

11-168

7

Азәрбајчан ССР  
Елмләр Академијасы  
Академия наук  
Азербайджанской ССР

ISSN 0002-3078

# МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

ЧИЛД  
XLI  
ТОМ



1985

U7 1168



**НАИЛУЧШИЕ КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ  
 ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ**

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

Обозначим через  $W_{L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  класс функций  $f(x)$ , имеющих абсолютно непрерывную производную порядка  $r-1$  и производную порядка  $r$ , удовлетворяющую условию

$$\left( \int_0^1 |f^{(r)}(x)|^p dx \right)^{1/p} \leq M_r \quad (p \geq 1) \quad (1)$$

В случае  $p = \infty$ , вместо условия (1) для кусочно-непрерывной производной  $f^{(r)}(x)$  выполняется неравенство

$$|f^{(r)}(x)| \leq M_r \quad (0 \leq x \leq 1) \quad (2)$$

Классом  $W_{0L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  обозначим множество функций  $f(x)$ , принадлежащих классу  $W_{L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  и удовлетворяющих дополнительным условиям:

$$f(0) = f'(0) = \dots = f^{(r-1)}(0) = 0 \quad (3)$$

$$f(1) = f'(1) = \dots = f^{(r-1)}(1) = 0 \quad (4)$$

Класс  $W_{L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  в случае  $p = \infty$  обозначается через  $W^{(r)}(M_r; 0, 1)$ . Через  $W_0^{(r)}(M_r; 0, 1)$  обозначим класс функций  $f(x)$ , принадлежащих классу  $W^{(r)}(M_r; 0, 1)$  и удовлетворяющих дополнительным условиям (3).

В работе [2] построены наилучшие квадратурные формулы вида

$$\int_0^1 p(x) f(x) dx = \sum_{l=0}^{N-1} \sum_{i=0}^p A_l^{(l)} f^{(l)}(x_l) + R_N(f) \quad (5)$$

в классе  $W_{L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  ( $p \geq 1$ ) при  $p(x) = 1$  и  $\rho = r-2$  ( $r = 2, 4, \dots$ ). Наилучшие квадратурные формулы вида (5) с произвольными узлами и коэффициентами при  $p(x) = x$ ,  $\rho = r-1$  ( $r = 1, 2, \dots$ ) для классов функций  $W_0^{(r)}(M_r; 0, 1)$ ,  $W^{(r)}(M_r; 0, 1)$  построены в работе [3].

В настоящей работе строится наилучшая квадратурная формула вида (5) с произвольными узлами и коэффициентами при  $p(x) = x$  для класса функций  $W_{0L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$ , а также наилучшие квадратурные формулы вида

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

$$\int_0^1 x f(x) dx = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^p A_i^{(l)} f^{(l)}(x_i) + \sum_{l=0}^{r-1} B_{\alpha_m}^{(l)} f^{(l)}(\alpha_m) + r_N(f)$$

в классе функций  $W_{mL_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  ( $m = 0, 1$ ),

$$\alpha_m = \begin{cases} 0 & \text{при } m = 1 \\ 1 & \text{при } m = 0 \end{cases}$$

и через  $W_{mL_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  обозначен класс функций  $f(x)$ , принадлежащих классу  $W_{L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  и удовлетворяющих дополнительным условиям:

$$f(m) = f'(m) = \dots = f^{(r-1)}(m) = 0$$

Для рассматриваемой квадратурной формулы вида (5) остаточный член  $R_N(f)$  для произвольной функции  $f(x) \in W_{0L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  представится в виде:

$$R_N(f) = \int_0^1 K_{r1}(t) f^{(r)}(t) dt, \quad (7)$$

где

$$K_{r1}(t) = p(t) - \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^p \frac{A_i^{(l)}}{(r-l-s)!} [E_{r-l}(x_i-t) + (-1)^{r \pm l} E_{r-l}(t-x_i)], \quad (8)$$

$$p(t) = \frac{(-1)^r t^{r+1}}{(r+1)!} + \frac{(-1)^{r+1}}{2(r-1)!} \frac{1}{2!} t^{r-1} + \frac{(-1)^{r+2}}{2(r-2)!} \cdot \frac{2}{3!} t^{r-2} + \dots + \frac{(-1)^{r+3}}{2(r-3)!} \frac{3}{4!} t^{r-3} + \dots + \frac{(-1)^{er-1}}{2} \frac{r-1}{r!} t + \frac{1}{2} \cdot \frac{r}{(r+1)!} \quad (9)$$

$$E_r(u) = \begin{cases} u^{r-1} & \text{при } u > 0 \\ 0 & \text{при } u < 0 \end{cases} \quad (10)$$

Из равенства (7) будем иметь

$$R_N(f) \leq M_r \left( \int_0^1 |K_{r1}(t)|^q dt \right)^{1/q} \quad (11)$$

Тогда

$$E_n[W_{0L_p}^{(r)}] = \min_{A_k^{(l)}, x_k} \left\{ \sup_{f \in W_{0L_p}^{(r)}} R_N(f) \right\} = M_r \cdot \min \left\{ \int_0^1 |K_{r1}(t)|^q dt \right\}^{1/q} \quad (12)$$

Таким образом построение наилучшей квадратурной формулы вида (5) для класса  $W_{0L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  сводится к нахождению минимума интеграла

$$J = \int_0^1 |K_{r1}(t)|^q dt \quad (13)$$

Из равенства (13) получим

$$\int_{x_{i-1}}^{x_i} t^k |K_{r1}(t)|^{q-1} \text{sign} K_{r1}(t) dt = 0 \quad (14)$$

Следовательно, функция  $K_{r1}(t)$  на отрезках  $[x_{i-1}, x_i]$  совпадает с полиномом, наименее уклоняющимся от нуля в метрике  $L_q$  при  $\rho=r-2$  и  $\rho=r-1$ ,

Теперь нетрудно заметить, что функция

$$K_{r1}(t) = \begin{cases} p(t) - \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^p \frac{A_i^{(l)} E_{r-l}(x_i-t)}{2(r-l-1)!} & \text{при } t \in [0, x_0] \\ p(t) - \sum_{i=k}^{N-1} \sum_{l=0}^p \frac{A_i^{(l)} E_{r-l}(x_i-t)}{2(r-l-1)!} - \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{l=0}^p \frac{A_i^{(l)} E_{r-l}(t-x_i)}{2(r-l-1)!} & \text{при } t \in [x_{k-1}, x_k] \\ p(t) - \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^p \frac{A_i^{(l)} E_{r-l}(t-x_i)}{2(r-l-1)!} & \text{при } t \in [x_{N-1}, 1] \end{cases} \quad (15)$$

Таким образом функция  $K_{r1}(t)$  при  $\rho=r-1$  и  $\rho=r-2$  на каждом промежутке  $[0, x_0]$ ,  $[x_{k-1}, x_k]$  ( $k=1, 2, \dots, N-1$ ),  $[x_{N-1}, 1]$  является многочленом, наименее уклоняющимся от нуля в метрике  $L_q$  среди многочленов вида

$$\frac{(-1)^r}{(r+1)!} t^{r+1} + \sum_{k=0}^{r-1} a_k t^k, \quad (16)$$

где  $a_k$  — произвольные действительные числа.

Далее, применяя метод С. М. Никольского к нахождению наименьшего значения интеграла (13), доказываются следующие теоремы.

**Теорема 1.** Среди квадратурных формул вида (5) при  $p(x) = x$  с любыми коэффициентами  $A_i^{(l)}$  и узлами  $x_i$ , где  $0 \leq x_0 < x_1 < \dots < x_{N-1} \leq 1$  наилучшей для класса  $W_{0L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  при  $\rho=r-1$  ( $r=1, 3, 5, \dots$ ), а также при  $\rho=r-2$  ( $r=3, 5, \dots$ ) является единственная квадратурная формула, определяемая с коэффициентами

$$\begin{aligned} A_1^{(2i)} &= 0 \\ A_1^{(2i-1)} &= 2r \cdot h^{2i+1} R_{qr+1}^{(r-2i)}(1) \end{aligned} \quad (17)$$

и узлами

$$x_i = \frac{i+1}{N+1} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, N-1), \quad (18)$$

где

$$h = \frac{1}{2(N+1)},$$

$R_{qr+1}(t)$  является полиномом вида

$$t^{r+1} + a_{r-1} t^{r-1} + \dots + a_1 t + a_0,$$

наименее уклоняющимся от нуля на отрезке  $[-1, 1]$  в метрике  $L_q$ .  
 При этом

$$E_N [W_{01L_p}^{(r)}] = \frac{M_r \cdot R_{q,r+1}(1)}{(r+1)! \cdot 2^{r+1} \cdot (N+1)^q \sqrt{(r+1)q+1}} \quad (19)$$

Теорема 2. Среди квадратурных формул вида (16) с любыми коэффициентами  $A_i^{(l)}$ ,  $B_{\alpha_m}^{(l)}$  и узлами  $x_i$ , где  $0 < x_0 < x_1 < \dots < x_{N-1} < 1$  наилучшей для класса  $W_{mL_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  при  $\rho = r - 1$  ( $r = 1, 3, 5, \dots$ ) а также при  $\rho = r - 2$  ( $r = 3, 5, \dots$ ) является единственная формула, определяемая с коэффициентами (17) и узлами (18) и коэффициентами

$$B_0^{(l)} = \frac{R_N(x^l)}{l!} \quad (l = 0, 1, 2, \dots, r-1) \quad (20)$$

при  $m = 1$ , а также коэффициентами  $B_1^{(l)}$ , которые определяются из системы

$$B_1^{(0)} + \sum_{i=1}^{l-1} B_1^{(i)} (l-1)(l-2)\dots(l-i) = R_N(x^{l-1}) \quad (l = 0, 1, 2, \dots, r-1, r) \quad (21)$$

при  $m = 0$ .  
 При этом

$$E_N [W_{mL_p}^{(r)}] = E_N [W_{01L_p}^{(r)}]. \quad (22)$$

#### Литература

1. Никольский С. М. Квадратурные формулы.—М., 1979. 2. Аксень М. Б., Турецкий А. Х. Докл. АН СССР. т. 166, № 5, 1966, с. 1019—1021. 3. Левин М., Арно В.—Изв. АН Эст. ССР, серии физ.-матем., т. 23, № 4, 1974. с. 362—368.

Азербайджанский инженерно-строительный институт

Поступило 27. XII. 1984

Р. М. Алиев

#### ДИФЕРЕНЦИАЛЛАНАН ФУНКЦИЈАЛАР ҮЧҮН ЭН ЈАХШЫ КВАДРАТУР ДҮСТУРЛАР

Мәгаләдә  $W_{01L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  синфиндә истәшилән дүјүн нөгтәләри вә әмсаллары олан

$$\int_0^1 x f(x) dx = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{\rho} A_i^{(l)} f^{(l)}(x_i) + R_N(f)$$

шәкилли ән јахшы квадратур гурулуру вә һәмчинини  $W_{mL_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  синфиндә дүстүр

$$\int_0^1 x f(x) dx = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{\rho} A_i^{(l)} f^{(l)}(x_i) + \sum_{l=0}^{r-1} B_{\alpha_m}^{(l)} f^{(l)}(\alpha_m) + r_N(f)$$

шәкилли ән јахшы квадратур дүстүр тапылып.  
 Бурада:

$$\alpha_m = \begin{cases} 0 & \text{әкәр } m = 1 \\ 1 & \text{әкәр } m = 0. \end{cases}$$

#### THE BEST QUADRATIC FORMULAS FOR DIFFERENTIABLE FUNCTIONS

In the article the author constructed the best quadratic formulas of the form

$$\int_0^1 x f(x) dx = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{\rho} A_i^{(l)} f^{(l)}(x_i) + R_N(f)$$

with arbitrary points and coefficients at  $p(x) = x$  for class of functions  $W_{01L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$ , and also the best quadratic formula of the form

$$\int_0^1 x f(x) dx = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{\rho} A_i^{(l)} f^{(l)}(x_i) + \sum_{l=0}^{r-1} B_{\alpha_m}^{(l)} f^{(l)}(\alpha_m) + r_N(f)$$

in class of functions  $W_{mL_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  where

$$\alpha_m = \begin{cases} 0 & \text{under } m = 1 \\ 1 & \text{under } m = 0 \end{cases}$$

and by means of  $W_{mL_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  a class of functions  $f(x)$  in a class of  $W_{L_p}^{(r)}(M_r; 0, 1)$  satisfying the additional conditions

$$f(m) = f'(m) = \dots = f^{(r-1)}(m) = 0$$

is denoted.

УДК 517.946.539.3

МАТЕМАТИКА

А. Б. АЛНОВ

**ОДНОСТОРОННЯЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО-  
УРАВНЕНИЯ БЕЗ ГЛОБАЛЬНЫХ АПРИОРНЫХ ОЦЕНОК**

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

В настоящей статье изучается односторонняя задача для гиперболического уравнения в частных производных вида

$$u_{tt} - \Delta u + \Phi(u) = f(t, x), \quad t \in ]0, T[, \quad x \in \Omega \quad (1)$$

с граничным условием

$$u|_{\partial\Omega} = 0, \quad t \in [0, T] \quad (2)$$

и с начальными условиями

$$u(0, x) = u_0(x), \quad u_t(0, x) = u_1(x), \quad x \in \Omega \quad (3)$$

с некоэрцитивной функцией  $\Phi(\cdot)$ .

Д. Саттингер [1] доказал, что если  $cu \Phi(u) - \int_0^u \Phi(\xi) d\xi \leq N$ ,

$0 < c < \frac{1}{2}$ ,  $N \in R$  (или напр.,  $\Phi(u) = u^2$  [2]), то для начальных данных, принадлежащих специальному множеству („потенциальной яме“) существует гладкое глобальное решение (см. также [3]).

В данной работе доказывается разрешимость „в целом“ соответствующей односторонней задачи в двух случаях, один из которых соответствует задаче упруго-пластичности (см. также [4]).

1. Обозначим через  $K$  множество  $K = \{u(\cdot) \in \dot{W}_2^1(\Omega), |u(x)| \leq 1 \text{ п. в.}\}$ , через  $H$  множество функций  $H = \{u(\cdot) \in L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)), u_t(\cdot) \in L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)) \text{ и } u_{tt}(\cdot) \in L^\infty(0, T; L^2(\Omega))\}$ .

Теорема 1. Предположим, что  $\Phi(\cdot) \in C^1(R)$ ,  $|\Phi(u)|^3 \leq c(1 + |u|^{1+p})$ ,  $p > 0$ ,  $f(\cdot) \in W_2^1(0, T; L^2(\Omega))$ ,  $n = 1, 2$ , (при  $n=2$   $\Delta$  опольно требуем  $|\Phi'(u)| \leq c(1 + |u|^q)$ ,  $q > 1$ ).

Тогда при любых  $u_0(\cdot) \in W_2^2(\Omega) \cap \dot{W}_2^1(\Omega)$ ,  $u_1(\cdot) \in K$  существует единственная функция  $u(\cdot) \in H$ , такая, что  $u_t(t, \cdot) \in K$  п. в.  $t \in ]0, T[$ , и  $u(\cdot)$  удовлетворяет начальному условию (3) и следующему неравенству

$$(u_{tt} + \Phi(u), v - u_t) + (\nabla u, \nabla(v - u_t)) \geq (f, v - u_t), \quad (4)$$

где

$$(u, v) = \int u(x)v(x) dx, \quad v(\cdot) \in L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)), \quad v_t(t, \cdot) \in K \text{ п. в. } t \in ]0, T[.$$

Доказательство. Пусть  $n = 1$ . Рассмотрим регуляризованное уравнение со штрафом

$$u_{tt} - u_{xx} + \Phi(u) + \delta |u|^{p-1} u + \frac{1}{\varepsilon} \beta(u_t) = f \quad (5)$$

с условиями (1), (3), где  $\beta(v) = (1-v^2)^- v$ .

Используя метод Галеркина, можно доказать, что задача (1), (3), (5) имеет единственное гладкое решение. Умножим обе части (5) на  $u_t$  и проинтегрируем по области  $Q_t = ]0, t[ \times \Omega$ . Далее, интегрируя по частям и используя неравенство Юнга, получим

$$\|u_t\|^2 + \|u_x\|^2 + \frac{\delta}{p+1} \|u\|_{L^{p+1}(\Omega)}^{p+1} + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t (\beta(u_t), u_t) ds \leq c + \frac{\delta}{2(p+1)} \|u\|_{L^{p+1}(Q_t)}^{p+1} + c(\delta) \int_0^t \|u_t\|^2 ds.$$

Отсюда с помощью неравенства Гронуолла, найдем

$$\|u_t\|^2 + \|u_x\|^2 + \delta \|u\|_{L^{p+1}(Q_t)}^{p+1} + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t (\beta(u_t), u_t) ds \leq c(\delta). \quad (6)$$

Продифференцировав и умножив обе части (5) на  $u_{tt}$ , проинтегрируем по области  $Q_t$ :

$$\int_0^t (u_{tt}, u_{tt}) ds - \int_0^t (u_{xxt}, u_{tt}) ds + \int_0^t (\Phi'(u) u_t, u_{tt}) ds + \delta p \int_0^t (|u|^{p-1} u_t, u_{tt}) ds + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t ((\beta(u_t))', u_{tt}) ds = \int_0^t (f_t, u_{tt}) ds \quad (7)$$

Равенство (7) проинтегрируем по частям и, используя теорему вложения  $\dot{W}_2^1(\Omega) \subset C(\bar{\Omega})$ , получим, что

$$\|u_{tt}\| + \|u_{xt}\| \leq c(\delta). \quad (8)$$

(Из (5) заключаем, что

$$|(\beta(u_t), u_t)| \leq \varepsilon \cdot c(\delta) \rightarrow 0 \text{ при } \varepsilon \rightarrow 0, \quad (9)$$

а из (6), (8) следует, что из  $\{u_\varepsilon\}$  можно выбрать последовательность  $\{u_{\varepsilon_k}\}$  (которую не нарушая общности в дальнейшем будем обозначать через  $\{u_\varepsilon\}$ ) такую, что

$$u_\varepsilon \rightarrow u \quad * \text{слабо в } L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)),$$

$$u_{\varepsilon t} \rightarrow u_t \quad * \text{слабо в } L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)),$$

$$u_{\varepsilon tt} \rightarrow u_{tt} \quad * \text{слабо в } L^\infty(0, T; L^2(\Omega)).$$

Ввиду монотонности и семинепрерывности  $\beta(\cdot)$  получим, что

$$\beta(u_t) = 0, \text{ т. е. } u_t(t, \cdot) \in K \text{ п. в. } t \in ]0, T[ [2].$$

С другой стороны, используя монотонность  $\beta(\cdot)$  из (5) найдем

$$(u_{\varepsilon tt} + \Phi(u_\varepsilon) + \delta |u_\varepsilon|^{p-1} u_\varepsilon, v - u_{\varepsilon t}) + (u_{\varepsilon x}, v_x - u_{\varepsilon xt}) \geq (f, v - u_{\varepsilon t}) \quad (10)$$

для любого  $v(\cdot) \in L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega))$ ,  $v_t(t, \cdot) \in K$  п. в.  $t \in ]0, T[$ .

Переходя к пределу в неравенстве (10) при  $\varepsilon \rightarrow 0$ , получим

$$(u_{tt} + \Phi(u) + \delta |u|^{p-1} u, v - u_t) + (u_x, v - u_{xt}) \geq (f, v - u_t), \quad (11)$$

где  $v(\cdot) \in L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega))$ ,  $v_i(t, \cdot) \in K$  п. в.  $t \in ]0, T[$ , а  $u(\cdot)$  зависит от  $\delta$ .

Так как  $u_i(t, \cdot) \in K$  п. в.  $t \in ]0, T[$ , то

$$|u_i(t, x)| \leq 1, |u(t, x)| \leq c(T) \text{ п. в. } (t, x) \in ]0, T[ \times \Omega. \quad (12)$$

Неравенство (11) напишем в точке  $t+h$ , полагая  $v(t+h) = u_{\delta_i}^{\cdot}(t)$  и в точке  $t$ , полагая  $v(t) = u_{\delta_i}^{\cdot}(t+h)$ . Сложим полученные неравенства. Далее, обозначив  $z_h(t) = \frac{1}{h} [z(t+h) - z(t)]$  проинтегрируем по частям, и переходя к пределу при  $h \rightarrow 0$ , получим

$$\begin{aligned} \|u_{\delta_{it}}\|^2 + \|u_{\delta_{ix}}\|^2 + 2\rho\delta \int_0^t (|u_\delta|^{p-1} u_{\delta_i}, u_{\delta_{it}}) ds + 2 \int_0^t (\Phi(u_\delta) u_{\delta_i}, u_{\delta_{it}}) ds = \\ = \|u_{\delta_{it}}(0)\|^2 + \|u_{\delta_{ix}}(0)\|^2 + \int_0^t (f_i, u_{\delta_{it}}) ds. \end{aligned} \quad (13)$$

Отсюда, используя (12), имеем

$$\|u_{\delta_{it}}\| + \|u_{\delta_{ix}}\| \leq c \quad (14)$$

Потому из  $\{u_\delta\}$  можно выделить такую последовательность  $\{u_{\delta_k}\}$ , что

$$u_{\delta_k} \rightarrow u^* \text{ — слабо в } L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)),$$

$$u_{\delta_{kt}} \rightarrow u_i^* \text{ — слабо в } L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)),$$

$$u_{\delta_{kt}} \rightarrow u_{it}^* \text{ — слабо в } L^\infty(0, T; L^2(\Omega)).$$

Теперь переходя к пределу в неравенстве (11) при  $\delta \rightarrow 0$  получим неравенство (4).

При  $n=2$  доказательство аналогично с той лишь разницей, что вместо теоремы вложения  $\dot{W}_2^1(\Omega) \subset C(\bar{\Omega})$  ( $n=1$ ) следует использовать теорему вложения  $\dot{W}_2^1(\Omega) \subset L^q(\Omega)$  ( $n=2$ )  $q \geq 2$ .

Для доказательства единственности необходимо рассмотреть разность двух решений и далее действовать как в [2].

2. Обозначим через  $K$  множество  $K = \{u(\cdot) \in \dot{W}_2^1(\Omega), u(x) \geq 0$  п. в.  $x \in \Omega\}$ .

Теорема 2. Предположим, что  $n=1$ ,  $\Phi(\cdot) \in C^1(R)$ ,  $|\Phi(u)|^2 \leq c(1+|u|^{2+p})$ ,  $\Phi(u) \geq 0$ ,  $f(\cdot) \in W_2^1(0, T; L^2(\Omega))$ .

Тогда при любых  $u_0(\cdot) \in W_2^2(\Omega) \cap \dot{W}_2^1(\Omega)$ ,  $u_1(\cdot) \in K$  существует единственная функция  $u(\cdot) \in H$ , такая, что  $u_i(t, \cdot) \in K$  п. в.  $t \in ]0, T[$ ,  $u(\cdot)$  удовлетворяет условию (3) и неравенству (4) для любого  $v(\cdot) \in L^\infty(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega))$ ,  $v_i(t, \cdot) \in K$  п. в.  $t \in ]0, T[$ .

Доказательство. До получения неравенства (11) доказательство проводится аналогично. Чтобы получить первую априорную оценку для неравенства, положим  $v=0$  и проинтегрируем по  $t$ :

$$\int_0^t (u_{it}, u_i) ds + \int_0^t (u_x, u_{xt}) ds + \int_0^t (\Phi(u), u_i) ds +$$

$$+ \delta \int_0^t |u|^{p-1} u, u_i ds = \int_0^t (f, u_i) ds \quad (15)$$

Так, как  $u_i(t, \cdot) \in K$  п. в.  $t \in ]0, T[$ , то  $u_i(t, x) \geq 0$  п. в.  $(t, x) \in ]0, T[ \times \Omega$ . Значит  $\int_0^t (\Phi(u), u_i) ds \geq 0$ . Используя этот факт, из (16) получим

$$\|u_i\|^2 + \|u_x\|^2 + \frac{\delta}{\rho+1} \|u\|_{L^{p+1}(\Omega)}^{p+1} \leq c. \quad (17)$$

Ввиду вложения  $\dot{W}_2^1(\Omega) \subset C(\bar{\Omega})$

$$\max_{x \in \Omega} |u(t, x)| \leq c \quad (18)$$

Далее, действуя аналогично предыдущему доказательству получаем равенство (13). Используя (18) и неравенство Коши—Буняковского из (13) выводим (14).

В дальнейшем доказательство проводится аналогично.

Замечание. Вместо множества  $K$  в условиях теоремы 1 можно рассмотреть множество  $K = \{u(\cdot) \in \dot{W}_2^1(\Omega); |\nabla u(x)| \leq 1, \text{ п. в. } \}$  и доказать аналогичную теорему. Это соответствует задаче упругопластичности. Формально можно разбить  $\Omega$  на две части:  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ , определяемые условиями:  $\Omega_1 = \{x \in \Omega, |\nabla u(x)| < 1\}$ ,  $\Omega_2 = \{x \in \Omega, |\nabla u(x)| = 1\}$ . Тогда решение  $u(\cdot)$  характеризуется тем, что в части  $\Omega_1$   $u(\cdot)$  удовлетворяет уравнению (1), а в части  $\Omega_2$   $|\nabla u(x)| = 1$  на границе, разделяющей  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ ,  $u(\cdot)$  и  $\nabla u(\cdot)$  непрерывны.

#### Литература

1. Sattinger D. H. Archive Rat. Mechanics and Anal., 30, 1968, 148—972.
2. Лионс Ж. Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач.—М., 1976.
3. Никулин В. Н. Дифференциальные уравнения. т. XIV, № 9, 1978, 1658—1669.
4. Максудов Ф. Г., Алиев А. Б., Тахиров Д. М.—Докл. АН СССР, т. 258, № 4, 1981, 789—791.

Азербайджанский политехнический институт им. Ч. Нальдырма

Поступило 16. III. 1982

Э. Б. Әлијев

#### ГИПЕРБОЛИК ТЭНЛИКЛЭР ҮЧҮН ГЛОБАЛ АПРИОР ГИЈМЭТЛЭНДИРИЛМЭЈЭН БИРТЭРЭФЛИ МЭСЭЛЭ

Магаләдә  $u_{tt} - \Delta u + \Phi(u) = f(t, x)$ ,  $x \in \Omega$ ,  $t \in ]0, T[$ ,  $u|_{\partial\Omega} = 0$ ,  $t \in ]0, T[$ ,  $u(x, 0) = u_0(x)$ ,  $u_t(x, 0) = u_1(x)$ ,  $x \in \Omega$ , мәсәләсинини глобал һәллинини варлығы вә јекәнә-лији тәдқиғ едилір.

A. B. Aliev

#### ONE-SIDED PROBLEM FOR HYPERBOLIC EQUATION WITHOUT GLOBAL A PRIORI ESTIMATES

This article proves a solvability of one-sided problem for hyperbolic partial differential equation

$$u_{tt} - \Delta u - \Phi(u) = f(t, x), \quad x \in \Omega, \quad t \in ]0, T[$$

with boundary condition  $u|_{\partial\Omega} = 0$ ,  $t \in ]0, T[$  and initial data  $u(x, 0) = u_0(x)$ ,  $u_t(x, 0) = u_1(x)$ ,  $x \in \Omega$  in the case of non-coercive function  $\Phi$ .

Ю. Н. КУЛИНЕВ, Г. М. КУЛИНЕВ

К НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОУПРУГОСТИ

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

Уравнения состояния пьезоэлектрических тел с учетом свойств электрострикции имеют вид [1]:

$$\begin{aligned} S_1 &= s_{11} T_1 + s_{12} (T_2 + T_3) + Q_{11} D_{12}^2 + Q_{12} (D_2^2 + D_3^2) \\ S_2 &= s_{12} (T_1 + T_3) + s_{11} T_2 + Q_{11} D_2^2 + Q_{12} (D_1^2 + D_3^2) \\ S_3 &= s_{12} (T_1 + T_2) + s_{11} T_3 + Q_{11} D_3^2 + Q_{12} (D_1^2 + D_2^2) \\ S_4 &= 2 (s_{11} - s_{12}) T_4 + 2 (Q_{11} - D_{12}) D_2 D_3; \\ S_5 &= 2 (s_{11} - s_{12}) T_5 + 2 (Q_{11} - C_{12}) D_1 D_3 \\ S_6 &= 2 (s_{11} - s_{12}) T_6 + 2 (Q_{11} - Q_{12}) D_1 D_2 \\ E_1 &= D_1 (\beta_{11} + C_{11} D_1) - 2 [Q_{11} (D_1 T_1 + D_2 T_6 + D_3 T_5) + \\ &+ Q_{12} [D_1 (T_2 + T_3) - (D_2 T_6 + D_3 T_5)]] \\ E_2 &= D_2 (\beta_{11} + Q_{11} D_2) - 2 [Q_{11} (D_2 T_2 + D_1 T_6 + D_3 T_4) + \\ &+ Q_{12} [D_2 (T_1 + T_3) - (D_1 T_6 + D_3 T_4)]] \\ E_3 &= D_3 (\beta_{11} + Q_{11} D_3) - 2 [Q_{11} (D_3 T_3 + D_1 T_5 + D_2 T_4) + \\ &+ Q_{12} [D_3 (T_1 + T_2) - (D_1 T_5 + D_2 T_4)]] \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $s_{ij}$  — модуль гибкости,  $T_i$  — компонент тензора напряжений,  $E_n$ ,  $D_n$  — компоненты вектора напряженности электрического поля и индукции,  $Q_{11}$ ,  $Q_{12}$  — коэффициенты электрострикции,  $S_i$  — компоненты тензора деформаций,  $\beta_{11}$  — диэлектрическая непроницаемость керамики. Известно, что

$$S_i = \frac{1}{2} (\epsilon_{k,j} + \epsilon_{j,k}); E_n = -\varphi_{,n}; (i = \overline{1,6}; k, j, n = \overline{1,3}) \quad (2)$$

Уравнения движения и электростатики имеют вид;

$$T_{ij,j} = \rho \ddot{U}_i; D_{j,j} = 0; (i, j = \overline{1,3}), \quad (3)$$

где  $U_i$ ,  $\varphi$  — компоненты вектора смещения и потенциал электростатического поля, соответственно.

Разрешая уравнения (1) относительно компонентов тензора напряжений, используя (2) из (3), получаем уравнения нелинейной теории электроупругости. Их будем выписывать в общем виде;

$$F_i \left( \Delta U_i, \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \frac{\partial \varphi}{\partial z}, \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \dots, \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}, \dots \right) = \rho \ddot{U}_i (i = \overline{1,3}).$$

$$F_4 \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \dots, \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \dots, \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}, \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}, \dots, \frac{\partial U_i}{\partial x}, \frac{\partial U_i}{\partial x \partial y}, \dots \right) = 0 \quad (4)$$

Уравнения (4) существенно нелинейные. Для решения практических задач следует линеаризовать системы (1) — (4). Первая попытка для линеаризации (1) — (4) была сделана в [1]. Тут автор предполагал, что  $\vec{D} = \vec{D}_0 + \vec{D}_1$ , где  $\vec{D}_0$  — индукция, связанная с остаточной поляризацией,  $\vec{D}_1$  — динамическая индукция, возникающая в процессе деформирования. Учитывая, что  $\vec{D}_0 \gg \vec{D}_1$  в [1], решены одномерные задачи. В общем случае линеаризация (1) — (4) сделана в [2]. Если принять предположение, сделанное в [1] и линеаризовать уравнения [1] и сравнить с результатом [2], можно заметить, что имеется некоторое отличие, т. е. члены  $Q_{11} D_{10}^2, \dots, D_{11} T_1$  в работе [2] не учтены. При учете же данной поправки, даже при решении одномерных задач возникает математические трудности.

В данной статье предлагается новый способ для решения нелинейных задач электроупругости. Суть способа заключается в разложении перемещений, электрического потенциала в ряд по степеням коэффициента электроупругости связи хорошо известного для решения линейной теории электроупругости [3]:

$$U_i = \sum_{n=1}^N K^n U_{in}; \varphi = \sum_{n=1}^N K^n \varphi^n \quad (5)$$

Таким образом, компоненты вектора смещений и электрический потенциал разлагаются в ряд по степеням  $K$ .

Используя (6) из (1) получаем:

$$\begin{aligned} S_{10} &= s_{11} T_{10} + s_{12} (T_{20} + T_{30}) + Q_{11} D_{10}^2 + Q_{12} (D_{20}^2 + D_{30}^2); \\ S_{11} &= s_{11} T_{11} + s_{12} (T_{21} + T_{31}) + 2 Q_{11} D_{10} D_{11} + \\ &+ 2 Q_{12} (D_{20} D_{21} + D_{30} D_{31}); \\ S_{12} &= s_{11} T_{12} + s_{12} (T_{22} + T_{32}) + Q_{11} (D_{11}^2 + 2 D_{10} D_{11}) + \\ &+ Q_{12} (D_{21}^2 + 2 D_{20} D_{21} + 2 D_{30} D_{31}); \end{aligned} \quad (6)$$

Если учесть, что  $D_{11}^2$ ,  $D_{21}^2$  и  $D_{31}^2$  малы, из (6) будем иметь;

$$S_{12} = s_{11} T_{12} + s_{12} (T_{22} + T_{32}) + 2 Q_{11} D_{10} D_{12} + 2 Q_{12} (D_{20} D_{12} + D_{30} D_{12}) \quad (7)$$

Совершенно аналогичным образом можно найти выражение для  $S_{2n}$ ,  $S_{3n}$ . Компоненты касательных деформаций определяются следующим образом:

$$S_{40} = 2 (s_{11} - s_{12}) T_{40} + 2 (Q_{11} - Q_{12}) D_{20} D_{30} \quad (8)$$

$$S_{41} = 2 (s_{11} - s_{12}) T_{41} + 2 (Q_{11} - Q_{12}) (D_{20} D_{31} + D_{30} D_{21})$$

Совершенно аналогично можно написать  $S_{5n}$ ,  $S_{6n}$ .

Напряженность электрического поля имеет вид;

$$\begin{aligned} E_{10} &+ (\beta_{11} + Q_{11} D_{10}) D_{10} - 2 [Q_{11} (T_{10} D_{10} + D_{20} T_{60} + D_{30} T_{50}) + \\ &+ Q_{12} [D_{10} (T_{20} + T_{30}) - (T_{60} D_{20} + T_{50} D_{30})]] \\ E_{11} &= 2 Q_{11} D_{10} D_{11} - 2 [Q_{12} (D_{10} T_{11} + D_{11} T_{10} + D_{20} T_{61} + D_{21} T_{60} + \\ &+ D_{30} T_{51} + D_{31} T_{50}) + Q_{12} [D_{10} (T_{21} + T_{31}) + D_{11} (T_{20} + T_{30}) - \\ &- (D_{20} T_{61} + T_{60} D_{21} + D_{30} T_{51} + T_{50} D_{31})]] \end{aligned} \quad (9)$$

Аналогично можно найти  $E_{2n}$ ,  $E_{3n}$ .

Для примера рассмотрим толщинную моду колебаний. Пусть пьезоэлемент поляризован по толщине, т. е.  $D_{10} = D_{20} = 0$ ,  $D_{30} \neq 0$  и возбуждается по толщине. Тогда из (6) получаем



$$S_{30} = s_{11} T_{30} + Q_{11} D_{30}^2; E_{30} = D_{30} (\beta_{11} + Q_{11} D_{30}) - 2Q_{11} D_{30} T_{30} \quad (10)$$

Решая (10) относительно  $T_{30}$ , имеем:

$$T_{30} = s_{11} S_{30} - q_{11} D_{30}^2; E_{30} = D_{30} (\beta_{11} + Q_{11} D_{30}) - 2q_{11} S_{30} \quad (11)$$

Здесь  $q_{11} = c_{11} Q_{11}$ . Причем,  $D_{30} = D_{30} e^{i\omega t}$  и  $\beta_{11} = \beta_{11} e^{i\omega t}$ .

Исключая время из (11) и используя (3), получаем:

$$\frac{\partial T_{30}}{\partial z} = -4\rho\omega^2 U_{30} \quad (12)$$

или

$$U_{30}(z) = A_1 \cos \kappa_{10} z + A_2 \sin \kappa_{10} z \quad (13)$$

Предположим, что узловая точка колебаний находится в центре пьезоэлемента. Тогда имеем:

$$U_{30}(z) = A_2 \sin \kappa_{10} z \quad (14)$$

Используя механическое граничное условие из (11), получаем:

$$A_2 = h \frac{Q_{11} D_{30}^2}{\beta_0 \cos \beta_0}, \quad \text{где } \beta_0 = \kappa_{10} h; \quad \kappa_{10} = \frac{2\omega_0}{V_{11}} \quad (15)$$

Из (11), учитывая (14), (15), получаем:

$$\varphi^0 = D_{30} (\beta_{11}^0 + Q_{11} D_{30}) z - 2q_{11} \frac{C_{11} D_{30}^2}{\cos \beta_0} \cdot \frac{\sin \kappa_0 z}{\kappa_{10} z} + c \quad (16)$$

Постоянные интегрирования  $c$  определяются из электрического граничного условия:

$$\varphi^0(h) = \varphi_0 \quad (17)$$

Окончательный  $\varphi^0(z)$  имеет вид:

$$\varphi^0(z) = D_{30} (\beta_{11}^0 + Q_{11} D_{30}) (z-h) + 2q_{11} h \frac{Q_{11} D_{30}^2}{\cos \beta_0} \times \\ \times \frac{\sin \beta_0 - \sin \kappa_{10} z}{\beta_0} + \varphi_0 \quad (18)$$

В первом приближении из (3) находим;

$$D_{31} = A \quad (19)$$

Тогда, учитывая (19), получаем:

$$T_{31} = c_{11} S_{31} - \frac{A}{\gamma} \quad \text{где } \gamma = \frac{s_{11}}{2Q_{11} D_{30}} \quad (20)$$

Учитывая (3), имеем:

$$U_{21} = B_2 \sin \kappa_1 z \quad \text{где } \kappa_1 = \frac{2\omega_1}{V_{11}} \quad (21)$$

Из граничного условия имеем:

$$B_2 = \frac{A}{\gamma \kappa_1 c_{11} \cos \kappa_1 h} \quad (22)$$

Нетрудно найти  $\varphi^1(z)$ :

$$\varphi^1(z) = \frac{A}{2c_{11} \gamma^2} \left[ \frac{1}{\kappa_0 \cos \beta_0} \sin \kappa_0 z + 2 \frac{\sin \kappa_1 z}{\kappa_1 \sin \beta_1} - (3+2\gamma) z \right] + B$$

Для нахождения  $A, B$  имеем:

$$\varphi^1(h) = \varphi_0; \quad \varphi^1(-h) = -\varphi_0 \quad (23)$$

Из (23) получаем:

$$A = 2\varphi_0 c_{11} \gamma^2 / h \left[ \frac{\sin \beta_0}{\beta_0 \cos \beta_0} + 2 \frac{\sin \beta_1}{\beta_1 \sin \beta_1} - (3+2\gamma) \right]; \quad B=0 \quad (24)$$

Тогда  $\varphi^1$  имеет вид:

$$\varphi^1 = \varphi_0 \left[ \frac{\sin \beta_0 z}{\beta_0 \cos \beta_0} + 2 \frac{\sin \beta_1 z}{\beta_1 \cos \beta_1 z} - (3+2\gamma) \right] \left[ \frac{\sin \beta_0}{\beta_0 \cos \beta_0} + \right. \\ \left. + 2 \frac{\sin \beta_1}{\beta_1 \cos \beta_1} - (3+2\gamma) \right] \quad (25)$$

Второе приближение можно найти аналогично первому и т. д. Окончательное выражение для  $S, \varphi$  имеет вид:

$$S_3 = \sum_{n=1}^N \kappa^n S_{3n}; \quad \varphi = \sum_{n=1}^N \kappa^n \varphi^n \quad (26)$$

Как видно, предложенный метод позволяет существенно упростить решение нелинейных задач электроупругости. При этом метод позволяет учесть зависимость вектора индукции от времени. Предложенный метод важен при решении нелинейных колебательных задач для пьезокерамических модуляторов.

#### Литература

1. Мэзон У. Пьезоэлектрические кристаллы и их применение в ультразвуковой технике.—М.: ИЛ., 1952.
2. Коломиец Г. А., Улитко А. Ф. Связанные электроупругие колебания пьезокерамических тел. В кн. Тепловые напряжения в элементах конструкции, 8.—Киев, 1969.
3. Абдулгалимов А. Канд. дисс.—МГУ им. М. В. Ломоносова, 1982.

Институт математики и механики АН АзССР

Поступило 26. X 1983

Ж. Н. Гулиев, Н. М. Гулиев

#### ГЕЈРИ-ХЭТТИ ЕЛЕКТРОЕЛАСТИКЛИК НЭЗЭРИЈЭСИНЭ ДАИР

Мэгалэдэ гејри-хэтти електроеластиклик нэзэријэсинин тэнликлэри алынмыш нэ гејри-хэтти мэсэлэлэрини хэлли үчүн јени метод тэклиф едилмишдир. Конкрет мэсэлэ үчүн тэклиф олунан методун мэлүм методлардан үстүңлүјү кестэрилмишдир.

Yu. N. Kuliev, G. M. Kuliev

#### ON NON-LINEAR ELECTRO-ELASTICITY THEORY

The equation of non-linear electro-elasticity theory is obtained in the article. The new method for solution of non-linear electro-elasticity problems is suggested. The advantage of suggested method with comparison to before known ones is shown in a concrete example.

Акад. АН Азерб. ССР М. И. АЛИЕВ, С. А. ЗЕЙНАЛОВ,  
ФИРУЗА М. ГАШИМЗАДЕ

**СТРУКТУРА ЗОНЫ ПРОВОДИМОСТИ И  
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ  
РАСТВОРОВ  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{Sb}$**

Структура зоны проводимости твердого раствора  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$  сложна так же, как зоны проводимости его составляющих;  $\text{InSb}$  [1] и  $\text{GaSb}$  [2—4]. Авторы работ [5—8] изучали изменение структуры зоны проводимости этого твердого раствора, в основном с малым содержанием  $\text{InSb}$ .

Известно, что в твердых растворах  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Sb}$  ширина запрещенной зоны  $\epsilon_g$  изменяется от 0,7 ( $\text{GaSb}$ ) до 0,23 эВ ( $\text{InSb}$ ). При этом минимумы (III) и (000) опускаются, а (100) удаляется от заполненной зоны. Скорость движения минимума (III) меньше скорости движения минимума (000). Минимум (100)—отдаленный, и при взаимодействии  $\text{InSb}$  и  $\text{GaSb}$ , вероятно, не будет существенно влиять на кинетические коэффициенты. Особый интерес представляет положение минимума (III) в эквимолярном составе ( $x = 0,5$ ) и влияние его на кинетические свойства кристалла.

С целью установления положения минимума (III) нами было проведено измерение электропроводности  $\sigma$ , коэффициента Холла  $R$  и термоэдс  $\sigma_0$  на сплавах  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{Sb}$ , легированных теллуром. Температурная зависимость  $R$  и  $\sigma$  представлена на рис. 1. Кр. 1 относится к чистому эквимолярному составу  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{Sb}$ , а кр. 2, 3, 4, 5—к  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{Sb} \langle \text{Te} \rangle$ . Видно, что все кристаллы  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{Sb} \langle \text{Te} \rangle$  в интервале концентраций  $6 \div 57 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  проявляют металлический ход проводимости в интервале 80—500 К. Особый интерес представляет рост коэффициента Холла  $R$  с температурой  $T$ . Причем, этот рост заметнее по мере увеличения глубины легирования  $\text{Te}$  (в твердом растворе  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{SbTe}$  больше 0, ат. % не растворяется, в результате чего концентрация носителей тока для образцов 4 и 5 не изменяется, т. е. получается  $5,8 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и  $5,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , соответственно).

Рост коэффициента Холла с температурой известен для  $\text{InSb}$  [1],  $\text{AlSb}$  [9],  $n\text{-GaAs}$  [10],  $\text{InAs}$  [11] и др. и объясняется влиянием дополнительной зоны, расположенной на определенном расстоянии от дна зоны проводимости и отличающийся большей плотностью состояний и малой подвижностью электронов. Он может быть объяснен теорией Эренрайха [12], учитывающей многозонную проводимость. И в данном случае рост  $R$  от  $T$ , по-видимому, показывает, что сложная зонная структура исходных компонентов проявляется в появлении дополнительного минимума в зоне проводимости  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{Sb}$  (см. рис.

1, кр. 2, 3, 4 и 5). Чтобы определить параметры нового минимума мы воспользовались формулой двухзонной модели [13] в виде

$$R = \frac{R_1 \sigma_1^2 + R_2 \sigma_2^2}{(\sigma_1 + \sigma_2)^2}$$

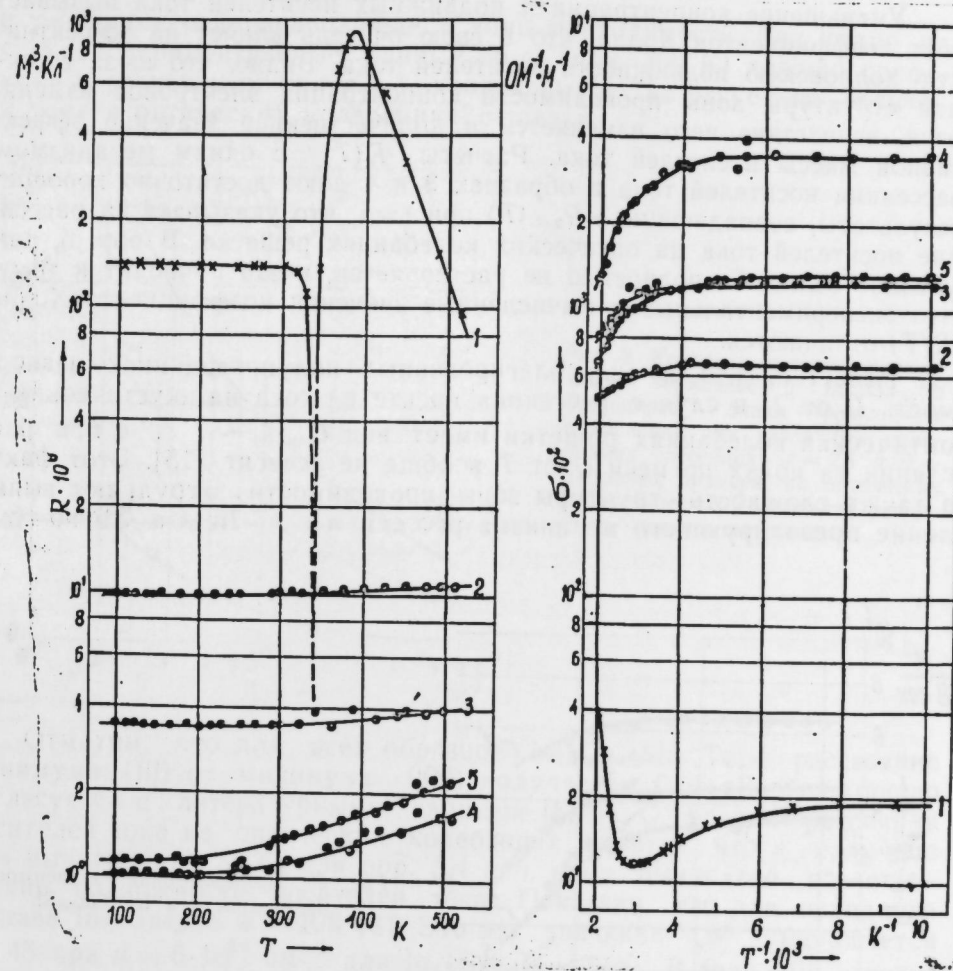


Рис. 1. Температурные зависимости коэффициента Холла ( $R$ ) и электропроводности ( $\sigma$ ) кристаллов  $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{Sb}$ , легированного теллуром

Для определения  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ ,  $R_1$  и  $R_2$ —электропроводность и коэффициент Холла для первой и второй зон, соответственно, использовались формулы (6,6), (21,11) и (21,15) из [14]. Из-за малости ширины запрещенной зоны первая подзона (000) принимается непараболической, а вторая (III)—стандартной, т. е. зависимость энергии от волнового вектора имеет квадратичный характер. В указанных формулах для зоны (III) химпотенциал равен  $(\eta - \Delta)$ , где  $\Delta$ —расстояние от дна первого минимума до второго.

Проведенные нами вычисления  $R(T)$  показали, что для образца 2 параметр механизма рассеяния носителей тока в интервале 100—

500 К несколько раз изменяет значение. С ростом  $T$  уровень химпотенциала поднимается и часть электронов, энергия которого соответствует этому положению, становятся малоподвижными. Эффективная масса этих электронов намного больше по сравнению с эффективной массой электронов в зоне (000).

Уменьшение концентрации  $n$  подвижных носителей тока вызывает рост коэффициентов Холла, что в свою очередь влияет на эффективную холловскую подвижность носителей тока. Видно, что из-за сложной структуры зоны проводимости концентрация электронов изменяется, вследствие чего изменяется и количественное значение эффективной массы носителей тока. Расчеты  $R(T)$  с одним механизмом рассеяния носителей тока в образцах 3 и 4 дают достаточно хорошие результаты, совпадающие с  $R_{эс.}(T)$  при  $r=1$ , что указывает на рассеяние носителей тока на оптических колебаниях решетки. В обр. 5, как указано выше,  $T_e$  полностью не растворяется, и это приводит к тому, что экспериментальные и вычисленные значения коэффициента Холла  $R(T)$  отличаются.

Известно, что в сильнолегированных полупроводниках зависимость  $U$  от  $T$  в случае рассеяния носителей тока на акустических и оптических колебаниях решетки имеет вид  $U_{ак;оп} \sim T^{-1}$ , а при рассеянии на ионах примеси  $U$  от  $T$  вообще не зависят [15]. Этот факт, а также сложность структуры зоны проводимости затрудняют выявление преобладающего механизма рассеяния в  $n$ - $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb$  по тем-

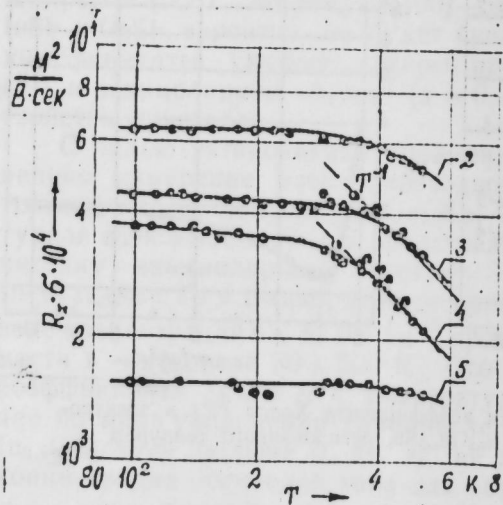


Рис. 2. Температурная зависимость подвижности в  $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb$

пературным зависимостям  $R$  и  $\sigma$ . Для качественного объяснения результатов на рис. 2 представлена температурная зависимость  $R_H \cdot \sigma$ . Видно, что зависимость  $U \sim T^{-1}$  в  $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb < Te >$  наблюдается только в обр. 4 в интервале 350–500 К. Остальные образцы с тем же типом проводимости (обр. 2, 3 и 5) проявляют слабое изменение  $U$  от  $T$ . Это можно объяснить тем, что одновременный рост  $R$  и уменьшение  $\sigma$  от  $T$  при высоких температурах взаимно компенсируются. На этих образцах проводились измерения концентрационной

зависимости термоэдс, результаты которых сравнены с вычисленными  $\alpha$  при трех значениях параметра  $r$  механизма рассеяния носителей тока по формуле

$$\alpha_0 = \frac{\pi^{2/3} k_B^2 m^* T}{3e (h/2\pi)^2 (3n)^{2/3}} (2r + 3 - 6\gamma),$$

где  $\gamma$  — параметр непараболичности зоны проводимости. Как видно из рис. 3, экспериментальные данные по  $\alpha_0$  (при 300 К) хорошо согласуются с расчетными при  $r=1$ , что указывает на рассеяние носителей тока в оптических колебаниях решетки.

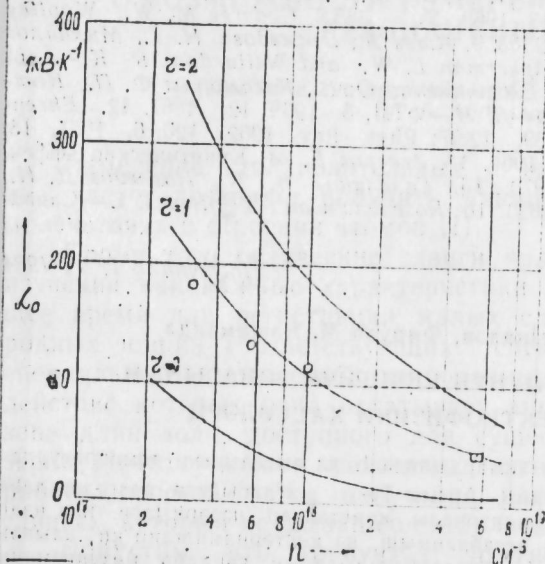


Рис. 3. Концентрационная зависимость термоэдс в  $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb$  (сплошные линии — результаты вычислений при различных механизмах рассеяния;  $r=2, 1$  и  $0$  — на ионах примеси, на оптических и акустических колебаниях решетки, соответственно)

Отметим, что для всех образцов  $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb < Te >$  расстояние минимума (III) от минимума (000) получается 0,36 эВ. Это хорошо согласуется с литературными данными [8, 16]. С учетом рассеяния носителей тока на оптических колебаниях решетки, что и получено при вычислениях  $R(T)$  для обр. 3, 4 и 5, нами вычислено „ $v$ “ — отношение подвижности носителей тока. Показано, что для исходного состава  $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb$   $b = 108$  [8]. Это же значение „ $v$ “ уменьшается до 45 при  $n = 6 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  для  $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb < Te >$ . В зоне (III) зависимость энергии от волнового вектора предполагается квадратичной, с изотропной эффективной массой носителей тока, равной  $0,74 m_0$ .

Таким образом, можно заключить, что сложная структура зоны проводимости исходных компонентов сохраняется в твердых растворах  $In_{0-x}Ga_xSb$  даже при максимальном взаимном замещении атомов In и Ga в сплаве. Эффективная масса для второй зоны в эквивалентном составе не зависит от  $T$  и  $n$  и равна  $0,74 m_0$ , а расстояние второй зоны от дна зоны проводимости (000) равно  $\Delta = 0,36$  эВ. Эффективная масса основной зоны (000) зависит от уровня заполнения носителями тока. Установить механизм рассеяния носителей тока для каждой из зон затруднительно. Однако по  $\sigma_0(n)$  и  $U(T)$ , а также по расчетным значениям  $R(T)$  можно указать на преобладающий характер механизма рассеяния носителей тока. Показано, что носители тока рассеиваются на ионах примеси при  $T < 200$  К и на оптических

колебаниях решетки при  $T > 200$  К, вплоть до 500 К. Эти результаты хорошо согласуются с теорией подвижности сильнолегированных кристаллов.

#### Литература

1. Ланг И. Г., Наследов Д. Н. и др.—ФТГ, 16, 1974, 1, 91. 2. Sagar A. Phys. Rev., 1960, 117, 93. 3. Edwards A. L., Slykhouse T. E., Drickamer H. G.—J. Phys. Chem. Sol., 1957, 11, 40. 4. Kosticki B., Jayaraman A. and Paul W. Phys. Rev., 1968, 172, № 3, 761. 5. Robert Jean-Louis-Solid. State. Communi, 1969, 7, № 1, 143. 6. Пистуле Б., Робер Ж. Л., Барьон Л. Труды IX Межд. конф. по физике п/п 1963, т. 2.—Л.: Наука, 1969, 1292. 7. Lorenz M. F., Mcbroddy J. C., Plaskett T. S.—IBM J. Res. and Developm., 13, 1969, № 5, 583. 8. Codere M. W., Woolley J. C.—Canad. J. Phys., 47, 1969, 22, 2553. 9. Агаев Я., Бекмедова Н. Т., Михайлов А. Р.—ФТП, 6, 1972, 10, 2039. 10. Arkerman L. W. and Willardon R. K.—J. of Appl. Phys., 31, 1960, № 5, p. 939. 11. Емельяненко О. В., Кесаманлы Ф. П., Котрубенко Б. П., Ланге В. Н., Наследов Д. Н.—ФТП, 3, 1969, 12, 1867. 12. Ehrenreich H. E.—J. Phys. Chem. Sol., 1959, 12, 97; Phys. Rev., 1962, 120, 6, 1951. 13. Смит Р. Полупроводники.—М.: ИЛ., 1962. 14. Аскеров Б. М. Кинетические эффекты в полупроводниках.—Л.: Наука, 1970. 15. Гагаичи В. В., Наследов Д. Н., Филиппенко А. С.—ФТТ, 6, 1964, 9, 2613. 16. Rosenblin anэ W. J. C.—Canad. o. Phys., 53, 1975, № 11, pp. 1071.

ИФАН Аз ССР

Поступило 1. VI 1984

М. Н. Әлијев, С. Ә. Зејналов, Фирузә М. Гәшимзадә

#### $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ БЭРК МӘЛЛУЛУНУН КЕЧИРИЧИ ЗОНАСЫНЫҢ ГУРУЛУШУ ВӘ ЕЛЕКТРОФИЗИКИ ХАССӘЛӘРИ

$In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$  кристалларыны Те илә ашгарлајанда һәлә әмсалыныи температурдан асылы оларак артмасы мушаһидә едилир. Артым Те-ун миғдары илә әләғәдәр лаһа да кәскинләшир вә бу, Еренрајхын икизоналы кристаллар нәзәријјәси илә изаһ олуиур. Бу мәғсәдлә машында  $R(T)$  һесаблиныш вә кәстәрилмишдир ки, алынган гијмәгләр тәчрүби  $R(T)$  илә  $r = 1$  ( $r$ —јүкдашыјычыларыи сәпилмә механизмини кәстәрән әдәддир) оланда ујғун кәлир. Ашыҗы концентрасијаларда јүкдашыјычыларыи сәпилмә механизми тез-тез дә ишдији һалда, бә үк концентраси аларда дәјишмәзлик сахланлыр.  $r = 1$  јүкдашыҗычыларыи олти рәғсләрдән сәпилмәси демәкдир. Алынган нәтичәләр кәстәрир ки, 2-чи (III) зонасында јүкдашыҗычыларыи ефектив күтләси изотроп олуб,  $0,74 m_0$  бәрәбәрдир, бу зонаныи (000) кечиричи зонаныи дибиндән мөсафәси  $0,36$  еВ-дур вә (III) зонасыи олан јүкдашыҗычыларыи дисперсија гануну квадратик характерлидир.

M. I. Aliev, S. A. Zeinalov, Firuza M. Gashimzade

#### BAND STRUCTURE AND ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$ .

The Hall coefficient increases with temperature in the doped process of the  $In_{0.5}Ga_{0.5}Sb$  crystals with tellurium. This effect becomes substantial with the increase of the Te quantity and is accounted by the two-band Ehrenreich theory.

The computed values  $R(T)$  agree with experimental data at  $r = 1$  ( $r$  is the parameter of charge carrier scattering mechanism).

At low concentrations the parameter of charge carrier scattering mechanism is often changed while at high concentrations it remains stable. The results indicate that the distance of the band (III) from the (000) band bottom is  $0,36$  eV, the effective mass of the charge carriers in the (III) band is isotropic and amounts to  $0,74 m_0$  and the charge carriers obey the square dispersion law. The charge carriers are scattered on the lattice optical vibrations.

УДК 621.373.826

#### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. Ч. ИЗМАЙЛОВ

#### О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ СДВИГОВ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ

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

Измерение столкновительных и изотопических сдвигов резонансных частот позволяет получить дополнительную информацию о взаимодействиях и строении атомов [1].

Кроме того оптические сдвиги являются объектами интенсивного изучения как важные характеристики лазерных переходов. В настоящее время для регистрации малых сдвигов, не превышающих однородных ширии соответствующих спектральных линий, применяются специальные, высокостабилизированные по частоте установки [2], действие которых пока охватывает лишь небольшую часть от диапазона длин волн, доступного для существующих перестраиваемых лазеров. Поэтому может представлять интерес, предлагаемый в настоящей работе, простой метод получения информации о малых оптических сдвигах, который не связан со стабилизацией частоты.

Допустим, что требуется зарегистрировать столкновительный сдвиг центральной частоты доплеровски-уширенной линии усиления (поглощения) газобразной среды. При этом будем считать, что исследуемое вещество под различным давлением  $p_a \neq p_b$  размещено в двух кюветах ( $a, b$ ), не одну из которых ( $a$ ) наложено постоянное однородное поперечное магнитное поле  $\vec{H}$  (рис. 1). Через ячейки стационар-

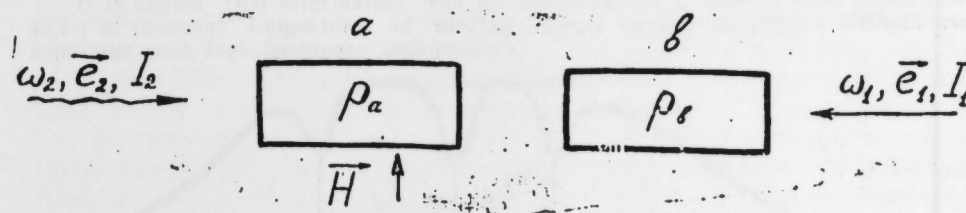


Рис. 1. Схема эксперимента

но распространяются две встречные плоские электромагнитные волны с частотами  $\omega_j$  ( $j=1,2$ ), близкими к частоте рассматриваемого электродипольного перехода и с линейными и взаимно-ортогональными векторами поляризации  $\vec{e}_j$ , причем  $\vec{e}_2$  параллелен  $\vec{H}$  (рис. 1). При этом интенсивность  $I_1$  значительно больше чем  $I_2$ , но мала по сравнению с параметром насыщения, определяемым через спектроскопические характеристики

среды [1]. Тогда, согласно результатам работ [3,4], экспериментально регистрируемый коэффициент усиления (поглощения) слабой волны для исследуемого неоднородно-уширенного перехода можно записать в виде следующего разложения по  $I_1$ :

$$g_2 = \sum_{l=a,b} N_l \left\{ C_l \exp \left[ - \left( \frac{\omega_{2l}}{D} \right)^2 \right] - I_1 S_l \left[ \frac{\gamma_l}{4\gamma_l^2 + (\omega_{1l} + \omega_{2l} - \Omega_l)^2} + \frac{\gamma_l}{4\gamma_l^2 + (\omega_{1l} + \omega_{2l} + \Omega_l)^2} \right] \right\}, \quad (1)$$

где  $\omega_{1l} + \omega_{2l} = \omega_l$ ,  $\omega_{2l} = \omega_2 - \omega_1$ ;  $N_l$  — разность населенностей рабочих уровней в кювете  $l$  ( $l = a, b$ );  $\omega_l$  и  $\gamma_l$  — соответственно центральная частота и однородная полуширина линии;  $C_l$  и  $S_l$  — множители, определяемые спектроскопическими характеристиками атомов;  $D$  — доплеровское уширение линии, причем  $D \gg (\gamma_a + \gamma_b)$ . В соотношении (1) зеемановское расщепление  $\Omega_l$  полагалось одинаковым для обоих уровней перехода и, согласно рис. 1,  $\Omega_a \sim H$ , а  $\Omega_b = 0$ . Для исключения взаимного перекрытия нелинейных резонансов, описываемых зависимостью (1), нужно использовать такое  $H$ , когда  $D > (\Omega_a/2) > |\delta| + \gamma_a + \gamma_b$ , где  $|\delta| < \gamma_a + \gamma_b$ ,  $\delta = (\omega_b - \omega_a)$  — искомый сдвиг. В этом случае, как показывают исследования функции  $g_2(\omega_1)$  при экспериментально реализуемом условии  $\omega_1 = \omega_2$ , величина  $(\omega_b - \omega_a)$  с погрешностью в несколько процентов определяется выражением:

$$\delta = \frac{(L_2 - L_1)}{2} \left[ 1 - 2 \left( \frac{\gamma_b}{D} \right)^2 \frac{(N_a C_a) \gamma_b}{I_1 N_b S_b} - 4 \left( \frac{\gamma_a}{D} \right)^2 \frac{(N_b C_b) \gamma_a}{I_1 N_a S_a} \right], \quad (2)$$

где  $L_2, L_1$  — интервалы между положениями минимумов соседних провалов (рис. 2). В связи с малостью параметра  $[(\gamma_a^2 + \gamma_b^2)/D^2] \sim 10^{-2}$  сдвиг (2) в первом приближении можно оценивать просто по разности  $(L_2 - L_1)/2$ . Для более точного определения  $\delta$ , согласно (1), (2) и

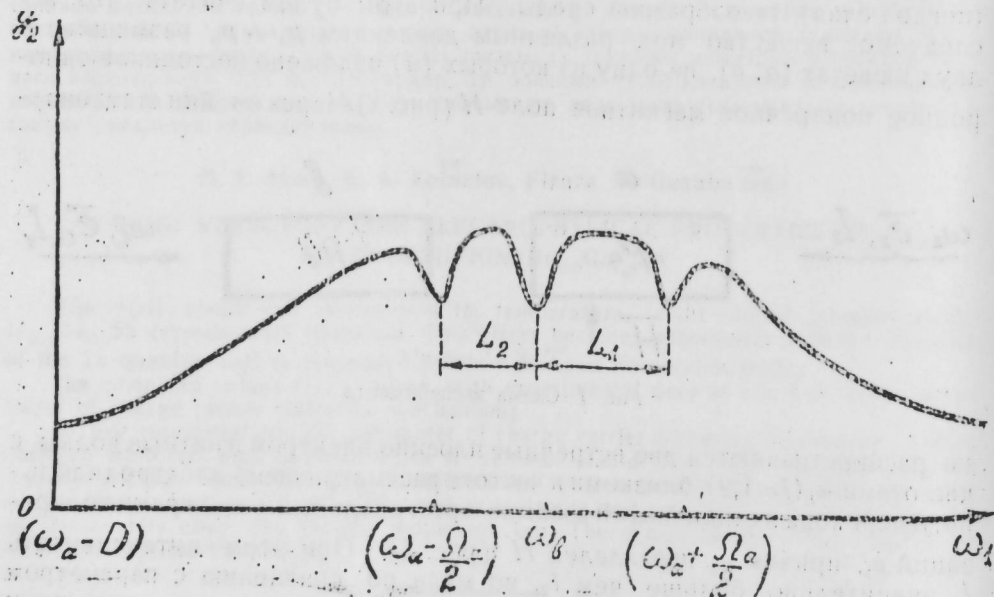


Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления слабой волны от частоты

рис. 2, следует учитывать отношения между высотами доплеровских контуров  $N_l C_l$  и глубинами нелинейных резонансов  $(I_1 \Delta_l S_l / \gamma_l)$ , где  $l = a, b$ .

С помощью описанного способа возможен анализ зависимости столкновительного сдвига не только от давления, но и от других параметров среды — температуры, тока разряда в ячейке и т. д. Кроме того, данную методику можно предложить для измерения малых изотопических сдвигов резонансных частот. При этом газовые среды каждого из изотопов следует размещать в различных ячейках (рис. 1).

Заметим, что в рассмотренном методе роль репера для отчета  $\delta$  выполняют непосредственно нелинейные резонансы, которые обусловлены наличием кюветы со средой, помещенной в магнитное поле (рис. 1). Таким образом измерение  $\delta$  можно провести без использования высокостабильных по частоте приборов.

#### Литература

1. Летохов В. С., Чеботова В. П. Принципы нелинейной лазерной спектроскопии. — М.: Наука, 1975, 280 с.
2. Татаренко В. М., Титов А. Н. — Оптика и спектроскопия, 1971, т. 30, № 5, с. 803—806.
3. Ермаченко В. М., Измайлов А. Ч. — Оптика и спектроскопия, 1979, т. 46, вып. 5, с. 840—844.
4. Измайлов А. Ч. — Оптика и спектроскопия, 1980, т. 49, вып. 3, с. 613—616.

Институт физики АН АзССР

Поступило 20. III 1984

А. Ч. Измайлов

#### РЕЗОНАНС ТЕЗЛИКЛЭРИНИН КИЧИК СҮРҮШМЭЛЭРИНИН ӨЛЧҮЛМЭСНИН МҮМКҮНЛҮҮ БАГГЫНДА

Мәгаләдә жүкәктәзликли тәизимләјичи чифазлардан истифадә етмәдән атомларын електрик дипол кендләринин резонанс тезликләринин тогушма вә кичик изотопик сүрүшмәләри баггында мәдүмат алымысынын мүмкүнлүјү көстөрләмишидир.

A. Ch. Izmailov

#### ON POSSIBLE MEASUREMENTS OF SMALL SHIFTS OF RESONANT FREQUENCIES

It is shown that information can be obtained on collisional and small isotope shifts of resonant frequencies of electric dipole atomic transitions without use of apparatus with high frequency stabilization.

Н. М. ГОДЖАЕВ

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ УКЛАДКА БЫЧЬЕГО  
ПАНКРЕАТИЧЕСКОГО ТРИПСИНОВОГО ИНГИБИТОРА  
И КОНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ИНГИБИРОВАНИЯ**

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

Изучение пространственной структуры белка, исходя из последовательности его аминокислотных остатков вдоль основной цепи и связи пространственной структуры с выполняемыми белками функциями, представляет большой научный практический интерес. Исходя из этого нами изучена пространственная структура бычьего панкреатического трипсинового ингибитора (БПТИ) методом полуэмпирического конформационного анализа [1 — 8].

В настоящей работе исследованы некоторые детали пространственной организации БПТИ, изучены конформационные аспекты образования системы дисульфидных связей, а также конформационные аспекты трипсин-субстратных и трипсин-трипсиновых ингибиторных взаимодействий.

При изучении стабильных конформаций фрагмента Arg<sup>1</sup> — Tyr<sup>35</sup> молекулы БПТИ в интервал 0 ÷ 20 ккал/моль попадало пять структур с относительными энергиями соответственно 4, 16, 16 и 17 ккал/моль. Постепенной генерацией белковой последовательности к наиболее оптимальной структуре фрагмента Arg<sup>1</sup> — Tyr<sup>35</sup> была исследована укладка всей структуры БПТИ. Расчеты выполнены в рамках схемы полуэмпирического конформационного анализа. Вначале нами исследована укладка фрагмента Arg<sup>1</sup> — Lys<sup>41</sup>. Исходными послужили структуры фрагмента Arg<sup>1</sup> — Tyr<sup>35</sup> с E<sub>отн.</sub><sup>-4</sup> ккал/моль и 64 структурных типа фрагмента Tyr<sup>35</sup> — Lys<sup>41</sup>.

Нами проверялась также возможность образования дисульфидных связей Cys<sup>5</sup> — Cys<sup>14</sup>, Cys<sup>5</sup> — Cys<sup>30</sup>, Cys<sup>5</sup> — Cys<sup>38</sup> и Cys<sup>14</sup> — Cys<sup>38</sup>. Все попытки сблизить у низкоэнергетических конформаций фрагмента Arg<sup>1</sup> — Lys<sup>41</sup> остатки Cys<sup>5</sup> с Cys<sup>14</sup> и Cys<sup>38</sup>, а также Cys<sup>14</sup> с Cys<sup>38</sup> путем наложения стягивающего потенциала между соответствующими атомами серы при предоставлении свободы углам φ и ψ приводили к резкому увеличению энергии. Иное положение складывается при образовании у глобальной конформации Arg<sup>1</sup> — Lys<sup>41</sup> дисульфидного мостика Cys<sup>5</sup> — Cys<sup>30</sup>. Уменьшение расстояния между атомами серы, вплоть до длины валентной связи, не встречает здесь серьезных стерических затруднений и не вызывает заметного ослабления сложившихся до образования цикла невалентных межостаточных взаимодействий. Структура с дисульфидной связью Cys<sup>5</sup> — Cys<sup>30</sup>, отсутствующая в нативной структуре, является вполне реальной на промежуточной стадии самосборки. Эта связь была обнаружена Крейтоном [9] на ранней ста-

дии ренатурации трипсинового ингибитора. Аналогичные изучения структур с относительными энергиями, равными 16, 16 и 17 ккал/моль, не приводили к заикливлению низкоэнергетических конформаций фрагмента Arg<sup>1</sup> — Cys<sup>38</sup>. Таким образом нам удалось найти стерические условия для образования дисульфидной связи Cys<sup>5</sup> — Cys<sup>30</sup> только у структуры фрагмента Arg<sup>1</sup> — Tyr<sup>35</sup> с E<sub>отн.</sub><sup>-4</sup> ккал/моль.

Далее нами изучены конформационные аспекты ингибирования БПТИ. С этой целью следовало изучить конформационные аспекты трипсин-субстратного взаимодействия. Мы начали исследование с невалентных комплексов трипсина с постепенно удлиненными модельными субстратами. В качестве исходного модельного субстрата выбран лизиносодержащий фрагмент метиламид N-ацетил-L-лизина. Комплекс этого фрагмента с трипсином позволяет рассмотреть конформационные возможности лизина в поле трипсина и выделить продуктивное расположение расщепляемой пептидной связи. Для анализа наиболее важных взаимодействий между участками субстрата и фермента исследован невалентный комплекс трипсина с N-ацетил-L-аланил-L-лизинил-L-аланилом. Положение атома боковой цепи лизина жестко фиксировалось в субстратприемном кармане в соответствии с координатами, приведенными Хубером и соавт. [10]. Валентная геометрия основных и боковых цепей субстратов найдена, исходя из координат, данных в работе [10]. Положение субстрата задавалось в системе координат трипсина.

Проведенный полуэмпирический конформационный анализ активного центра трипсина с модельными субстратами, показал, что только предпочтительная по энергии конформация субстрата в активном центре оказывается продуктивной и вместе с тем одной из низкоэнергетических форм свободного субстрата. Комплексообразование не приводит к появлению неблагоприятных контактов с ферментом.

При изучении конформационных аспектов взаимодействия трипсина с модельными ингибиторами в качестве последнего нами выбран фрагмент БПТИ H — Gly<sup>12</sup> Pro<sup>13</sup> Cys<sup>11</sup> Lys<sup>1</sup> Ala<sup>16</sup> Arg<sup>17</sup> Ile<sup>18</sup> Ile<sup>19</sup> OH. Выбор такого фрагмента связан еще и с тем, что изучение взаимодействия трипсина с этим фрагментом позволяет вести определенные суждения о второй специфичности.

Нами были исследованы конформационные возможности этого октапептида в активном центре трипсина. Расчет показал, что сопутствующие образованию невалентного комплекса движения боковых цепей Ser 195 и His 57 создают необходимые стерические условия для катализа.

В заключение отметим, что образование невалентного комплекса трипсина с субстратами метиламид-N-ацетил-L-лизинном, Ala — Lys — Ala и Gly — Pro — Cys — Lys — Ala — Arg — Ile — Ile происходит таким образом, что только предпочтительная по энергии конформация субстрата в активном центре оказывается продуктивной и вместе с тем одной из низкоэнергетических форм свободного субстрата. Комплексообразование не приводит во всех случаях к появлению неблагоприятных контактов с ферментом. Имеющие место конформационные изменения каталитически активных остатков Ser 195 и His 57 происходят самопроизвольно. Стабилизирующие взаимодействия с субстратом ориентируют их в положениях, необходимых для выполнения каталитической функции.

## Литература

1. Годжаев Н. М., Касумов Л. И., Попов Е. М. — Киев, ИТФ, 79—45, 1:79, с. 58.
2. Попов Е. М., Касумова Л. И., Ахмедов Н. А., Максумов И. С., Годжаев Н. М. — Киев, ИТФ 79—45, 197, 59. 3. Годжаев Н. М., Касумова Л. И., Попов Е. М. — Тез. докл. на Международн. конф. по квантовой химии, биологии и фармакологии. — Киев, 1:78. 4. Годжаев Н. М., Алиев Р. Э., Ахмедов Н. А. — Докл. АН АзССР, № 10, 1974, с. 20. 5. Годжаев Н. М., Мусаев Ш. М., Алиев Р. Э. — Тез. V Все-союзн. симпозиума по химии и физике белков и пептидов. — Баку, 1:80. 6. Попов Е. М., Годжаев Н. М., Касумова Л. И., Мусаев Ш. М., Алиев Р. Э., Ахмедов Н. А., Максумов И. С. — Неорганическая химия, т. 8, 1952, № 6. 7. Годжаев Н. М., I Всесоюзн. биофизический съезд. Тез. докл. и стенограмм сообщений, т. 1, с. 1-4. — М., 1982. 8. Максумов И. С., Исмаилова Л. И., Годжаев Н. М. — Ж. структурной химии, т. 24, 1983, № 4, с. 147. 9. Creighton T. E. Progr. Biophys. Mol. Biol., v. 33, 1978, p. 231. 10. Huber R., Kukulj D., Bode W., Schwager P., Bartels K., Delsenhofer J., Steinemann W. — J. Mol. Biol., v. 89, 1979, p. 73—101.

Азгосундверситет им. С. М. Кирога

Поступило 18. IV 1984

Н. М. Гочаев

### ПАНКРЕАТИК ТРИПСИН ИНКИБИТОРУНУН ФАЗА ГУРУЛУШУ ВЭ ИНКИБИРЛЭШДИРМЭНИН КОНФОРМАСИЈА АСПЕКТЛЭРИ

Магаләдә назәри конформасија үсүлү илә панкреатик трипсин инкибиторуни фәза гурулушундан бәһе едилир. Бу нәтичәләр рентген гурулушу анализ үсүлү илә алымыш тәчрүби нәтичә илә мугајисә олуимушдур. Бундан әләвә ПТИ-нин инкибирлэшдирилмәсинин конформасија аспектләри вә трипсинин фәзал мәркәзинин модел субстратларла гаршылыгы тәсирә өјрәнилмишдир.

N. M. Godjaev

### A SPATIAL ORGANIZATION OF BOVINE PANCREATIC TRYPsin INHIBITOR AND CONFORMATIONAL ASPECTS OF INHIBITION

A spatial organization of the pancreatic trypsin inhibitor (PTI) is studied using the method of theoretical conformational analysis. These results are compared to the available X-rays data. Conformational aspects of inhibition of PTI and the mechanism of interaction between trypsin active centre and model substrates are investigated too.

УДК 66.094.37(547.592)

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ш. Г. КАСУМОВ, А. А. ДАШДАМИРОВА, Ф. М. МАМЕДОВ,  
Х. И. САДЫХОВА, акад. Т. И. ШАХТАХТИНСКИЙ

### КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЦИКЛОГЕКСАНА В ЖИДКОЙ ФАЗЕ КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА

Известно, что продукты окисления циклоолефинов — окиси. Не-предельные кетоны и спирты — ценные мономеры органического син-теза.

Однако в литературе сведения о каталитическом жидкофазном окислении циклоолефинов, в частности циклогексена, ограничиваются лишь некоторыми патентами.

В работе [1] циклогексен окисляют кислородом воздуха в при-сутствии катализаторов на основе молибдена в интервале температур 70—250°C, при этом образуются продукты реакции с низким содер-жанием окиси циклогексена.

Известно также, каталитическое окисление циклогексена кисло-родом воздуха в бензольном растворе при 65—70°C с использованием смеси двух различных гомогенных катализаторов — ацетилацетонатов переходных металлов и молибденовых комплексов [2]. Продолжитель-ность реакции колеблется в пределах 20—45 ч, выход целевого про-дукта составляет 30—35%.

В работе [3] изучено окисление циклогексена кислородом воздуха при 70°C в присутствии смеси стеарата кобальта с гексакарбинолом молибдена и смеси стеарата кобальта с карбидом или боридом мо-либдена (соотношение стеарата кобальта к соединениям молибдена равно 1:10—1000). Выход продуктов окисления составляет 52,6%.

Однако следует отметить, что реакция окисления циклогексена в жидкой фазе в присутствии катализаторов исследована недостаточно.

Целью данного сообщения является исследование жидкофазного окисления циклогексена с использованием в качестве катализатора производных циклопентадиенилтрикарбонил марганца в интервале 40—80°C.

В результате исследований были установлены зависимости выхода продуктов реакции от температуры, продолжительности реакции, при-роды заместителя и лигандного окружения атома металла. Полученные данные приведены в таблице.

Как видно из данных таблицы, оптимальной температурой, при которой достигается максимальное количество гидроперекиси 44%, является температура 60°, расход кислорода воздуха — 0,2 л/мин, при использовании в качестве заместителя —  $\text{COCH}_2\text{Br}$ .

Подобная картина наблюдалась и при использовании в качестве заместителя —  $\text{COCl}$ ,  $-\text{C}(\text{OH})(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ .

Результаты окисления циклогексена в жидкой фазе кислородом воздуха в присутствии катализаторов L (CO)<sub>2</sub> Mn C<sub>5</sub> H<sub>5</sub> R

R	t, °C	Выход, %			
		Гидроперекись	Спирт	Кетон	Окись циклогексена
—COCl	80	34,4	17,5	27,3	3,8
—C (OH) (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	80	35,8	18,7	20,5	4,7
—COCH <sub>2</sub> Br	40	Следы	Следы	Следы	Следы
	60	43,6	9,6	10,6	5,7
	80	41,0	11,5	15,9	7,6
L = P (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> R = H	80	30,9	15,5	16,0	3,2
L = P (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> R = COC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	80	23,5	20,7	19,3	8,6

При проведении реакции в режиме 40°, нами наблюдались только следы ожидаемых продуктов окисления.

При температуре выше 60°C выход гидроперекисей снижался в результате их разложения, за счет чего увеличивались выходы спиртов, кетонов и оксидов.

Исследования зависимости выхода продуктов реакции от лигандного окружения атома металла и заместителя показали, что они практически не оказывают влияния на выход продуктов реакции. Было также установлено, что при увеличении продолжительности реакции более 5 ч в продуктах обнаруживаются высококипящие компоненты.

Исходный циклогексен получен по известной методике [4] при дегидратации циклогексанола над активной окисью алюминия марки А-1 в проточной системе, при 250—260°C и объ. ск. 0,5 ч. Полученный циклогексен являлся хроматографически чистым с показателями:

$$t_{\text{кн}}^{\circ} 82-83^{\circ}\text{C}, n_D^{20} 1,4465, d_4^{20} 0,8103.$$

Окисление циклогексена проводилось в стеклянном реакторе, изготовленном из стекла марки «пирекс».

Для производства каждого опыта использовалось 100 мл олефина. В качестве катализатора реакции окисления применялись комплексы различных производных циклопентадиенилтрикарбонил марганца в количестве 0,25 г. Опыты проводились при атмосферном давлении. Основными продуктами окисления циклогексена в жидкой фазе являются гидроперекиси, оксид циклогексена, циклогексенон-1 и циклогексенол-1.

Полученный оксидат подвергался ГЖХ анализу на хроматографе «Цвет-100» с использованием в качестве неподвижной фазы динонилфталата в количестве 12% от веса носителя — хроматона с зернением 0,2—0,25 мм.

При анализе использовали стеклянную колонку длиной 0,5 м и диаметром 6,0 мм. Рабочая температура колонки составляла 85°C, а испарителя — 120°C.

Литература

1. Пат. Японии, № 9691/71. кл. 16, 1971. с. 84. 2. Фузи А., Идо Р. — J. of Catalysis, 14, 1974, 2, 175—190. 3. Маркевич В. С. Гурилева С. Ю., Самаркова Г. С., Грингольц М. Л. А. с. СССР, № 643486, опубли. 25. I 1979, бюлл. № 3. 4. Мусатов М. Р., Гусейнова Э. С., Бадилова Г. Т. — Уч. зап. АзИНефтехим, № 3, 1977, с. 59.

Институт теоретических проблем химической технологии АН АзССР

Поступило 8. VIII 1983

Ш. Н. Гасымов, А. А. Дашдэмиров, Ф. М. Маммадов, Х. Н. Садыгова, Т. Н. Шахтахтински

ТСИКЛОГЕКСЕНИН МАЈЕ ФАЗАДА НАВАНЫН ОКСИКЕНИ ИЛЭ КАТАЛИТИК ОКСИДЛЭШМЭСИ

Тсиклогексен маје фазада тсиклопентадиенилчкарбонилманган төрэмэлэринин иштиракилэ оксидлэширилэрэк реаксиянын оптимал шэранти тапылмышдыр. Мүэј-јөн олунмушдур ки, алынган реаксия мәһсулларынын чыхымына температур, реаксиянын апарылма мүддэти мүсбэт тә'сир едир. Белэ ки, реаксиянын температуру 40°C-дөн 60°C-јә чатдырылдыгда да реаксиянын апарылма мүддэти 5 саат олдугда процесени әсас мәһсулларынын чыхымы максимума чатыр.

Sh. G. Kasumov, A. A. Dashdamirova, F. M. Mamedov, Kh. I. Sadykhova, T. N. Shakhhtakhtinsky

CATALYTIC OXIDATION OF CYCLOHEXANE IN THE LIQUID-PHASE BY AIR OXYGEN

The optimum performance of the liquid-phase oxidation of cyclohexane in the presence of the derivatives of cyclopentadiene dicarbonyl manganese is found.

It is shown that at 40—60°C and the reaction duration of 5 hours the output of the reaction principal products reaches its maximum.

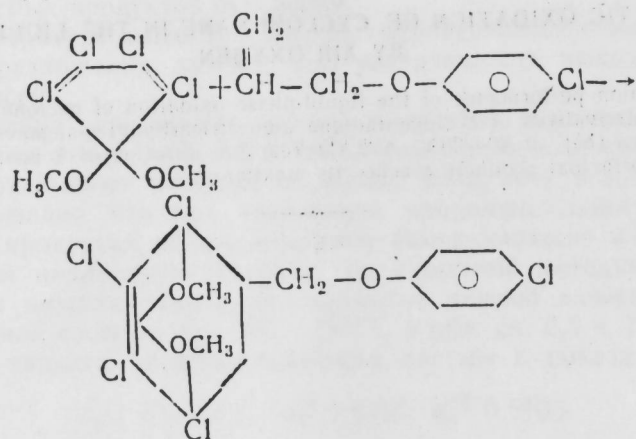


Т. А. УМУДОВ, Ф. Ф. МУГАНЛИНСКИЙ, чл.-корр. М. М. ГУСЕЙНОВ,  
МОНА АЛИ ЮСЕФ ТАБИТ

СИНТЕЗ 1,2,3,4-ТЕТРАХЛОР-7,7-ДИМЕТОКСИ-5  
(*n*-ХЛОРФЕНОКСИМЕТИЛ) БИЦИКЛО-(2,2,1)-ГЕПТЕНА-2

Ранее нами была изучена конденсация полигалондциклопентадиенов с диенофилами аллильного типа с целью выявления диенофильной активности, в зависимости от природы и положения заместителя на реакционную способность и стерическое направление реакции [1—5].

В настоящей работе приводятся результаты исследований по диеновой конденсации 5,5-диметокситетрахлорциклопентадиена (ДМТХЦПД) с *n*-хлорфенилаллиловым эфиром.



Структура полученного аддукта подтверждена данными ИК- и ПМР-спектроскопии, химическими превращениями, а чистота аддукта контролировалась тонкослойной хроматографией ( $R_f$  0,48).

В ИК-спектре синтезированного аддукта I выделяются полосы поглощения в областях 1612, 690—775, 1020—1278, 3000  $\text{см}^{-1}$ , характеризующие двойную связь, C—Cl связи, простую эфирную связь и ароматическое ядро соответственно.

ПМР-спектр, б.м.д. 1,8 (протоны циклического кольца), 3,45 (протоны метиленовых  $\text{CH}_2\text{O}$ —фрагмента), 6,65—7,40 (протоны ароматического кольца).

Исследования показали, что выход аддукта I при конденсации ДМТХЦПД с *n*-хлорфенилаллиловым эфиром, зависит от многих факторов, а именно: температуры, мольного соотношения реагирующих компонентов, продолжительности реакции. Результаты приведены в табл. 1—3.

Таблица 1

Влияние температуры на ход реакции ДМТХЦПД с *n*-хлорфенилаллиловым эфиром

Т-ра, °С	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Получено, 100 ДМТХЦПД	61,25	54,54	49,4	44,60	40,94	40,01	39,44	39,95	41,21	43,28
<i>n</i> -хлорфенилаллиловый эфир	14,47	10,39	6,88	4,02	1,72	—	—	—	—	—
Продукт конденсации	21,41	31,05	39,10	46,21	51,26	52,53	52,24	50,86	48,40	44,66
Остаток и потери	2,87	4,02	4,88	5,17	6,08	7,46	8,32	9,19	10,39	12,06
Выход аддукта на взятый непредельный эфир	34,5	50	63	74,5	82,5	84,6	84,20	82,0	78	72

Примечание. ДМТХЦПД — 13,2 г, *n*-хлорфенилаллиловый эфир — 4,22 г, продолжительность реакции — 5 ч.

Таблица 2

Влияние соотношения ДМТХЦПД *n*-хлорфенилаллиловым эфиром на выход аддукта

Молярное соотношение ДМТХЦПД:эфир	1:1	2:1	3:1	4:1
Взято, г ДМТХЦПД	6,6	13,2	19,8	26,40
<i>n</i> -хлорфенилаллиловый эфир	4,22	4,22	4,22	4,22
Получено, % ДМТХЦПД	17,74	40,01	55,95	64,68
<i>n</i> -хлорфенилаллиловый эфир	9,24	—	—	—
Продукт конденсации	61,92	52,53	37,80	29,75
Остаток и потери	11,10	7,46	6,25	5,39
Выход аддукта на взятый непредельный эфир	62	84,6	84,0	84,3

Примечание. Т-ра — 120 °С, продолжительность реакции — 5 ч.

Таблица 3

Влияние продолжительности опыта на ход реакции ДМТХЦПД с *n*-хлорфенилаллиловым эфиром

Продолжительность	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч	6 ч
Получено, % ДМТХЦПД	59,93	51,66	47,42	43,92	40,01	39,10
<i>n</i> -хлорфенилаллиловый эфир	13,61	8,04	4,01	2,30	—	—
Продукт конденсации	23,53	36,57	43,40	47,47	52,53	52,29
Остаток и потери	2,87	3,73	5,17	6,31	7,46	8,61
Выход аддукта на взятый непредельный эфир	37,9	58,9	69,9	76,5	84,6	84,3

Примечание. Т-ра — 120 °С, ДМТХЦПД — 13,2 г, *n*-хлорфенилаллиловый эфир — 4,22 г.

Влияние температуры изучено в интервале 70—160°C, продолжительности реакции — 1—6 ч, при мольном соотношении диен: диенофил от 1:1 до 4:1.

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, выход 1,2,3,4-тетрахлор-7,7-диметокси-5 (*n*-хлорфеноксиметил) бисцикло-(2,2,1)-гептена-2 увеличивается с 34,5 до 84,6% при повышении температуры с 70 до 120°C. Увеличение температуры процесса выше 120°C приводит к снижению выхода аддукта I за счет образования высокомолекулярных веществ.

Максимальный выход аддукта I, равный 84,6%, достигается при мольном соотношении реагирующих компонентов — ДМТХЦПД: *n*-хлорфенилаллиловый эфир, равном 2:1, в то время как при их эквимолярном соотношении выход аддукта составляет всего 62%.

Дальнейшее увеличение соотношения в пользу ДМТХЦПД до 4:1 не оказывает существенного влияния на выход аддукта (табл. 2).

Изучение влияния продолжительности реакции на ход процесса показало, что наибольший выход аддукта I достигается при продолжительности реакции 5 ч (табл. 3).

Таким образом, оптимальными условиями процесса конденсации ДМТХЦПД с *n*-хлорфенилаллиловым эфиром являются: т-ра 120°C, продолжительность реакции — 5 ч, мольное соотношение ДМТХЦПД: *n*-хлорфенилаллиловый эфир — 2:1.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

##### Условия хроматографирования

Пластины размером 13×18 см, угол наклона — 15°, адсорбент Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, толщина слоя — 0,5 мм.

Анализируемая проба — 0,5 мкг, элюент — смесь гексана и дихлорэтана (1:4). ИК-спектры снимали на приборе ИР-20, а ПМР-спектры — на спектрометре «Tesla» BS 487 В с рабочей частотой 80 мгц в растворах CD<sub>3</sub>CN и (CD)<sub>3</sub>CO.

В качестве внутреннего стандарта использовали ГМДС.

Синтез 1,2,3,4-тетрахлор-7,7-диметокси-5 (*n*-хлорфеноксиметил) бисцикло-(2,2,1)-гептена-2.

13,2 г (0,05 моля) ДМТХЦПД и 4,22 г (0,025 моля) *n*-хлорфенилаллилового эфира нагревали в запаянной ампуле при 120°C в течение 5 ч. Ампулу вскрывали и содержимое ее подвергали разгонке. После отгонки избытка ДМТХЦПД, а из остатка при стоянии в течение 3 суток выпали кристаллы 1,2,3,4-тетрахлор-7,7-диметокси-5 (*n*-хлорфеноксиметил) бисцикло-(2,2,1)-гептена-2, которые после перекристаллизации из системы растворителей гексан-дихлорэтан (1:4), имели т. пл. 76°C.

##### Вывод

Изучено влияние различных факторов на конденсацию 5,5-диметокситетрахлорциклопентадиена с *n*-хлорфенилаллиловым эфиром и установлены оптимальные условия реакции.

#### Литература

1. Умудов Т. А., Муганлинский Ф. Ф., Гусейнов М. М., Хусейн Али Аммар, Кязимов А. С. — Азерб. хим. ж., № 2, 1981, 76.
2. Муганлинский Ф. Ф., Гусейнов М. М., Умудов Т. А., Кязимов А. С., Хусейн Али Аммар. — Докл. АН Азерб. ССР, № 11, 1981, 49.
3. Муганлинский Ф. Ф., Умудов Т. А., Кязимов А. С., Хусейн Али Аммар. — Азерб. хим. ж., № 3, 1982, 66.
4. Муганлинский Ф. Ф., Умудов Т. А., Гусейнов М. М., Хусейн Али Аммар, Кязимов А. С. — Азерб. хим. ж., № 4, 1980, 51.
5. Гусейнов М. М., Муганлинский Ф. Ф., Умудов Т. А., Кязимов А. С., Хусейн Али Аммар. — Докл. АН Азерб. ССР, № 1, 1982, т. 38, 43.

Азербайджанский институт  
нефти и химии им. М. Алишбекова

Поступило 8. IV 1983

Т. А. Умудов, Ф. Ф. Муганлинский, М. М. Гусейнов, Мона Эли Юсеф Табит

#### 1, 2, 3, 4-ТЕТРАХЛОР-7,7-ДИМЕТОКСИ-5 (*n*-ХЛОРФЕНОКСИМЕТИЛ) БИЦИКЛО-(2, 2, 1)-ГЕПТ-2-ЕНИИ СИНТЕЗИ

Мағаләдә 5,5-диметокситетрахлорциклопентадиенлә *n*-хлорфенилаллил эфиринини конденсациясы асасында 1, 2, 3, 4-тетрахлор-7,7-диметокси-5 (*n*-хлорфеноксиметил) бисцикло-(2, 2, 1)-гепт-2-енини синтездән бәһе едилди.

Көстәрилмишдир ки, реакция мәһсулунын чыгымы температурдан, вахтдан вә аддендлярин инсәбәтиндән асылдыр.

T. A. Umudov, F. F. Mugaunlinsky, M. M. Guseinov, Mona Aly  
Joussif Thabit

#### SYNTHESIS OF THE 1,2,3,4-TETRACHLORO-7,7-DIMETHOXY-5- (*p*-CHLOROPHENOXYMETHYL) BICYCLO-(2,2,1)-HEPTEN-2

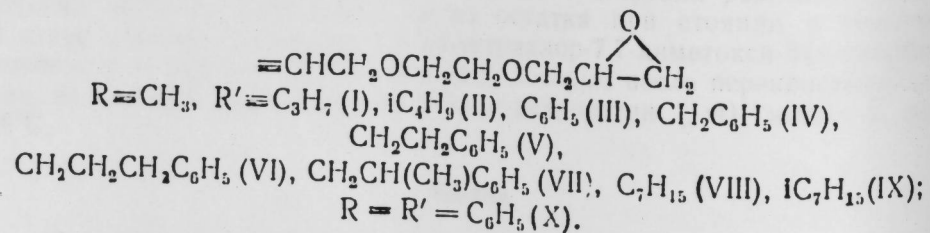
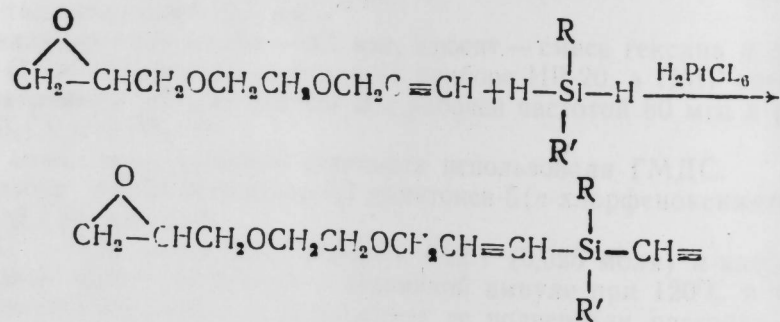
The reaction of diene condensation of 5,5-dimethoxytetrachlorocyclopentadienes with *p*-chlorophenylallyl ether is given. Optimal conditions of the process are investigated.

Р. А. СУЛТАНОВ, Т. Ш. ГАЗАРОВ, Ш. А. ТАРВЕРДИЕВ  
НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ  $\alpha,\omega$ -ДИЭПОКСИОРГАНОСИЛАНЫ

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

Диэпоксидные соединения, не содержащие атом кремния, являются исходным сырьем для синтеза ряда дифункциональных мономеров (диспиртов, диаминов) и поликонденсационных полимеров [1]. Наличие в мономерах указанного типа атома кремния должно придавать им специфические химические и физико-технические свойства. В частности, можно ожидать, что резино-технические изделия на их основе должны обладать широким диапазоном эксплуатационных свойств (повышенной термостабильностью и устойчивостью к агрессивным средам, меньшей горючестью и т. д.). Несмотря на это как в отечественной, так и зарубежной литературе отсутствуют какие-либо исследования в области разработки методов синтеза непредельных кремнийсодержащих  $\alpha,\omega$ -диоксидей.

В настоящей работе для выявления возможности получения непредельных  $\alpha,\omega$ -диоксидей, содержащих атом кремния и изучения их свойств, осуществлено каталитическое присоединение дигидридов кремния к 1-пропаргилокси-2-глицидилоксиэтану при соотношении реагирующих компонентов 1 : 2 соответственно.



Строение полученных аддуктов, индивидуальность которых установлена методом ТСХ, доказано данными ИК- и ЯМР-спектроскопии. В ИК-спектрах полученных эпоксициланов (I—X) присутствуют по-

лосы поглощения при 865, 920 и 3060 см<sup>-1</sup>, характерные для эпоксициклового цикла [2], а также частоты 1255 и 1430 см<sup>-1</sup>, присущие колебаниям Si—C<sub>ал.</sub> и Si—C<sub>ар.</sub>, соответственно [3]. Полосы, характеризующие связь Si—H и C≡C в спектрах, отсутствовали. Хотя с валентными колебаниями дизамещенного этилена X—CH=CH—Y связан абсорбционный пик в области 1665—1680 см<sup>-1</sup> [4], однако смещение этого пика в сторону низких частот 1610<sup>-1</sup> см в спектрах диэпоксисиланов может быть объяснено оттягиванием π-электронов связи C=C на вакантные 3d-орбитали атома кремния [3] в группировке Si—CH=CH—.

Полученные  $\alpha,\omega$ -диэпоксирганосиланы оказались соединениями с высокой реакционной способностью и легко вступали в реакции с реагентами нуклеофильного характера. В частности, при взаимодействии эпоксицилана (I) с N,N-ди(β-цианоэтил)этилендиамином в присутствии воды как катализатора получен олигомерный цианосодержащий аминоспирт (XI), M 3070. В его спектре имеется интенсивная полоса при 2250 см<sup>-1</sup>, характерная валентным колебаниям цианогруппы и широкая полоса 3390 см<sup>-1</sup> (гидроксил с межмолекулярной водородной связью).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1-пропаргилокси-2-глицидилоксиэтан получен взаимодействием монопропаргилового эфира этиленгликоля с эпихлоргидрином в присутствии трехфтористого бора с последующим дегидрохлорированием образовавшегося хлоргидрина.

Т. кип. 87°C (0,1 мм),  $n_D^{20}$  1,8775,  $d_4^{20}$  1,0642.

ИК-спектры сняты в тонком слое на спектрометре UR-20 с призмой NaCl и LiF.

$\alpha,\omega$ -ди(γ-глицидилоксиэтилоксипропенил)метилпропилсилан (I)

В колбу с обратным холодильником, снабженным хлоркальциевой трубкой, поместили 15,6 г свежеперегнанного 1-пропаргилокси-2-глицидилоксиэтана, 5,8 г метилпропилсилана, 0,1 мл раствора платинохлористоводородной кислоты в безводном изопропиловом спирте и 60 мл безводного бензола. Содержимое колбы кипятили в течение 48 ч, после отгонки растворителя и не вошедших в реакцию компонентов вакуумной перегонкой выделено соединение (I), выход — 13,9 г (65%), т. кип. 205—207° (0,5 мм),  $n_D^{20}$  1,4813,  $d_4^{20}$  1,0354, MR 110, 15, выч. 109,33, найд., %: С 60,21, Н 9,18, Si 7,19. C<sub>20</sub>H<sub>36</sub>O<sub>6</sub>Si. Выч., %: С 59,96, Н 9,06, Si 7,01.

Аналогично получены соединения (II—X), свойства которых приведены в таблице.

Взаимодействие диэпоксисилана (I)  
с N,N-ди(β-цианоэтил)этилендиамином

16,1 г смеси свежеперегнанного диэпоксисилана (I), 6,6 г N,N-ди(β-цианоэтил)этилендиамина и 0,05 мл воды перемешивали 70 ч при 60°. Образовавшуюся густую массу растворяли в 200 мл безводного бензола и отфильтровывали. После отгонки растворителя

Свойства диэпоксисплатанов

№ соед.	$n_D^{20}$	$d_4^{20}$	MR		Найдено, %			Формула	Вычислено, %		
			най	выч.	C	H	Si		C	H	Si
II	1,4777	1,0101	114,28	114,41	60,97	9,16	6,59	$C_{21}H_{38}O_6Si$	60,83	9,24	6,77
III	1,5253	1,1099	120,10	120,34	63,63	7,91	6,57	$C_{21}H_{34}O_6Si$	63,56	7,88	6,46
IV	1,5240	1,0958	125,23	125,15	65,4,2	8,16	6,39	$C_{21}H_{30}O_6Si$	64,25	8,09	6,26
V	1,5209	1,0924	128,97	129,39	64,79	8,36	6,19	$C_{27}H_{34}O_6Si$	64,90	8,28	6,07
VI	1,5153	1,0732	134,05	134,02	65,63	8,58	6,02	$C_{27}H_{40}O_6Si$	65,51	8,46	5,89
VII	1,5171	1,0818	133,34	134,02	65,69	8,61	6,01	$C_{26}H_{40}O_6Si$	65,51	8,46	5,89
VIII	1,4817	1,0165	128,05	128,30	63,31	9,88	6,28	$C_{24}H_{44}O_6Si$	63,12	9,71	6,15
IX	1,4788	1,0132	127,79	128,30	63,20	9,49	6,21	$C_{24}H_{44}O_6Si$	63,12	9,71	6,15
X	1,5578	1,1363	140,83	140,16	67,67	7,11	5,43	$C_{23}H_{34}O_6Si$	67,71	7,31	5,65

\* Вакуумировали на сплаве Вуда в токе азота при 200 °С (0,3 мм)

остаток вакуумировали в токе азота при 200 °С и остаточном давлении 0,5 мм. Получено 22,5 г цианосодержащего кремнийорганического аминоспирта (XI), M 3070 (криоскопически в бензоле). Найд., %: N 9,73  $C_{28}H_{50}N_4O_6S$ , выч., %: N 9,92.

Выводы

1. Разработан метод получения  $\alpha, \omega$ -диэпоксисиланов, основанный на реакции присоединения дигидридов кремния типа  $H_2SiR_2$  к 1-пропаргилокси-2-глицидилоксигетану в присутствии платинохлористоводородной кислоты.

2. Показано, что полученные диоксиды являются реакционноспособными соединениями и легко вступают в реакцию с диаминами с образованием олигомерных кремнийорганических аминоспиртов.

Литература

1. Пакен А. М. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы. — ГХИ, 1962.
2. Казыцина Л. А., Куплетская Н. Б. Применение УФ-, ИК-, и ЯМР-спектроскопии в органической химии. — М.: Высшая школа, 1971.
3. Бажаит В., Хааловски В., Ратоуски И. Соликоны — ГХИ, 1960.
4. Беллами Л. Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул. — М.: ИЛ, 1971.

Сумгаитский филиал АЗИНЕФТЕХИМа  
им. М. Азизбекова

Поступило 7. I 1983

Р. А. Султанов, Т. Ш. Газаров, Ш. А. Тарвердиев

ДОЛМАМЫШ  $\alpha, \omega$ -ДИЭПОКСИОРГАНОСИЛАНЛАР

Платин туршусунун иштиракилә  $H_2SiR_2$  типли силансунун дигидридляринин 1-пропаргилокси-2-глицидилоксигетану бирләшмәси реакциясы эсасында  $\alpha, \omega$ -диэпоксисиланларын алынмасы үсүлу ишләниб назырланмышдыр.

Көстәрилмишдир ки, алынмыш диоксидләр жүксәк реакцияја кирмә габиллјәтинә малик олан бирләшмәләрдир.

R. A. Sultanov, T. Sh. Gazarov, Sh. A. Tarverdiev

UNSATURATED  $\alpha, \omega$ -DIEPOXYORGANOSILANES

A method for preparation of  $\alpha, \omega$ -diepoxyorganosilanes is developed. It is based on the addition reaction of silicon dihydrides of  $H_2SiR_2$  type to 1-propargyloxy-2-glycidiloxyethane in the presence of hydrochloroplatinic acid. It is shown that dioxides obtained are reactive compounds and readily go into the reaction with diamines to form oligomeric organo-silicon aminoalcohols.

УДК 541.123541.20

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. Н. МАМЕДОВ, З. Б. БАГИРОВ, М. И. ЗАРГАРОВА

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КВАЗИБИНАРНЫХ СИСТЕМ ТИПА  $A_pB_q - A(B)$

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

Подсистемы  $A_pB_q - A(B)$  двойной системы  $A - B$  с образованием соединения  $A_pB_q$  могут быть рассмотрены как самостоятельные квазибинарные системы с эвтектической фазовой диаграммой. Например, системы  $InSb(InAs) - In$ ,  $CdTe - Cd$  являются граничными для квазитройных систем  $InSb(InAs) - In - EdTe$ ,  $InSb - CdTe + Cd$  [1], которые представляют интерес для разработки режима кристаллизации полупроводникового соединения из жидкого раствора. Системы  $A_pB_q - A(B)$  представляют интерес и для апробации уравнений фазовых равновесий квазибинарных систем [2, 3], а также для изучения характера структуры и взаимодействия в жидкой фазе. Несколько десятков публикаций (см. обзоры [4, 5]) посвящены расчету избыточных термодинамических функций смешения в рамках модели ассоциированных растворов, в которых, основываясь на эвтектическом характере фазовой диаграммы систем  $A_pB_q - A(B)$  авторы цитируемых работ полагают, что жидкую фазу составляют атомы  $A, B$  и ассоциаты  $A_pB_q$ . Вместе с этим, как указано в [4], результаты прямых структурных исследований показывает, что состав группировок в жидком состоянии не всегда соответствует составу прочных соединений, образующихся в данной системе. Несоответствие между положением экстремума для избыточных термодинамических функций смешения жидких растворов и составом соединения, образующегося в твердом состоянии, обнаружено в системах  $In - Sb$  [6, 7] и  $Cd - As$  [8].

В настоящей работе проведена апробация уравнений фазовых равновесий, полученных в [2, 3], на квазибинарных системах типа  $A_pB_q - A(B)$ , в частности, на системах  $InSb - In(Sb)$  и  $Cd_3As_2 - As$ , и обсуждается характер взаимодействия и распределение компонентов жидкой фазы на основе данных, вычисленных как из фазовых диаграмм, так и из величин, определенных экспериментальным путем. Значения парциальной избыточной свободной энергии смешения компонента  $A_pB_q$  вычислены по известному уравнению:

$$\overline{\Delta G}_i^{II} = T (\Delta S_i^{II} - R \ln x_i) - \Delta H_i^{II} \quad (1)$$

и по уравнению, предложенному в работе [2]:

$$\overline{\Delta G}_i^{II} = T [\Delta S_i^{II} - R \ln f_i(x)] - \Delta H_i^{II} \quad (2)$$

В уравнениях 1, 2:  $T$  — температура,  $\Delta S_i^{II}$ ,  $\Delta H_i^{II}$  — энтропия и теплота плавления соединения  $A_pB_q$ ,  $x_i = \frac{n_{A_pB_q}}{n_{A_pB_q} + n_{A(B)}}$ ,  $f(x)$  — специаль-

ные функции для идеальных растворов квазибинарных систем, учитывая, что в качестве стандартного состояния принято переохлажденное  $A_p B_q$ . В случае растворов  $(A_p B_q)_x (A)_{1-x}$  и  $(A_p B_q)_x (B)_{1-x}$  функция  $f(x)$  для первого компонента имеет вид, соответственно:

$$f_1(x) = (x_1 + x_2/p)^p x_1^q \left( \frac{p+q}{N} \right)^{p+q} \quad (3)$$

$$f_1(x) = (x_1 + x_2/q)^q x_1^p \left( \frac{p+q}{N} \right)^{p+q} \quad (4)$$

где  $N = x_1(p+q) + x_2$ . Если  $p+q=1$ , то  $N=1$ . Во всех соотношениях, приведенных в тексте работы, символ „ $\Delta$ “ означает термодинамическую функцию смешения растворов квазибинарной системы, а символ „ $\Delta$ “ — соответствующую величину для растворов  $A$  и  $B$ .

Интегральная избыточная свободная энергия смешения жидких растворов систем вычислена по соотношению:

$$|\Delta G^u| = (1-x_1) \int_0^{x_1} \frac{|\Delta \bar{G}_1^u|}{(1-x_1)^2} dx_1 \quad (5)$$

Значения  $|\Delta \bar{G}_1^u|$  и  $|\Delta G^u|$ , вычисленные по уравнениям 1, 2, отличаются по знаку (рис. 1–3). Для того, чтобы проверить, какая информация достоверна, избыточные величины смешения жидких растворов систем  $A_p B_q - A(B)$  также были вычислены по соотношениям:

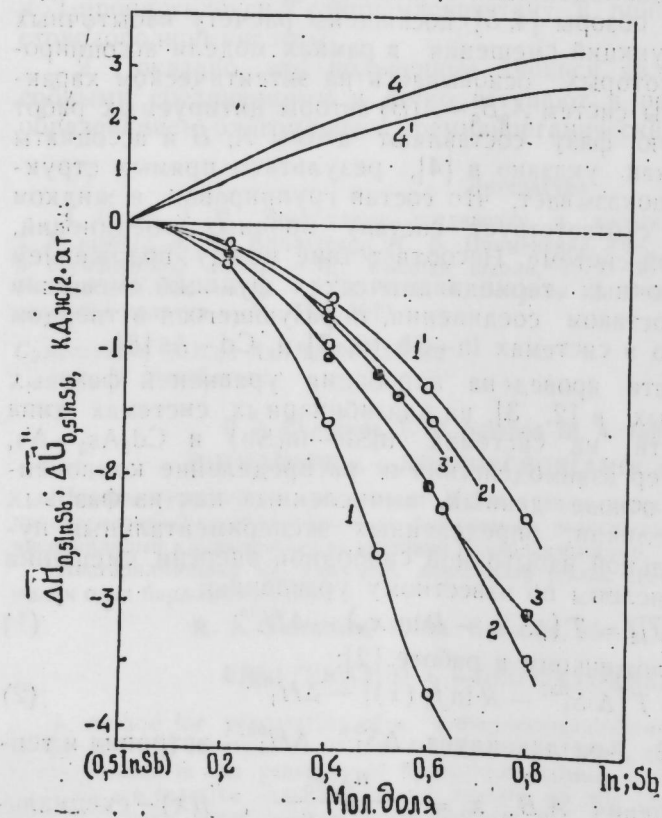


Рис. 1. Парциальные энтальпии ( $1, 1'$ ) и избыточные свободные энергии смешения ( $2, 2', 3, 3', 4, 4'$  при  $T_{ликв.}$ ) антимонида индия для жидких сплавов квазибинарных систем:  $0,5 \text{ InSb-In}$  (кр.  $1, 2, 3, 4$ );  $0,5 \text{ InSb-Sd}$  ( $1', 2', 3', 4'$ );  $1, 1', 2, 2'$  — расчет по уравнению 6 на основе экспериментальных данных [6, 7],  $3, 3'$  — расчет по 2,  $4, 4'$  — расчет по 1

$$|\Delta Z (\Delta \bar{H}_1, |\Delta \bar{G}_1)| = \left( \frac{p}{p+q} \cdot \Delta Z_{\lambda,x}^u + \frac{q}{p+q} \cdot \Delta Z_{\nu,x}^u \right) - \Delta Z_1^{u,0} \quad (6)$$

$$|\Delta Z^u| = |\Delta Z_x^u - x_1 \cdot \Delta Z^{u,0}| \quad (7)$$

исходя из того, что величины  $|\Delta Z_1^u|, |\Delta Z^u|$  относятся к процессу;

$$x_1 \cdot A_p B_q^{pk} + x_2 (A^x \text{ или } B^{pk}) = (A_p B_q)_{z_1} (A; B)_{x_2} \quad (8)$$

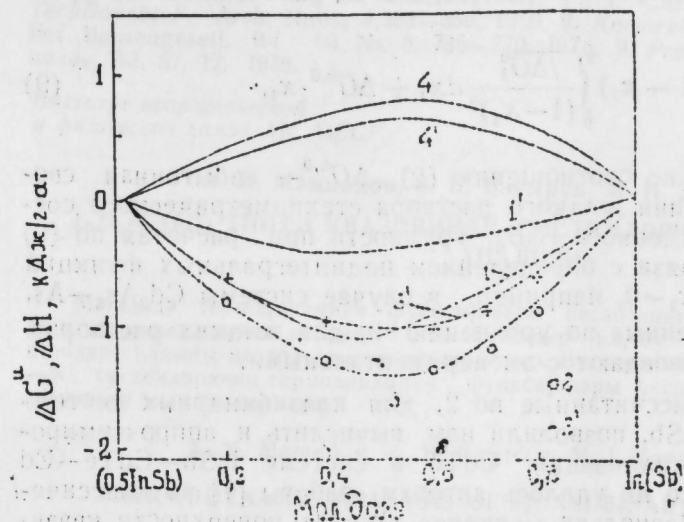


Рис. 2. Интегральные энтальпии ( $1, 1'$ ) и избыточные свободные энергии смешения ( $2, 3, 4$  при  $T_{ликв.}$  антимонида индия для жидких сплавов систем:  $0,5 \text{ InSb-In}$  (кр.  $1-4$ ) и  $0,5 \text{ InSb-Sb}$  ( $1'-4'$ ),  $1, 1', 2, 2'$  — расчет по уравнению 7 на основе экспериментальных данных [6, 7],  $3, 3'$  — расчет по 2,5;  $4, 4'$  — расчет по 1,5

В уравнениях 6, 7:  $\Delta Z_{\lambda,x}^u, \Delta Z_{\nu,x}^u$  — парциальные мольные избыточные величины компонентов  $A$  и  $B$  для жидких растворов составов  $A_{x_1+x_2} B_{x_1q}$  или  $B_{x_1q+x_2}$ ,  $\Delta Z_x^u$  — соответствующая интегральная величина для этих же составов,  $\Delta Z_1^{u,0}$  интегральная избыточ-

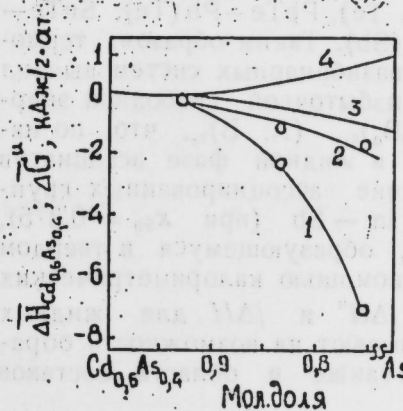


Рис. 3. Парциальные энтальпии ( $1$ ) и избыточные свободные энергии смешения ( $2, 3, 4$ ) арсенида кадмия для жидких сплавов системы  $0,2 \text{ Cd}_3\text{As}_2\text{-As}$ :  $1, 2$  — расчет по 6 на основе экспериментальных данных [8];  $3$  — расчет по 2;  $4$  — расчет по 1.

ная величина смешения для стехиометрического состава. В расчетах для величин в правой части уравнений 6, 7 использованы данные, полученные методом эдс и калориметрии [6–8]. Значения  $|\Delta \bar{G}_1^u|$ , вычисленные по уравнению 2, в отличие от данных, полученных по (1), находятся в соответствии с экспериментальными (рис. 1, 3). В силу того, что для  $\Delta H_{\text{InSb}}^{u,0}$  и  $\Delta S_{\text{InSb}}^{u,0}$  имеются надежные данные, значения  $|\Delta \bar{G}_1^u|$  и  $|\Delta G^u|$ , полученные по формулам (2, 5) и (6, 7),

в случае системы In—Sb практически совпадают (рис. 1, 2). Экзотермический тепловой эффект для жидких растворов систем InSb—In(Sb) и  $Cd_3As_2$ —As находится в соответствии с отрицательными значениями  $|\Delta G^u$ .

Термодинамический анализ подсистем  $A_p B_q - A(B)$  позволяет также строгим путем вычислить избыточную свободную энергию смешения жидких растворов из чистых A и B, основываясь на уравнении:

$$\Delta G^u = (1 - x_1) \int_0^{x_1} \frac{|\Delta G_1^u}{(1 - x_1)^2} dx_1 + \Delta G^{u,0} \cdot x_1, \quad (9)$$

где  $|\Delta G_1^u$  вычисляется по соотношению (2),  $\Delta G^{u,0}$  — избыточная свободная энергия смешения жидкого раствора стехиометрического состава, т. е. — переохлажденного  $A_p B_q$ . Трудности при расчетах по (9) могут возникнуть в связи с определением подинтегральных функций в области составов  $x_1 \rightarrow 0$ , например, в случае системы  $Cd_3As_2$ —As. Значения  $\Delta G^u$ , вычисленные по уравнению 9, для жидких растворов In—Sb практически совпадают с экспериментальными.

Значения  $|\Delta G_1^u$ , рассчитанные по 2, для квазибинарных систем ICdTe—Cd и CdTe—InSb, позволили нам вычислить и аппроксимировать поверхности кристаллизации CdTe в системе InSb—CdTe—Cd (с точностью  $\pm 5$ ), что не удалось авторам работы [1] по классическому уравнению 1. Поскольку методика расчета поверхности квазитройных систем требует подробного изложения, этот вопрос в рамках настоящей статьи не рассматриваем.

Из рис. 1—3 следует, что жидкие растворы  $(0,5 \text{ In Sb})_{x_1} [\text{In(Sb)}]_{x_1}$ ,  $(0,2 \text{ Cd}_3\text{As}_2)_{x_1} (\text{As})_{x_2}$  образуются уменьшением избыточной свободной энергии и энтальпии смешения. Такие же результаты были получены и в рассмотрении систем  $Tl_2X - X$  ( $X = \text{Se}, \text{Te}$ ),  $PbTe - Pb$  (Te);  $SnTe - Sn$  (Te),  $CdTe - Cd$  (Te),  $GaSb - Ga$  (Sb). Таким образом, термодинамический анализ рассматриваемых квазибинарных систем выявил экзотермический характер теплоты и избыточной свободной энергии смешения жидких растворов  $(A_p B_q)_{x_1}$ ,  $(A; B)_{x_2}$ , что, по нашему мнению, связано с образованием в жидкой фазе ассоциатов состава  $A_{p+n} B_q$  или  $A_p B_{q+n}$ . Наличие ассоциированных группировок в жидкой фазе системы In—Sb (при  $x_{Sb} = 0,375$ ), несоответствующей составу соединения, образующемуся в твердом состоянии, ранее были обнаружены с помощью калориметрических измерений [9]. Отрицательные значения  $|\Delta G^u$  и  $|\Delta H$  для жидких сплавов системы InSb—Sb (рис. 2) указывают на возможность образования ассоциированных группировок также в области составов  $x_{Sb} > 0,5$ .

Термодинамический анализ квазибинарных систем позволяет также обосновать выбор модели ассоциированных растворов для рассматриваемой системы, например, для жидких растворов  $KPb - K$  и  $KPb - Pb$ ,  $|\Delta G^u| \approx 0$ . Поэтому избыточные термодинамические функции смешения жидких растворов  $K - Pb$ , вычисленные авторами [4] на основе модели идеальных ассоциированных растворов, находятся в соответствии с экспериментальными.

## Литература

1. Рязанцев А. А., Телегина М. П. — Ж. неорг. химии, 23, 1973, 8; 2211—2216.
2. Мамедов А. Н., Заргарова М. И. — Ж. физич. химии, 3, 1979; 731—732. 3. Мамедов А. Н., Заргарова М. И. — Докл. АН Азерб. ССР, 3; 1981; 22—25. 4. Морачевский А. Г., Майорова Е. А. В кн.: Физико-химические исследования металлургических процессов. — Свердловск: Изд-во УПИ, 1980. 5. Глазов В. М., Павлова Л. М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. М.: Металлургия, 1981.
6. Wittig F. E., Gehring E., Bunsengesell. Phys. Chem., v. 51, 29—34, 1957. 7. Terpilovski F. Arch. Hutn., 4, 353—360, 1959. 8. Komarek K. L., Mikula A., Hauer E. Ber. Bunsengesell., Bd 80, Nr. 8, 765—770, 1976. 9. Predel B., Oehme G. Z. Metallkunde, Bd. 67, 12, 1976.

Институт неорганической  
и физической химии АН АзССР

Поступило 27. IV 1983

А. Н. Мамедов, З. Б. Багыров, М. И. Заргарова

### $A_p B_q - A(B)$ ТИПЛИ КВАЗИБИНАР СИСТЕМЛЭРИН ТЕРМОДИНАМИКИ АНАЛИЗИ

Мәғаләдә термодинамика функцијалары һесабламағ үчүн Шредер тәһлијини јени, тәкмилләшмиш вариант ишләнишидир ки, бу да илкии компонентини реал стандарт һалыни һәзәрә алмаға һикан верир. Бу тәһликлә InSb—In(Sb) вә  $Cd_3As_2$ —As системләрини термодинамика функцијалары һесабланьыш вә тәчрүбә илә үјгүһлуғу көстәрилмишидир.

A. N. Mamedov, Z. B. Bagirov, M. I. Zargarova

### THERMODYNAMIC ANALYSIS OF QUASI-BINARY SYSTEMS OF TYPE $A_p B_q - A(B)$

In the present article, the series of equations are derived for thermodynamic analysis of the liquidus quasi-binary systems. The proposed method is used to calculate the thermodynamic properties of the alloys of systems InSb—In(Sb) and  $Cd_3As_2$ —As.

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДВУХФАЗНЫХ СИСТЕМАХ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. Х. Мирзаджанзаде)

В последнее время наблюдается повышенный интерес к проблеме распространения волн в различных двухфазных средах. В трубной гидравлике задача о характере распространения волновых процессов в смеси жидкости с пузырьками газа как в теоретическом, так и в экспериментальном плане, исследована достаточно полно [1—3], по сравнению с аналогичной задачей в подземной гидравлике. В настоящей работе изложены результаты исследований процесса распространения волн при фильтрации газожидкостной смеси с малым газосодержанием  $\varphi \ll 1$ . Предполагаем, что газовая фаза содержится в виде пузырьков одного размера. В общем случае следует учитывать пульсацию пузырьков и соответствующее радиальное движение жидкости в их окрестности. Инерция жидкости приводит к зависимости скорости звука от частоты колебаний, т. е. к дисперсии акустических волн. Уравнение движения одномерного потока жидкости с мелкодиспергированным в ней газом в пористой среде запишем в виде обобщенного уравнения Эйлера-Жуковского [5]. Учет инерционных членов имеет принципиальное значение при расчете скорости распространения волн в двухфазной системе. При отбрасывании инерционных членов акустические скорости получаются бесконечными, а для того, чтобы более точно исследовать процессы, возникающие в начальные моменты после прихода фронта волны давления, необходимо учитывать конечное значение скорости звука.

$$\frac{1}{m} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{1}{m} \left( \omega \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\omega}{m} \right) \right) = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\mu}{\kappa} \omega \quad (1)$$

Уравнение неразрывности:

$$m \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial (m)}{\partial t} = - \frac{\partial (\rho \omega)}{\partial x} \quad (2)$$

где  $t$ —время,  $x$ —координата,  $\omega$ —скорость движения смеси,  $\rho$ —плотность смеси,  $P$ —давление,  $\mu$ —вязкость,  $\kappa$ —проницаемость,  $m$ —пористость.

Рассмотрим систему при условии, что расстояние между пузырьками газа намного больше их радиуса и существенно меньше длины волны или ширины возмущения.

Для замыкания уравнений (1), (2), установим связь между изменением давления  $\delta p$  и изменением плотности смеси  $\delta \rho$ , для этого

используем уравнение Рэлея для пульсации одиночного пузырька с учетом влияния вязкости жидкой среды:

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left( \frac{dR}{dt} \right)^2 = - \frac{1}{\rho_1} (p_\infty - p(R)) - \frac{4\mu}{R} \frac{dR}{dt} \quad (3)$$

Здесь  $p(R)$ —давление на границе пузырька,  $p_\infty$ —давление в окружающей среде,  $\rho_1$ —плотность жидкости,  $R$ —радиус пузырька.

На основании уравнения (3) и элементарных соотношений гомогенной модели, связывающих радиус пузырька  $R$  с плотностью смеси  $\rho$  [1, 3], имеем

$$\delta p = \frac{p_0^2}{\rho_1 \varphi_0 (1 - \varphi_0)} \delta \rho + \frac{4}{3} \frac{\nu}{(1 - \varphi_0) \varphi_0} \frac{d \delta \rho}{dt} + \frac{R_0^2}{3(1 - \varphi_0) \varphi_0} \frac{d^2 \delta \rho}{dt^2} \quad (4)$$

где  $p$ —давление в смеси,  $p_0$ —равновесное давление в смеси,  $R_0$ —равновесный радиус газового пузырька,  $\nu$ —кинематическая вязкость,

$\varphi_0 = \frac{4}{3} \pi R_0^3 N \rho$ —истинное объемное газосодержание. Коэффициент

при приращении плотности смеси  $\delta \rho$  совпадает с выражением для низкочастотной аппроксимации скорости звука в двухфазной среде [1, 3]. Рассмотрение задачи будет построено на представлении о

малости возмущений и безразмерных коэффициентов при  $\frac{d \delta \rho}{dt}$  и

$\frac{d^2 \delta \rho}{dt^2}$ . Предполагается, что возмущения основных газодинамических

величин  $\Delta \rho / \rho_0$ ,  $\Delta p / p_0$ ,  $\omega / (a_0 m)$  имеют некоторой порядок малости  $\epsilon$

и безразмерные коэффициенты при  $\frac{d \delta \rho}{dt}$  и  $\frac{d^2 \delta \rho}{dt^2}$  имеют тот же порядок малости  $\epsilon$ . Пористую среду считаем малосжимаемой.

$$m - m_0 = \beta (p - p_0) \quad (5)$$

$\beta \ll 1$ —коэффициент сжимаемости пористой среды.

Подставляя (4) в (5), и учитывая замечания о малости коэффициентов при  $\frac{d \delta \rho}{dt}$  и  $\frac{d^2 \delta \rho}{dt^2}$ , получаем  $\bar{m} \sim \alpha \rho$ , где

$$\alpha = \frac{m_0}{\rho_0} + \beta a_0^2 - \frac{\beta}{\rho_0} p_0 \quad (6)$$

При выводе уравнений используются методы нелинейной волновой динамики [4]. Величина  $\beta \ll 1$  имеет порядок малости  $\epsilon^2$ , следовательно  $\frac{d m}{d t}$  (аналогично  $\frac{d m}{d x}$ ) очень малая величина порядка  $\epsilon^3$ .

Отбросим второе слагаемое в уравнении (2), как малую по сравнению с  $\frac{d \rho}{dt}$ .

Найдем выражения для  $\frac{d \delta \rho}{dt}$  и  $\frac{d^2 \delta \rho}{dt^2}$  из уравнения непрерывности и волнового уравнения, написанных с точностью до  $\epsilon$ :

$$(a) \frac{d\delta\rho}{dt} = -\frac{\rho}{m} \frac{\partial\omega}{\partial x} + O(\varepsilon^2); (b) \frac{d^2\delta\rho}{dt^2} = -\frac{\rho}{a_0^2} \frac{\partial^2\rho}{\partial x^2} + O(\varepsilon^2)$$

Подставляя (4) в (1) и учитывая (а), (б), получим

$$\frac{1}{m} \frac{a\omega}{\partial t} - \frac{1}{m^2} \omega \frac{\partial\omega}{\partial x} - \frac{1}{m^3} \omega^2 \frac{\partial m}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \left( a_0 \frac{\partial\rho}{\partial x} - \frac{2\eta}{m} \rho \frac{\partial^2\omega}{\partial x^2} + 2\chi a_0 \frac{\partial^3\rho}{\partial x^3} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\mu}{\kappa} \omega, \quad (7)$$

где

$$2\eta = \frac{4}{3} \frac{\nu}{(1-\varphi_0)\varphi_0}; \quad 2\chi = \frac{1}{3} \frac{R_0^2 a_n}{(1-\varphi_0)\varphi_0}$$

$$-\frac{\partial\rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial\omega}{\partial x} + \omega \frac{\partial\rho}{\partial x} = 0 \quad (8)$$

Система (7)–(8) принимает вид системы уравнений Навье–Стокса–Буссинеска, описывающей распространение волны конечной амплитуды в газожидкостной среде. Член со второй производной в уравнении (7) ответственен за диссипативные потери в газожидкостной смеси. Коэффициент  $\eta$  имеет в данном случае смысл объемной вязкости, возникающей за счет диссипативных потерь на границе раздела фаз. Член с третьей производной описывает влияние дисперсионных эффектов на движение двухфазной смеси в целом. Будем искать решение системы (7)–(8) в виде квазипростой волны:

$$\rho = \int \frac{\rho}{a_0 m} d\omega + \psi(x, t), \quad (9)$$

где  $\psi(x, t)$  имеет общий порядок малости  $\varepsilon^2$ . Будем рассматривать уравнения с точностью до  $\varepsilon^1$ , что дает возможность учесть нелинейные, диссипативные и дисперсионные эффекты, существенные при распространении возмущений в двухфазной смеси. Подставляя (9) в (7)–(8), и пренебрегая членами выше второго порядка малости, получаем

$$\frac{\partial\omega}{\partial t} + \frac{\omega}{m} \frac{\partial\omega}{\partial x} + a_0 \frac{\partial\omega}{\partial x} = -\frac{a_0^2 m}{\rho} \frac{\partial\omega}{\partial x} + 2\eta \frac{\partial^2\omega}{\partial x^2} - 2\chi \frac{\partial^3\omega}{\partial x^3} - \frac{m}{\rho} \frac{\mu}{\kappa} \omega \quad (7,1)$$

$$\frac{\partial\omega}{\partial t} + \frac{\omega}{m} \frac{\partial\omega}{\partial x} + a_0 \frac{\partial\omega}{\partial x} = -\frac{a_0 m}{\rho} \frac{\partial\psi}{\partial t} \quad (8,1)$$

Из условия тождественности левых частей уравнений в системе и учитывая соотношение (6), можно определить

$$\frac{a_0^2 m}{\rho} \frac{\partial\psi}{\partial x} - 2\eta \frac{\partial^2\omega}{\partial x^2} + 2\chi \frac{\partial^3\omega}{\partial x^3} + \alpha \frac{\mu}{\kappa} \omega - \frac{a_0 m}{\rho} \frac{\partial\psi}{\partial t} = 0 \quad (10)$$

Уравнение (10) проинтегрируем вдоль характеристики  $\bar{x} - \bar{a}_0 \bar{t} = \text{const}$  вводя переменную  $\xi = x - a_0 t$ , полученное выражение подставим в (8,1) или (7,1), получаем одно уравнение (в системе отчета, движущейся со скоростью звука  $\bar{a}_0$ )

$$\frac{\partial\omega}{\partial t} + \frac{1}{\alpha\rho_0} \omega \frac{\partial\omega}{\partial\xi} - \eta \frac{\partial^2\omega}{\partial\xi^2} + \chi \frac{\partial^3\omega}{\partial\xi^3} + \frac{\alpha}{2} \frac{\mu}{\kappa} \omega = 0, \quad (11)$$

где  $\xi = \bar{x} - a_0 \bar{t}$ .

Вводя безразмерные переменные:

$$\bar{t} = \frac{t\omega_0}{l}; \quad \xi_1 = \frac{\xi}{l}; \quad \bar{\omega} = \frac{\omega}{\omega_0}; \quad sp = \alpha \frac{\mu}{\kappa} \frac{l}{\omega_0},$$

где  $l$  — ширина начального возмущения,  $\omega_0$  — амплитуда начального возмущения, в уравнение (11) получим:

$$\frac{\partial\bar{\omega}}{\partial\bar{t}} + \frac{\bar{\omega}}{\alpha\rho_0} \frac{\partial\bar{\omega}}{\partial\xi_1} - \frac{\eta}{\omega_0 l} \frac{\partial^2\bar{\omega}}{\partial\xi_1^2} + \frac{\chi}{\omega_0 l^2} \frac{\partial^3\bar{\omega}}{\partial\xi_1^3} + \frac{sp}{2} \bar{\omega} = 0 \quad (12)$$

В случае  $sp=0$  уравнение (12) принимает вид уравнения Бюргера–Кортевега де Фриза. Уравнение (12) описывает эволюцию нелинейных волн в диссипативной среде. Особенностью полученного уравнения (12) является наличие еще одного параметра подобия  $sp$ , величина которого зависит от ширины начального возмущения  $l$ , а также амплитуды начального возмущения  $\omega$ .

Будем искать решение уравнения (11) в виде бегущей волны:

$$\omega = \omega(\xi_1 - v\bar{t}) \quad (13)$$

$v$  — скорость распространения волны в системе отчета, движущейся со скоростью  $\bar{a}_0$ .

Подставляя (13) и уравнение (11), для функции  $\omega(z) = \omega(\xi_1 - v\bar{t})$ , получим обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$\frac{\chi}{\omega_0 l^2} \frac{\partial^3\bar{\omega}}{\partial z^3} - \frac{\eta}{\omega_0 l} \frac{\partial^2\bar{\omega}}{\partial z^2} + \left( \frac{1}{\alpha\rho_0} \bar{\omega} - v \right) \frac{\partial\bar{\omega}}{\partial z} + \frac{sp}{2} \bar{\omega} = 0 \quad (14)$$

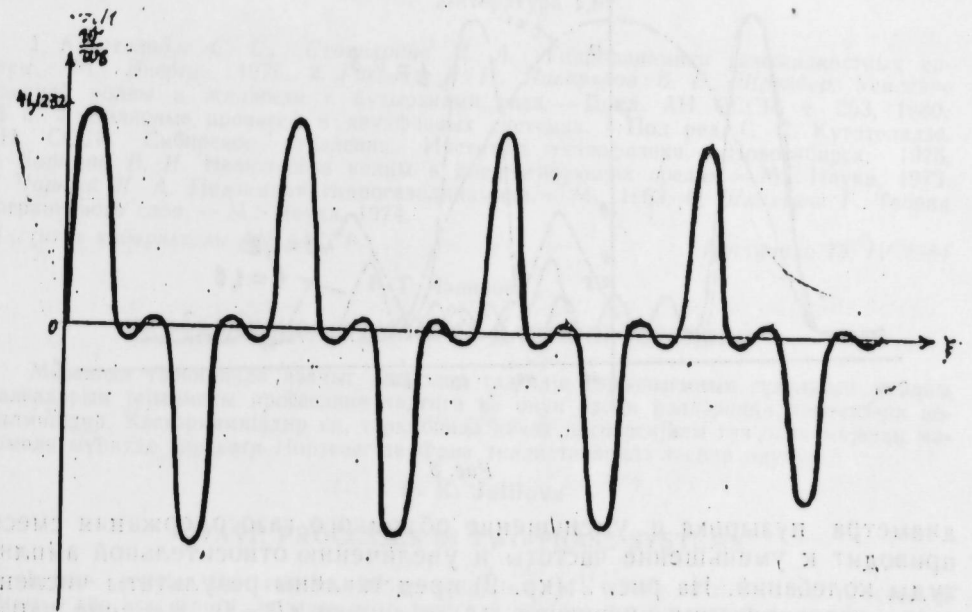


Рис. 1



Уравнение (14) решалось численно при различных значениях  $sp$  и  $\chi/\omega_0 l^2$ . На рис. 1, 2 показаны результаты численного интегрирования уравнения (14) при следующих граничных условиях:  $\bar{\omega} = 0$ ,  $\bar{\omega}' = 0$  — перед фронтом волны;  $\bar{\omega} = 1$  — за фронтом волны. Уравнение

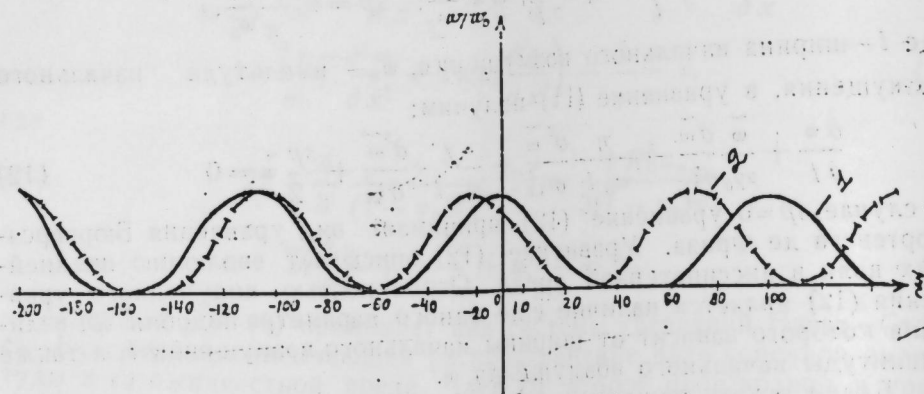


Рис. 2

(14) допускает 2 типа решений в зависимости от величины параметра  $\chi/\omega_0 l^2$ : на рис. 1  $\chi/(\omega_0 l^2) = 10^{-2}$ ;  $\eta/(\omega_0 l) = 0$  (а); на рис. 2 (кр. 1) —  $\chi/(\omega_0 l^2) = 10^{-4}$ ,  $\eta/(\omega_0 l) = 0$  (б). Учет параметра  $\chi/(\omega_0 l^2)$  приводит к изменению формы волны, что связано с изменением радиуса пузырьков и газосодержания смеси  $\varphi_0$ . В случае (а) значение  $\varphi_0$  в 1,5 раза меньше, чем в случае (б), а  $R_0$  на 0,002 больше. Увеличение

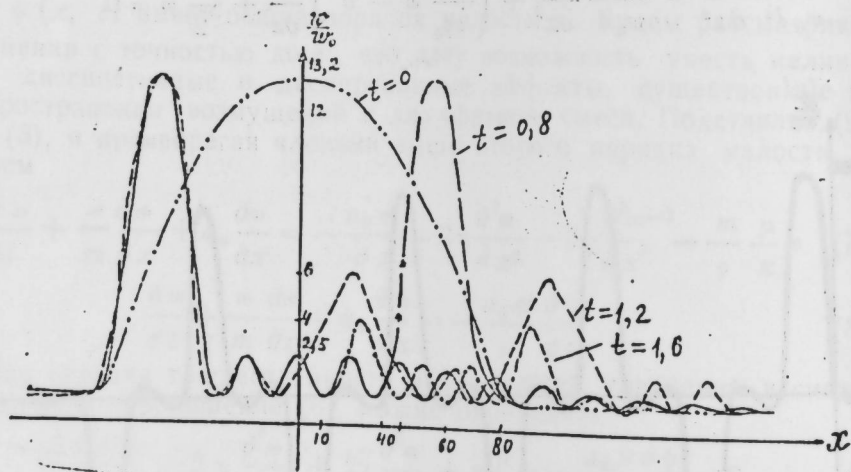


Рис. 3

диаметра пузырька и уменьшение объемного газосодержания смеси приводит к уменьшению частоты и увеличению относительной амплитуды колебаний. На рис. 2 (кр. 2) представлены результаты численного интегрирования уравнения (14) в случае  $sp = 0$ . Влияние параметра  $sp$  особенно четко проследживается на рис. 4: кр. 1 соответ-

ствует случаю  $sp = 0$ ,  $19 \cdot 10^2$ ; кр. 2  $sp = 0,25 \cdot 10^2$ . Таким образом, уменьшение значения параметра  $sp$  приводит к усилению и заострению волны.

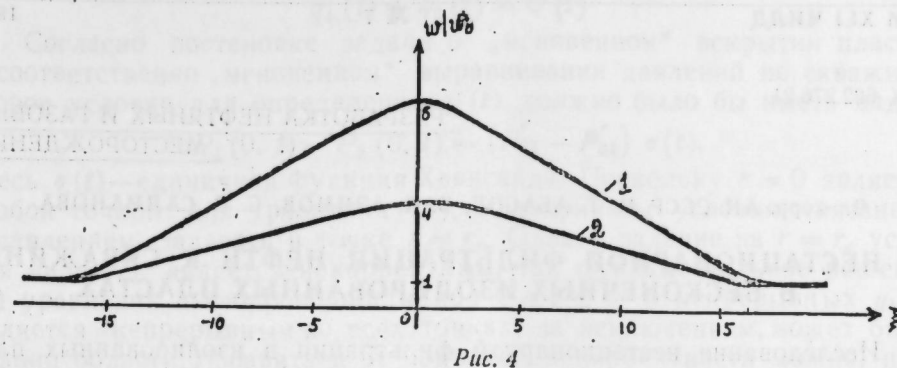


Рис. 4

На рис. 3 показана эволюция волн, полученная в результате численного интегрирования уравнения (12) при граничных условиях  $\bar{\omega}(-\infty, t) = 1$ ;  $\bar{\omega}(\infty, t) = 0$ ;  $\omega_x(\infty, t) = 0$ . Уравнение аппроксимировалось явной трехслойной конечно-разностной схемой II порядка по координате и времени. Шаги интегрирования принимались после ряда пробных вычислений равными: по координате  $H = 10^{-2}$ , по времени  $\tau = 0,2 \cdot 10^{-3}$ . Машинные расчеты были проведены на БЭСМ-6.

В случае  $sp = 0$  результаты численного интегрирования аналогичного уравнения представлены в работах [1, 3].

В заключение выражаю глубокую благодарность А. Х. Мирзаджанзаде за постановку задачи и за ряд ценных советов, а также Р. М. Саттарову за полезные обсуждения.

#### Литература

1. Кутателадзе С. С., Старикович М. А. Гидродинамика газожидкостных систем. — М.: Энергия, 1976.
2. Гасенко В. Г., Накоряков В. Е., Шрейбер. Усиление ударной волны в жидкости с пузырьками газа. — Докл. АН СССР, т. 253, 1980, № 6.
3. Волновые процессы в двухфазных системах. / Под ред. С. С. Кутателадзе. АН СССР, Сибирское отделение. Институт теплофизики. — Новосибирск, 1975.
4. Карпман В. И. Нелинейные волны в диспергирующих средах. — М.: Наука, 1973.
5. Чарный И. А. Подземная гидрогазодинамика. — М., 1963.
6. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. — М.: Наука, 1974.

Институт кибернетики АН АзССР

Поступило 18. IV 1984

Р. Г. Чалилова

#### ИКИФАЗАЛЫ СИСТЕМЛЭРДЭ ДАЛГА ПРОСЕСЛЭРИ

Мәгаләдә тәркибиндә азачыг газ олан газ-маје гарышыгынын сүзүлмәси заманы далгаларын јайылмасы процесинин тәдгиги вә онун әдәди һәлләринин нәтичәләри верилмишидир. Кәстәрилмишидир ки, тәркибиндә кичик дисперсиялы газ олан мајенин мәсәмәли мүһитдә һәрәкәти Нортевег-де Фриз типли тәһликлә тәсвир олунар.

Р. К. Jalilova

#### WAVE PROCESSES IN TWO-PHASE SYSTEMS

In the article the results of investigation of waves distribution process in filtering the gas-liquid mixture with low gas content are presented. It is shown that the liquid flow with fine dispersed gas in porous medium is expressed by Korteweg de Fries. The results of numerical integration of the obtained equation are given.

УДК 622.276.21

РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Чл.-корр. АН СССР М. Т. АБАСОВ, Э. Х. АЗИМОВ, С. С. САЛМАНОВА

О НЕСТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ К СКВАЖИНЕ В БЕСКОНЕЧНЫХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЛАСТАХ

Исследование нестационарной фильтрации в изолированных пластах предусматривает определение, помимо распределения давления в них, также доли каждого пласта в общем дебите скважины и возможных перетоков между ними, возникающих при изменении режима работы скважины.

Хотя рассматриваемой задаче и посвящен ряд работ [1—5], однако к настоящему времени ее точное аналитическое решение, необходимое как эталон, а также как инструмент для качественного анализа, отсутствует.

В статье приводится решение задачи о пуске точечной скважины, мгновенно вскрывшей два изолированных бесконечных пласта с разными пластовыми давлениями.

Математически задача сводится к интегрированию системы дифференциальных уравнений:

$$\Delta P_i = \frac{1}{\chi_i} \frac{\partial p_i}{\partial t} \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

при следующих начальных и граничных условиях:

$$P_1(r, 0) = P_2(r, 0) = 0 \quad (2)$$

$$P_1(\infty, t) = P_2(\infty, t) = 0 \quad (3)$$

$$r \frac{\partial P_i}{\partial r} \Big|_{r=0} = - \frac{q_i(t) \mu_i}{2 \pi k_i h_i} \quad (4)$$

где  $P_i = P_i^* - P_{0i}^*$ ;  $\chi_i = \frac{k_i}{\mu_i \beta_i}$ ;  $\chi_i$ ;  $k_i$ ,  $\beta_i$  и  $h_i$  — соответственно пьезопроводность, проницаемость, упругоёмкость и толщина пластов;  $\mu_i$  — вязкость нефти;  $P_i^*$  и  $P_{0i}^*$  — соответственно текущее и начальное пластовое давления;  $\Delta = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial}{\partial r} \right)$  — оператор Лапласа;  $t$  — время;

$q_i(t)$  — доля  $i$ -го пласта в общем дебите  $Q(t)$  скважины.

Решение задачи (1)–(4) имеет вид [6]:

$$P_i = \int_0^t q_i(\xi) \frac{e^{-\frac{z^2}{4\chi_i(t-\xi)}}}{4\epsilon_i \pi (t-\xi)} d\xi, \quad (5)$$

где  $\epsilon_i = \frac{k_i h_i}{\mu_i}$  — гидропроводность  $i$ -го пласта.

Доли разных пластов в общем дебите скважины (так называемые локальные дебиты) являются неизвестными и подлежат определению. Одно условие для этого очевидно:

$$q_1(t) + q_2(t) = Q(t) \quad (6)$$

Согласно постановке задачи о „мгновенном“ вскрытии пластов и соответственно „мгновенном“ выравнивании давлений на скважине, второе условие для определения  $q_i(t)$  должно было бы иметь вид:

$$P_1(0, t) - P_2(0, t) = (P_{02}^* - P_{01}^*) \sigma(t), \quad (7)$$

здесь  $\sigma(t)$  — единичная функция Хевисайда. Поскольку  $r = 0$  является особой точкой для уравнения (1), общеприняты условия, связанные с давлением, задавать в точке  $r = r_c$ . Однако задание на  $r = r_c$  условия вида (7) является некорректным, так фундаментальное решение (5) уравнения пьезопроводности при  $0 \leq t < \infty$  и непрерывных  $q_i(t)$  является непрерывным во всех точках, за исключением, может быть, границ области. Избавиться от подобной некорректности можно, приняв, что давления при  $r = r_c$  выравниваются не мгновенно, а за некоторый, сколь угодно малый интервал времени  $0 \div t_0$ . Отметим, что  $t_0$  вводится только для промежуточных выкладок, а в окончательных выражениях следует принять  $t_0 \rightarrow 0$ . Тогда второе условие для определения  $q_i(t)$  будет иметь вид:

$$P_1(r_c, t) = P_2(r_c, t) = M, \quad (8)$$

где  $M = (P_{02}^* - P_{01}^*) \sigma(t - t_0)$

Используя условия (6), (8) и применяя преобразования Лапласа, изображение локальных дебитов пластов получим в виде:

$$q_i(\lambda) = \frac{\frac{1}{\epsilon_2} Q(\lambda) K_0 \left( r_c \sqrt{\frac{\lambda}{\chi_2}} \right) + \frac{4\pi(P_{02}^* - P_{01}^*)}{\lambda} e^{-\lambda t_0}}{\frac{1}{\epsilon_1} K_0 \left( r_c \sqrt{\frac{\lambda}{\chi_1}} \right) + \frac{1}{\epsilon_2} K_0 \left( r_c \sqrt{\frac{\lambda}{\chi_2}} \right)} \quad (9)$$

Произведя соответствующие преобразования, из (9) окончательно получим следующие выражения для определения локальных дебитов:

$$q_1(t) = \frac{Q_0}{1 + \epsilon} + \frac{2\epsilon Q_0}{\pi} \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{v^2 \chi_1 t}{r_c^2}}}{v} \frac{J_0(v\sqrt{\chi}) V_0(v) - J_0(v) Y_0(v\sqrt{\chi})}{\Phi(v)} dv + \frac{16\epsilon_2 \Delta P_0}{\pi} \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{v^2 \chi_1 t}{r_c^2}}}{v} \frac{J_0(v\sqrt{\chi}) + \epsilon J_0(v)}{\Phi(v)} dv \quad (10)$$

$$q_2(t) = Q_0 - q_1(t), \quad (11)$$

где  $\Phi(v) = [J_0(v\sqrt{\chi}) + \epsilon J_0(v)]^2 + [Y_0(v\sqrt{\chi}) + \epsilon Y_0(v)]^2$

$$P_0 \Delta = P_{02}^* - P_{01}^*; \quad \chi = \frac{\chi_1}{\chi_2}; \quad \epsilon = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

Нетрудно убедиться в сходимости несобственных интегралов, входящих в (10).

Подставляя (10) и (11) в (5) для распределения давления в обоих пластах, получим следующие выражения:

$$\begin{aligned} \tilde{P}_1 = & -\frac{1}{1+\varepsilon} E_1\left(-\frac{r^2}{4\lambda_1 t}\right) + \\ & + \frac{2\varepsilon}{\pi} \int_0^t \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{r^2}{4\lambda_1(t-\xi)} - \frac{v^2 \lambda_1 \xi}{r_c^2}}}{(t-\xi)v} \frac{J_0(v\sqrt{\lambda}) Y_0(v) - J_0(v) Y_0(v\sqrt{\lambda})}{\Phi(v)} dv d\xi + \\ & + \frac{16\varepsilon_2 \Delta P_0}{\pi \lambda_0} \int_0^t \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{r^2}{4\lambda_1(t-\xi)} - \frac{v^2 \lambda_1 \xi}{r_c^2}}}{(t-\xi)v} \frac{J_0(v\sqrt{\lambda}) + \varepsilon J_0(v)}{\Phi(v)} dv d\xi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{P}_2 = & -\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} E_1\left(-\frac{r^2}{4\lambda_2 t}\right) - \\ & - \frac{2\varepsilon}{\pi} \int_0^t \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{r^2}{4\lambda_2(t-\xi)} - \frac{v^2 \lambda_2 \xi}{r_c^2}}}{(t-\xi)v} \frac{J_0(v\sqrt{\lambda}) Y_0(v) - J_0(v) Y_0(v\sqrt{\lambda})}{\Phi(v)} dv d\xi \quad (12) \\ & - \frac{16\varepsilon_2 \Delta P_0}{\pi \lambda_0} \int_0^t \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{r^2}{4\lambda_2(t-\xi)} - \frac{v^2 \lambda_2 \xi}{r_c^2}}}{(t-\xi)v} \frac{J_0(v\sqrt{\lambda}) + \varepsilon J_0(v)}{\Phi(v)} dv d\xi, \quad (13) \end{aligned}$$

где

$$\tilde{P}_i = \frac{4\pi e_i}{\lambda_0} P_i$$

Легко заметить, что полученное решение (10) — (13) представляет собой сумму решений двух самостоятельных задач: о нестационарной фильтрации к точечной скважине с заданным отбором, вскрывшей два изолированных пласта с равными начальными давлениями ( $\Delta P_0=0$ ) и о перетоке между двумя изолированными пластами с разными начальными давлениями через скважину, если общий отбор из пласта отсутствует ( $Q_0=0$ ). Следовательно, можно было решать указанные частные задачи, а затем, согласно принципу суперпозиции, суммируя полученные решения, найти окончательное решение поставленной, более общей задачи.

Из формул (10) — (13) также следует, что при  $t \rightarrow \infty$  локальные дебиты  $q_i(t)$  стремятся к постоянным величинам, пропорциональным гидропроводности соответствующего пласта, а распределения давлений в пластах имеют такой же вид, как для случая работы скважины в одиночном пласте с гидропроводностью, равной сумме гидропроводностей обоих пластов. Следовательно, с ростом  $t$  эффект расчлененности пласта, точнее степень взаимодействия изолированных пластов ослабевает.

В случае равных пьезопроводностей ( $\varepsilon=1$ ) и начальных пластовых давлений ( $\Delta P_0=0$ ) отсутствие взаимодействия пластов имеет место с момента пуска скважины в эксплуатацию.

Для случая равных начальных давлений представляет интерес проанализировать поведение локальных дебитов при малых значениях времени.

Используя в (9) асимптотические представления функций Макдональда для  $\lambda \rightarrow \infty$ , после ряда несложных преобразований получим выражение для локального дебита при малых значениях времени

в виде:

$$q_i(t) = Q_0 \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\varepsilon \lambda^{\frac{1}{4}}\right)^n \operatorname{erfc} \frac{r_c^n}{\sqrt{\lambda_1}} \frac{(1-\sqrt{\lambda})}{2\sqrt{t}} \right] \quad (14)$$

Поскольку при  $t=0$ ;  $\operatorname{erfc} \frac{a}{2\sqrt{t}} = 0$ , из (14) следует, что если

рассматривать задачу в принятой здесь постановке, в момент времени  $t=0$  независимо от значения  $\varepsilon$ , весь заданный дебит получается из пласта с меньшей пьезопроводностью.

Таким образом, в настоящей статье получены точные формулы для распределения давления и локальных дебитов при фильтрации жидкости в скважине с заданным суммарным дебитом, моделирующей точечным источником, вскрывшей два изолированных бесконечных пласта с разными начальными давлениями. Проведен качественный анализ найденных выражений.

#### Литература

1. Каменецкий С. Г., Борисов Ю. П. Труды ВНИИ, вып. XIX — М.: Гостоптехиздат, 1959, с. 164—173.
2. Блинов А. Ф. Труды ТатНИИ, вып. 2, — Бугульма: Таткингониздат, 1960, с. 253—260.
3. Юсупов К. С., Медведский Р. И., Каптелинин Н. Д. Труды Гипроморнефтегаза, вып. 23. — Тюмень, 1971, с. 128—137.
4. Плетнев А. А. Применение математических методов при гидрогеологических исследованиях, вып. 34. — М.: Изд-во ВСЕГИНГЕО, 1970, с. 14—25.
5. Абуталиев Э. Б., Алимухамедов С., Бексаев К. Сб. научн. трудов Ташкентского политехнич. ин-та, вып. 215. — Ташкент, 1977, с. 59—62.
6. Карслоу Х., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. — М.: Наука, 1966, 487 с.

Институт проблем глубинных  
и нефтегазовых месторождений

Поступил 10. IV 1984

М. Т. Абасов, Е. Х. Эзимов С. С. Салманова

#### СОНСУЗ, БИР-БИРИНДЭН ТЭЧРИД ОЛУНМУШ ЛАЈЛАРДА НЕФТИН ГУЈУЈА ГЭРАРЛАШМАМЫШ СҮЗҮЛМӘСИ ҺАҒДА

Мағаләдә мұхтәлиф башланғыч тәзјигли бир-бириндән тәчрид олуңмуш сонсуз икн лајын, мәлум һасилатлы нөгтәни гују илә ани ачылмасы заманы нефтин гәрарлашмамыш сүзүлмәси һағда мәсәлә һәлл олуңмушдур. Нәтичәдә тәзјигли лајларда һәлләнамасы нә лајларын һасилатлары үчүн дәғиг дүстурлар тәһлилмәш нә онларын кеј-фијјәтчә тәһлили верилмишдир.

M. T. Abasov, E. Kh. Azimov, S. S. Salmanova

#### ABOUT NON-STATIONARY OIL FILTRATION TO A WELL IN INFINITE ISOLATED RESERVOIRS

The article deals with a precise solution of the problem of oil filtration to a spot well with a given output that instantly opens up two isolated infinite reservoirs with different initial pressures. The expressions for pressure distribution in each reservoir and local outputs are obtained and their qualitative analysis is carried out.

УДК 665.666.2

КАТАЛИЗ

Чл.-корр. М. И. РУСТАМОВ, А. А. САИДОВА,  
Р. Т. ФАРХАДОВА, Р. И. ЗЕЙНАЛОВ, Р. Р. АГАЕВА

### ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОЙ МИКРОУСТАНОВКИ НА БАЗЕ ДЕРИВАТОГРАФА

Использование комплексной микроустановки на базе дериватографа [1] в исследовании каталитических превращений углеводородов позволяет одновременно применить методы термографии, гравиметрии и хроматографии, что обеспечивает получение информации как об изменении веса катализатора в процессе коксообразования, так и об углеводородном составе жидких и газообразных продуктов реакции.

В данном сообщении представлены результаты исследования деструктивной изомеризации модельного углеводорода — *n*-ундекана на промышленном цеолитсодержащем катализаторе Цеокар-2, полученные в системе комплексной микроустановки.

В указанной системе (рис. 1) тигли дериватографа заменены специальными герметическими металлическими реакторами (1, 2), в которые помещается одинаковое количество катализатора. Один реактор является эталоном (1), а в другом (2) ведется исследуемый процесс. Оба реактора помещены в печь (3) дериватографа. Установка снабжена последовательно связанными дозирующим блоком (5), испарителем жидкости (4), капиллярной системой (6) ввода и вывода продуктов, расположенной в термостатирующей печи (7), а также хроматографами (16).

Режимные параметры деструктивной изомеризации *n*-ундекана варьировались следующим образом: *t*-ра — 400 ÷ 540°C, массовая скорость подачи сырья — 0,5 ÷ 2,5 ч<sup>-1</sup>. Состав газообразных и жидких продуктов исследовался на хроматографах марки ХЛ-4 и «Цвет». Суммарный углеводородный состав продуктов реакции представлен в таблице.

На основании хроматографического анализа газа и конденсата количественно оценены крекирующая, изомеризующая и диспропорционирующая способности катализатора. Крекирующую способность оценивали по содержанию в продуктах реакции углеводородов с количеством углеродных атомов менее 11, диспропорционирующую — по соотношению насыщенных и олефиновых углеводородов, а изомери — по количеству углеводородов изостроения. Все эти величины соответственно пересчитывались на исходное сырье.

На рис. 2, 3 приведены кинетические кривые зависимости указанных способностей катализатора, а также конверсии сырья от температуры и массовой скорости подачи сырья. Как видно из рисунков, с

Суммарный углеводородный состав продуктов процесса деструктивной изомеризации *n*-ундекана

Режимные параметры	$V = 1,5 \text{ ч}^{-1}$				$T = 480^\circ\text{C}$		
	400°C	450°C	500°C	540°C	0,5 ч <sup>-1</sup>	1,5 ч <sup>-1</sup>	2,0 ч <sup>-1</sup>
Углеводороды							
Водород	0,01	0,04	0,08	0,18	0,71	0,06	0,02
Метан	0,39	0,81	1,36	1,83	4,12	1,1	0,6
Этан + этилен	0,77	1,5	2,46	3,18	5,36	1,82	1,27
Пропан + пропилен	4,76	6,84	10,44	12,43	17,84	8,29	6,48
Изобутан	6,14	7,3	7,76	6,97	13,78	8,26	6,7
<i>n</i> -Бутан	2,08	3,09	4,81	5,46	6,87	3,94	3,41
Бутилены	0,56	2,93	4,43	5,69	6,0	3,22	2,58
Изопентан	5,33	10,75	12,81	6,23	12,27	11,54	9,59
<i>n</i> -Пентан	0,61	3,16	3,73	6,1	2,55	2,95	2,75
Амилены	0,58	3,18	4,8	10,35	7,68	3,88	2,74
Изогексан	6,09	11,83	10,71	10,8	3,45	13,06	9,2
<i>n</i> -Гексан	0,49	1,47	2,07	1,34	1,1	—	1,76
Гексаны	0,07	0,35	1,81	3,1	0,79	0,9	0,94
Изогептан	2,06	7,31	4,5	1,62	1,81	5,48	4,79
<i>n</i> -Гептан	0,24	0,62	1,2	0,62	0,35	0,96	0,94
Гексаны	0,08	0,39	0,54	0,32	0,21	0,43	0,29
Изооктан	0,37	1,39	0,89	1,82	0,71	1,68	1,17
Октены	0,04	0,26	1,03	0,15	0,04	0,56	0,1
Ундекан	63,95	26,83	17,0	11,87	5,52	21,34	37,2
Прочие	5,38	9,95	7,57	9,94	8,84	10,53	7,54

повышенном температуры (рис. 2) растут крекирующая способность катализатора и конверсия сырья. Диспропорционирующая способность катализатора резко снижается, а изомеризующая — имеет экстремальный характер с максимумом при 480°C.

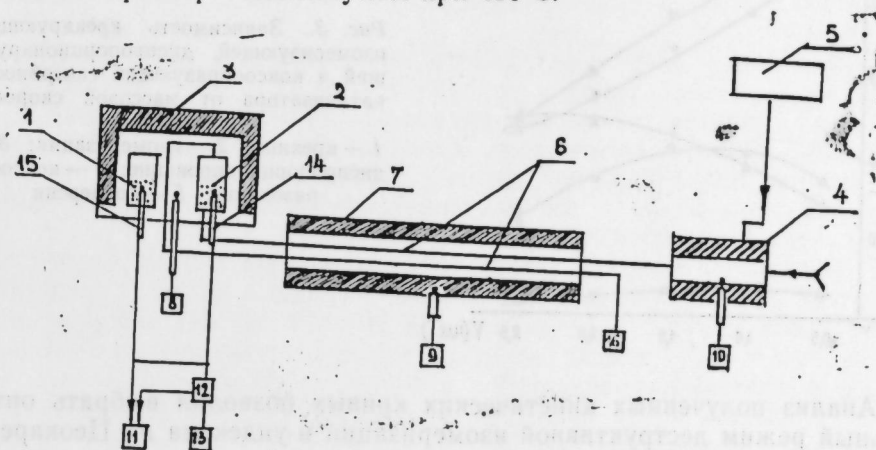


Рис. 1. Схема комплексной микроустановки на базе дериватографа: 1 — эталонный реактор; 2 — реактор; 3 — печь нагрева; 4 — испаритель; 5 — дозатор сырья; 6 — капилляры; 7 — термостатирующая печь; 8—10 — терморегуляторы; 11 — регистратор температуры; 12, 13 — датчики весового устройства; 14, 15 — термопары; 16 — хроматограф

С увеличением массовой скорости подачи сырья (рис. 3) крекирующая способность катализатора ослабляется так же, как и степень превращения сырья. Диспропорционирующая способность растет, од-

нако с заметным замедлением  $V=1,5 \text{ ч}^{-1}$ . Изамеризующая способность катализатора имеет экстремальный характер с максимумом, соответствующим  $V=1,5 \text{ ч}^{-1}$ .

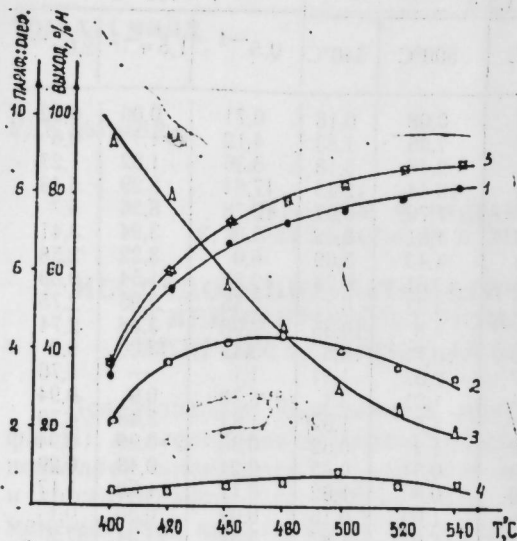


Рис. 2. Зависимость крекирующей, изомеризующей, диспропорционирующей и коксообразующей способности катализатора от температуры: 1 — крекинг; 2 — изомеризация; 3 — диспропорционирование; 4 — коксообразование; 5 — конверсия

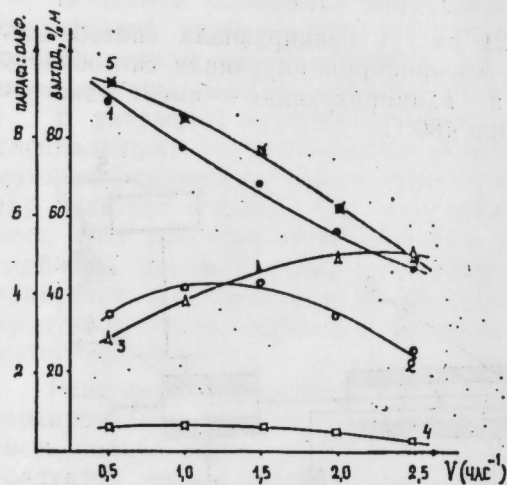


Рис. 3. Зависимость крекирующей, изомеризующей, диспропорционирующей и коксообразующей способности катализатора от массовой скорости подачи сырья: 1 — крекинг; 2 — изомеризация; 3 — диспропорционирование; 4 — коксообразование; 5 — конверсия

Анализ полученных кинетических кривых позволил выбрать оптимальный режим деструктивной изомеризации *n*-ундекана на Цеокар-2:  $T=480^\circ\text{C}$  и  $V=1,5 \text{ ч}^{-1}$ .

#### Литература

Опришко А. А., Светляш Ю. Г., Фрид М. Н., Якунин О. В., Борисова Л. В. Авт. свид. СССР № 421921, 1974 г. Бюлл. изобр. № 12, 1974 г.

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

Поступило 23. III 1983

М. И. Рүстәмов, А. А. Сәидова, Г. Т. Фәрһадова, Р. И. Зејналов, Р. Р. Агајева

#### ДЕРИВАТОГРАФ ЭСАСЫНДА ЈЫҒЫЛМЫШ КОМПЛЕКС МИКРОГУРҒУНУН КӨМӘЈИЛӘ ҚАРБӨИДРОКЕНЛӘРИН КАТАЛИТИК ЧЕВРИЛМӘСИННН ТӘДГИГИ

Мәғаләдә дериватограф эсасында јығылмыш комплекс микрогурғуда Сеокар-2 сәнајә катализаторунун иштиракилә *n*-ундеканын деструктив изомеризасијасы тәдгиг олуи-мушдур.

Тәдгигатлар нәтичәсиндә кокелашма сүр'әти, һәмчинини катализаторун крекингләш-дирмә, изомерләшдирмә вә диспропорционаллашдырма хассәлләринини процесини темпе-ратурундан вә хаммалын чәки сүр'әтиндән асылылығы мүүјјәнләшдирлимишдир.

M. I. Rustamov, A. A. Saidova, G. T. Farkhadova, R. I. Seinalov, R. R. Agayeva

#### STUDY OF CATALYTIC CONVERSION OF HYDROCARBONS IN COMPLEX MICROUNIT INCLUDING DERIVATOGRAPH

Destructive isomerization of *n*-undecane hydrocarbon derivative over commercial reolite-containing catalyst—Zeocar-2—was studied in the complex microunit including derivatograph.

Dependence of coke formation rate as well as cracking, isomerising and dispropor-tionating capacity of the catalyst on temperature and mass velocity of feed stock was established.

Ф. Ю. КАСУМОВ, С. И. ГАВРЕНКОВА

THYMUS TRANSCAUCASICUS RONN  
ПЕРСПЕКТИВНОЕ ЭФИРОМАСЛИЧНОЕ РАСТЕНИЕ  
ФЛОРЫ АЗЕРБАЙДЖАНА

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

В связи с возрастающей потребностью пищевой, косметической и медицинской промышленности в эфирных маслах увеличивается необходимость изучения естественных запасов и химического состава эфирных масел новых видов эфиромасличных растений.

Представители рода *Thymus* являются одними из перспективных эфирноносителей, обладающие большим внутривидовым полихимизмом и насчитывающими на территории Азербайджана 21 вид [1]. Наиболее изученные и широко используемые в различных направлениях медицинской, пищевой и парфюмерной промышленности как у нас в стране, так и за рубежом виды этого рода — чабрец обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.), чабрец ползучий (*Thymus serpyllum* L.), чабрец головчатый (*Thymus capitatus* Hoff), чабрец маршала (*Thymus marschallianus* Willd.) [2—7]. Однако ареал распространения и химический состав эфирных масел различных видов чабреца из флоры Азербайджана изучены недостаточно.

В связи с этим мы задались целью изучить химический состав эфирного масла чабреца закавказского (*Thymus transcaucasicus* Ronn.), имеющего большие природные запасы в предгорной и низинной зонах Закатальского, Кахского, Белоканского, Шамхорского, Таузского, Казахского районов и установить возможность применения его эфирного масла в парфюмерно-косметических изделиях, пищевых продуктах и медицинской практике.

В качестве объекта исследования нами был собран чабрец закавказский из окрестности горы Асирик Таузского района, представляющий собой полукустарничек высотой 20—37 см, без лежачих побегов с яйцевидными и яйцевидно-продолговатой опушенной нижней поверхностью листьями, головчатыми и продолговатыми соцветиями, пушистой в нижней части чашечкой, пушистым красным венчиком. Цветет растение в июне—июле, плодоносит — в августе — сентябре.

Содержание эфирного масла в растении определялось по методу А. С. Гинзберга [11], а физико-химические свойства — стандартными методами [8].

С целью установления оптимальных сроков сбора чабреца была изучена динамика накопления эфирных масел в растении. Результаты анализа показали, что максимальное количество эфирного масла на абсолютно сухую массу накапливается в надземной части растения в фазе цветения — 1,06%, в фазе бутонизации — 0,61%, в фазе плодоношения — 0,32%. Следовательно, наилучшим сроком для

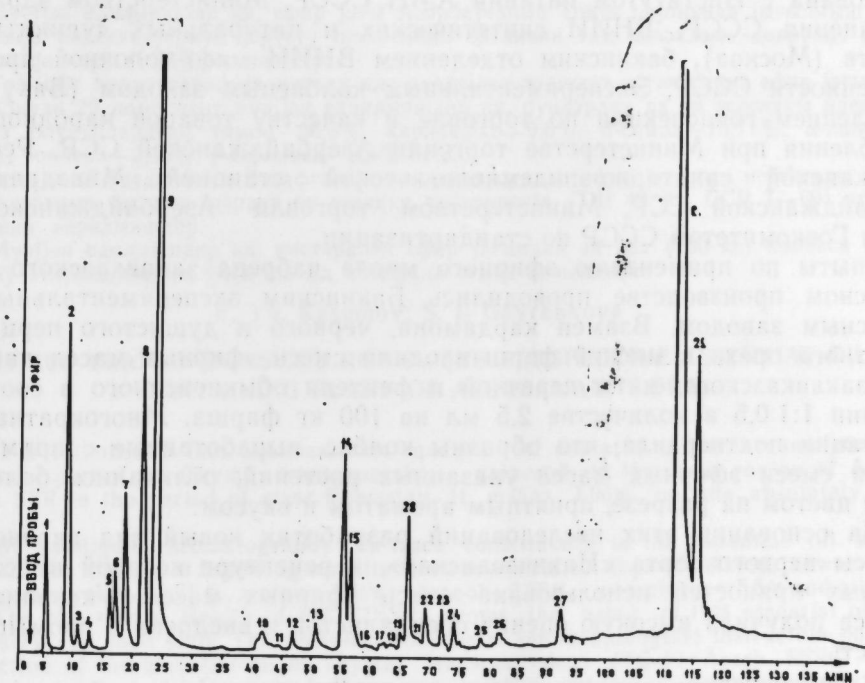
сбора сырья чабреца закавказского является июнь — июль, т. е. в разгар цветения растений.

Эфирное масло чабреца закавказского — легкоподвижная жидкость бледно-желтого цвета с резким тимольным запахом, жгучим свойством, кристаллизуется при  $-9^{\circ}\text{C}$ ;  $n_D^{20}$  — 1,4984,  $L_D^{20}$  — 0,8193, кислотное число — 3,29 (мг КОН), эфирное число — 24,15 (мг NaOH), эфирное число ацетилирования — 231,43 (мг NaOH).

Методом ГЖХ (ЛХМ. 8 МД) изучен компонентный состав эфирного масла. Условия проведения анализа: газ-носитель — гелий, скорость потока — 6 мл/мин, Carbowax 20 м ПЭГ, молекулярный вес — 20 000. Длина капиллярной колонки — 50 м, внутренний диаметр — 0,25 мм, температура испарителя —  $200^{\circ}\text{C}$ , колонки —  $70$ — $180^{\circ}\text{C}$ , программирование температуры 2 град/мин.

В результате выполненной работы в эфирном масле чабреца закавказского было обнаружено 29 компонентов. Идентификацию компонентов проводили путем добавления известных метчиков, содержание их определяли методом нормализации и внутреннего стандарта [9]. Хроматограмма образца эфирного масла чабреца закавказского приведена на рисунке.

Для установления пригодности эфирного масла чабреца закавказского при изготовлении парфюмерно-косметических изделий, а также для применения в качестве специй в пищевой промышленности была изучена его токсичность. Острую токсичность эфирного масла определяли в Азербайджанском государственном медицинском институте



1, 6, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 — неидентифицированные компоненты; 2 —  $\alpha$ -пинен — 5,14%; 7 — лимонен — 2,79%;  $\delta$ - $\gamma$ -терпинен — 5,53%; 9 — *l*-цимол — 15,71%; 14 — терпинилен-4 — 3,87%; 20 — борнеол — 2,67%; 28 — тимол — 36,64%; 29 — карвакрол — 9,63%

им. Н. Нариманова по методу Г. Н. Першина [10] с выявлением максимально переносимой дозы (DL<sub>0</sub>), средней смертельной дозы (DL<sub>50</sub>) и абсолютно летальной дозы (DL<sub>100</sub>).

Объектом исследования служили 128 белых мышей, 72 морские свинки и 106 кроликов. Токсичность исследуемого масла изучалась при внутрибрюшинном, внутримышечном и пероральном введениях. Результаты опытов оценивали через 24 ч по количеству погибших и выживших животных.

На основании исследований мы пришли к выводу, что эфирное масло чабреца закавказского не обладает токсичностью и не вызывает каких-либо побочных явлений. Полученные данные позволили Министерству здравоохранения СССР дать разрешение на применение эфирного масла этого вида чабреца в парфюмерно-косметической и пищевой промышленности.

Образец эфирного масла чабреца закавказского в 1978 г. был направлен в Совет Союзпарфюмерпрома для определения его парфюмерных качеств. По пятибалльной системе масло получило оценку 3,7 балла. Тбилисская парфюмерная фабрика «Иверия» (1971 г. — 4,1 балла) и ленинградская парфюмерная фабрика «Северное сияние» (1978 г. — 4,3 балла) рекомендовали эфирное масло для применения в парфюмерных композициях, в отдушках для мыла и косметики.

В настоящее время разработаны технические условия и технологическая инструкция по производству эфирного масла чабреца закавказского, позволяющие использовать его в качестве прямого сырья для мясной промышленности (ТУ 49 АзССР 7-80). Эта документация была согласована с Институтом питания АМН СССР, Министерством здравоохранения СССР, ВНИИ синтетических и натуральных душистых веществ (Москва), бакинским отделением ВНИИ мясо-молочной промышленности СССР, Экспериментальным колбасным заводом (Баку), Управлением гоинспекции по торговле и качеству товаров народного потребления при Министерстве торговли Азербайджанской ССР, Республиканской санитарно-эпидемиологической станцией Минздрава Азербайджанской ССР, Министерством торговли Азербайджанской ССР и Госкомитетом СССР по стандартизации.

Опыты по применению эфирного масла чабреца закавказского в колбасном производстве проводились Бакинским экспериментальным колбасным заводом. Взамен кардамона, черного и душистого перца, мускатного ореха в мясной фарш вводили смесь эфирных масел чабреца закавказского, мяты перечной и фенхеля обыкновенного в соотношении 1:1:0,5 в количестве 2,5 мл на 100 кг фарша. Многократная дегустация подтвердила, что образцы колбас, выработанные с применением смеси эфирных масел указанных растений, отличались более ярким цветом на разрезе, приятным ароматом и вкусом.

На основании этих исследований разработан новый вид вареной колбасы первого сорта «Нахичеванская», в рецептуре которой вместо обычных пряностей использована смесь эфирных масел. Указанная колбаса получила высокую оценку специалистов и внедрена в промышленность.

После изучения химического состава эфирного масла чабреца закавказского и некоторых его полезных свойств, мы приступили к определению его природных запасов, с тем, чтобы установить объем заготовок. С этой целью в (1978—1981 гг.) нами был проведен ряд

экспедиционных исследований. Оценка запаса надземной массы чабреца проводилась методом И. Л. Крыловой и А. И. Шретер [12]. В результате исследований установлено, что в Закатальском, Кахском, Белоканском, Шамхорском, Таузском, Казахском районах можно заготавливать ежегодно до 200 т воздушно-сухой массы чабреца закавказского. Выход эфирного масла из 1 т сырья этого вида составляет 4 кг.

#### Литература

1. Ахундов К. Ф. Флора Абербайджана, с. 370—382.— Баку: Изд-во АН Азерб ССР, 1957.
2. Ковалева Н. Г. Лечение растениями, с. 272—М.: Медицина, 1971
3. Машковский М. Д. Лекарственные средства, изд. 8, ч. 1, с. 329—М.: Медгиз, 1977
4. Иванова Б., Шаварская Т. Пряноароматические растения для производства вермута, ликеров, настоек, с. 51.— Кишинев, 1963.
5. Grangar Robert, Passet Jean.— Phytochemistry, 1973, № 7.
6. Mathela C. S., Agarwal I., Taskira Jyrka I.— Indian Chem. Soc., 1980, № 12; Proc. Nat. Acad. Sci., India.
7. Касумов Ф. Ю. Масло-жировая промышленность, № 7.— М., 1982.
8. Горлев М. И., Плива И. Методы исследования эфирных масел.— Алма-Ата, Изд-во АН Каз. ССР, 1962.
9. Литвинов Л. Д., Руденко Б. А. Газовая хроматография в биологии и медицине.— М.: Медицина, 1971.
10. Бельский М. П. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта.— М.: Медицина, 1963.
11. Гинзбург А. С. Химико-фармацевтическая промышленность, № 8, 9.— М., 1932.
12. Крылова И. Л., Шретер А. И. Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений, с. 31, Изд-во ВИЛАР, 1971.

Институт ботаники им. В. Л. Комарова АН АзССР

Поступило 26. XI 1982

Ф. Я. Гасымов, С. И. Гавренкова

#### ЗАГАФАЗИЈА КӘКЛИКОТУСУ—АЗӘРБАЈЧАН ФЛОРАСЫНЫН ПЕРСПЕКТИВЛИ ЕФИРЈАҒЛЫ БИТКИСИДИР

Мүәјјән едилмишдир ки, ефир јағы Азербайчанын Товуз рајонунда јығылмыш Загавгазија кәкликотусунун јерүстү һиссәсиндә биткинин там чичәкләмә дөврүндә мүтләг чәкијә көрә (1,06%) топланыр.

Газ-маје хроматографија методу илә апарылан тәдгигат нәтижәсиндә ефир јағынын тәркибиндә 29 компонент мүәјјән едилмишдир ки, бунлардан да ән әсәслары идентификасија олунанлардыр; тимол—36,6%, карвакрол—9,6%, п-симол—15,71%, α-пинен—5,14%, борнеол—2,66%, γ-терпинен—5,5% вә с.

Әдвипјәли битки кими Загавгазија кәкликотусундан ефир јағынын истисалы үзрә һазырланмыш техника шәраит вә техника инструкция (ТШ 49 Аз. ССР 7—80) әт сәнајесинә верилмишдир.

Мүәјјән едилмишдир ки, кәстәрилән ефир јағындан ән чох (100 кг) колбаса мәһсулулу әтирләшдирмәк үчүн 2,5 мл истифадә етмәк ләзымдыр.

F. Yu. Kasumov, S. I. Gavrenkova

#### THYMUS TRANSCAUCASICUS RONN—THE PERSPECTIVE ESSENTIAL OIL CONTAINING PLANT OF AZERBAIJAN FLORA

It is established that the maximum quantity of essential oil is accumulated in terrestrial part of the *Thymus transcaucasicus*, gathered in the Tauz region of Azerbaijan SSR in the period of mass flowering. It makes 1.06% on the absolutely dry mass.

By gas-liquid chromatography 29 trace constituents in the essential oil were isoated. The content of following constituents was identified: thymol—36.6%, carvacrol—9.6%, parachymol—15.71%, α-pinen—5.4%, borneol—2.66%, γ-terpinene—5.5% and others.

The Ministry of Health of the USSR allows the using of this essential oil in parfumery and food stuff. The technical conditions and techpological instruction on the production of the essential oil of *Thymus transcaucasicus* (TC-49 Azerb. SSR 7—80) as heady raw material for meat industry are worked out. It is established that the optimal quantity of essential oil mixture for fragrance of force-meat is about 2,5 ml on 100 kg.

З. М. КУЛИЕВ

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИНИЯ  
TINCA TINCA (L.)  
АГРАХАНСКОГО И МАЛОГО  
КЫЗЫЛАГАЧСКОГО ЗАЛИВОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

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

Сведения о морфологии линия Аграханского и Кызылагачского заливов Каспийского моря в литературе отсутствуют. Ю. А. Абдурахманов [1], на основании исследований 20 экз. рыб, дает лишь сводную таблицу об индексах морфологических признаков линия, обитающего в бывшем Ольховском озере (в настоящее время последнее высушено).

Материалом для настоящей работы послужила морфометрия 50 экз. линия (25 экз. самок, 25 экз. самцов) из Малого Кызылагачского и 25 экз. из Аграханского заливов.

Меристические признаки линия Малого Кызылагачского залива характеризуются следующими данными: D III—IV 8—10, A III 7—8; число чешуй в боковой линии—87—104 ( $93,91 \pm 0,28$ ); число чешуй над боковой линией—22—29 ( $25,47 \pm 0,18$ ); под боковой линией—16—21 ( $18,73 \pm 0,14$ ); количество тычинок на верхней части первой жаберной дуги—12—17 ( $13,91 \pm 0,15$ ); на нижней части—20—29 ( $21,17 \pm 0,22$ ); количество позвонков—34—38 ( $36,97 \pm 0,85$ ); количество глоточных зубов—4—5.

У аграханской популяции линия: D III—IV 8, A III 7—8; число чешуй в боковой линии—94—110 ( $98,51 \pm 0,38$ ); чешуй над боковой линией—24—30, под—19—24; число тычинок на верхней части первой жаберной дуги—11—15; на нижней части—22—27; число позвонков—36—39; количество глоточных зубов—4—5.

Пластические признаки аграханской и кызылагачской популяций соответственно имели следующие показатели:

в процентах от длины тела: длина рыла— $9,04 \pm 0,12$  (7,7—9,82);  $8,42 \pm 0,06$  (7,3—9,0); диаметр глаза— $3,32 \pm 0,12$  (3,3—4,17);  $4,12 \pm 0,04$  (3,4—4,8); заглазничный отдел головы— $12,42 \pm 0,12$  (11,4—13,6);  $12,28 \pm 0,08$  (10,9—13,1); длина головы— $25,67 \pm 0,17$  (23,9—27,1);  $25,92 \pm 0,09$  (23,7—29,4); высота головы— $20,32 \pm 0,27$  (17,9—23,1);  $19,55 \pm 0,13$  (17,5—21,6); ширина лба— $9,90 \pm 0,8$  (9,4—11,0);  $10,18 \pm 0,05$  (9,5—11,0); наибольшая высота тела— $31,83 \pm 0,03$  (29,0—35,9)  $31,67 \pm 0,17$  (28,4—34,4); наименьшая высота тела— $15,42 \pm 0,12$  (13,8—16,6);  $15,28 \pm 0,10$  (13,6—16,7); антедорсальное расстояние— $53,59 \pm 0,03$  (49,8—56,4);  $54,71 \pm 0,17$  (51,2—58,5); антевентральное расстояние— $48,59 \pm 0,02$  (46,4—51,2);  $48,59 \pm 0,17$  (45,0—52,5); антеанальное расстояние— $71,55 \pm 0,02$  (69,5—74,0);  $70,93 \pm 0,32$  (68,0—78,0); пост-

дорсальное расстояние— $33,63 \pm 0,25$  (31,8—38,8);  $35,53 \pm 0,18$  (32,9—38,2); длина хвостового стебля— $18,59 \pm 0,17$  (16,9—20,3);  $19,27 \pm 0,15$  (16,8—21,6); длина основания D  $14,9 \pm 0,14$  (13,6—16,2);  $13,65 \pm 0,19$  (16,7—29,4); наибольшая высота D  $18,51 \pm 0,22$  (16,9—20,7);  $18,64 \pm 0,11$  (13,3—16,7); длина основания—A  $10,0 \pm 0,17$  (8,8—11,8);  $9,84 \pm 0,11$  (8,2—12,0); наибольшая высота A  $16,39 \pm 0,29$  (13,3—20,0);  $17,31 \pm 0,17$  (14,6—19,5); длина P  $19,51 \pm 0,23$  (17,8—22,1);  $19,45 \pm 0,16$  (17,3—22,2); длина V  $18,71 \pm 0,29$  (17,6—22,5);  $19,35 \pm 0,21$  (17,2—22,2); длина верхней лопасти—C  $18,6 \pm 0,14$  (17,4—20,0);  $19,07 \pm 0,15$  (17,2—21,1); длина нижней лопасти—C  $19,6 \pm 0,16$  (18,5—21,2);  $19,53 \pm 0,15$  (17,2—21,6); расстояние между P—V  $24,63 \pm 0,26$  (22,8—27,4);  $25,37 \pm 0,19$  (21,7—27,6); расстояние V—A  $24,35 \pm 0,26$  (22,1—27,4);  $25,05 \pm 0,18$  (22,0—27,9).

В процентах от длины головы: высота головы— $78,51 \pm 0,57$  (70,0—8,2);  $77,8 \pm 0,49$  (66,5—84,5); диаметр глаза— $14,59 \pm 0,02$  (12,5—16,2);  $14,97 \pm 0,2$  (13,1—18,8); длина рыла— $35,51 \pm 0,3$  (38,8—39,1);  $33,3 \pm 0,23$  (28,8—37,2); ширина лба— $39,47 \pm 0,3$  (36,1—42,2);  $40,01 \pm 0,27$  (25,2—44,5); заглазничный отдел головы— $48,71 \pm 0,28$  (45,1—52,5);  $48,59 \pm 0,25$  (44,2—52,2).

По многим морфологическим признакам изучаемые популяции линия существенно не отличаются между собой. Из сравниваемых 23 пластических и 8 меристических признаков различия между ними обнаруживаются по шести (количество чешуй в боковой линии, длина рыла, диаметр глаза, длина головы, антедорсальное и постдорсальное расстояния).

Из указанных признаков количество чешуй в боковой линии ( $M_{diff.} = 14,0$ ), длина рыла ( $M_{diff.} = 4,4$ ), длина головы ( $M_{diff.} = 4,0$ ) в процентах от длины тела у аграханской популяции линия больше, чем у кызылагачской, а диаметр глаза ( $M_{diff.} = 9,0$ ), антедорсальное ( $M_{diff.} = 6,6$ ) и постдорсальное ( $M_{diff.} = 6,1$ ) расстояния, наоборот,

По сведениям Ю. А. Абдурахманова [1], половозрелые самцы линия имеют на брюшных плавниках утолщенный луч. По другим наружным признакам различий между полами не замечается.

Сравнение морфологических признаков самок и самцов линия из Малого Кызылагачского залива

Признаки	Самки $M \pm m$	Самцы $M \pm m$	$M_{diff}$
Общая длина (L), см	$30,33 \pm 0,09$	$29,71 \pm 0,33$	—
Длина тела (l), см	$23,73 \pm 0,08$	$23,31 \pm 0,35$	—
% от длины тела			
Длина D	$13,90 \pm 0,14$	$14,88 \pm 0,18$	4,26
Наибольшая высота	$18,87 \pm 0,23$	$20,51 \pm 0,23$	4,97
Длина A	$9,14 \pm 0,09$	$10,34 \pm 0,23$	4,80
Наибольшая высота A	$16,11 \pm 0,24$	$17,80 \pm 0,14$	6,0
Длина P	$18,10 \pm 0,14$	$20,26 \pm 0,15$	10,3
	$18,50 \pm 0,18$	$20,55 \pm 0,18$	7,9
Длина верхней лопасти C	$18,34 \pm 0,14$	$19,39 \pm 0,16$	0,7
Длина нижней лопасти C	$18,90 \pm 0,24$	$20,00 \pm 0,20$	4,0
Расстояние между P—V	$25,71 \pm 0,18$	$24,79 \pm 0,18$	3,5
% от длины головы			
Диаметр глаза	$11,87 \pm 0,29$	$15,43 \pm 0,23$	9,7
Ширина лба	$41,39 \pm 0,30$	$39,83 \pm 0,27$	3,4



П. И. Жуков [2], исследовавший ливня из водоемов Белоруссии, кроме наличия утолщенного луча в брюшных плавниках у самцов отмечает также и удлиненность этих лучей.

Вопреки данным упомянутых авторов, самцы ливня отличаются от самок и по ряду других пластических признаков. Так, например, у самцов не только длинный брюшной плавник, но и длинные спинной, анальный, грудной и хвостовой плавники, высокие спинной и анальный плавники, немного больше расстояние между брюшным и анальным плавниками (таблица).

Кроме того, диаметр глаза (в процентах от длины головы) у самцов больше, чем у самок, а ширина лба больше у последних. Однако следует отметить, что различия по указанным признакам между полами обнаруживаются только при морфометрических измерениях.

#### Литература

1. Абдурахманов Ю. А. Рыбы пресных вод Азербайджана. — Баку; Изд-во АН Азерб. ССР, 1962. 2. Жуков И. П. Рыбы Белоруссии. — Минск: Изд-во Наука и техника, 1965.

Азерб. отд. ЦНИОРХ

Поступило 8. II 1983

З. М. Гулиев

#### ХЭЗЭР ДЭНИЗИНИН АГРАХАН ВЭ КИЧИК ГЫЗЫЛАГАЧ КӨРФЭЗЛЭРИНДЭ ЈАШАЈАН ЛИЛ *Tinca tinca* (L) БАЛЫГЫНЫН МОРФОЛОЖИ ХҮСУСИЈЈЭТЛЭРИ

Мәгаләдә 1971—1974-чү илләрдә Аграхан вә Кичик Гызылагач көрфәзләриндә тугулмуш 75 әдәд лил балыгынын јерли формаларынын морфоложи хусусијјәтләри тәсвир едилмишдир.

Ајдын олмушдур ки, лил балыгынын Аграхан вә Гызылагач көрфәзләриндәки јерли формалары арасында кәскин морфоложи фәрг јохдур. Јалныз аграхан јерли формасында јан хәтдә пулчуглар бир гәдәр артыг, көзөнү мәсафә вә баш узун, көзүн даирәси, антедорсал вә постдорсал мәсафәләр исә кичикдир.

Z. M. Kuliev

#### MORPHOLOGICAL FEATURES OF *TINCA TINCA* (L.) FROM AGRAKHAN AND MALY KIZILAGACH BAYS OF THE CASPIAN SEA

The morphological description of Agrakhan and Kizilagach populations of tench is given on the basis of studying 75 individuals of *Tinca tinca* from Agrakhan bay (25 individuals, 1973) and Maly Kizilagach bay (50 individuals, 1971, 1974).

The differences between Agrakhan and Kizilagach populations of tench by their morphological features are not considerable. *Tinca tinca* of Agrakhan population has more scales on the lateral line, its snout and head are longer, the diameter of eyes, the distance from end of snout to the insertion of the dorsal fin and posterodorsal distance are less.

Б. И. АГАЕВ

#### НОВЫЙ ВИД ЖУКА-ЩЕЛКУНА (COLEPTERA, ELATERIDAE) ИЗ ТАЛЫША

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

Энтомофауна Талыша отличается большим своеобразием, в ней наряду с европейскими и средиземноморскими видами (Агаев, 1976) широко представлены эндемичные виды, характерные только для этого региона. К таковым, по-видимому, относится и новый вид щелкуна из рода *Prosternon*, обнаруженный нами в лесах в окрестностях Ярдымлы в июне 1968 — 1969 гг. и Лерика в июне 1970 г. Нами приводится описание нового вида, который посвящается известному советскому энтомологу-колеоптерологу В. Г. Доллину, *Prosternon dolini* Agajev sp. n.

Самец: черный, матово-блестящий, ноги темно-коричневые до черно-коричневых. Верх в густых длинных серо-желтых узорно расчесанных волосках. Длина — 12 — 12,5 мм.

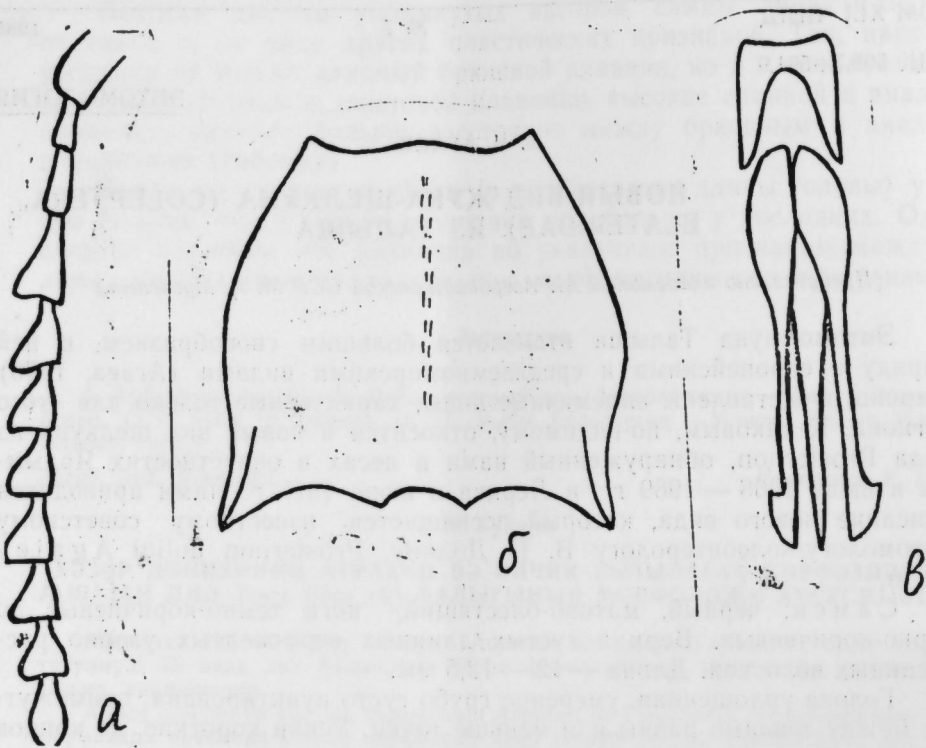
Голова уплощенная, умеренно грубо густо пунктирована, промежутки между точками равны или меньше точки. Усики короткие, до концов задних углов переднеспинки не доходят на длину последних трех члеников. 2-й и 3-й членики цилиндрические, 2-й в 1,5, 3-й — в 2 раза длиннее ширины. С 4-го членика усики притуплены, но пильчатые, 4-й членик наибольший, немного короче двух предыдущих, треугольно расширенный, в 1,5 раза длиннее ширины на вершине. Последующие членики не длиннее либо едва длиннее ширины на вершинах; последний членик коротко-овальной, в 1,5 раза длиннее ширины (рисунок, а).

Переднеспинка уплощенная, наибольшая ее ширина посредине, откуда она назад слабо, а наперед сильно, почти прямолинейно сужается, боковые стороны ее перед задними углами заметно вырезаны. Диск переднеспинки густо равномерно пунктирован, точки как на голове, посредине с гладкой блестящей, заметно приподнятой срединной линией. Острый боковой край переднеспинки хорошо видимый сверху на всем протяжении, задние углы с хорошо выраженным острым килем, доходящим до  $\frac{1}{5}$  длины переднеспинки.

Проплевры очень густо грубо пунктированы, матовые, точки пунктировидные, промежутки между точками в виде узких ребрышек. Стернит переднегруди в простой, редкой пунктировке, блестящий.

Щиток — полуовальный, не шире длины, широко округлен на вершине. Надкрылья немного шире переднеспинки, до задней трети параллельносторонние, в задней трети конически сужены. Точечные бороздки тонкие, точки в бороздках шире бороздок, слабо углублены во внутренних бороздках и крупные грубые и глубокие в боковых бороздках надкрылий. Промежутки плосковыпуклые, густо тонко пунктированные.

Бедренные покрывки задних тазиков посредине вовнутрь резко расширенные, почти в 3 раза шире, чем в наружной половине. Эдегус на рисунке, в.



*Prosternon dolini* Agajev sp. n.:  
а — контур переднеспинки; б — усик; в — эдегус

Самка отличается только более широким телом и поперечной переднеспинкой. Длина — 13 — 14 мм.

Материал: голотип и 4 паратипа — Талыш, Лерикский район, Ярдымлы 20. VI 1969; 5 — Лерикский район, окр. с. Джони, 19. V 1975 (Б. Агаев). Голотип хранится в коллекции Института зоологии АН Азерб. ССР в Баку, паратипы — в Институте зоологии АН Украинской ССР в Киеве и на кафедре зоологии АПИ им. В. И. Ленина в Баку.

Внешне новый вид напоминает *P. chrysocomum* Germ. из Средней Европы, но отличается значительно более короткими усиками и притупленными их члениками, уплощенной переднеспинкой с гладкой приподнятой срединной линией, хорошо выраженным зубцом на бедренных покрывках задних тазиков и строением эдегуса.

Пользуясь случаем, хочу выразить благодарность В. Г. Долину за переданный сравнительный материал по *P. chrysocomum*.

#### Литература

1. Долин В. Г., Агаев Б. И. Вестник зоологии. — Киев, № 6, 1983, с. 31—34.
2. Долин В. Г., Чантладзе Т. И. — Сообщ. АН Груз. ССР, 97, 1980, № 1, с. 189—192.

3. Долин В. Г., Чантладзе Т. И. — Сообщ. АН Груз. ССР, 105, № 1, 1982, с. 161—164. 4. Марджанян М. А. — Докл. АН Арм. ССР, 77, 1983, с. 141—144. 5. Самедов Н. Г. Изд-во АН Азерб. ССР. — Баку, 383, 1963, с. 71—88.

Азербайджанский государственный педагогический институт им. В. И. Ленина

Поступило 3. XII 1984

Б. И. Агаев

#### ТАЛЫШДА ШЫГГЫЛДАГ БӨЧӘКЛӘРИН (Coleoptera, Elateridae) ЖЕНИ НӨВҮ

Мәгаләдә көстәрилмишдир ки, *Prosternon* чинсинә мәнсуб олан вә *P. dolini* адланан жени нөв мәшһур совет алиминин шәрәфинә адланмышдыр. Жени нөв орта Авропада олан *P. chrysocomum* Germ нөвүнә јахын олуб, ондан даһа гыса быгчыларына, өн архачыгынын јасты, буд гапагында дишчијин олмасына вә едеагусун гурулушуна көрә фәргләнир.

В. И. Агаев

#### NEW SPECIES OF CLICK-BEETLE (COLEOPTERA, ELATERIDAE) FROM TALYSH

A new species of click-beetles (Elateridae) *Prosternon dolini* sp. nov. is described in this article. This species is close to *Prosternon chrysocomum* Germ. from Middle Europe, but differs by shorter antennae, more flattened pronotum, the presence of a denticle on femoral covers and by the structure of aedeagus.

ИСТОРИЯ

Ә. Г. ГУСЕЯНОВ

**ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОЧИХ И ИХ РОЛИ  
В ОБЩЕСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ (этнографическое изучение)**

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР П. А. Азизбековой)

В нашей стране в условиях развитого социализма с каждым годом возрастает число квалифицированных рабочих и их роль в повышении эффективности общественного производства. Именно этим можно объяснить то особое внимание, которое уделяется подготовке и повышению квалифицированных кадров и профессиональному образованию на нефтеперерабатывающих заводах гор. Баку.

Основная работа проводится в системе технического образования: подготовка молодых кадров, повышение квалификации рабочих и ИТР, особенно с пуском новых объектов, механизацией и автоматизацией производственных процессов.

Подготовка кадров происходит путем индивидуального и коллективного обучения, а также на специальных курсах.

Повышение квалификации происходит путем индивидуального и коллективного обучения, а также на специальных курсах.

Повышение квалификации и подготовка кадров осуществляется по утвержденному плану, на каждый год (регулярно) с учетом производственной необходимости (таблица).

Подготовка и повышение квалификации рабочих по заводу им. XXII съезда КПСС

Виды обучения	План на 1975 г.	Фактич. выполн.	План на 1980 г.	Фактич. выполн.
Подготовка рабочих кадров	40	45	50	27
Повышение квалификации рабочих (всего)	325	384	370	411
В том числе:				
производственно-технические курсы	80	84	155	227
курсы целевого назначения	205	240	135	110
школы передовых методов труда	20	38	70	71
Обучение 2 профессиям	20	22	10	3
Курсы повышения квалификации ИТР	70	98	110	101
В том числе:				
с отрывом от производства	15	8	35	34
без отрыва от производства	55	85	75	67
<b>Итого:</b>	<b>435</b>	<b>527</b>	<b>530</b>	<b>539</b>

Как свидетельствуют приведенные данные, каждый год завод перевыполняет годовой план по подготовке повышения квалификации кадров. Привлекает внимание тот факт, что подготовка кадров проходит в основном без отрыва от производства.

На заводах действуют школы по обмену опытом передовых методов работы, школы по изучению способов улучшения качества выпускаемой продукции, руководимые старшими операторами и ИТР. На заводах функционируют учебно-производственные участки, оборудованные необходимыми станками, инструментами и др. Срок обучения — 3 месяца, в зависимости от сложности профессии, срок увеличивается. На этих участках ученики проходят практическую работу, а также стажировку на том предприятии, где ему предстоит постоянная работа после окончания учебы.

Более полувека готовит специалистов для нефтеперерабатывающей промышленности Бакинское Ордена Трудового Красного Знамени среднее профессионально-техническое училище № 29. За эти годы тысячи операторов, лаборантов, аппаратчиков окончили училище.

С 1977 г. впервые в системе профтехобразования республики училище начало готовить операторов-программистов для работы на электронно-вычислительных машинах.

Училище имеет хорошо оснащенные учебные кабинеты и трудится здесь большой отряд опытных педагогов, мастеров производственного обучения. Имеются учебные лаборатории, отлично оборудованный кабинет по переработке нефти. Здесь обилие техники, различная аппаратура, действующие модели для изучения современных методов переработки нефти. Есть и тренажер для развития практических навыков по обслуживанию ректификационных колонн, на нем тренируются и студенты высших учебных заведений.

Кабинет по автоматике напоминает операторскую современного нефтеперерабатывающего завода. Здесь имитируется в ректификационных колоннах сложный процесс перегонки нефти.

Наши наблюдения и этнографические материалы свидетельствуют о том, что тяга к образованию и получению высшего и средне-технического образования среди рабочих высока. По данным 1981 г., на заводе им. Караева 26 рабочих занимаются в вечерней школе, 32 — в техникумах, 93 — в вузах. Здесь, как и на других заводах, для учащихся созданы все необходимые условия: они работают только в утреннюю смену, отпуска строго по графику в летнее время. В общежитии, где живут многие учащиеся, образована специальная «тихая комната» для занятий.

Операторы НБНЗ — В. Алнев, Ф. Фиров, Т. Гянджалнев, Д. Аллахвердиев и многие другие решили посвятить себя переработке и теперь успешно учатся в Азиннефтехиме им. М. Азизбекова на технологическом факультете.

Оператор цеха № 4 Я. Асланов учится на 4 курсе Инженерно-строительного института. Лаборантка цеха № 8 Сакина Айвазова и приборист цеха № 11 Нариман Набиев — студенты Азербайджанского института народного хозяйства им. Буннатзаде. Свои инженерные знания они надеются применить на заводе.<sup>1</sup>

В настоящее время на трех заводах трудятся 8 кандидатов технических наук.

Хочется отметить, прежде всего, что особое внимание на заводе уделяется правильному использованию возможностей недавних выпускников высших учебных заведений и техникумов. Этот вопрос находится

<sup>1</sup> Газ. «Нефтепереработчик», 6 октября 1982 г.

всегда в центре внимания совета молодых специалистов завода. С первых же дней работы на предприятии недавние студенты находятся под наблюдением членов совета. Новичку зачастую трудно понять необходимость начинать трудовую деятельность с рабочей профессии. Поэтому на заводе считается долгом помочь им правильно сориентироваться, освоиться с новой для них средой и производственными процессами. Уделяя большое и постоянное внимание вопросу правильной расстановки кадров, совет молодых специалистов старается по ходу работы с молодыми инженерами выявлять их творческие возможности и способности, с целью рекомендации их в дальнейшем на ту или иную инженерную должность.

Только за 1970 г. рекомендации совета завода им. XXII съезда КПСС на инженерные должности было назначено 12 человек. Среди них Ф. Гусейнов, который работает сейчас начальником установки № 104, Х. Керимов — начальник установки № 111 и др.

Привлечение молодых специалистов к участию в решении важных производственных проблем помогает не только развивать их активность, совершенствовать полученные знания, но и приносит конкретную помощь коллективу. Так, на совместном заседании совета молодых специалистов с членами бюро комитета комсомола в апреле 1980 г. на заводе был создан штаб по борьбе с потерями нефти и нефтепродуктов, куда вошли молодые инженеры. Члены этого штаба регулярно проводят дежурства на внешних станциях, участвуют в рейдах комсомольского прожектора, что дает положительные результаты.

Еще одним рычагом повышения квалификации стали конкурсы «лучший по профессии». Здесь молодые рабочие отвечают на вопросы по теории, а затем показывают свое мастерство на практике.

На XXVI съезде КПСС было отмечено: «Укрепление ведущей роли рабочего класса, безусловно, связано с ростом его идейно-политической зрелости, образованности и профессиональной квалификации»<sup>2</sup>.

Выполняя решения ЦК КПСС «О дальнейшем улучшении идеологической, политико-воспитательной работы», на заводах широко поставлено глубокое изучение работниками марксистско-ленинской теории о воспитании кадров в духе коммунистического отношения к труду и социальной активности. Немало заслуг в этом принадлежит организованным и действующим на заводах школам экономического образования и коммунистического труда.

Только на одном заводе им. XXII съезда КПСС в 1981 г. действовали 23 школы коммунистического труда, где занималось более 600 работников завода и 12 школ политического и экономического образования, в которых было 360 слушателей, а также 22 школы партийного и комсомольского образования. Вообще различными видами учебы на заводе охвачено более 1400 чел. Таким образом, во всех школах занималось более четвертой части состава всех работников завода.

Эти школы являются прочной базой для учебы кадров — передовиков производства, которые не только развивают свои экономические знания, но и обмениваются передовыми методами труда.

Основная заслуга в организации этих школ и проведения в них занятий принадлежит партийному комитету и кабинету политпросвещения.

Указанные школы, а также теоретические семинары и лекционные уроки, способствуют повсеместному распространению передовых методов организации труда, развитию политического и культурного кругозора слушателей, вовлечению их в социалистическое соревнование и движение за коммунистическое отношение к труду, участию в решении задач технического прогресса, приобщению к управлению производством.

*Институт истории*

*Поступило 27. XII 1984*

Е. Г. Гусейнов

#### ФӘЛЛӘЛӘРИН ИХТИСАСЫНЫН АРТЫРЫЛМАСЫНЫН ИЧТИМАИ ИСТЕҢСАЛАТДА РОЛУ (ЭТНОГРАФИК ТӘДГИГАТ)

Мәгалә Баки нефтајырма заводларынын материаллары эсасында јазылмышдыр. Бу заводларда (Сов.ИКП XXII гурултајы вә Владимир Илич заводлары) истеҢсалын хусусијјәтиндән асылы олараг фәлләләрин ихтисасынын јүксәлдилмәсинә, онларын икинчи ихтисаса малик олмаларына хусуси фикир верилир. Һәр ил фактики планда көстәрилән миғдардан чох ихтисаслы фәллә һазырланыр.

Фәлләләрин ихтисасынын јүксәлдилмәси үчүн бир сыра имканлардан истифаде едилир, бураја коммунист әмәји мәктәбләри, техники пешә мәктәбләри вә али мәктәбләр вәсиптәсилә әлдә едилән ихтисаслары дахил етмәк олар.

Ихтисаслы фәлләләр исе ичтимай истеҢсалын бүтүн саһәләриндә елми-техники тәрәғғијә даһа чидди фикир верир вә истеҢсалын сәмәрәлилијинин артырылмасына наил олулар.

E. G. Guseinov

#### RISING OF THE QUALIFICATION OF WORKERS AND THEIR ROLE IN THE PUBLIC MANUFACTURE (ETHNOGRAPHIC STUDY)

The main attention in the oil-refining plants of Baku is paid to training of personnel, to professional education. The considerable work is conducted in the system of technical education: training of personnel, raising the worker's improvement of skill and ETW, mainly with the setting out the new objects, with mechanization and automation of manufacturing process. The workers take an active part in the setting out of all manufacturing questions and thus bring worthy deposit to the raising of effectiveness and quality of production.

<sup>2</sup> Материалы XXVI съезда КПСС. — М., 1981, с. 52.

А. МӘММӘДОВ

**М. Ә. САБИРЛӘ «ТАЗӘ ҺӘЈАТ» ГӘЗЕТИ ӘМӘҚДАШЫНЫН КӨРҮШҮ**

(АзәрбајҶан ССР ЕА академики М. З. Чәфәрәв тәғдим етмишидир)

Мүасирләринин хатирәләриндән мә'лумдур ки, гәзет мүхбирләриндән бири Шамаһыја кәлән заман Сабирин евинә дүшмүш, бу да шаирә гаршы тәкфир чомағынын күчләнмәсинә сәбәб олмушдур. Һәтта «Барәк-аллаһ!» сатирасынын да һәмни һадисәнин тә'сири илә јарандығы гејд олунар. Бүтүн бунлар шаирин тәрчүмеји-һалы илә бағлы олараг мараг доғурса да, һәр һалда хатирәдир. Елми тәрчүмеји-һал үчүн исе хатирә мараглы олмагла јанашы, онун сәнәдләрлә тәсдиги вачибдир. Белә ол-дугда хатирә хејли дәрәчәдә сәнәдләнмиш олур.

АзәрбајҶан Дөвләт Әдәбијат вә Инчәсәнәт архивиндә Сабирлә әлагәдар тәдгигат апараркән «Тазә һәјат» гәзетиндә Маһмуд Нәдим им-залы бир мәгаләјә раст кәлдим. «Сәјаһәтимә данр. Биринчи мәктубум» адланан бу јазы ашағыдакы чүмлә илә гуртарыр: «Бурача олан вәзи-фәми икмал етдикдән сонра декабрын 15-чи күнү сәһәр саат бешә ја-хын фәјтон илә Шамаһыја мүтәвәччәһә һәрәкәт етдим» [10].

«Сәјаһәтимә данр. Икинчи мәктубум. Күрдәмирдән Шамаһыја» ад-ланан мәгалә исе бу сөзләрлә башланыр: «Декабрын 15-чи күнү сәһәр саат дөрд гәрарларында Шамаһыја кетмәк үзрә Күрдәмирдән һәрәкәт олунду» [11]. Һәмни мәгаләдә Мирзә Әләкбәр Сабирин тәрчүмеји-һалы-на аид гијмәтли мә'лумат вардыр. Бу мә'луматдан ајдын олур ки, 1907-чи ил декабрын 15-дә күнортадан сонра Шамаһыја чатан Маһмуд Нә-дим кечәләмәк үчүн шәһәрни мейманханасына дүшүр. Мейманхана хидмәтчисинин она кәстәрдији нөмрәдә исе кечәләмәк мүмкүн де-јилди. Чүнки бурада нә јатачаг, нә стол, нә дә стул вар иди. Һеч олмаса дөшәмәјә һәсир дә салынмамышды. Һәм идарәсиндә ишләдији «Тазә һәјат» гәзетинә мүштәри топламаг, һәм дә јерләрдә мәдәни-маариф иши-нин сәвијјәсини јохламаг мәгсәдилә сәјаһәтә чыхан Маһмуд Нәдим бу вәзијјәти тәсвир етдикдән сонра јазыр: «Инди мән нә едим, нәрәјә кедим,—дејиб өз-өзүмә дүшүнүб дашынмагда икән гәзетәмиз мәнсубиј-јәтиндән Сабир әфәнди хатиримә кәлди... Бу адамын да Чүмә мәсчиди-нин габағында дүканы олдуғу даһа Күрдәмирдә икән мәнә хәбәр вер-мишдиләр. Инди јәһудијә (мейманхана хидмәтчисинә—А. М.). Чүмә мәсчидини сиз тапыныз, габағындакы Сабир әфәндини дә мән тапым,— дејиб бунун илә кетдик» [11].

Мә'лумдур ки, Сабир о дөврдә чыхан бир чох мәтбуат органы илә әлагә сахламыш, бә'зиләринин хүсуси мүхбири олмушдур. О, «Тазә

һәјат» гәзетинин дә хүсуси мүхбири иди вә Маһмуд Нәдим «гәзетәмиз мәнсубијјәтиндән» дедикдә мәнз бу чәһәти нәзәрдә тутурду. Сабирин Чүмә мәсчиди гаршысында дүканы олдуғуна кәлинчә демәлијәм ки, мөвчуд мәнбә вә тәдгигатлар шаирин сабун бишириб сатмагла да мәш-ғул олдуғуну тәсдигләмәкдәдир [2, 217; 3, 34; 13, 51 вә с.]. 1907-чи ил мајын 27-дә «Бәһлул» журналы редакторуна көндәрдији мәктубда исе Сабир өзү јазырды: «...Мәлфүфәниндә әхбар, әш'ар вә мүштәри тәммә-насында булуңдуғунуздан долајы әрз едирәм үч-дөрд ај олур ки, дүкан ачыб кәсб-кара мәшғул олдуғумдан идарәләрә мә'лум олдуғу кими, әх-барнәвислији билкүллијјә тәрк етмәјә мәчбурәм.

Вә кәза мүштәри арамаға даһа кәсрәти-мәшағилимдән вәғтим гал-мадығы үчүн чәнабыныздан мүнфәиләм» [2, 217].

Һәмни дөврдә ичтиман-мәдәни тәрәгги уғрунда мүбаризә апаран, әсәрләри илә аләмә сәс салараг поезија тарихимиздә јени әдәби мәктәб јарадан Сабирин мәншәти тәнәззүл етмәкдә иди. Бир-биринин ардынча олан ушаглар исе шаирин гајғыларыны артырмагла јанашы доланача-ғыны чәтниләшдирирди. Кичирик бир еви олан Сабир гапысына кәлән тәк бир адамы белә евиндә гонаг сахламаг игтидарында дејилди. Бу һагда мәгаләдә дејилр: «Тәбиәт өјсүзә, јерсинә бахармы! Ахшам га-ранлығы јаваш-јаваш орталығы мүстәхрәг зүлмәт етмәкдә. Мәни гәриб далдајар исе һәлә, «нәрәдә галым, кимә мүрачнәт едим»,—дејә ирәли олдуғу һалда гәриб, өјү вар икән өјсүз олан Сабир әфәнди илә дүшүн-мәкдә. Бирдән хатиримә бир заман мәним илә охумуш олан Әбдүлха-лыг Шејхов кәлди. Сабир әфәндидән суал етдим. «Өјләри будур, бурда», хәбәр мәсәррәтамизни алынча доғруча кетдик ораја. Бир аз кетмиш идик ки, «Шамаһы ханәнишини» тәбиринә лајиг олан гајәт бөјүк вә мөһ-тәшәм бир өјүн гапысыны дөјдүк. Әбдүлхалыг өзү јох имиш. Габағымы-за бөјүк бәрәдәрләри һачы Гәдир чәнаблары чыхыб бизи көрүнчә ичә-ријә дә'вәт етди» [10].

Кечәни һачы Гәдиркилдә галан Маһмуд Нәдим сәһәр шәһәрә кәз-мәјә чыхараг һәм Шамаһыда маариф вә мәдәнијјәт сәһәсиндә көрүлән ишләрлә марагланыр, һәм дә гәзетә мүштәри топламаға башлајыр. Сабир исе кечә гонағы евиндә сахлаја билмәсә дә, сәһәри күн Маһмуд Нәдимә лајигинчә гонагпәрвәрлик кәстәрмишди. Она көрә дә ики-үч күндән сонра Шамаһыдан јола дүшүб кедән Маһмуд Нәдим јазырды: «Шамаһы түччари-мө'тәбәранындан бәрәдаран Саламов, һачы Әбдүл-рәһим Сәмәдов, Аға Нәчәф Јәһјајев, Мәшәди Мейди, Султан Әһмәд Софијев, Сабир әфәнди... тәрәфләриндән көрмүш олдуғум һүсн-гәбулун әлә алыб да миннәтдарам» [11].

Сонралаг бу көрүшү хатырлајан Маһмуд Нәдим Гаракәзов «Ничат» гәзетинин 23 ијул 1911-чи ил тарихли 37-чи нөмрәсиндә дәрч етдирдији хатирәсиндә јазыр: «Зәлзәләдән сонра Шамаһыја вүгу булан сәјаһәтим-дә орада һеч кәси танымадығым, билмәдијим үчүн араја-араја, ахтара-ахтара доғруча Сабир әфәндинин бөјүк бир чаддәјә (күчәјә) назил олан дүканына шитабан олдум.

Сәмими бир мүсаһифәдән сонра нә мәгсәдә... кәлдијими кәндисинә аилатдым. Заваллы гәзетәјә мәнсубијјәтим олдуғуну билинчә бәни дәрә-ғуш едәрәк дүканына чәкди. Өјлә бир вәзијјәти-гәрибанә алараг, ман-галын ғырағында (ғыш иди) отурдуг...». [8; 9; 7—8].

Сабирлә Маһмуд Нәдимин көрүшү вә Шамаһыда бу гонағын ба-шына кәлән әһвалатлар бир нечә сатиранын јаранмасы үчүн Сабирә материал верди. «Барәкаллаһ!» [7] сатирасынын мәнз һәмни көрүшлә

элагэдар жазылдыгыны сөйләмәк мүмкүн олмаса да, «Төһмәт едир гәзетчиләр...» [4] вә «Суал-Чаваб» [6] сатирасынын жаранмасында бу көрүшүн тәсири шәксиздир. Маһмуд Нәдимин «Ничат» гәзетиндә чап етдирдији хатирәсиндә жаздыгына көрә Сабир она мәсләһәт көрүб ки, «...Сәләмәти-намус вә һејсијјәтинизини вүгајәси үчүн сиздән тәвәгги едирәм ки, бурада һеч бир молланын, ахундун вә әфәндиини гапысына кәдиб дә «Гәзетә жаздырмаға кәлмишәм»,—демијәсиниз.

Мүсәлман бүја! Көзәл нәсиһәтә ким гулаг верәр? Сабир әфәнди илә тәам едиб, һәрәкәти-әрс илә мүбәддәли-хәраб олан шәһәри кәштү-күзәра башладым» [8, 9, 8].

Беләликлә, гәзетә мүштәри топламаг истәјән Маһмуд Нәдим кәзәкәзә кәлиб һачы Мәчид әфәндиини евинә чыхыр. Ичәридән газы һачы Мәчид әфәндиини гоһумларындан бири чыхараг Маһмуд Нәдимин нәдән өтрү кәлдијини сорушмадан «бир төври-гәзәбанә илә» Гәзетәчи әлиндән башымыз-бејнимиз кетди... Чых, кет, бурда гәзетә-мәзетә истәјән јох-дур!»—дејиб, гапыји чәкир» [8, 9, 8]. Кетдији гапыда тәсәввүр етдијиндән дә пис гаршыланан Маһмуд Нәдим сарсылмыш һалда Сабирин јанына кәләрәк әһвалаты она данышыр... Сабир сатираларынын бириндә һәмин һадисәјә ишарә илә жазырды:

Төһмәт едир гәзетчиләр, мәшәри-насы бир белә!..  
Өзләрини, инан ки, јох фәһмү зәкасы бир белә!..  
...Чүмлә мәрриф әһлинин һаләти көз өнүдәдир,—  
Вәчһи-мәашы бир белә!... дәрду бәласы бир белә!.. [4; 1, 140].

Бундан башга «Даш гәлбли инсанлары нејләрдин, илаһи?!» [5] сатирасы да һәмин һадисәләрлә сәсләшмәкдәдир...

Көрүндүјү кими, М. Ә. Сабирин һәјат вә јарадычылығынын мүәјјән саһәсинә ишыг салан бу материаллар шаирин елми тәрчүмеји-һалынын жазылмасы үчүн гијмәтли елми мәнбәдир.

#### Әдәбијат

1. М. Ә. Сабир. Һоһоһнамә. I чилд. Тәртиб едән, изаһ вә гејдләрини мүәллифи Мәммәд Мәммәдов.—Бақы: Елм, 1962. 2. М. Ә. Сабир. Һоһоһнамә. III чилд. Тәртиб едән, изаһ вә гејдләрини мүәллифи М. Мәммәдов.—Бақы: Елм, 1965. 3. Мирәһмәдов Әнз, Сабир.—Бақы: Елм, 1958. 4. Молла Нәсрәддин, 30 декабр, 1907, № 49. 5. Молла Нәсрәддин, 6 јанвар 1908, № 1. 6. Молла Нәсрәддин, 13 јанвар 1908, № 2. 7. Молла Нәсрәддин, 16 март 1908, № 11. 8. Ничат, 23 ијул 1911, № 31. 9. Сабир хатирәләрдә. Топлајыб нәшрә һазырлајаны, өн сөз мүәллифи вә редактору Аббас Замапов.—Бақы: Кәпчлик, 1982. 10. Тәзә һәјат, 24 декабр 1907, № 203. 11. Тәзә һәјат, 1 јанвар 1908, № 1. 12. Тәзә һәјат, 2 јанвар 1908, № 1. 13. Хәндан Чәфәр. Сабир.—Бақы: ЕА Аз. Ф. нәшријаты, 1940.

Азәрбајҗан ССР ЕА Низами адына  
Әдәбијат Институту

Алынмышдыр 20. III. 1984.

Алхан Мамедов

#### ВСТРЕЧА М. А. САБИРА С СОТРУДНИКОМ ГАЗЕТЫ «ТАЗА ХАЯТ» («Новая жизнь»)

В статье говорится о встрече сотрудника газеты «Таза хаят» Махмуда Надима Карагезова с выдающимся азербайджанским поэтом М. А. Сабиром. Сообщение об этом было опубликовано в газете «Таза хаят» от 1—2 января

1908 г., №№ 1—2 под названием «О моем путешествии».

Письмо второе. Из Курдамира в Шемаху.

Этот материал является ценным источником в изучении научной биографии М. А. Сабир и является новой страницей в исследовании взаимоотношений его с современниками.

Alkhan Mammadov

#### THE MEETING OF THE [COLLEAGUE OF THE NEWSPAPER „TAZA HAYAT“ (THE NEW LIFE) WITH M. A. SABIR

In 1907, Mahmud Nadim Garagезov, who was one of the colleagues of the newspaper „Taza hayat“, visited many districts of Azerbaijan to gather subscribers for a newspaper. During this travel on the 15th of December he came to Shamakhy and was the guest of the famous Azerbaijan poet Mirza Alakbar Sabir. M. M. Garagезov described his meeting with the poet in his articles, such as „About my travel“, „My second letter“, „From Kurdamir to Shamakhy“, which were published in the „Taza hayat“ newspaper, on the 1st and 2nd of January (No. 1,2) in 1908.

This article is very valuable for the learning the scientific autobiography of Sabir.

В. И. САДЫХОВ

ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ РАЗРЯДЫ КОЛЛОКВИАЛЬНОЙ ЛЕКСИКИ

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

Коллоквиальная лексика представляет собой совокупность лексических единиц, составляющих абсолютно специфическую область разговорного стиля. Этот языковой пласт составлен из единиц различной категориальной отнесенности. Очевидно, что процесс приобретения этими единицами коллоквиальной значимости нельзя охарактеризовать однозначно, без учета различных фактов, относящихся к семантическому и словообразовательному аспектам.

Наиболее оправданным и перспективным решением этой задачи является общее деление коллоквиальных лексических единиц на коллоквиальные словозначения и собственно коллоквиальные слова, предложенное К. М. Рябовой. Анализ азербайджанской коллоквиальной лексики подтверждает возможность применения данной концепции к тюркоязычному материалу.

Выделение двух основных разделов коллоквиальной лексики основано на значительных различиях в способах мотивированности коллоквиальных значений.

Каждый из этих разделов коллоквиализмов обладает дифференциальными признаками. Вся совокупность лексико-семантических вариантов коллоквиальных слов относится к разговорной речевой сфере. Стилистическая помета разговорности, сопровождающая эти единицы в словарях, относится к слову в целом. Коллоквиальное же словозначение является лишь одним из лексико-семантических вариантов полисемантического слова, которые могут относиться как к нейтральному стилю, так и к различным другим стилям, отличным от коллоквиального. При этом стилистическая помета разговорности относится лишь к коллоквиальному лексико-семантическому варианту.

Коллоквиальное словозначение обязательно должно находиться в отношениях семантической производности с определенными лексико-семантическими вариантами данного слова.

В результате анализа соотношения производных и производящих значений многозначных слов выявляются различные виды семантической мотивированности. Между этими двумя значениями в пределах одного полисемантического слова устанавливается отношение семантической производности.

При одном из видов соотношений производящее и производное значения связаны единым семантическим компонентом, который и является мотивирующим при метафорическом переносе значения. Так, например в слове «blow» нейтральное значение «to move with some force, as the wind» и разговорное значение «to brag» связаны единством семантического компонента, выражающего характеристику явления. В обоих соотнесенных значениях эти семантические компоненты на-

ходятся на одном уровне — дифференцирующем. Они отражают совпадающий в обоих значениях мотивирующий признак — квалификационную характеристику.

В азербайджанском языке сходное явление можно проследить в слове «дагајысы», нейтральное значение которого «даглыг јерләрде јашајан ајы нөвү» и разговорное значение «мәдәнијјәтсиз, габа адам» пересекаются в едином компоненте, квалифицирующем денотат.

В данных соотнесенных значениях наблюдается изменение своего рода статуса семантических компонентов.

При другом соотношении объемов производящее и производное значения не имеют точки пересечения. Однако между семантическими признаками обоих значений существует некоторая связь, на основе которой опосредованно возникает производное значение. Семантическое переосмысление происходит на уровне дифференцирующих семантических компонентов.

Так, в слове «fireball» нейтральное значение «a meteor having the appearance of a globular light» трансформировалось в разговорное значение «an extremely energetic person» благодаря тому, что мотивирующий семантический компонент «meteor», являющийся дифференцирующим в производящем значении, начинает выполнять функцию квалифицирующего компонента «extremely energetic» в производном значении. Здесь имеет место и замещение архисемы: «meteor» «person». Подобным образом нейтральное производящее значение «joğun шејин һал вә кејфијјәти» в слове «joğunлуг» трансформировалось в разговорное значение «габалыг, ганмазлыг, тәрбијәсизлик». Однако в этом примере процесс семантической трансформации не сопровождается замещением архисемы.

Возможен и такой тип соотношений семантических объемов, при котором в результате метонимии объем одного значения полностью включает в себя объем соотнесенного значения. В отличие от описанных разновидностей производное коллоквиальное значение в этом случае мотивируется всем семантическим объемом производящего значения. Так, например, в слове «brass» коллоквиальное значение «officers or officials of high rank» мотивируется производящим значением «an alloy of copper or zinc» (из этого сплава изготовлялись знаки различия старшего офицерского состава). В слове «көрмәк» при трансформации производящего значения «көзләри илә гаврашмаг», в производное коллоквиальное значение «көрүшүб данышмаг, мәслә-һәтләшмәк, разылыгыны алмаг» мотивирующим компонентом является весь семантический комплекс производящего значения.

В обоих этих примерах исходное наименование составляет семантическое ядро производного коллоквиального значения, входя в состав дифференцирующих семантических компонентов последнего.

Таковы основные модели семантических отношений, которые устанавливаются между производящим и производным коллоквиальным значениями в результате процесса вторичной номинации.

Второй большой разряд коллоквиальных лексических единиц составляют собственно коллоквиальные слова. Все лексико-семантические варианты слов такого рода характеризуются отнесенностью к разговорной речевой сфере. Мотивированность коллоквиальных слов может носить экстралингвистический и лингвистический характер.

К первой группе слов относятся ономатопы, т. е. лексические еди-

ницы, которые мотивированы фонетически. Основой этих слов является имитация звука, носящего неречевой характер, фонетическими средствами.

Следует заметить, что сам факт существования ономастов является характерным именно для разговорной речи. Например, английские коллоквиальные ономасты «slam-bang», «zing», «zip», и азербайджанские аналогичные слова «гырылдамаг», «дырылдамаг», «зырылдамаг», «зоггулдамаг». Для слов второй группы, т. е. слов, мотивированных лингвистически, характерна так называемая «структурно-семантическая мотивированность». Коллоквиальные слова можно разбить на следующие группы:

1. Наибольшая степень мотивированности. Производные коллоквиальные слова, входящие в эту группу, обладают такими значениями, которые полностью выводятся из значений производящих слов.

Так, например, коллоквиализм «eatery» имеет значение «a lunchroom». Производящим словом для образования данного коллоквиализма является слово «to eat». Весь семантический комплекс этого слова «to have a meal» является мотивирующим для коллоквиализма «eatery» и полностью переходит в его значение — «a lunchroom (a place to have a meal)». Здесь наблюдается наибольшая степень мотивированности производного слова.

Аналогично мотивировано и коллоквиальное слово «ешидэн» со значением «динләјичи, динләјэн». Мотивирующим является слово «ешидмэк». Его значение «динләмэк, гулаг асмаг» полностью сохраняется в производном коллоквиальном слове.

2. Относительная степень мотивированности. Значения производных коллоквиальных слов этой группы характеризуется относительной выводимостью из значений производящих слов.

Так, например слово «barker» определяется как «a person who urges passers-by to enter a theater, etc.». Оно мотивировано словом «to bark». Однако, в отличие от абсолютно мотивированных слов, семантический комплекс производящего слова не переходит полностью в значение производного слова, таким образом его значение лишь частично выводимо из значения производящего слова. Помимо эмоционального и коннотативного компонентов в семантике производного слова образуется и семантический компонент, актуализирующий характеристику нового референта.

Относительно мотивированным является и сложное слово «дамарыбош». Оно мотивировано словами «дамар» и «бош», но его значение «ирадәсиз» не является простой суммой значений составляющих его слов. Словообразовательный акт, в результате которого производное слово обретает коллоквиальную значимость, привносит в производное значение и отрицательную оценочность, характеризующую новый референт.

3. Отсутствие мотивированности. К этой группе относятся лексические единицы, характеризующиеся полным отсутствием синхронных связей с другими лексическими единицами.

Степень немотивированности может варьировать в зависимости от возможности восстановления этих утраченных связей слова. Семантическая структура некоторых коллоквиальных слов позволяет восстановить их утраченные связи с производящими основами. Но в большинстве случаев без дополнительных диахронических данных и этимоло-

гического анализа не удается установить связи коллоквиального слова с производящей единицей. Например:

buddy—a comrade;

dido—a prank, caper;

Screwdriver—a cocktail made with vodka and orange juice.

Исходя из различий в характере структурно-семантической мотивированности, можно говорить об основных способах образования коллоквиальных слов. Очевидно, что немотивированные слова являются непронизводными. Для определения способов их образования нужно прибегнуть к методам этимологического анализа, что не входит в задачи данного исследования.

Азербайджанский педагогический институт  
иностранных языков им. 50-летия СССР

Поступил 1. IV 1985

В. И. Садыгов

#### КОЛЛОКВИАЛ ЛЕКСИКАНЫН ЭСАС СТРУКТУР ДӘРӘЧЭЛЭРИ

Мәғаләдә мұхтәлиф системли дилләрдә коллоквиал лексиканын эсас ишләк дәрәчәләри мәсәләси нәзәрдән кечирилир ки, бу да лексик ваһидләрин семантик гурулушунда мұәјјән едилмиш фәргләрә эсасланыр. Инкилис вә Азәрбајчан дилләринин коллоквиал лексикасында ики эсас дәрәчәнин ајрылмасы тәклиф едилир. Азәрбајчан дили илә мұғажисәли шәкилдә инкилис дили сөзләриндә коллоквиал мәнаһы дүзәлдән вә дүзәлән сөзләр арасындақы бир сыра әлағәләр мұәјјәнләшдирилир. Тәһлил нәтиҗәсиндә мұасир Азәрбајчан вә инкилис дилләринин семантикасында мұәјјән ошарлыг ашқара чыхарылыр.

V. I. Sadyknov

#### GENERAL STRUCTURAL CATEGORIES OF COLLOQUIAL VOCABULARY

The article deals with the general principles of division of a colloquial vocabulary, based on certain peculiarities in the semantics of the colloquial words. The whole colloquial wordstock in both English and Azerbaijan languages is divided into two general groups. A number of correlations between the derivational and derivative colloquial meanings in English are analysed and compared with those in the Azerbaijan language. The analysis reveals a certain degree of similarity in semantic processes undergoing in both languages.



М. С. АЗИМОВ

## О ДРЕВНЕЙ АРХИТЕКТУРЕ ГОБУСТАНА И ЕЕ СВЯЗЯХ С АРХИТЕКТУРОЙ ШИРВАНА

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

В последние годы на территории Гобустана открыт ряд памятников, вызывающих интерес с архитектурной точки зрения. Это остатки жилищ, стоянок, поселений, существовавших с эпохи мезолита до последних веков, погребальные и культовые сооружения — курганы, кромлехи, различные каменные круги, созданные в эпоху бронзы. Изучение этих памятников в историческом аспекте ведется систематически. Архитектурные же особенности памятников Гобустана до сих пор не являлись предметом изучения. Тем не менее, наши исследования Гобустана позволили рассматривать его как древнейшую колыбель архитектуры на территории Азербайджана, а архитектуру Гобустана как сложившуюся школу древнейшей архитектуры, которая существовала с мезолита до последних веков, охватывая период в 12 тысячелетий. За этот период сложилась самобытная архитектура, которая не смогла исчезнуть бесследно. Следовательно, возникает естественный вопрос о влиянии архитектуры Гобустана на развитие архитектуры в регионе. На этот вопрос мы попытаемся ответить путем анализа особенностей древней архитектуры Гобустана и сравнения ее с архитектурой региона, созданной ширванской школой архитектуры в средневековье.

Первые признаки человеческой деятельности в Восточном Азербайджане связаны с Гобустаном. Исследованные древнейшие стоянки в Гобустане датированы X тыс. до н. э. — эпохой мезолита [1, 2], в то время, когда флора и фауна Гобустана были довольно богаты, а ландшафт представлял вид саванны с обильным растительным покровом. Здесь водились крупные стада диких животных.

Стоянки древнего человека зафиксированы главным образом в пределах гор Беюкдаш, Кичикдаш, Джингирдаг и холма Язылы, которые были покрыты известняковым пластом из плотного апшеронского мелкого ракушечника толщиной до 10—15 м на горах Беюкдаш и Кичикдаш [3]. В результате разрушения известнякового пласта склоны и подножия этих гор были густо усеяны скалами больших размеров, скатившихся с вершины. Именно здесь, среди невероятного нагромождения больших глыб камней, созданы первые стоянки Гобустана.

Древним людям первыми стоянками служили естественные скальные навесы и пещеры. Среди них имеются также уютные, что позволяли жить в них без всяких приспособлений. Несмотря на это, первые сооружения прослеживаются здесь уже с появлением человека в Го-

бустане, то есть с мезолита. Примером этому могут служить стены, открытые на поселении Кяниза. Остатки кладки, составляющей часть стены помещения, открыты на стоянке Фируз I. Обнаруженная здесь стена относится к эпохе бронзы. Однако наличие мезолитического культурного слоя в помещении позволяет предполагать, что эта стена сложена на месте, возможно, даже на остатках мезолитической стены.

Все эти факты говорят о способности мезолитических людей строить фундаментальные стены, сохранившиеся до настоящего времени. Надо отметить, что особенности архитектуры в Гобустане формировались уже в эпоху мезолита и продолжались в последующие исторические фазы без особых изменений. Эти особенности прослеживаются как в видах жилищ, так и в технике строительства, причем второе является более традиционным. Основные виды жилищ — пещерные и прискальные созданы в мезолитическое время. Наряду с ними здесь, вероятно, существовали жилища с искусственной конструкцией, возможно шатровидные, созданные в местах, закрытых скалами. Остатки конструкции этого вида жилищ не могли сохраниться до нас. Однако надо полагать, что открытые в Гобустане остатки стен округлой формы являются основанием деревянной конструкции таких сооружений. Вероятно, этот вид жилищ не исчез в мезолите и продолжал существовать в последующие эпохи, так как округлые основания встречаются и в эпоху бронзы.

Указанные три вида жилищ на протяжении тысячелетий являлись неизменными и в комплексе образовывали древнейшие поселения. Примером является поселение Кяниза, объединившее в себе три вида жилищ. Оно состоит из пещерных, прискальных и шатровидных жилищ, которые составляли функциональные единицы поселения, и в отдельные периоды действовали как единый жилищно-хозяйственный комплекс.

Изменения в структуре поселений прослеживаются только в эпоху бронзы, вероятно, ввиду быстрого развития производительных сил и укрепления общественных отношений внутри племени. Хотя планировка жилищ и строительная техника не пережили в это время существенных изменений, поселения эпохи бронзы являются новым явлением в архитектуре Гобустана. Здесь исследованы два поселения эпохи бронзы — более раннее, относящееся к III тыс. до н. э. — Даире, у подножия горы Беюкдаш, и поселение рубежа III—II тыс. до н. э. — Беюкдаш, на плоской вершине этой горы. Планировку поселения Даире определяет округлая защитная стена, опоясывающая его. Вся планировка внутри поселения подчинена этому фактору. Стена достаточно мощная, шириной до 1 м, она и составляла конструктивную основу внутренних сооружений поселения. Сооруженные по кругу стены, жилые и хозяйственные помещения поселения примыкают к стене с внутренней части. При таком плановом решении несущим конструктивным элементом являлась обводная стена, так же, как и в прискальных жилищах несущим была скала. Центр поселений оставался свободным от строений и использовался в качестве двора, где могли заниматься хозяйственной деятельностью, держать домашних животных. Защитная стена в диаметре 48 м, сложена из больших необработанных, но подобранных камней. Скалы, находящиеся на линии стены, соединены с ней и использованы в виде контрфорсов. Сохранился только фундамент стены, которая сложена из кладки, при-

сущей всем строениям Гобустана: из двух рядов, поставленные на ребро камней и заполнена мелким камнем и землей. При таком фундаменте и округлом плане стена могла достигнуть более 3 м высоты, что, видимо, обеспечивало безопасность поселенцев.

На рубеже III—II тыс. до н. э. увеличение военной опасности в регионе вызвало перенос поселения на плоскую вершину горы Бейюкдаш — на место, защищенное естественными условиями. На сохранившейся части поселения открыты остатки жилых и хозяйственных построек, сложенных из камней, а также куски обмазанных глиной камышовых блоков, использованных в строительстве [5].

Наряду со стоянками и поселениями на всей территории Гобустана открыты погребальные сооружения — курганы, датированные эпохой бронзы. Они небольшие (диаметром от 5 до 11 м) и невысокие (до 1,1 м). Насыпь их каменно-земляная и каменная. Во втором случае встречено не простое нагромождение камней, а аккуратно сложенная каменная насыпь из необработанных известняковых камней. Такие сложенные вроде кладки насыпи курганов исследованы также на Апшероне [4].

В Гобустане зафиксированы также кромлехи, состоящие из 1—3-х каменных кругов, составленных в большинстве случаев из одного ряда камней, но встречены и участки из двух рядов в виде кладки.

Наряду с кромлехами в разных местах Гобустана, в основном на территории горы Кичикдаш, обнаружены каменные круги. Они созданы из вертикально поставленных каменных плит, образующих иногда фигуры в виде цифры 8. Аналогичные круги камней открыты и исследованы на Апшероне, которые интерпретируются как святилища [6].

С начала I тыс. н. э. в Гобустане прослеживается постепенный упадок интенсивности обитания, следовательно и упадок материальной культуры. Причиной этому могли служить разные обстоятельства, но главным из них должно было быть изменение климата — засуха, что привело к обеднению некогда богатой флоры и фауны. В это время политический и экономический центр в регионе переходит в более благоприятные места. Ввиду этого, социально-экономические изменения, происходящие в регионе, не затронули Гобустан. В строительстве, наряду с новыми формами, сохранилась архаичность и прослеживается синтез некоторых новых конструктивных элементов и архаичной формы.

Архитектурный облик Гобустана формировался в процессе эволюции культуры народа, населяющего регион в зависимости от естественно-природных условий, которые определяются, в основном, наличием естественных убежищ и известнякового строительного материала. Независимо от уровня развития, рода хозяйства, религиозных представлений во всех исторических фазах традиция, зарожденная в регионе, продолжалась во всей своей полноте.

Особенности, определяющие традиционную самобытность архитектуры Гобустана заключаются в следующем.

— Кладка из необработанных известняковых камней разной величины и формы с применением кладки из плит, поставленных на ребро и плашмя.

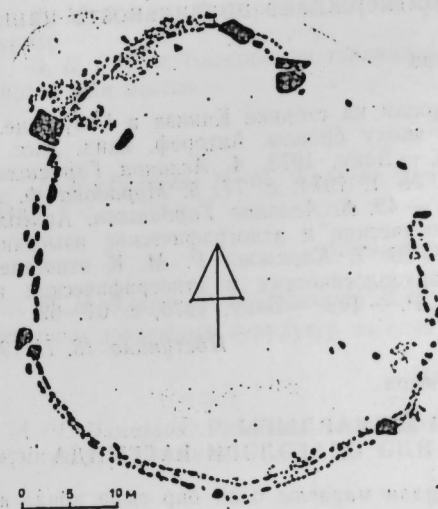
— Каменное перекрытие строений, будь это навес скалы, плоское перекрытие из известняковых плит или свод из обработанных камней.

— Наличие легких фахверковых жилищ.

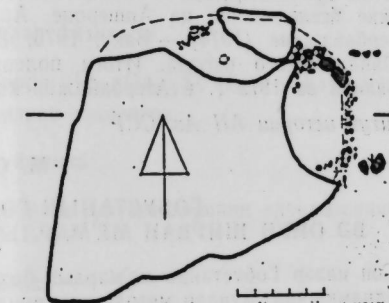
— Мастерское использование условий рельефа, использование естественных скал при строительстве.

— Глухие северные стороны сооружений или же строения на южной стороне скал.

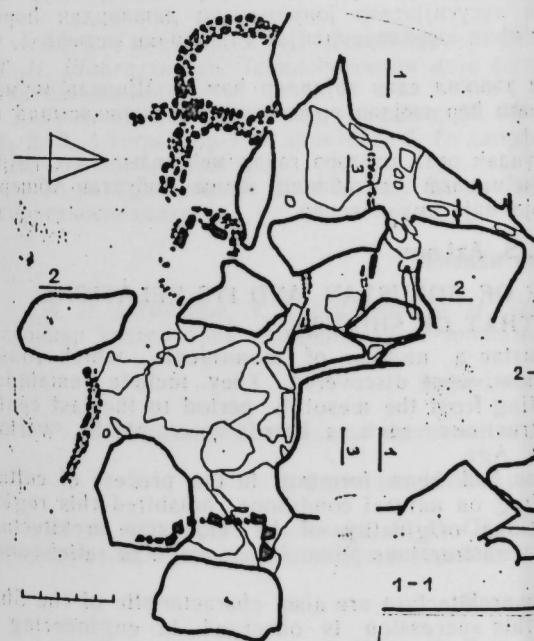
Эти основополагающие правила архитектуры Гобустана характерны также для ширванской школы архитектуры. Данная преемственность больше всего прослеживается в строительной технике, которая является общим критерием для разновременных памятников региона.



Поселение даире (Гобустан).



Стоянка фируз (Гобустан).



Стоянка клыза (Гобустан).

Прямые генетические связи древнейшей архитектуры Гобустана-Апшерона с архитектурой средневекового населения региона. Сравнения палеантропологических материалов Гобустана и других могильников Азербайджана показывают, что в Азербайджане еще в эпоху мезолита обитал длинноголовый европейский тип, близкий к современному каспийскому, который составляет основу физического типа современных азербайджанцев [7]. Следовательно, древнегобустанская современная азербайджанская культура принадлежит к одной этнической общности людей, что еще раз подтверждает правильность наших выводов.

#### Литература

1. *Рустамов Д. Н., Мурадова Ф. М.* Раскопки на стоянке Кяниза в Гобустане.— АО 1975 г. 2. *Мурадова Ф. М.* Гобустан в эпоху бронзы. Автореф. канд. дисс.— Баку, 1974. 3. *Джафарзаде И. М.* Гобустан.— Баку, 1973. 4. *Асланов Гардашхан.* Курумы Апшерона.— Докл. АН Азерб. ССР, № 1, 1974, с. 77. 5. *Мурадова Ф. М.* Гобустан тунч дөврүндә.— Баку, 1979, с. 25—42. 6. *Асланов Гардашхан.* Археологические исследования на Апшероне. Археологические и этнографические изыскания в Азербайджане (1974).— Баку, 1975, с. 15—16. 7. *Касимова Р. М.* К этногенезу Азербайджанского народа. Итоги полевых археологических и этнографических исследований за 1972 г. в Азербайджанской ССР.— Тез.— Баку, 1973, с. 61—62.

Институт истории АН Аз. ССР

Поступило 18. II 1983

М. С. Әзимов

#### ГОБУСТАНЫН ГӘДИМ МӘ'МАРЛЫҒЫ ВӘ ОНУН ШИРВАН МӘ'МАРЛЫҒЫ ИЛӘ ЭЛАГӘЛӘРИ ҺАҒҒЫНДА

Сон илләр Гобустанда мө'мирлыг бахымындан марағлы олан бир сыра абидә ашкар едилмишдир. Булар мезолит дөврүндән сон әсрләрә гәдәр мөвчуд олмуш сығначағлар вә јашајыш јерләри, тунч дөврүндә мејдана чыхмыш гәбир вә дини тикилиләр, курганлар, кромлехләр, мүхәтлиф даирәви даш дүзүмләридир.

Гобустаның мө'марлыг сымасы тәбии шәртләр чәрчивәсиндә бу чоғрафи рајонда јашајан халғын мадди мәдәнијәтинин инкишафы просесиндә формалашмышдыр. Гобустан мө'марлығыны сәчијләндирән хүсусијәтләр јонулмамыш дашлардан һөркү, даш өртүкләр, ғамыш тикилиләри, релјефин шәртләриндән вә гајалардан истифадә, чәнуби сәмтләшмәдән ибарәтдир.

Гобустан мө'марлығының әсасыны тәшкил едән гајдалар һәм дә Ширван мө'марлыг мәктәби үчүн сәчијләвидир. Бу әлағә һәр шејдән артыг тикинти техникасында изләнир.

Ширван әразисиндә мезолит дөврүндән орта әсрләрә гәдәр мө'марлыг хүсусијәтләринин ардычыл давами Ширван мө'марлыг мәктәбинин гәдим Гобустан-Апшерон мө'марлығы әсасында јарандығыны сөјләмәјә имкан верир.

M. S. Azimov

#### ON ANCIENT ARCHITECTURE OF GOBUSTAN AND ITS RELATIONS WITH THAT OF SHIRVAN

Recently on the territory of Gobustan a number of monuments, which roused interest from architectural points of view, were discovered. They include remainders of dwellings, stands, settlements, existing from the mesolith period to the last centuries as well as funeral and cult constructions, such as barrows, cromlechs, various stone circles, made as early as Bronze Age.

The architectural look of Gobustan had been forming in the process of culture evolution of the people which, depending on natural conditions, inhabited this region. The peculiarities, defining the traditional originality of the Gobustan architecture, involve masonry of unwrought stones, constructions stone floor, usage of relief conditions and framework.

These main rules of the Gobustan architecture are also characteristic of the Shirvan architecture school. Most of all this succession is observed in engineering of construction.

On the basis of the architecture peculiarities succession on the territory of Shirvan from mesolith to Middle Age, the author admits that the creation of the Shirvan architecture school is based on that of Gobustan-Apsheron.

#### МҮНДӘРИЧАТ

##### Ријазиијат

*Р. М. Әлијев.* Диференциалланан функцијалар үчүн ән јакшы квадратур дүстурлар . . . . . 3  
*Ә. Б. Әлијев.* Гиперболик тәбликләр үчүн глобал әприор гүмәтләндирилмәјән биртәрафли мәсәлә . . . . . 8

##### Механика

*Ј. Н. Гулијев, Һ. М. Гулијев.* Гејри-хәтти електроеластиклик нәзәријәсинә даир . . . . . 12

##### Јарымкечиричиләр физикасы

*М. Н. Әлијев, С. Ә. Зейналов, М. Һәшимзадә.*  $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb$  бәрк мәһлулуның кечиричи зонасының гурулушу вә електрофизики хәссәләри . . . . . 16

##### Нәзәри физика

*А. Ч. Измајлов.* Резонанс тезликләринин кичик сүрүшмәләринин өлчүлмәсинин мүмкүнлүјү һағғында . . . . . 21

##### Биофизика

*Н. М. Гоцајев.* Панкреатик трипсиңи инкибиторуның фәза гурулушу вә инкибирләшдирмәнин конформасија аспектләри . . . . . 24

##### Үзви кимја

*Ш. Һ. Гасымов, А. А. Дашдәмиров, Ф. М. Мәммәдов, Х. Н. Садыгова, Т. Н. Шаһтахтински.* Тетрафторбензол маје фазада һаваның оксидкени илә катали-тик оксидләшмәси . . . . . 27  
*Т. А. Умудов, Ф. Ф. Муганлински, М. М. Һүсејнов.* Мона Әли Јусеф Табит. 1, 2, 3, 4-тетрахлор-7, 7-диметоксид-5 (п-хлорфеноксиметил) битенкло—(2, 2, 1)-һепт-2-јениң синтези . . . . . 30  
*Р. А. Султанов, Т. Ш. Һәзәрров, Ш. А. Тарвердијев.* Дојмамыш а,  $\omega$ -диэпоксиорганосиланлар . . . . . 34

##### Физики кимја

*А. Н. Мәммәдов, З. Б. Бағыров, М. И. Зәркәрова.*  $ArVq-A(B)$  типли квазибинар системләрин термодинамики анализи . . . . . 37

##### Һидромеханика

*Р. Г. Чәлилова.* Икифазалы системләрдә далға просесләри . . . . . 42

##### Нефт вә газ јатағларының ишләнилмәси

*М. Т. Абасов, Е. Х. Әзимов, С. С. Салманова.* Сонсуз, бир-бириндән тәчрид олуңмуш лајларда нефтин гујуја гәрарлашмамыш сүзүлмәси һағда . . . . . 48

##### Катализ

*М. Н. Рүстәмов, А. А. Сәидова, Г. Т. Фәрһадова, Р. Н. Зейналов, Р. Р. Агајева.* Дериватограф әсасында јығылмыш комплекс микрогуруңуның көмәјилә карбоһидроксенләрин каталитик чеврилмәсинин тәдқиғи . . . . . 52

<b>Ботаника</b>	
<i>Ф. J. Гасымов, С. И. Гавренкова.</i> Загафгазија кәкликотусу—Азәрбајчан флорасынын перспективли ефирјағлы биткисидир . . . . .	56
<b>Ихтиолокија</b>	
<i>З. М. Гулијев.</i> Хәзәр дәннзинини Аграхан вә Кичик Гызылагач көрфәзләриндә јашајан лил <i>Tinca tinca</i> (L) балығынын морфоложи хусусијәтләри . . . . .	60
<b>Ентомологија</b>	
<i>Б. И. Агајев.</i> Талышда шыггылдаг бөчәкләрини (Coleoptera, Elateidae) јенинөвү . . . . .	63
<b>Тарих</b>	
<i>Е. Г. Нусејнов.</i> Фәһләләрини ихтисасынын артырмасынын ичтиман истехсалатда ролу (етнографик тәдгигат) . . . . .	66
<b>Әдәбијатшүнаслыг</b>	
<i>А. Мәммәдов, М. Ә. Сабирлә</i> «Тазә һәјат» гәзети әмәкдашынын көрүшү . . . . .	70
<b>Дилчилик</b>	
<i>В. И. Садыгов.</i> Қоллоквиал лексиканын әсас структур дәрәчәләри . . . . .	74
<b>Архитектура</b>	
<i>М. С. Әзимов.</i> Гобустанын гәдим ме'марлығы вә онун Ширван ме'марлығы илә әләгәләри һагғында . . . . .	78

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Математика</b>	
<i>Р. М. Алиев.</i> Наилучшие квадратурные формулы для дифференцируемых функций . . . . .	3
<i>А. Б. Алиев.</i> Односторонняя задача для гиперболического уравнения без глобальных априорных оценок . . . . .	8
<b>Механика</b>	
<i>Ю. Н. Кулиев, Г. М. Кулиев.</i> К нелинейной теории электроупругости . . . . .	12
<b>Физика полупроводников</b>	
<i>М. И. Алиев, С. А. Зейналов, Фируза М., Гашимадз.</i> Структура зоны проводимости и электрофизические свойства твердых растворов $In_{0,5}Ga_{0,5}Sb$ . . . . .	16
<b>Теоретическая физика</b>	
<i>А. Ч. Измаилов.</i> О возможности измерения малых сдвигов резонансных частот . . . . .	21
<b>Биофизика</b>	
<i>Н. М. Годжаев.</i> Пространственная укладка бычьего панкреатического трипсинового ингибитора и конформационные аспекты ингибирования . . . . .	24
<b>Органическая химия</b>	
<i>Ш. Г. Қасумов, А. А. Даидамирова, Ф. М. Мамедов, Х. И. Садыкова,</i> акад. <i>Т. Н. Шахтахтинский.</i> Каталитическое окисление циклогексана в жидкой фазе кислородом воздуха . . . . .	27
<i>Т. А. Умудов, Ф. Ф. Муганлинский,</i> чл.-корр. <i>М. М. Гусейнов, Мона Али Юсеф Табит.</i> Синтез 1, 2, 3, 4-тетрахлор-7,7 диметоксип-5 (п-хлорфеноксиметил) бицикло-(2, 2, 1)-гептена-2 . . . . .	30
<i>Р. А. Султанов, Т. Ш. Газаров, Ш. А. Тарвердиев.</i> Непредельные $\sigma, \omega$ -дизпоксиорганосиланы . . . . .	34
<b>Физическая химия</b>	
<i>А. Н. Мамедов, Э. Б. Багиров, М. И. Заргарова.</i> Термодинамический анализ квазибинарных систем типа $A_pB_q-A(B)$ . . . . .	37
<b>Гидромеханика</b>	
<i>Р. К. Джалилова.</i> Волновые процессы в двухфазных системах . . . . .	42
<b>Разработка нефтяных и газовых месторождений</b>	
<i>М. Т. Абасов, Э. Х. Азимов, С. С. Салманова.</i> О нестационарной фильтрации нефти к скважине в бесконечных изолированных пластах . . . . .	48
<b>Катализ</b>	
<i>М. И. Рустамов, А. А. Саидова, Г. Т. Фархадова, Р. И. Зейналов, Р. Р. Агаева.</i> Исследование каталитического превращения углеводов с помощью комплексной микроустановки на базе дериватографа . . . . .	52

Ботаника

Ф. Ю. Касумов, С. И. Гавренкова. *Thymus Transcaucasicus* Rogn — перспективное эфиромасличное растение флоры Азербайджана . . . . . 56

Ихтиология

З. М. Кулиев. Морфологическая характеристика лия *Tinca tinca* (L.). Аграханского и Малого Кызылагачского заливов Каспийского моря . . . . . 60

Энтомология

Б. И. Агаев. Новый вид жука-щелкуна (Coleoptera, Elateridae) из Талыша 63

История

Э. Г. Гусейнов. Повышение квалификации рабочих и их роли в общественном производстве (этнографическое изучение) . . . . . 66

Литературоведение

А. Мамедов. Встреча М. А. Сабира с сотрудником газеты «Таза хаят» («Новая жизнь») . . . . . 70

Языкознание

В. И. Садыгов. Основные структурные разряды колоквальной лексики . . . . . 74

Архитектура

М. С. Азимов. О древней архитектуре Гобустана и ее связях с архитектурой Ширвана . . . . . 78

Сдано в набор 28. 06. 85. Подписано к печати 16. 09. 85. ФГ 04815. Формат бумаги 70×100<sup>1/16</sup>. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. лист 7,15. Усл. кр.-отт. 7,15. Уч.-изд. лист 6,22. Тираж 585. Заказ 850. 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 ехр. Занумерованные формулы обязательно выключаются в красную строку, номер формулы ставится у правого края страницы. Желательно нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки. Подстрочные и надстрочные индексы и степени следует отмечать карандашом, дугами сверху и снизу:

$$k^n, r_n$$

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), I и штрих в индексах, I (латинское эль) и e. Прописные буквы подчеркивают карандашом двумя черточками снизу (C), а строчные — сверху (c).

Следует избегать знаков типа ~ (волна),  $\odot$ ,  $\oplus$ ,  $\otimes$ ;  $\square$  |  $\circ$  |  $\diamond$ ,  $\nabla$   $\wedge$

(крышки) над и под буквами, а также знаков:

$$h \quad \times \quad \underline{\epsilon} \quad \text{\textcircled{\scriptsize f}} \quad \text{\textcircled{\scriptsize f}} \quad \text{\textcircled{\scriptsize f}} \quad \text{\textcircled{\scriptsize e}}$$

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.

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]