеру

$$\eta = KMC \quad (K = 3,2 \cdot 10^{-4})$$

и значения сопоставлялись с данными, полученными на основании определений характеристической вязкости $[\eta] = KM^a$ ($K = 9,64 \cdot 10^{-5}$, $a = 0,64$) [2]. При этом получилось удовлетворительное совпадение и в дальнейшем пользовались методом Штаудингера, отличающимся простотой.

Структура полученных сополимеров изучена методами ИК-и ПМР-спектроскопии.

В ИК-спектре присутствуют полосы поглощения с частотами 1720, 1725, 1760 см⁻¹, характеризующие карбонильные группы, а также полосы поглощения с частотами 2700 и 2800 см⁻¹, характеризующие насыщенные СН-группы звеньев малеинового ангидрида, что говорит об образовании истинного сополимера.

ПМР-спектр сополимера, синтезированный сополимеризацией мономерной смеси с содержанием 20%-ного малеинового ангидрида, показал, что на два звена децилметакрилата приходится одно звено малеинового ангидрида, это соответствует 18%-ному содержанию малеинового ангидрида в сополимере.

Образование истинного сополимера при сополимеризации децилметакрилата с малеиновым ангидридом можно было подтвердить и литературными данными, так как малеиновый ангидрид в этих условиях гомополимера не образует. Экспериментальным подтверждением может служить определение констант сополимеризации и состава сополимера.

Константы сополимеризации определены аналитическим методом [3]. При этом получились следующие значения:

$$\begin{aligned} \text{для децилметакрилата} \quad r_1 &= 1,75 \\ \text{для малеинового ангидрида} \quad r_2 &= 0 \end{aligned}$$

Как видно $r_1 > 1$, а $r_2 < 1$. Это означает, что сополимер обогащен децилметакрилатом. С другой стороны, произведение значений констант сополимеризации $r_1 \cdot r_2 = 0$, что говорит об образовании сополимера с чередующимися мономерными звеньями. Этот факт также согласуется с известными данными о том, что малеиновый ангидрид в основном используется для получения чередующегося сополимера.

Состав сополимеров был изучен методом фракционирования на колонке, заполненной силикагелем. Были определены выход и кислотное число каждой фракции. На основании кислотного числа определяли количество звеньев малеинового ангидрида в сополимере. Результаты представлены в таблице.

Анализируя результаты проведенных исследований установили, что нет фракций, не обладающих кислотным числом, т. е. не содержащих звеньев малеинового ангидрида и сополимер характеризуется узким фракционным составом (значение коэффициента композиционной неоднородности $U = 0,01$).

Результаты фракционирования сополимера по составу

Выход фракции ² , г	Кол-во мономеров во фракц.				Массовая, доля	Исправленная суммарная масса
	масс. %		г			
	ДМК	МА	ДМК	МА		
0,0100	97,12	2,88	0,0097	0,0003	0,0051	0,0025
0,1311	96,04	3,96	0,1259	0,0052	0,0670	0,0386
0,3775	95,68	4,32	0,3611	0,0164	0,1929	0,1685
0,3800	95,30	4,70	0,3621	0,0179	0,1942	0,3621
0,2807	95,27	4,73	0,2674	0,0133	0,1434	0,5309
0,4973	95,11	4,89	0,4730	0,0243	0,2541	0,7296
0,0641	95,08	4,92	0,0609	0,0032	0,0328	0,8731
0,1137	94,91	5,09	0,1079	0,0058	0,0581	0,9186
0,0640	94,06	5,94	0,0602	0,0038	0,0327	0,9639
0,0386	92,54	7,46	0,0357	0,0029	0,0197	0,9901

Примечание. ДМК — децилметакрилат; МА — малеиновый ангидрид.

Таким образом, нами были выявлены оптимальные условия синтеза сополимера для получения присадки: т-ра — 80 °С, расход инициатора — 0,5%, продолжительность — 3 ч, кол-во малеинового ангидрида в смеси мономеров — 10%, соотношение мономер: толуол — 1:1 (по массе). Полученный сополимер имеет молекулярную массу 10 000, кислотное число — 40—44 мгКОН/г.

Выводы

1. Изучена радикальная сополимеризация децилметакрилата с малеиновым ангидридом в растворе толуола.
2. Установлено образование истинного сополимера с чередующимися мономерными звеньями.

Литература

1. Кулиев А. М. Химия и технология присадок к маслам и топливам с. 83, М., Химия, 1972.
2. Энциклопедия полимеров. Советская энциклопедия, с. 184, М., 1974.
3. Езриелев А. И., Брохина Э. П., Роскин Е. С. Высокомолек. соед., 1969, № 8, 1670.

Институт химии присадок

Поступило 7. VI 1982

Э. М. Гулиев, Э. Н. Әһмәдов, А. М. Лјевшина

ДЕЦИЛМЕТАКРИЛАТЫН МАЛЕИН АНГИДРИДИ ИЛӘ БИРКӘ ПОЛИМЕРЛӘШМӘСИ

Магаләдә инициатор оларга бензоил-пероксидин иштиракы илә децилметакрилатын малеин ангидриди илә биркә полимерләшмәсиндән бәһс олунур. Мүәјјән единишдир ки, бу заман мономер һәлгәләри нөвбәтән һәгиги биркә полимер әмәлә кәлдр.

A. M. Kuliev, A. I. Akhmedov, A. M. Levshina

COPOLYMERIZATION OF DECYLMETHACRYLATE WITH MALEIC ANHYDRIDE

In this paper the radical copolymerization of decylmethacrylate with maleic anhydride in toluene solution was studied. The formation of intrinsic copolymer with alternating monomeric links was also established.

УДК 547.533:661.183.6

НЕФТЕХИМИЯ

Чл.-корр. Б. А. ДАДАШЕВ, А. А. САРЫДЖАНОВ,
А. А. КАДЫРОВА, Л. А. МЕХРАЛИЕВА

ПРЕВРАЩЕНИЕ ТОЛУОЛА НА СО-ФОРМЕ ЦЕОЛИТА ТИПА У, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПЕРЕХОДНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Известно, что поливалентные катионные цеолиты обладают высокой активностью в реакции превращения толуола [1 — 3].

Однако каталитические свойства поливалентных катионных цеолитов, содержащих переходные металлы в реакции превращения толуола, мало изучены.

В настоящей работе сообщаются результаты исследования превращения толуола на цеолитах в поливалентной катионной форме CoNaY, модифицированных дополнительно переходными элементами: никелем, кобальтом, палладием и молибденом.

Исходный цеолит CoNaY получен из натриевой формы цеолита типа У ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3=5$) путем ионного обмена из 0,1N раствора нитрата кобальта. Степень обмена Na^+ на Co^{+2} составляла 80 экв%.

Методом пропитки в исходный цеолит CoNaY, прокаленный при 500 °С дополнительно был введен кобальт (1,0%), никель (1,0%), палладий (0,5%) и молибден (1,0%).

В образец Pd/CoNaY был также введен дополнительно кобальт (1,0 масс. %).

Катализаторы формовали после добавления в качестве связующего 20 масс. % окиси алюминия.

Каталитическую активность синтезированных катализаторов исследовали при атмосферном давлении на проточной установке при 450 °С, объ. ск. по толуолу 1 ч⁻¹, мольн. отношении $\text{H}_2:\text{C}_7\text{H}_8$, равном 5.

Перед опытом катализаторы предварительно активировали в токе воздуха в течение 3 ч при 500 °С, с последующим восстановлением водородом при той же температуре 2 ч.

Активность катализаторов определяли по степени превращения толуола (масс. %), а селективность — процентным отношением целевых продуктов к общему превращению (масс. %).

Состав продуктов реакции анализировали на хроматографе «Хром—31» с пламенно-ионизационным детектором и стальной капиллярной колонкой со скваланом в качестве неподвижной фазы.

Полученные данные показали, что активность и селективность синтезированных катализаторов зависят от их состава и значительно изменяется в процессе работы.

При модифицировании образцов CoNaY переходными элементами (Pd, Ni, Mo) наряду с повышением общей активности резко сокращается время достижения ее максимума (рис. 1).

Однако из полученных данных видно, что палладий и никель значительно снижают выход продуктов диспропорционирования по сравнению с образцом, содержащим молибден и способствуют в большей степени реакции деалкилирования.

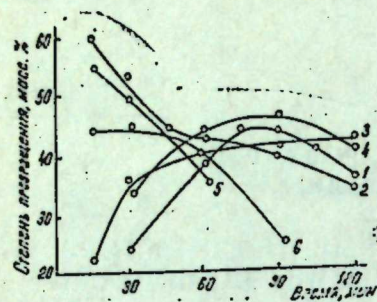


Рис. 1. Зависимость каталитической активности катализаторов от времени: 1 — CoNaY; 2 — 0,5% Pd / CoNaY; 3 — CoNaY + 1% Co; 4 — Pd / CoNaY + 1% Co; 5 — CoNaY + 1% Ni; 6 — CoNaY + 1% Mo

Дополнительное введение кобальта в образец CoNaY и Pd/CoNaY увеличивает выход продуктов диспропорционирования и селективность процесса (таблица).

Превращение толуола при максимальной активности цеолита CoNaY, модифицированного переходными элементами

Продукты реакции, масс. %	CaNaY	Переходные элементы				Pd/CoNaY + 1% Co
		Pd	Ni	Co	Mo	
H-парафины	0,1	0,9	0,8	0,3	0,19	0,16
Бензол	27,5	38,2	37,5	32,0	32,23	28,70
Толуол	54,8	43,2	45,5	57,8	55,9	52,6
Ксилолы	1940	5,3	6,3	15,7	8,53	10,7
Этилбензол	0,2	0,3	0,48	0,1	0,6	0,1
Триметилбензол	1,4	0,9	0,72	0,1	2,84	1,0
Кокс	6,2	11,2	8,7	3,0	0,19	6,74
Селективность	85,0	76,4	80,0	95,1	90,6	82,7

Нарушение пропорциональности в образовании бензола по отношению к ксилолам для модифицированных образцов, по-видимому, связано с участием активных центров на поверхности катализаторов и изменением соотношения кислотных центров.

Следует отметить, что дополнительное введение кобальта в цеолит CoNaY (рис. 1 кр. 3) позволяет стабилизировать высокую активность, а также значительно увеличивается время достижения максимальной каталитической активности.

Известно, что состояние поверхности катализатора и тем самым его активность можно изменять также предварительной активацией катализатора [4—6]. В связи с этим представляет интерес исследовать активность катализатора CoNaY + 1% Co, прошедшего предварительную обработку с различными газами (воздух, водород и углекислый газ). Зависимости активности от активирующего действия воздуха, водорода и углекислого газа представлены на рис. 2.

Предварительная обработка катализатора углекислым газом

(500°C), показала, что активность его выше, чем после обработки водородом и воздухом (рис. 2), что хорошо согласуется с литературными данными [5—6].

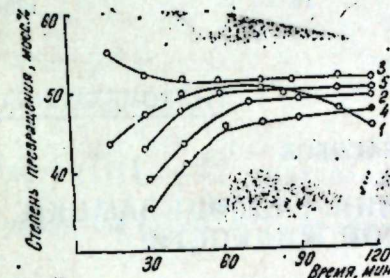


Рис. 2. Зависимость степени превращения толуола от времени на катализаторе CoNaY + 1% Co, предварительно обработанном при 500°C: 1 — активирование в CO₂, реакция в H₂; 2 — активирование в H₂, реакция в CO₂; 3 — активирование в CO₂, реакция в CO₂; 4 — активирование в воздухе, реакция в H₂; 5 — активирование в воздухе, реакция в CO₂.

Следует отметить, что при обработке углекислым газом катализатора (CoNaY + 1% Co) значительно сокращается время достижения максимальной активности, что, по-видимому, связано с промотирующим действием углекислого газа и основано образованием на поверхности цеолитов дополнительных протонодонорных центров [4].

Литература

1. Пенцов В., Каназирова В., Миначев Х. М. Нефтехимия, т. 19, № 15, 1979, с. 672—678.
2. Грязнова З. В., Николеску И. В., Цицишвили Г. В. и др. Нефтехимия, т. 17, № 4, 1977, с. 531—536.
3. Сапожанина А. А., Чаирова Н. И., Шопов Д. М. Нефтехимия, т. 20, 1980, с. 368—371.
4. Миначев Х. М., Исаков Я. И. ДАН СССР, т. 202, № 6, 1972, с. 1341—1344.
5. Миначев Х. М., Исаков Я. И., Калинин В. Л., Усачев Н. Я. Кинетика и катализ, т. 14, вып. 2, 1973, с. 418—425.
6. Грязнова З. В., Сандулеску И. Ш., Баскуньян К. А. и др. Нефтехимия, т. 21, 1981, с. 226—231.

Институт нефтехимических процессов

Поступило 27.V.1982

Б. А. Дадашев, Э. Э. Сарычанов, А. А. Гадирова, Л. А. Мехрелиева
КЕЧИД ЕЛЕМЕНТЛЭРЛЭ МОДИФИЦИРЛЭШДИРИЛМИШ У ТИПЛИ
СО ФОРМАЛЫ СЕОЛИТ ҮЗЭРИНДЭ ТОЛУОЛУН ЧЕВРИЛМЭСИ

Мөгалэдэ кечид элементлэри илэ модифисирлэшдирилмиш У типли Со формалы сеолит катализаторларынын каталитик фээллыгы толуолун чеврилмэси реаксиясында өйрөнүлмүшдир.

Мүзөжөн едилмишдир ки, палладий, никел вэ молибденлэ модифисирлэшдирилмиш катализаторлар толуолун чеврилмэси реаксиясыны деалкиллэшмэ, кобалтла элава модифисирлэшдирилмиш катализаторлар нсэ диспропорционилэшмэ истигамэтинэ жөнөлтмэклэ жүксэк сечичилижэ малик олур. Карбон газы илэ элава активлэшдирилмиш катализатор, жүксэк активлижэ маликолма мүддэтинэ азалдыр.

B. A. Dadashov, A. A. Sarydzhanyov, A. A. Kadyrova, L. A. Mekhraliyeva

TOLUENE CONVERSION OVER Y-TYPE CO-ZEOLITE MODIFIED BY TRANSITION ELEMENTS

The results of toluene conversion over CoNaY-polyvalent cation exchanged zeolites modified by transition elements are presented in the paper. It was stated that dealkylation of toluene took place in modifying of zeolite catalysts with Pd, Ni and Mo whereas additional introduction of Co into Co-zeolite promoted disproportionation and improved the catalyst selectivity.

The preliminary activation of the catalyst by carbon dioxide reduced the time necessary for maximal activity.

Р. Ю. АМЕНЗАДЕ, В. Г. НАСИБОВ

О ВОЛНОВОМ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ ГИДРОДИНАМИКИ НЕОДНОРОДНОЙ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. П. Гулизаде)

Удовлетворительная модель многих реальных жидкостей как сплошных сред должна основываться на представлении о неоднородности, когда свойства среды меняются в пространстве. Неоднородны, например, морская вода, некоторые суспензии и т. д. При этом во многих практически важных случаях приходится иметь дело с распространением волн в таких жидкостях, когда скорость распространения является локальной характеристикой волны и есть функция координат. Математически задача о распространении гармонической волны в неоднородной среде, как правило, сводится к интегрированию дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами, что связано со значительными трудностями. В этой связи целью данной статьи является получение и решение уравнений, описывающих осесимметричное волновое течение неоднородной жидкости в круглой цилиндрической трубе радиуса R . При этом жидкость принимается невязкой и сжимаемой. В невозмущенном состоянии полагаем, что плотность и скорость звука являются функциями только радиуса (слоистая неоднородность).

1. Уравнение гидродинамики идеальной неоднородной баротропной жидкости имеют вид [1]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho u) = 0 \quad (1,1)$$

$$\rho \left[\frac{\partial u}{\partial t} + (u \nabla) u \right] = -\nabla p \quad (1,2)$$

$$p = p_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma \quad (1,3)$$

Здесь ρ — плотность жидкости, u — вектор скорости. Величины $\rho_0 = \text{const}$ и $\gamma \geq 1$ [2] определяются по данным эксперимента, а ρ_0 — значение плотности при $p = p_0$. Для слоисто-неоднородной среды волновое решение системы (1,1)–(1,3) будем искать в виде

$$p = p_0(r) + p_*(x, r, t), \quad \rho = \rho_0 + \rho_*(x, r, t), \quad u = u(x, r, t) \quad (1,4)$$

Предположим, что возмущения p_* , ρ_* , u основного состояния ρ_0 , p_0 , $u = 0$, вносимые волной, достаточно малы [3], т. е.

$$p_*/p_0 \sim \rho_*/\rho_0 \sim \varepsilon$$

где ε — малый параметр. Подставляя соотношения (1,4) в систему (1,1)–(1,3), после линеаризации получим

$$\frac{\partial \rho_*}{\partial t} + \rho_0 \operatorname{div} u + u \Delta p_0 = 0 \quad (1,5)$$

$$\rho_* \frac{\partial u}{\partial t} = -\nabla p_* \quad (1,6)$$

$$p_* = c_0^2(r) \rho_* \quad (1,7)$$

Здесь $c_0^2(r) = \gamma \frac{p_0}{\rho_0}$ — квадрат адиабатической скорости звука. Систему уравнений (1,5)–(1,7) перепишем в виде

$$\frac{\partial \rho_*}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_0 u) = 0 \quad (1,8)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_0 u) = -\nabla \{c_0^2(r) \rho_*\}$$

Исключив из (1,6) функцию u , будем иметь

$$\frac{\partial^2 \rho_*}{\partial t^2} = \Delta \{c_0^2(r) \rho_*\}, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}$$

Положив

$$\rho_*(x, r, t) = \frac{1}{c_0^2(r)} y(r) \exp i(\omega t - \lambda x),$$

получим следующее уравнение

$$y'' + \frac{1}{r} y' - \lambda^2 y + \lambda^2 q(r) y = 0, \quad (1,9)$$

где ω — задаваемая круговая частота, $\lambda^2 = \frac{\omega^2}{c_0^2}$, а $\lambda > 0$ — искомое волновое число, процесс определения которого (формулировка граничных условий) будет обсуждаться ниже. Для удобства записи введено следующее обозначение: $\rho_* = \rho_{00} q(r)$, где ρ_{00} — характерная плотность жидкости, а $q(r) \neq 0$ — функция, характеризующая неоднородность.

Тогда $c_0^2(r) = \gamma \frac{p_0}{\rho_{00}} \frac{1}{q(r)} = c_{00}^2 \frac{1}{q(r)}$.

2. Перейдем к изучению уравнения (1,9). Ищется его решение, ограниченное на отрезке $[0, R]$ при условии интегрируемости функции $q(r)$. Как известно, $y'' + \frac{1}{r} y' - \lambda^2 y = 0$ — модифицированное

уравнение Бесселя, двумя независимыми решениями которого являются $I_0(\lambda r)$ и $K_0(\lambda r)$ — соответственно модифицированные функции Бесселя и Ганкеля первого рода нулевого порядка. Отметим, что они действительные монотонные функции, а $K_0(\lambda r)$ имеет логарифмическую особенность в нуле. Однако можно показать, что

$$\lim_{r \rightarrow 0} r K_0(\lambda r) = 0 \quad (2,1)$$

и, следовательно, $rK_0(\lambda r)$ ограничено на $[0, R]$. Общее решение уравнения (1,9) ищем в виде

$$y = A_1(r) I_0(\lambda r) + A_2(r) K_0(\lambda r)$$

Тогда, опуская соответствующие выкладки, методом вариации постоянных можно показать, что при условии ограниченности в нуле искомого решения уравнение (1,9) эквивалентно следующему интегральному уравнению Вольтерра

$$y = \alpha_1 I_0(\lambda r) + \lambda^2 \int_0^r K(r, \tau; \lambda) y(\tau) d\tau, \quad (2,2)$$

где ядро

$$K(r, \tau; \lambda) = \{I_0(\lambda \tau) K_0(\lambda r) - I_0(\lambda r) K_0(\lambda \tau)\} \tau q(\tau)$$

При этом, используя формулы [4]

$$I_\nu(z) K_{\nu+1}(z) + I_{\nu+1}(z) K_\nu(z) = \frac{1}{z}, \quad \text{при } \nu = 0 \text{ и}$$

$$I'_0(z) = I_1(z), \quad K'_0(z) = -K_1(z)$$

учитывалось, что определитель Вронского имеет вид

$$W = \begin{vmatrix} I_0(\lambda r) & K_0(\lambda r) \\ I'_0(\lambda r) & K'_0(\lambda r) \end{vmatrix} = -\frac{1}{r}$$

Для решения уравнения (2,2) применим метод последовательных приближений

$$y_0(r) = \alpha_1 I_0(\lambda r)$$

$$y_{n+1}(r) = y_0(r) + \lambda^2 \int_0^r K(r, \tau; \lambda) y_n(\tau) d\tau, \quad \text{для } n \geq 0$$

Методом индукции доказывается справедливость следующих оценок

$$|y_n(r) - y_{n-1}(r)| \leq C \frac{\Phi^n(r)}{n!} |\alpha_1|,$$

где

$$\Phi(r) = 2\lambda^2 CM \int_0^r q(\tau) d\tau; \quad M = \sup_{[0, R]} r K_0(\lambda r)$$

$$C = \max_{[0, R]} I_0(\lambda r) = I_0(\lambda R).$$

Следовательно, можно показать, что

$$|y(r)| \leq |\alpha_1| C \exp[\Phi(R)]$$

и поэтому последовательность $\{y_n(r)\}$ равномерно сходится к функции $y(r)$ для $0 \leq r \leq R$, являющейся единственным решением уравнения (2,2). Необходимо отметить возможность рассмотрения также случая кусочной неоднородности, что обусловлено требованием только интегрируемости функции $q(r)$.

Постоянные α_1 и λ можно определить, подчинив полученное решение при конкретном задании неоднородности некоторым граничным условиям. Так, например, при рассмотрении волн в неоднородной жидкости, заключенной в полубесконечную деформируемую оболочку, такими условиями являются условие непонижаемости,

уравнения движения оболочки под действием гидродинамических сил, а также задание пульсирующего давления на торце оболочки. Тогда в силу однородности поставленной задачи нетривиальное решение получается при определенной связи между ω , λ и параметрами системы (дисперсионное уравнение).

Литература

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 576, 1973.
2. Ильюшин А. А. Механика сплошной среды, 286. Изд-во МГУ, 1978.
3. Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухоруков А. П. Теория волн, 384. М.: Наука, 1979.
4. Янко Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции, 344. М.: Наука, 1977.

АГУ им. С. М. Кирова,
ЛЭИСИ

Поступило 14.11.1983

Р. Ю. Эмензаде, В. Г. Насибов

ГЕЈРИ-БИРЧИНСЛИ ИДЕАЛ МАЈЕНИН ГИДРОДИНАМИК ТЭНЛИКЛЭРИНИН ДАЛГА ХЭЛЛИ

Мәғаләдә гејри-бирчинсли идеал баротроп мајенин даирәви боруда охасимметрик ахымнын һәрәкәт тәнликләринин чыхарылмасы вә онун һәллидән бәһс олунур.

Һәҗачанланмамыш һалда сәс сүр'әти вә сыхлыг јалғыз радиал координатдан асылы функция гәбул едилир. Гојулан мәсәлә дәјишәп әмсаллы ади диференсиал тәнлијә кәтирилир. Һәллин мәһдудлуғу шәртинә әсасән алынган тәнлијин Волтер типли интеграл тәнлијә эквивалентлијин вә јекәнәлијин кәстәрилир. Деформасијаланан ертүк үчүн сәрһәд шәртләри арашдырылыр.

R. Yu. Amenzade, V. G. Nasibov

ON THE WAVE SOLUTION OF THE HYDRODYNAMICS EQUATIONS OF THE NONHOMOGENEOUS IDEAL FLUID

In this paper the solution of equations, describing the axisymmetrical wave motion of nonhomogeneous ideal barotropic fluid to the circular cylindrical tube, is considered. It is assumed that in the disturbed state the density and speed of the sound are the functions of only radial coordinate.

* Постоянная α_1 должна определяться из соответствующих граничных условий.

УДК [551.24:627.8](479.24)

ГЕОХИМИЯ

Ф. Г. ДАДАШЕВ, А. М. ДАДАШЕВ, Ю. Б. ГАЛАНТ,
С. А. МАМЕДОВА, Г. Л. БРЕСКИНА

ПОИСКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВАЙХИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НАХИЧЕВАНСКОЙ АССР

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

В связи с освоением новых территорий под сельскохозяйственные угодья и строительством для этих целей водохранилищ, часто приходится сталкиваться с утечкой воды из них. Это связано с тем, что котлованы водохранилищ часто при строительстве попадают на линии тектонических нарушений, по которым и происходит утечка водной массы. Поэтому при проектировании необходимо иметь информацию о тектонических нарушениях на местах строительства водохранилищ.

Данные исследования выполнены для обнаружения тектонических нарушений с целью предотвращения утечки по ним водной массы будущего водохранилища. Работы велись в районе створов плотины и чаши водохранилища Вайхирского участка Нахичеванской АССР. В районе створов плотины развиты отложения палеогенового возраста, представленные алевролитами, песчаниками, известняками, простирающимися в северо-западном направлении. Чаша водохранилища сложена палеогеновыми породами, представленными песчаниками и алевролитами.

Район работ приурочивается к площади Ордубадского синклинория. Наиболее древними складчатыми структурами Ордубадского синклинория являются предмиоценовые линейные складки, которые имеют отражение в юрских, меловых, эоценовых, нижнеолигоценовых и средне-олигоценовых породах и нигде не переходят в залегающие на последних миоценовые отложения.

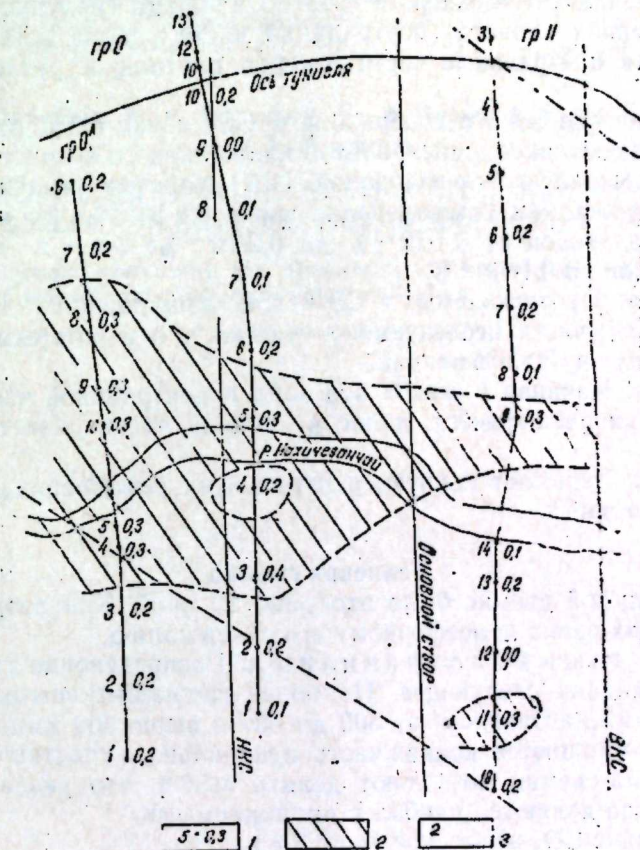
Все складки асимметричны, причем у антиклинальных — юго-западные крылья крутые, а северо-восточные — пологие. В связи с этим оси синклиналий складок отстоят на больших расстояниях от северо-восточных и на меньших — от юго-западных крыльев антиклинальных складок.

Исследование участка работ проведено гамма-съемкой, а также газовой съемкой с использованием компонентов индикаторов: углекислого газа, углеводородов, гелия. Площадь заснятого участка — 4,0 км². Пробы для определения углекислого газа, углеводородов и гелия отбирались из подпочвенного воздуха при помощи конусообразного газоотборника с глубины 0,8—0,9 м из предварительно заготовленной для газоотборника скважины малого диаметра.

Концентрацию углекислого газа подпочвенного воздуха определяли интерферометром ШИ-5.

Анализы на углеводороды проводились на хроматографе ХПМ-2. Содержание гелия определялось на приборе ИНГЕМ.

Гамма-съемка осуществлялась с использованием полевого одноканального гамма-радиометра СП-3 м.



1 — номер точки; содержание CO₂% в подпочве;
2 — зона с содержанием CO₂ выше 0,3%;
3 — зона с содержанием CO₂ до 0,3%.

В районе створов плотины съемка проведена по сетке 100×50 м, а в районе чаши водохранилища — по сетке 500×250 м. В зависимости от сложности условий, а также исходя из необходимости детализации работ, расстояние между точками отбора проб и профилями сгущалось или же разряжалось. Отобрано и проанализировано около 270 проб.

В результате проведенных исследований выявлено следующее. Район створов плотины. Распределение гамма-активности по площади следующее (рисунок). Наиболее гамма-активный участок

района плотины — северный (значения гамма-активности от 500 до 600 имп/сек и выше 600 имп/сек), далее на юг значения гамма-активности уменьшаются (в южном и центральном районах плотины значения гамма-активности до 400 имп/сек).

Итак, основываясь на данных съемки по гамма-активности, можно сделать вывод, что наиболее проницаемым является северный участок исследуемого района плотины.

Распределение углекислого газа по площади следующее. Наиболее газонасыщенной является центральная часть района исследований, охватывающая центральные части створов плотины и русло р. Нахичеванчай.

Геологически зона с содержанием CO_2 выше 0,3% отвечает переслаиванию песчаников и алевролитов палеогенового возраста.

По содержанию углеводородов (УВ) удается выделить 3 зоны: 1-я — с содержанием углеводородов выше $0,2 \cdot 10^{-3}\%$; 2-я — с содержанием углеводородов от $0,1 \cdot 10^{-3}\%$ до $0,2 \cdot 10^{-3}\%$; 3-я — с содержанием углеводородов до $0,1 \cdot 10^{-3}\%$.

1 зона. Протягивается в СЗ — ЮВ направлении. Расположена в центральной части исследуемого участка и с некоторым смещением отвечает руслу р. Нахичеванчай.

2 зона. Начиная с севера эта зона в центральной части исследуемого участка расширяется, далее в южной части разветвляется на рукава.

3 зона. Занимает южную, центральную, северо-западную и северо-восточную части.

Гелиевая съемка

При гелиевой съемке было отобрано 10 проб. Концентрация гелия во всех пробах равна атмосферному его содержанию.

Район чаши водохранилища. Распределение гамма-активности по площади следующее. Наиболее гамма-активными участками (значения гамма-активности от 500 до 600 и выше 600 имп/сек) на территории чаши являются: южная часть центрального участка и восточная. Данные гамма-съемки позволяют делать вывод, что указанные части водохранилища являются наиболее проницаемыми.

Содержание CO_2 невысокое (до 0,3%).

При гелиевой съемке отобрано 10 проб. Значения концентраций гелия во всех указанных пробах равны его атмосферному содержанию.

Подытоживая изложенное, можно отметить следующее в районе створов плотины зоны с повышенными значениями углекислого газа и углеводородов совпадают между собой и находятся в центральной части, а по гамма-активности зона с повышенными значениями расположена в северной части: в районе чаши водохранилища зоны с повышенными значениями гамма-активности располагаются на юге центральной части и в восточной части водохранилища.

Исходя из изложенного можно отметить, что зоны с повышенной гамма-активностью возможно фиксируют участки повышенной проницаемости. В целом район створов плотины и чаши водохранилища в тектоническом отношении оценивается как благоприятный для строительства.

Ф. Г. Дадашев, А. М. Дадашев, Ж. Б. Галант, С. А. Мамедова, Г. Л. Брескина

НАХЧЫВАН МССР-ИН ВАЈХИР СУ АНБАРЫ ЭРАЗИСИНДЭ ТЕКТОНИК ПОЗУЛМАСЫНА ДАИР АХТАРЫШ ИШЛЭРИ

Су анбары һөвзәсиндә су ахынынын гаршысыны алмаг үчүн тектоник позулмаларын ашкара чыхарылмасы мәгсәдилә Нахчыван МССР-ин Вајхир кәнди јахынлыгындагы су анбары һөвзәсиндә вә тикиләчәк бәнд рајонунда тәдқиғат ишләри апарылмышдыр. Ишләр индикатор компонентләрдән — карбон газы, карбоһидрогенләр, һелиум — истифадә етмәклә газ планалмасы вә гамма планалмасы вәситәсилә апарылмышдыр. Су ахыны рајонун шимал вә мәркәзи һиссәсинин чәнуб вә шәргиндә гејдә алынмышдыр. Бәнд вә су анбары һөвзәси рајонунун тектоник чәһәтдән әлверишли олмасы мүәјјән едилмишдир.

F. G. Dadashev, A. M. Dadashev, Yu. B. Galant, S. A. Mamedova,
G. L. Breskina

THE SEARCH OF TECTONIC DISLOCATION IN DISTRICT OF VAJCHIR WATER COLLECTION CONSTRUCTION OF NAKHICHEVAN ASSR

This investigation deals with the discovering of tectonic dislocation, aimed at the disclosure of leak of water mass of water collectors.

ПЕСНЯ ПТИЦ КАК МАРКЕР ПОПУЛЯЦИИ

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

В настоящее время не вызывает сомнений, что песня птиц может быть тончайшим маркером популяционной структуры вида [2]. Для ряда видов установлена жесткая типологическая структура песни [3]. При этом репертуар особи состоит из одного или нескольких типов песен. Спектрограммы, показывающие изменение частоты звука во времени, разное исполнение одного и того же типа песен при наложении, полностью совпадают.

Репертуар отдельной особи зяблика (*Fringilla coelebs*) состоит из 1—6 типов песен, в большинстве случаев особь исполняет типы песен сериями. В каждой серии 5—20 песен одного и того же типа. Однако изредка можно встретить особь «перебирающую» все типы песен своего репертуара. В таких случаях один тип песен исполняется от 1 до 4-х раз подряд. Разные особи могут иметь одинаковые типы песен, однако особи с одинаковым репертуаром практически не встречаются.

Песня зяблика обычно состоит из 1—6 колен (групп одинаковых элементов (звуков) и концовки, так называемого «росчерка». Некоторые колена могут быть представлены единственным элементом. В «росчерке» может быть 1—6 элементов. Каждый тип песни может состоять из 3—10 вариантов, отличающихся друг от друга только числом элементов в разных коленах. При этом количество элементов в «росчерке» неизменно. В большинстве случаев он включает 1—2 элемента.

В результате исследования 8100 песен, записанных от 282 особей на Кавказе, нам удалось выделить 296 отдельных типов песен. При этом было выделено всего 7 типов концовок. Отсюда видно, что разные типы песен могут иметь одинаковый «росчерк». 5 типов песен не имели «росчерка».

Записи песен были проведены в 19 точках: в Тебердинском, Рининском, Пицундском, Колхидском (Поти), Боржомском, Гейгельском, Басутчайском (Зангелан), Гирканском, Сагурамском, Пиркулинском заповедниках и в окрестностях городов, поселков и сел, указанных в таблице.

Тип «росчерка» 5 имеет форму латинской буквы «V», 6 состоит из второй составляющей «росчерка» 5, а 2 — из первой. Концовка 3 представляет собой жужжащий элемент в форме жирного пятна или черты на спектрограмме, «Росчерк» I типа «зигзаг» имеет форму буквы «И» с удлиненной вниз третьей составляющей и наклоненной против часовой стрелки, т. е., имеющей понижающуюся во времени частоту. Концовка 7 состоит из комбинации жужжащего элемента и составляющей в форме волнистой черты. Если в «росчерке» было несколько элементов, то тип его определялся по последнему.

Следует отметить, что каждый тип «росчерка» состоит из ряда вариантов, отличающихся тонкими деталями структуры (утолщения на концах, небольшие выросты, изгибы и т. д.). Многие варианты являются переходными от одних к другим типам «росчерков».

Распространение типов «росчерков» зяблика на Кавказе

Точки записи		% типов песен с данным типом расчерка							Кол-во выделен- ных типов песен
		1	2	3	4	5	6	7	
Западная часть Большого Кавказа	Теберда	27	33	3	10	6	21	—	31
	Рица	28	32	10	10	—	20	—	21
	Пицунда	13	24	13	3	7	37	—	30
Колхидская низменность	Поти	—	—	30	—	15	55	—	20
Малый Кавказ	Бержоми	—	—	38	—	18	6	38	16
	Гейгёль	26	32	5	32	—	5	—	19
	Шуша	22	50	—	28	—	—	—	32
	Зангелан	25	13	—	62	—	—	—	8
Талыш	Нуравуд	56	44	—					18
	Гирканский заповедник	56	44	—					25
Восточная часть Большого Кавказа	Сагурами	—	—	15	—	39	46	—	13
	Закаталы	—	4	8	12	56	46	—	27
	Пиркули	—	—	5	—	43	47	—	21
	Алты-Агач	7	7	—	14	14	58	—	14
	Набрань	—	10	10	5	42	38	—	19
В том числе Дагестан	Хучни				—	13	87	—	8
	Махачкала				—	20	80	—	5
	Дубки	—	—	13	—	60	27	—	15
	Аракань				—	70	30	—	10
								—	

По наличию и процентному соотношению типов песен с разными концовками мы выделяем шесть географических популяций зяблика на Кавказе:

1. Талышская. Она характеризуется наличием только двух типов «росчерка» (1, 2). Это свидетельствует о ее изолированности от остальных.

2. Восточная часть Малого Кавказа. Характерными для нее являются концовки 1, 2, 3, составляющие 90—100% от всех типов песен. При этом «росчерк» 4, по-видимому, специфичен для этой популяции, так как только здесь отмечен в большом количестве. Наличие росчерков 1 и 2 свидетельствует об общности происхождения с талышской популяцией.

3. Западная часть Малого Кавказа (Боржомская). Только здесь отмечена концовка 7. Другой многочисленной концовкой является 3 (жужжащая), характерная для Колхиды. Отсутствуют росчерки 1, 2 и 3.

4. Западное Закавказье (Колхидская), характеризующаяся преобладанием «росчерков» 3 и 6 и наличием примеси концовки № 5, характерной для Большого Кавказа.

5. Западная часть Большого Кавказа. Эта популяция самая гетерогенная. Здесь представлены все типы росчерков, кроме 7. Преобладающими являются концовки 1, 2, 6. Интересно, что с приближением к Колхидской низменности (Пицунда) их доля начинает уменьшаться и возрастает количество типов песен с росчерками 3 и 6, характерными для Колхиды.

6. Восточная часть Большого Кавказа. Концовки 5 и 6 охватывают в этой популяции от 72 до 100% всех типов песен. Все остальные типы концовок (кроме 7) встречаются в незначительных количествах, главным образом в местах сближения с теми популяциями, где они являются преобладающими. При этом птицы из Дагестана обнаруживают явные признаки изоляции. Здесь практически не отмечены другие типы концовок кроме 5 и 6.

Нетрудно заметить, что «росчерки» типа 1 и 2; 5 и 6 тяготеют друг к другу и почти всегда присутствуют или отсутствуют вместе. Между ними же существует и наибольшее количество переходных вариантов, по-видимому, свидетельствующих об общности происхождения этих типов элементов. В восточной части Малого Кавказа можно обнаружить ряд переходов от концовки 2 к 4 за счет постепенного появления левой составляющей сперва в виде небольшого выроста, а затем полноценной части перевернутого «v»-образного элемента. В Боржомском заповеднике «росчерк» 7 имел ряд вариантов переходных к концовкам 3 и 5.

Важно отметить, что все популяции, хотя бы в примеси, имеют типы «росчерков», характерные для соседних. Таким образом, границы между популяциями не являются резкими, а, по-видимому, включают большую зону интерградации. Границу между популяциями западной и восточной частями Большого Кавказа, по-видимому, следует проводить по западным границам Центрального Кавказа (меридиан Эльбруса), так как популяция западной части Большого Кавказа, несомненно, тяготеет к побережью Черного моря. Тот факт, что популяции западной части Большого Кавказа, восточной части Малого Кавказа и Талыша, будучи разделенными географически, характеризуются преобладанием одних и тех же типов «росчерка» — 1 и 2, мы объясняем наличием связи по линии Западной части Большого Кавказа — Крым — Балканы — Малая Азия — северо-западный Иран — Восточное Закавказье.

Для зяблика существование географических популяций установлено впервые. До сих пор существование больших географических популяций, отличающихся особенностями структуры песни, было известно только у восточного соловья (*Luscinia luscinia*) [1].

Аналогичные исследования нами проводились также на малой мухоловке (*Ficedula parva*), московке (*Parus ater*), большой синице (*Parus major*), чечевике (*Carpodacus erythrinus*).

Если у зяблика одинаковые типы песен можно встретить лишь в пределах данной географической популяции, т. е. на ограниченной части территории Кавказа, то у большой синицы, малой мухоловки и в мень-

шей мере чечевике одинаковые типы песен можно обнаружить практически по всему Кавказу, что свидетельствует о сравнительной гомогенности населения этих птиц на Кавказе.

Литература

1. Симкин Г. Н. Песня восточного соловья как акустический маркер групповых и популяционных структур. Орнитология, вып. 16, 1981, с. 73—80. 2. Симкин Г. Н. Актуальные проблемы изучения звукового общения птиц. Орнитология, вып. 17, 1982, с. 36—53. 3. Симкин Г. Н. Типологическая организация и популяционный филогенез песни у птиц. Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол., т. 88, вып. 1, 1983, с. 15—28.

Институт зоологии

Поступило 5.VI.1984

Е. Г. Султанов

ГУШЛАРЫН НЭГМЭСИ ПОПУЛЈАСИЈАНЫН НИШАНВЕРЧИСИ КИМИ

Магалэдэ сэрт тиположи гурулушу нэгмэли гушларын нэгмэлэринин спектрограмларында эсэсэн онларын популјасијаларынын зэриф деталларынын структурунун тэдгирг. еднлэмэсинин мүмкүн олмасы көстэриллр. Нэзырда мещэ сэрчэсинин (*Fringilla coelebs*) 6 чографи популјасијасы Гафгазда мүэјјон олунмушдур. Бу популјасијалардан бири чох күман ки, мөһз Бөјүк Гафгазда эмэлэ кэлмишдир. Нэгмэлэрин гурулушу популјасијаларын арасында тэдричолунманы, гетерокенији, гонумлугу вэ нэзырки элэгэни мүэјјон етмэјэ имкан верилр.

E. G. Sultanov

BIRD SONG AS A MARKER IN POPULATIONS

The possibility of stating details in population structure according to the spectrograms of songs of birds species having strict typological song structure is shown. In the Caucasus 6 geographical populations of chaffinch of *Fringilla coelebs* are separated, one of which appears to be autochthonous for the Greater Caucasus. Song structure makes it possible to determine the degree of isolation, heterogeneity, relationship and the presence of contacts among the populations.

УДК 615.28;615.576.85;615.582.28

МИКРОБИОЛОГИЯ

Академик В. Ю. АХУНДОВ, чл.-корр. М. М. ГУСЕЯНОВ,
М. Г. ВЕЛИЕВ, Т. М. МЕЙБАЛИЕВ, Э. Ш. МАМЕДОВ.

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ПОЛИХЛОРБИЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ АЦЕТИЛЕНОВОГО РЯДА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В МЕДИЦИНЕ

Распространение устойчивых форм возбудителей гнойно-септических инфекций требует продолжения исследования с целью создания новых противомикробных препаратов, в частности противостафилококковых, противосинегийных, существенно отличающихся от известных антимикробных средств по химическому строению, а следовательно и по механизму действия [1].

В научной литературе представлено незначительное количество работ, свидетельствующих о применении препаратов хлорорганических соединений (ХОС) в медицине.

Основным направлением в изыскании ХОС, обладающих антимикробным действием, является обнаружение среди них мощных пестицидов и инсектицидов [2].

В литературе известно [3—4], что ацетиленовые соединения (спирты, амины, эфиры и др.) обладают биологически активными свойствами. В этой связи синтез и изучение бактерицидной активности некоторых ацетиленовых соединений полихлорбициклопентенового ряда представляет большой интерес.

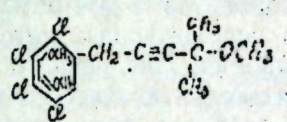
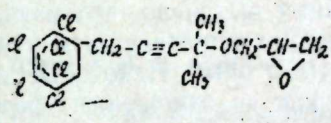
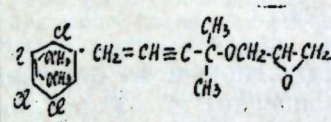
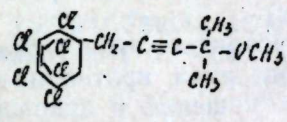
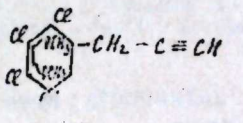
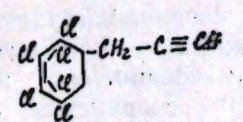
Полихлорбициклические хлорорганические соединения ацетиленового ряда синтезированы в ИХОС АН Азербайджанской ССР.

Цель и задача настоящей работы — установление антимикробной активности препаратов данного ряда с определением возможности использования их в медицинской практике. Исходя из этого препараты были изучены НИИ ВМиГ им. Г. М. Мусабекова Министерства здравоохранения Азербайджанской ССР.

Полихлорбициклические соединения ацетиленового ряда (I—VI) синтезированы на основе реакции диеновой конденсации аллилацетилена и его производных с гексахлорциклопентадиеном и 5,5-диметокситетрахлорциклопентадиеном. Химические характеристики этих соединений представлены в таблице.

Строение соединений (I—VI) подтверждено данными ИК-и ПМР-спектров, а индивидуальность — методом ТСХ.

С целью определения антибактериальной активности представленных препаратов, в качестве тест-культур в опыт были взяты представители как грамположительных, грамотрицательных, так и спорообразующих микроорганизмов и грибов: золотистый стафилококк 209, золотистый стафилококк 906, ассоциация 10 штаммов стафилококков, выделен-

№ соединения	Формулы	Выход, %	Т. кип., °C				Брутто-формула
I		97,5	165—167 (1)	1,5185	1,1972	0,87	C ₁₆ H ₂₀ Cl ₄ O ₃
II		84	205—207	1,5237	1,3784	0,30	C ₁₆ H ₁₆ Cl ₄ O ₂
III		91,8	203—205 (1)	1,5057	1,2623	0,62	C ₁₈ H ₂₂ Cl ₄ O ₄
IV		95	172—174 (3)	1,5386	1,4083	0,86	C ₁₄ H ₁₄ Cl ₆ O
V		80,6	138—139 (1)	1,5509	1,4064	0,85	C ₁₂ H ₁₂ Cl ₄ O ₂
VI		78	65—66	—	—	0,85	C ₁₀ H ₆ Cl ₆

ных из материалов клиники, синегнойная палочка, кишечная палочка 1257, протей и сальмонелла тифимурium, выделенные как из материалов клиники, так и у носителей этой инфекции, сенная палочка и антракноид, а также дрожжеподобный грибок вида кандида альбиканс.

Для исследования бактерицидности хлорорганических соединений применялись следующие методы: метод тест-объектов, суспензионный метод и метод Брича, с использованием адсорбентов, а для определения бактериостатического действия препаратов использованы: метод большого объема среды, многократного промывания, ежедневного пересева микроба на свежую, присущую ему, питательную среду, диффузии на агар, серийных разведений на твердый агар и метод определения процента подавления роста вегетативного мицелия грибов. Эталонами служили известные бактерициды и фунгициды (хлорамин и др.).

В результате проведенных исследований выяснено, что изучаемые препараты ХОС ацетиленового ряда обладают определенным угнетающим действием на микроорганизмы, взятые в опыт. Некоторые из них обладают сильно выраженным действием как по отношению грамположительных, так и грамотрицательных, спорообразующих микроорганизмов, дрожжеподобному грибку вида *Candida albicans*. Активность зависела от химической структуры, а также и от состава питательной среды, на которой проводились исследования.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что изучаемые препараты ХОС хорошо диффундируют в окружающую среду; ОП-7, мазевые основы (ланолин, глицерин) подавляют рост таких микроорганизмов как: золотистый стафилококк, кишечная палочка, синегнойная палочка, сенная палочка и антракноид, а также *Candida albicans*.

В опытах препараты изучались в различных концентрациях (от 0,001—1% в соответствующих растворителях).

Таким образом, в ряду вновь синтезированных препаратов полихлорбициклических соединений ацетиленового ряда, противомикробная активность как и *in vitro* так и *in vivo* по отношению к микроорганизмам, зависит, по-видимому, в значительной степени от заряда (имеющихся формул) и радикала.

Выводы

1. Впервые изучена антибактериальная активность новых полихлорбициклических соединений ацетиленового ряда.
2. Результаты исследования указанными методами показали, что препараты оказывают свое губительное действие по отношению к тест-культурам, взятым в опыт в 0,5 и 1,0% концентрации в течение 30—60—90 мин соответственно.
3. Из изученных полихлорбициклических соединений ацетиленового ряда, имеющих различные фрагменты в молекуле, наиболее активными антимикробными действиями обладают соединения, имеющие пропинильные радикалы в боковой цепи. Эти соединения, обладая благоприятными физико-химическими характеристиками, дадут возможность использовать их в практической медицине в качестве антисептика.

Литература

1. Лысенко Л. И., Кулик Г. В., Ключковский Г. С. Ж. Физиологически активные вещества, № 6, 1974, с. 63. 2. Мельников И. Н. Химия и технология пестицидов, с. 50—94. М.: Химия, 1974. 3. Котляровский И. Л., и др. Химия ацетилена. М.: Наука, 1972. 4. Шостаковский М. Ф., Богданова А. В. Химия диацетилена. М.: Наука, 1971.

Научно-исследовательский
институт вирусологии, микробиологии и гигиены
им. Г. М. Мусабекова Минздрава Азерб. ССР

Институт хлорорганического
синтеза АН Азерб. ССР

Поступило 19. XI. 1982

В. Я. Ахундов, М. М. Гусейнов, М. Г. Вәлиев, Т. М. Мейбәлиев, Е. Ш. Мәммәдов

АСЕТИЛЕН СЫРАСЫНДАҚЫ ЖЕҢІ ПОЛИХЛОРБИСИКЛИК БИРЛӘШМӘЛӘРИН БАКТЕРИСИД ФӘАЛЛЫҒЫ ВӘ ОҢЛАРЫН ТИББӘ ИШЛӘДИЛМӘСИ ЕҢТИМАЛЫ

Мәғаләдә асетилен сырасындақы жеңі полихлорбисиклик бирләшмәләрин илк дәфә микробларға ғаршы бактерисид фәаллығындан бәһс олуңур.

Мүхтәлиф фрагментли асетилен сырасындақы полихлорбисиклик бирләшмәләр ичә-рисиндә јан зәнчирләриндә пропинил радикаллары олан бирләшмәләр даһа фәал бак-терисид тәсирә маликдир. Өз бактерисид тәсирләри илә мүнәсиб физики вә кимјәви хәссәјә малик олан бу бирләшмәләр кәләчәкдә тибби тәҷрүбәләрдә бир антисептик кими истифадә едилә биләр.

V. Yu. Akhundov, M. M. Guseinov, M. G. Veliyev, T. M. Meiballyev,
E. Sh. Mamedov

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF NEW POLYCHLORBICYCLIC COMPOUNDS OF ACETYLENE SERIES AND THE POSSIBILITY OF THEIR USE IN MEDICINE

For the first time the antibacterial activity of new polychlorbicyclic compounds of acetylene series was studied. Among the polychlorbicyclic compounds of acetylene series, having different fragments in their molecules, the compounds, containing propinil radicals in the lateral chain, possessed the most active antimicrobial actions. These compounds, possessing favourable physical, chemical characteristics, may be used in practical medicine in the quality of antiseptic.

Т. И. АХУНДОВ, Р. Б. АРАЗОВА

ПОСЕЛЕНИЕ КУЧУМХАНТЕПЕ В КУСАРСКОМ РАЙОНЕ

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

Среди большого количества памятников, выявленных за последние годы в северо-восточном Азербайджане, значительное место занимают поселения. В предлагаемой статье говорится об одном из них — поселении Кучумхантепе.

Памятник находится в 0,5 км к югу от шоссе Хазра — Ялама и в 1 км к юго-западу от с. Куллар Кусарского р-на, у пересечения Самур-Апшеронского канала с каналом Ханархы.

Он сохранился в виде холма, северная сторона которого смыта, вероятно, руслом древнего дельтового рукава р. Самур, по которому позже проложен канал Ханархы. Вершина сохранившейся части площадью 250 м², склоны крутые, высотой 15 м. В месте смыва холма образовался обрыв в 23 м. На вершине имеется частично срезанное обрывом строение (нижняя часть и внутреннее мощение) из булыги на известковом растворе.

С целью определения стратиграфии памятника на западной кромке вершины был заложен шурф. Он выявил двухслойное культурное отложение мощностью 3,2 м, насыщенное золой и вкраплениями керамики. Остатков строений не выявлено. Нижний 2-метровый пласт отражает эпоху ранней бронзы, а верхний, толщиной 1,2 м — средневековья.

Коллекция собрана в основном из материалов нижнего слоя, добытых как из шурфа, так и со склонов холма. Это главным образом керамика. Несмотря на малочисленность она достаточно выразительна и характеризует функционально-типологические и технологические особенности сосудов.¹

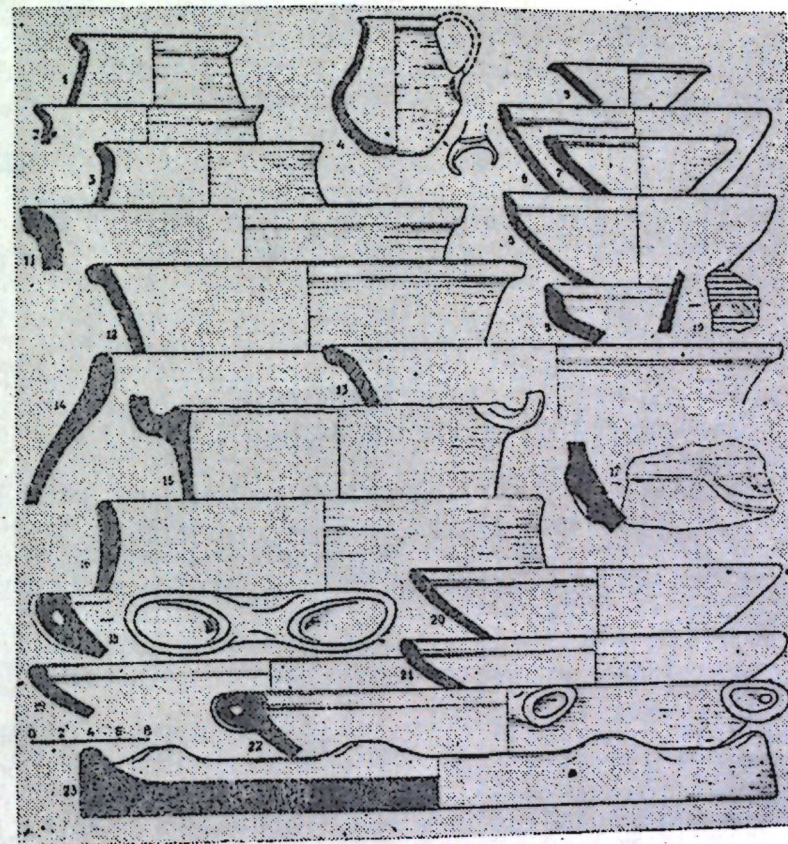
Значительное место в коллекции занимают чаши (миски). Наиболее характерны экземпляры с валикообразным внутренним бортиком (рисунк, 5—8, 18—22). Они различны по диаметру и глубине. Поверхность серо-черно-розовых тонов, часто залощена. Черепок в изломе серый и розовый. Чаши с валикообразным внутренним бортиком широко распространены в северо-восточном Азербайджане² и, видимо, являются локальным вариантом характерного для Восточного Кавказа³ типа посуды и, возможно, отражают развитую стадию в их эволюции.

На некоторых черепках сохранились фрагменты ручек (рисунк, 18, 22). Они петлевидно-втульчатой формы с небольшим отверстием и вписаны в сильно «стянутый» петель ручки рельефный овал. Прикреплены к внешней закраине бортов. Подобные ручки часты и на других поселениях данной зоны, датируемых концом эпохи ранней бронзы.

Ввиду фрагментарности материала, определить количество ручек

на отдельных сосудах, а также наличие их у других экземпляров, мы не можем.

Среди фрагментов чаш донья также отсутствуют, но, возможно, они были плоскими, что характерно для подобных сосудов⁵, хотя встречаются и высокие кольцевые поддоны⁶.



Археологический материал с поселения.

Отметим два фрагмента от сосудов, близких к описанным по типу. Это обломок небольшого блюда (рисунк, 5) и фрагмент борта чаши (рисунк, 9).

В отдельную группу можно выделить обломки венчиков небольших сосудов (горшков?, кувшинов?). Они различны по профилировке. Часть из них имеет суживающуюся сверху шейку-плечико, завершающуюся выраженным отогнутым венчиком (рисунк, 1, 2). В одном случае, суживающаяся шейка-плечико плавно отгибаясь, завершается закраиной и не имеет выраженного венчика (рисунк, 3). Черепок у всех экземпляров серый, поверхность серо-розовая, лощенная.

Значительный интерес представляет небольшой горшочек (рисунк, 4). Черепок серый, со сглаженной поверхностью. Шейка-плечико, занимающее около 2/3 высоты сосуда, суживается и завершается отогнутым уплощенным венчиком. В стыке ее с нижней частью горшка образуется сглаженное, но выраженное ребро. Донце небольшое, слегка вогнутое со сглаженным краем. Изнутри оно совершенно не выражено.

На плечике сосуда сохранилась часть ручки. Она была ленточно-петлевидная и соединяла основание плечика с закраиной венчика. В месте нижнего крепления ручка расширяется, края ее несколько оттянуты вниз и завершены рельефными роговидными завитками.

Видимо, это стилизованное изображение рогов, символизирующее быка. Украшение сосуда головкой животного, в том числе быка — прием, известный в Передней Азии с VI—V тыс. до н. э.⁷ Кроме того, для ранних земледельческо-скотоводческих племен характерны антропоморфные и зооморфные фигурки, среди которых значительное место занимало изображение быка, имеющее культовое значение.⁸

До настоящего времени, в частности в исследуемой зоне рога придают магическую силу оберега от дурного глаза. Предание, записанное со слов жителя района р. Самур гласит, что «сосуд без ручки надо закрывать, а в сосуд с ручкой шайтан не войдет»⁹. Оно указывает на то, что ручке также придавалось значение оберега. Связь описываемого изображения непосредственно с ручкой позволяет предположить, что оно по отношению к сосуду и его содержимому носило функции оберега.¹⁰ Что касается самого сосуда, то подобные по силуэту сосуды в куро-аракской керамике исследователями датируются 2400, 2300—2000 годами до н.э.¹¹ Прототипом же аналогичной связи ручки с изображением можно назвать экземпляры более раннего этапа данной культуры.¹²

В отдельную группу можно выделить широкогорлые хозяйственные кувшины, представленные фрагментами венчиков и стенок. Они двух типов. Первый — кувшины с четко профилированным венчиком. Шейка их, расширяясь, завершается угловато-отогнутым с косоусеченной закраиной, венчиком (рисунок, 12, 13). У одного сосуда шейка плавно переходит в отогнутый и усеченный венчик (рисунок, 11). Черепок у этого типа в изломе серый и розовый. Поверхность розовая, сглаженная.

Второй тип — сосуды со слабовыраженным венчиком. Шейка у них суживается и переходит в округлую, незначительно отогнутую или утолщенную вертикальную закраину (рисунок, 14, 16). Черепок розовый с серой сердцевинной в изломе. Тесто с примесями шамота и растительных остатков. Поверхность грубая.

Второму типу описанных кувшинов, по профилировке закраины, близок сосуд предыдущей группы (рисунок, 3), отличающийся лишь более мелкими размерами. В то же время по обработке и составу черепка он аналогичен первому типу хозяйственных кувшинов. Видимо, эта особенность указывает на сосуществование обоих типов кувшинов, а их различия в форме и технологии изготовления отражают функциональные назначения.

В коллекции имеются обломки стенок крупных сосудов. В одном случае черепок серый на розовой подкладке с темно-серой лощеной поверхностью. В другом — черепок и внутренняя поверхность серые, поверхность розоволащенная с подпалинами. На одном черепке сохранился фрагмент массивной петлевидной ручки, вписанный в рельефный овал (рисунок, 15).

Характер фрагментарности хозяйственных кувшинов не позволяет реконструировать их формы и провести четкие датирующие параллели. В то же время, весь облик имеющегося материала отражает поздние этапы куро-аракской культуры.

В коллекции имеются два орнаментированных черепка. Один розовый с серой сердцевинной в изломе (рисунок, 10). Поверхность его заложена и покрыта горизонтальными врезными линиями и косыми семечковидными насечками. При всей характерности врезного орнамента для куро-аракской культуры, с которым в целом связан весь комплекс, в этом черепке чувствуется влияние майкопской культуры? (сочетание параллельных врезных линий и косых семечковидных насечек, а также цвет черепка).

Другой фрагмент от крупного сосуда на коричневой подкладке. Поверхность серо-бурая, слаболащенная. Обломок имеет слабовыраженное горизонтальное ребро. Орнамент в виде рельефной точки-подтека, примыкающего к ребру, и рельефного валика, описывающего точку (рисунок, 17).

Следует отметить фрагмент жаровни — изделия, характерного для инвентаря поселений эпохи ранней бронзы в северо-восточном Азербайджане.

Имеются каменные изделия различного функционального назначения. Они изготовлены из булыги и гальки. Это — зернотерка, скребок, пест.

Скудность имеющегося материала не позволяет детально остановиться на хозяйственно-экономических вопросах. Однако наличие 2-метрового культурного слоя таких орудий как зернотерка и скребло, а также символ крупного рогатого скота (быка), связанного с мировоззрением обитателей поселения, указывают на прочную оседлость, видимо, с земледельческо-скотоводческим характером хозяйства.

Керамика, ее формы, характер, состав черепка и орнаментация поверхности позволяют на данном этапе исследования датировать нижний слой памятника концом эпохи ранней бронзы или последней четвертью III тыс. до н. э.

Верхний 1, 2-метровый слой культурных отложений характеризует средневековье. В нем основу археологического материала составляет раннесредневековая керамика. Помимо этого, на склонах холма с аналогичными им материалами часто встречаются обломки обожженного «сасанидского» кирпича толщиной 8 см.

Остатки указанного строения, встречающиеся на поверхности холма — фрагменты позднесредневековой глазурованной и простой керамики, обломки стеклянных изделий и обломки мелкогабаритного обожженного кирпича, отражают последний кратковременный этап использования холма.

В заключение хочется обратить внимание на периодическое использование данного пункта. Возможно, тут была одна из переправ через р. Самур, что делало его стратегически и экономически выгодным и стимулировало возникновение поселений. В таком случае дальнейшее изучение этого памятника может быть полезно в решении таких вопросов как пути расселения торгово-экономических, культурных и военных контактов в регионе.

Примечания

1 Весь керамический материал коллекции фрагментарен. В иллюстрации приведены их графические (в той мере, в которой позволял черепок) реставрации.

2 Р. Б. Аразова, Т. И. Ахундов, ДАН Азерб. ССР, № 9, 1981, с. 81; Р. Б. Аразова, ДАН Азерб. ССР, № 1, 1980, с. 97; Д. А. Халилов, Г. П. Кесаманлы, Кавказ и Восточная Европа в древности, с. 57. М., 1974.

Г. Х. РАМАЗАНОВ

ФРАГМЕНТ КИТАЙСКОЙ ФАРФОРОВОЙ ЧАШИ ИЗ КАБАЛЫ

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

Во время археологических работ 1980 г., в южной крепостной части гор. Кабалы в хозяйственной яме, на глубине 3 м 40 см, вместе с другими археологическими материалами был найден фрагмент днища небольшой фарфоровой чаши с синей подглазурной росписью с художественным сюжетом и китайской иероглифической надписью. Высота фрагмента—2,5 см, общий диаметр приблизительно 18 см, диаметр поддона—5 см. Сосуд имеет однородный плотный сильно звенящий черепок и относится к группе твердого фарфора. Глазурь с наружной стороны нанесена путем насыпки на поверхность сосуда и не отличается особой чистотой и равномерностью покрытия. На ней видны небольшие белые пятнышки. Насыпная глазурь «часто во время обжига дает пузырьки или дырочки из-за газов, образующихся между черепком и глазурью вследствие загрязнения черепка» [5, с. 21]. Как отметил Б. А. Шелковников, пятна, полученные во время обжига, зависят от смены окислительного и восстановительного режима печи. Лучшие экземпляры, высоко ценившиеся в самом Китае, не были предметом оживленной вывозной торговли [13, с. 372]. Кроме того можно добавить, что пятна зависят также от качества глазури, фарфоровой смеси и подглазурных красок.

Кольцевидный поддон чаши по периметру обведен тонкой коричневой полоской, представляющей собой подражание бронзовому и золотому ободку. Она служила защитой от всяких трещин и недоделок. В такой ободок в «Европе оправляли тонкие и крупные изделия Китая» [10, с. 175]. Судя по данным стамбульской и ардебильской коллекций [8, с. 25—26], покрытие ножек сосудов глазурью появляется в XV в. [6, с. 71].

На днище имеется пять кругов. Два из них внутри чаши, два — в чашеобразном поддоне и один у его основания. Внутри, на площадке диаметром 6,1 см, изображены тень, геометрические треугольники, планета Венера и наклоненные ветки дерева, на которых сидит сокол (таблица, рис. 1).

В средневековом Китае ветви деревьев пишутся только двумя приемами: это штрих, называемый «оленьи рога», которым изображаются ветви, растущие вверх, и прием «клепши краба», использованный при оформлении данной чаши, которым рисуют склоненные ветви [11, с. 399].

Чтобы ветки изобразить сухими художник, рисуя на чаше, оставил несколько штрихов. Например, на верхней ветке первая контурная линия на 0,5 см короче, чем вторая линия ветки. Около левого крыла

3 Р. М. Мунчаев. Кавказ на заре бронзового века, с. 188. М., 1975.

4 Р. Б. Аразова, Т. И. Ахундов. Ук. соч., с. 82.

5 Р. М. Мунчаев. Ук. соч., с. 187.

6 Высокий кольцевой поддон имеется и с поселения Чаккалыктене, который нами ошибочно причислен к вазам.

7 К. Х. Кушнарера, Т. И. Чубинишвили. Древние культуры Южного Кавказа, с. 163. Л., 1970.

8 А. А. Миллер. Мат-лы по этнографии, IV, с. 737. Л., 1927.

9 К. Х. Кушнарера, Т. И. Чубинишвили. Ук. соч., стр. 164.

10 Там же, рис. 44/101.

11 Там же, рис. 37/11.

Институт истории

Т. И. Ахундов, Р. Б. Аразова

Поступило 3. II. 1982

ГУСАР РАЈОНУНДА КУЧУМХАНТӘПӘ АДЛЫ ЈАШАЈЫШ ЈЕРИ

Мәгаләдә Гусар рајонунда јени ашқара чыхарылан Кучумхантәпә адлы абидәдән бәһс олунур. Бурада олун топографјасынын ғыса тәснифаты вә әлдә олунан материалын тәһлил верилр.

Јашајыш јериндә 3,2 метрлик, икигәт мәдәни тәбәгә ашқар олунмушдур. Бунлардан алт гәт (2 м) илк тунч дөврүнү, үст (1,2 м) гәт исә орта әсрләрн әкс етдирр.

Археоложи материалын әсас һиссәсини тәшкил едән сахсы мәмулатынын тәһлили көстәрмишдир ки, алт гәт е. ә. III миниллјин ахырларына аиддир.

Тәдгигәт нәтижәсиндә ајдын олмушдур ки, бу дөврдә бурада отураг һәјәт сүрән гәбилә јашамышдыр. Еһтимал ки, бу гәбиләнин тәсәррүфаты әкинчи-малдар хусусијјәти дашымышдыр.

Јухары гәт әсасән орта әсрләрн әһәтә едир. Сон орта әсрләрдә бурада ғыса мүддәтли мәскән салымышдыр.

Фикримизчә бурада Самур чајы үзәриндәки кечидләрдән бири јерләшмиш, бу исә өз нөвбәсиндә абидә әразисиндә мәскәнләшмә процесинә тәкан вермишдир.

T. I. Akhundov, R. B. Arazova

THE SETTLEMENT OF CUCHUMKHANTEPE IN THE DISTRICT OF GUSAR OF THE AZERBAIJAN SSR

The aim of this article is to introduce into science the new-found settlement Cuchumkhantepe. The article gives a short classification of its topography and the analysis of the found material.

The settlement has the two-levelled cultural layer of 3.2 m. The lower layer in 2 m reflects the epoch of early bronze, the upper layer in 1.2 m—Middle Ages.

Ceramics is the base of archaeological materials. Its analysis gave a base to date a lower layer—the last quarter of III millennium B. C. The economy in this period has an agricultural and cattle-breeding character. The upper layer relates mainly to early Middle Ages. In the period of late Middle Ages the hill was settled for a short time.

The authors suppose that one of the Samur river crossings stimulating the peopling of the hill was situated in the district of this monument.

птицы край ветки или обе линии оставлены примерно в равном положении. «Взрастишь только ветви — изобразишь сухое дерево» [11, с. 57].

Здесь художник безошибочно, хотя и схематично, передает строение голый сухой тонкой сосновой ветки, когда она чуть прогибается под тяжестью сокола. Художник рисовал его в эскизных контурных линиях, показывая внутреннее беспокойство птицы, связанное с внешними данными. Сокол нарисован в полусидячем положении на ветке и вершина крыльев направлена вперед. Соколы перед посадкой взлетают в небо довольно высоко и делают поворот головой или ногами. «Когда поступательная скорость сводится к нулю, птица для перемещения центра тяжести отводит вершину крыльев вперед» [4, с. 83], гасит скорость, а затем расправляет крылья и приземляется. Опущенные вниз крылья делают фигуру сокола злой и упрямой.

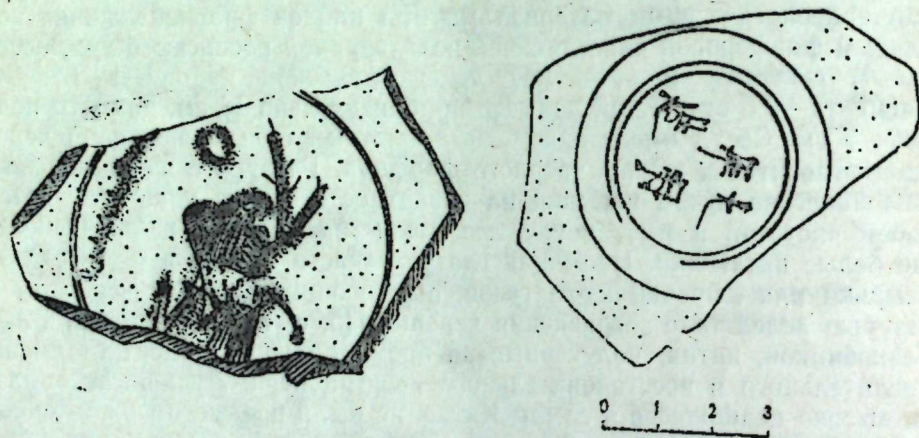


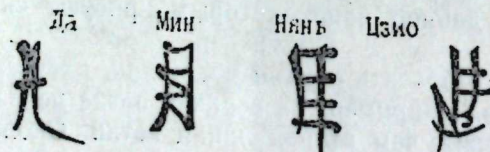
Рис. 1.

Рис. 2.

На днище фрагмента чаши есть двойной круг и четыре китайских иероглифа, которые написаны подглазурной синей краской (таблица, рис. 2.). Надпись расшифровал Е. И. Лубо-Лесниченко, за что выношу ему благодарность. Он предполагает, что находка изготовлена китайским средневековым мастером примерно в XVI в.

С воцарением династии Мин установился новый обычай, который существовал до последних дней династии — ставить на фарфоровых изделиях иероглифы, обозначающие имена династий и императоров, при которых были изготовлены эти изделия. Надписи встречаются «лишь на привозных предметах» [10, с. 113]. В большинстве случаев они шести- и четырехзначные. В четырехзначной надписи описываемого фрагмента имена и девизы правления императоров отсутствуют.

Все четыре иероглифа, написанные в чаше, различаются между собой по размерам шрифта. Перевод этих иероглифов такой:



«Изготовлен в годы (правления) Великой Мин».

Иероглифы, сюжеты, орнаменты на чаше связаны между собой и основываются на религиозно-философских идеях даизма, конфуцианства и буддизма.

На чаше, по китайской традиции, белый цвет символизирует время года — осень и связывает его с западной частью света. Возможно, символ времени года просто механически перенесен на соответствующую сторону света, куда отправляются умершие люди. Отсюда, вероятно, и китайский белый траур, который покрывает фарфоровые изделия в знак поминания памяти духа покойника. Кроме того, белый цвет очень хорошо передает сияние Венеры [12, с. 22], последняя изображена внутри чаши маленьким кругом.

Наряду с символическим белым цветом в народном творчестве Китая соколы и другие благородные птицы изображались вечно живыми. «Если наклеить на стену (это) его изображение, то вся нечисть будет выметена как метлой. Если он попадет на (ваш) барский двор, то этим на круглый год будет вам обеспечен полный покой [1, с. 219—220]. «Эти хищные птицы были наглядными эмблемами доблести. Их мясо ели, чтобы отразить нападение лисиц и оборотней, с той же целью сжигали их когти и полученный пепел принимали с водой» [14, с. 135].

Что означает изображение круга и тень на фрагменте чаши? Круг символизирует бесконечность неба, поскольку ограничивающая его линия не имеет конца. Круг замкнут в пределах одного нечетного числа линий. Указанный «Защитный круг» предназначен для «защиты его владельца от воздействия» [7, с. 67] злых духов и болезней. Тень выступает в «роли учителя, мастера и мудреца, наставляющего лишь откликаться, быть эхом истины» [3, с. 81].

Найденный фрагмент особого вида чаши предназначен, по утверждению многих исследователей, только мужскому потомству.

Входившие в широкое употребление освежающие напитки приятнее всего было пить из хорошо декорированных китайских фарфоровых чашек, которые сохраняют аромат этих напитков. В Азербайджане возросло требование на китайский фарфор как особый предмет украшения не только благодаря его художественной декоративности, но и ввиду приписываемых ему разных магических свойств и качеств.

Известный азербайджанский ученый Абд ар-Рашид ал-Бакуви, средневековые ученые Вассаф, Хамдуллах Казвини и другие в своих трудах сообщают, что Китай имел двусторонние связи с Азербайджаном. Среди китайских товаров, привозимых в Азербайджан, особое место занимали белые и прозрачные фарфоровые изделия [2, с. 127].

Китайские фарфоровые изделия — прямая связь с другими видами народного искусства, прежде всего с живописью, графикой и литературой, что позволяет сравнить их с историко-культурными комплексами, дающими возможность судить о материальной и духовной культуре средневекового Азербайджана. Поэтому найденный в Кабале фрагмент чаши, который можно отнести примерно к первой половине XVI в., имеет большое научное значение и представляет определенный интерес для исследователей.

1. Алексеев В. М. Китайская народная картина. Духовная жизнь старого Китая в народных изображениях. М., 1966. 2. Ашурбейли С. Б. Советское китаеведение, № 2, 1958. 3. Завадская Е. В., Алексеев В. М. О философско-эстетическом ареале слова. Литература и культура Китая. М., 1972. 4. Карлов Г. Н. Изображение птиц и зверей. М., 1976. 5. Кверфельдт Э. К. Керамика Ближнего Востока. Руководство к распознаванию и определению керамических изделий. Л., 1947. 6. Лубо-Лесниченко Е. И. Фарфоровый сосуд, расписанный кобальтом, периода Юань. Сооб. Гос. Эрмитажа, вып. XXXVI. Л., 1973. 7. Огнева Е. Д. Защитный круг из Харо-Хото. Культура и искусство Индии и стран Дальнего Востока. Л., 1975. 8. Pore J. XIV Century Blue-and-White. A Group of Chinese Porcelains in the Torpori Sargu Mus., Ist-Wash., 1952. 9. Рапопорт И. В. Керманская керамика с росписью кобальтом XVI-XVIII вв. в собрании Эрмитажа. Труды Гос. Эрмитажа, т. X, вып. VII. Л., 1969. 10. Рыгдылов Э. Р. Китайские знаки и надписи на археологических предметах с Енисея. Эпиграфика Востока, вып. V. Л., 1951. 11. Слово о живописи из Сада с горчичное зерно. Пер. с кит. Е. В. Завадской. М., 1969. 12. Сычев Л. П., Сычев В. Л. Китайский костюм. Символика. История. Трактовка в литературе и искусстве. М., 1975. 13. Шелковников Б. А. Китайская керамика из раскопок средневековых городов и поселений Закавказья. Советская археология, т. XXI. М., 1954. 14. Шефер Э. Золотые персики Самарканда. Пер. с англ. Е. В. Зеймала и Е. Н. Лубо-Лесниченко. М., 1981.

Институт истории

Поступило 4. III. 1982

Н. Х. Рамазанов

ГЭБЭЛЭДЭ ТАПЫЛМЫШ ЧИН ФАРФОР ПИЈАЛЭСИННИ БИР ЫССЭСИ

Мәгаләдә Гәбәлә шәһәринини чәнуб гала Ыссәсиндә апарылан археоложи газынтлар заманы ашкар едилмиш Чин фарфор пијаләсинини отурачагы тәдгиг олунур. Бурада пијаләнин формасы, өлчүлери, тәсвири хусуси аламәтләри вә гыса кимјәви тәркиби верилмишдир.

Чиндә Мин сүлаләсинини һакимийјәти дөврүндәки јени адәт вә ән'әнәләрдән бири дә ихрач едилән мә'лумат үзәриндә сүлалә вә императорун адыны кәстәрән һероглифләрини јазылмасы иди. Мәһз тәдгиг едилән пијалә нүмунәсинини алтында дөрд һероглиф белә охунур: «Мин сүлаләси (һакимийјәти) илләриндә һазырланмышдыр». Пијаләнин үзәриндәки тәсвир вә јазы нүмунәләри, орта әсрләр дөврүндә мөвчуд олан даонизми, конфуцизми вә буддизми дини-фәлсәфи көрүшләри әсасында гурулмушдур.

Јүксәк бәдни декоратив хусусијјәтләрә малик олан пијалә XVI әсрин биринчи јарысында итәһсал едилмиш вә мәһбәләрин кәстәрдији кими Чин—Азәрбајҹаң тичарәт алаһәләри заманы Гәбәләјә кәтирилмишдир.

G. H. Ramazanov

A FRAGMENT OF CHINA CUP FROM KABALA

The article is devoted to the investigation of a fragment of Chinese china cup found in the fortress part of the town of Kabala. The form was investigated and a short chemical analysis of fragment was given.

With the reign of Min dynasty a new custom was established of putting hieroglyphes meaning the names of dynasties and emperors, during the reign of which they were produced, on the China wares which were exported. 4 hieroglyphes written on the cup are translated like this: "Produced during the administration of Great Min".

Hieroglyphes, plots, ornaments in the picture are connected with and based on religious-philosophical ideas of Taoism, Confucianism and Buddhism. As to the sources and scientists, the cup was produced in the first part of the XVIIth century in the medieval China and was bought during cultural cooperation between China and Azerbaijan.

ИСТОРИЯ НАУКИ

Л. Г. АЛИЕВА, И. Р. СЕЛИМХАНОВ

О МЕДИ В ТРУДАХ ХУБАЙША ТИФЛИСИ «БАЙАН АС-САНА'АТ» И ЕЕ УПОТРЕБЛЕНИИ

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

Известно, что на территории Азербайджана медь выплавлялась с начала четвертого тысячелетия до нашей эры из ее руд, минералов и употреблялась человеком для изготовления из нее различных орудий, предметов украшений, культа. При этом в Азербайджане мастерство выплавки сплавов меди с мышьяком постепенно достигло определенного уровня развития [1]. Из медно-мышьяковых сплавов мастера отливали заготовки металла и различных предметов. Стимулированию развития выплавки меди и ее сплавов способствовало существование на территории Азербайджана многочисленных месторождений и проявлений медных руд [2]. При этом наиболее крупные ее месторождения располагались около г. Кедабека и с. Калакента, а в бассейне р. Шамхор были обнаружены ранние их выработки. Они упоминаются у крупных ученых-кавказоведов А. А. Ивановского [3] и А. А. Иессена [4]. При этом А. А. Иессен особо подчеркивает необходимость привлечения материалов из трудов средневековых ученых для изучения истории меди. Он также отмечает, что средневековые исторические письменные источники о меди и ее сплавах в Азербайджане до настоящего времени не подвергались достаточному научному анализу. Именно поэтому приводимые данные в трактате азербайджанского ученого XII в. Хубайша Тифлиси [5] о меди и ее употреблении в те времена представляют значительный исторический интерес, как отражающие не только технические, но также химические и алхимические воззрения, существовавшие у азербайджанского народа в XII в.

Прежде всего отметим, что у Хубайша Тифлиси медь, как и ряд других металлов, отнесена к «твердым телам» в отличие от «тел духов», что собственно соответствует представлению о меди у ар-Рази в его трактате «Книга тайны тайн» [6].

Хубайш Тифлиси, будучи, несомненно, знаком с обозначением металлов соответственно системе небесных светил, обозначил медь планетой Венера. Эта система, возникшая на Ближнем Востоке с древнейших времен, продолжала существовать в Закавказье и в XII в. Хотя при этом обозначение некоторых металлов в определении планет менялось, в отношении меди оно продолжало оставаться без изменения (таблица).

Что касается названий меди, употребляемых в древнейшие времена, отраженных в клинописных текстах на шумерском и аккадском языках, то они путанные. На шумерском медь называется «уруду», а на аккад-

Металлы	Авторы				
	У вавилонян 1600—1400 до н. э.	Олимпиодор (IV в.)	Стефанос Александрий- ский (VII в.)	Ар-Рази (IX—X вв.)	Хубайш Тифлиси (XI в.)
Золото	Солнце	Солнце	Солнце	—	Солнце
Серебро	Луна	Луна	Луна	Луна	Луна
Олово	—	Меркурий	Юпитер	—	Юпитер
Медь	Венера	Венера	Венера	Венера	Венера
Железо	—	Марс	Марс	—	Марс
Свинец	—	Сатурн	Сатурн	Сатурн	Сатурн

ском — (еру). Однако Генри Лиме [7] сомневается, действительно ли эти названия относятся к меди, а не к бронзе?

Слово «халкос» в греческих письменных трудах, начиная со времен Гомера, как отмечает Мюли [8], неопределенной этимологии. Оно может относиться как к меди, так и к бронзе, а также к ее любым сплавам и металлам.

Относительно современного латинского названия меди «купрум», происходящего якобы от названия о-ва Кипр, то действительно, его считают общепринятым. И основывается он на том, что остров богат месторождениями медных руд, которые разрабатывались с ранних времен. Однако Дж. Д. Мюли не без основания считает, что слово «купрум» не имеет ничего общего с медью. Прежде всего, он утверждает, что медные месторождения на этом острове стали разрабатываться лишь с эпохи римского владычества, с тех пор медь из этих руд стала называться «кипрской». Действительно, упоминание о «кипрской меди», равно как и о меди других сортов, имеется у Плиния Старшего [9]. Интересно отметить, что среди сортов меди, упоминаемых Хубайши Тифлиси, находится также и «кипрская медь». Он приводит в общем названия трех сортов меди: кипрской, мекканской и «желтой». Что касается точности перевода названий этих металлов в трактате Хубайша Тифлиси, то в отношении двух первых сортов меди нет сомнений. Однако относительно правильности перевода третьего сорта меди, т. е. «желтой меди» у нас появились серьезные сомнения. Следует отметить, что в оригинале рукописи указанного трактата этот сорт меди назван «бириндж». Наше же ознакомление с трудами авторов до Хубайша эти сомнения подтвердило. Например, слово «бириндж», приводимое в трактате ар-Рази «Книга тайны тайн» (IX—X вв.) на персидском языке, согласно переводу У. И. Каримова, соответствует «золотоподобному металлу», т. е. металлу желтого цвета. При этом высказывается мнение, что данный металл получается, очевидно, путем сплавления меди с одним из «известных металлов» [буквально «тел»], в определенных пропорциях: 1/3 шабаха и 2/3 меди или 1/4 шабаха и 3/4 меди.

У. И. Каримов [10], согласно сведений, взятых из других источников, заключает, что «шабах» — металлический цинк, т. к. «сосуды, изготовленные из одного «шабаха», хрупки. Таким образом, надо было полагать, что «бириндж» представляет собой медно-цинковый сплав, который, как известно, обладает желтым цветом. Однако подобным же цветом обладают и другие медные сплавы, например, медно-мышья-

ковые, медно-оловянные и медно-сурьмяные. Поэтому мнение У. И. Каримова не совсем убедительно.

Использование меди и ее превращение в благородные металлы — золото и серебро путем сплавления с различными металлами и веществами показывает, то Хубайш Тифлиси придерживался лишь до некоторой степени теории трансмутации металлов. Это видно из его описания некоторых рецептов получения металлов «подобных благородным». Приведем один из них. Хубайш Тифлиси пишет:

Солнечное, т. е. золотое сплавление. «Пусть возьмет полдирхема* олова, два даника** серебра, полданика «шибх» и полданика меди. Серебро, медь и шибх сплавят вместе, а потом расплавят олово и все вместе смешает. Когда вынет все это, оно будет распадаться на кусочки. Затем пусть смешает дирхем этого [состава] с тремя дирхемами меди, а к тому, что получится, добавит столько же серебра. Получится вещество, подобное золоту и каждый сможет сделать из него все, что захочет».

Таким образом видно, что Хубайш Тифлиси не верил в превращение меди путем такого сложного сплавления, якобы в новый металл, ибо последний был не золотом, а лишь «подобен золоту».

Приведем его следующий рецепт получения другого сплава, опять-таки «подобный серебру». «Пусть возьмет восемнадцать дирхемов олова и три дирхема хорошей латуни, шесть дирхемов меди и три дирхема черного олова. Каждый металл отдельно расплавит, за исключением черного олова, к которому надо примешать три дирхема ртути, а потом расплавить. Затем пусть все вместе смешает (по-видимому расплавит), прибавит к этому десять дирхемов сирийского вара и расплавит в просторном тигле. После этого можно отливать из этого вещества (т. е. сплава) предметы, так как оно будет подобно серебру».

Нет сомнения в том, что в данном случае путем подобного сложного сплавления получается медно-свинцово-цинково-ртутный сплав, лишь по цвету напоминающий серебро и поэтому ценившийся в те времена высоко.

Литература

1. Селимханов И. Р. Вестник АН СССР, № 9, 1958, с. 56—57.
2. Алиев М. А., Кашкай М. А. Сб. Из истории горнорудного дела в Азербайджане, т. IX, 1956, с. 113—144.
3. Ивановский А. А. Мат-лы археологич. комисси, № 6, М., 1911.
4. Иессен А. А. К вопросу о древнейшей металлургии меди на Кавказе. Изв. ГАИМК, вып. 20, 1935.
5. Михалевич Г. П. Перевод труда Хубайша Тифлиси. Описание ремесел (Баиан ас-сана'ат), с. 77. М.: Наука, 1976.
6. Ар-Рази. Неизвестное сочинение «Книга тайны тайн». Пер. У. И. Каримова. Ташкент, 1957.
7. Henri Limet. Le travail du metal au pays de Sumer au temps de la III^e e dynastie d'ur.—Paris: Societe d'edition «Les Belles Lettres», 1960, p. 30.
8. Muhly J. D. Copper and Tin: The Distribution of Mineral Resources and the Nature of the Metal Trade in the Bronze Age.—Transactions, vol. 43, March 19.3, New Haven, Connect., p.174—175.
9. Кай Плиний Секунда. Естественная история ископаемых тел, с. 10—12. Императорская АН Пг., 1819.
10. Каримов У. И. Комментарий книги ар-Рази «Книга тайны тайн», с. 141. Ташкент, 1957.

Институт неорганической и физической химии

Поступило 1. IX 1983

* Дирхем = 3,125 г.

** Даник = 1/6 дирхема.

НҮБЕЙШ ТИФЛИСНИН «БӘЈАН ӘС-СӘНӘ'ӘТ» ӘСӘРИНДӘ МИС ВӘ ОНДАН ИСТИФАДӘ ЕДИЛМӘСИ ҺАГГЫНДА

Орта әср җазылы мәһбәләриндә Азәрбајҗанда мис вә онун әрһитиләри һаггындакы мә'лумат чох аз тәдгиг едилмишдир.

XII әср Азәрбајҗан әлими Нүбейш Тифлиснин «Бәјан әс-сәнә'әт» әсәриндә бу бәрәдә марағлы елми фикирләр вардыр. Нүбейш мисни «бәрк мәддәләр»—металлар групуна дахил едиб, ону Венера планети илә ишарә едир. Һәмчинин мисни үч нөвүнү: «кипр, мәккә, вә сары мис»и (бүрүнч) көстәрир. Мисни мүрәккәб әрһитиләр вәсһтәсилә ғызыл вә күмүшәохшар металлара чеврилмәси вә ондан истифадә едилмәси бәрәдә кимјәви нүсхәләр верир.

L. N. Alieva, I. R. Selimkhanov

ON THE COPPER AND ITS UTILIZATION IN THE WORK OF HUBEYSH TIFLISI „BAYAN-AS-SANA'AT“

In the medieval writings data about copper and its alloys in the Azerbaijan was scientifically investigated not well enough. That is why the data given in the work of Azerbaijan scientist Hubeysh Tiflisi „Bayan-as-sana'at“ in the XII century is of great interest.

Hubeysh considers „copper“ to be „hard material“ and marks it with Venus. He indicates 3 types of copper: Cyprus, Mecca and yellow copper (bronze). He gives the chemical prescriptions to turn copper to gold and silver like metals with the use of alloys.

МҮНДӘРИЧАТ

Ријазийјат

- Р. К. Мәммәдһүсәјнов. Чырлашан икитәртидли квазихәтти парабол-
лик тәңликләр үчүн сәһһәд нөгһәләринин тәһһимләһмәси һаггында . 3
А. С. Рүстәмов. Ғарышығ тин тәһһлик үчүн ғарышығ мәсәләһнин һәлли вә
тәғриби һәлли һәтәһһини ғијмәтләндирилмәси . 7
А. Д. Искәндәров. Бир чохәлчүлү тәрс мәсәлә вә онун оптимал ғојулу-
шунун рәгулјарлашдырылмасы . 11
Һ. М. Нәбијев. Максимумлу диференсәл тәһһликләрин һәллиһини даја-
һығлығ нәзәријјәһсини бәһһ мәсәләләри. П. 16

Механика

- И. А. Әмирасланов. Потенсәл нәзәријјәһнин бир мәсәләһи һаггында . 22

Ғарымкечиричиләр физикаһы

- М. Һ. Шаһтахтински, Н. Б. Мустафајев. $Bi_{1-x}Sb_x$ хәһтәлә-
ләрин плазма тәһһликләри вә диелектрик сабити . 26
Е. Ј. Салајев, Т. Ч. Әлијева, Р. Ә. Чәфәрова. Аммоний-јоди-
дин пропил тәрәмәләринин екситон удмасы 31

Магнит һадисәләри физикаһы

- Ј. М. Сәјидов, М. Б. Һүсәјнов, Н. Г. Һүсәјнов. Биквадрат мү-
бадиләли Изинг ферромагнитиндә бирмагнитлу вә икимагнитлу удулма . . . 34

Молекулјар физика

- Т. С. Әбилова, Даһг Суан Хај, Р. Е. Әлијев, Р. М. Әһмә-
дов. β диметиламинизобутиронитрил (ДАМИБН) вә β диметиламинобутиро-
нитрил (ДМАБН) молекулларын конформасија изомерләринин ИҒ-спектрләри
вә онларын нормал рәғсләри 38

Енеркетика

- З. Ј. Гулијев. Пајлаһмыш параметрләри олан електрик дөврәләри үчүн
дәјишән вәзијјәтләр тәһһликләринин алыһмасы алгоритмләри 44

Ғәјри-үзви кимја

- Фам Ван Нјеу, М. Б. Бабанлы, Ә. А. Гулијев. Tl_2CeS_4 —
 Tl_2SnS_4 системиндә фаза таразлығы 47

Полимерләр кимјасы

- Р. М. Әлигулијев, В. А. Оганјан, Д. М. Хитејева,
Ф. А. Ахундова, Ф. И. Чүмшүдов, Р. А. Бабаханов. Чениш дар-
тылма интервалында еластомер композитләринин деформасија хәһсәләринин
ријазий җазылыһы 51

Јүксәк молекулјар бирләшмәләринин кимјасы

- Ә. М. Гулијев, Ә. И. Әһмәдов, А. М. Лјовшина. Десилметак-
рилатын малени аһһидриди илә биркә полимерләшмәси 56

Нефт кимјасы

- Б. А. Дадашов, Ә. Ә. Сарычанов, А. А. Гәдилова,
Л. А. Мәһрәлијева. Кечид елементләрлә модифисирләшдирилмиш У типли
Со формалы сеолит үзәриндә толуолин чеврилмәси 59

Һидромеханика

- Р. Ј. Әмәнзадә, В. Г. Нәсибов. Ғәјри-бирчһисли идеал мајенин
һидродинамик тәһһликләринин дағға һәлли 62

Кеокимја

Ф. Г. Дадашов, А. М. Дадашов, Ј. Б. Галант, С. А. Маммадова, Г. Л. Брескина. Нахчыван МССР-ин Вайхир су анбары эразисинда тектоник позулмасына даир ахтарыш ишлэри 66

Зоологија

Е. Г. Султанов. Гушларын нэгмэси популјасијанын нишанверичиси кими 70

Микробиологија

В. Ј. Ахундов, М. М. Гусейнов, Г. Э. Вэлијев, Т. М. Мејбэлыјев, Е. Ш. Мэммадов. Асетилен сырасындакы јени полихлорбисиклик бирлэшмэлэрини бактерисид фээаллыгы вэ онларын тиббдэ ишлэдилмэси ентималы 74

Археологија

Т. Н. Ахундов, Р. Б. Аразова. Гусар рајонуна Кучумхантэпэ адлы јашајыш јери 78

Н. Х. Рамазанов. Гэбэлэдэ тапылмыш Чин фарфор пијалэсинини бир иппсэси 83

Елм тарихи

Л. Н. Элијева, И. Р. Сэлимханов. Гусейш Тифлисинин «Бэјан эс-сэна'эт» эсэриндэ мис вэ ондан истифадэ едилмэси наггында 87

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

Р. К. Мамедгусейнов. О регулярности граничных точек для вырождающихся квазилинейных параболических уравнений 2-го порядка 3

А. С. Рустамов. Решение смешанной задачи для уравнения составного типа и оценка погрешности приближенного решения 7

А. Д. Искендеров. Регуляризация одной многомерной обратной задачи и ее оптимизационной постановки 11

Г. М. Набиев. Некоторые вопросы теории устойчивости решений дифференциальных уравнений с максимумами 16

Механика

И. А. Амрасланов. Об одной задаче теории потенциала 22

Физика полупроводников

Чл.-корр. М. Г. Шахтактинский, Н. Б. Мустафаев. Диэлектрическая проницаемость и плазменные частоты сплавов $Bi_{1-x}Sb_x$ 26

Академик Э. Ю. Салаев, Т. Д. Алиева, Р. А. Джафарова. Экситонное поглощение йодидов пропилзамещенных аммония 31

Физика магнитных явлений

Чл.-корр. Ю. М. Сендов, М. Б. Гусейнов, Н. Г. Гусейнов. Одномагнитное и двухмагнитное поглощения с изинговым ферромагнетиком с биквадратным обменом 34

Молекулярная физика

Т. С. Абилова, Даиг Суан Хай, Р. Э. Алиев, Р. М. Ахмедов. ИК-спектры и нормальные колебания конформационных изомеров β -диметиламиноизобутиронитрила ДМАИБН и β -диметиламинобутиронитрила ДМАБН 38

Энергетика

З. Я. Кулиев. Алгоритмы формирования уравнений переменных состояний электрических цепей с распределенными параметрами 44

Неорганическая химия

Фам Ван Ньеу, М. Б. Бабапы, А. А. Кулиев. Фазовые равновесия в системе $Tl_4CeS_4-Tl_4SnS_4$ 47

Химия полимеров

Р. М. Алигулиев, В. А. Оганян, Д. М. Хитеева, Ф. А. Ахундова, Ф. И. Джумшудов, чл.-корр. Р. А. Бабаханов. Математическое описание деформационных свойств эластомерных композитов в широком интервале растяжения 51

Химия высокомолекулярных соединений

Академик А. М. Кулиев, А. И. Ахмедов, А. М. Левшина. Сополимеризация децилметакрилата с маленновым ангидридом 56

Нефтехимия

Чл.-корр. Б. А. Дадашев, А. А. Сарыджанов, А. А. Кадырова, Л. А. Мехралиева. Превращение толуола на Со-форме цеолита типа Y , модифицированной переходными элементами 59

Гидромеханика

Р. Ю. Амензаде, В. Г. Насибов. О волновом решении уравнений гидродинамики неоднородной идеальной жидкости 62

Геохимия

Ф. Г. Дадашев, А. М. Дадашев, Ю. Б. Галант, С. А. Мамедова, Г. Л. Брескина. Поиски тектонических нарушений в районе строительства Вайхирского водохранилища Нахичеванской АССР 66

Зоология	
Э. Г. Султанов. Песня птиц как маркер популяций	70
Микробиология	
Академик В. Ю. Ахундов, чл.-корр. М. М. Гусейнов, М. Г. Велиев, Т. М. Мейбалиев, Э. Ш. Мамедов. Антимикробная активность новых полихлорбициклических соединений ацетиленового ряда и возможности применения их в медицине	74
Археология	
Т. И. Ахундов, Р. Б. Аразова. Поселение Кучумхантепе в Кусарском районе	78
Г. Х. Рамазанов. Фрагмент китайской фарфоровой чаши из Кабалы	83
История науки	
Л. Г. Алиева, Н. Р. Селимханов. О меди в трудах Хубайша Тиф-лиси «Байан Ас-Сана'ат» и ее употреблении	87

Сдано в набор 04. 09. 84. Подписано к печати 20. 11. 84. ФГ 00789. Формат бумаги 70×100^{1/16}. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать высокая. Печ. лист. 7,8. Уч.-изд. лист 6,34. Тираж 605. Заказ 1320. Цена 70 коп.

Издательство „Элм“.

370143 Баку-143, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание
 Типография „Красный Восток“ Государственного комитета Азербайджанской ССР
 по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Баку, ул. Ази Асланова, 80.

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* (*i*) и *j* (*j*) букву *I* и римскую единицу *I*, а также арабскую цифру *1* и римскую *I*, (вертикальная черта), *l* и штрих в индексах, *l* (латинское *эль*) и *e*. Прописные буквы подчеркивают карандашом двумя черточками снизу (*C*), а строчные — сверху (*c*).

Следует избегать знаков типа $\sim$ (волна), $\odot$, $\oplus$, $\otimes$; $\square$, $\square$, $\diamond$, $\vee$, $\wedge$

(крышки) над и под буквами, а также знаков:

$$n \times \in, \oint, \oint, \oint$$

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.