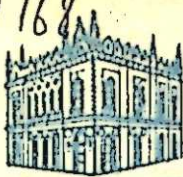


7168



ISSN 0002 -- 3078

АЗƏРБАЙҶАН ССР ЕЛМЛƏР АКАДЕМИЈАСЫ  
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

# МƏРУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXII ЧИЛД

1978 • 10

7168

Н ГАЈДАЛАР

нын Мə'рузэлəри»ндə нəзəри вə тəчрүби  
инмыш вə нəлə дəрч едилмəмиш нəтичə-

нə ајры-ајры мə'луматлар шəклинə салын-  
уматлардан мəһрум мубаһисə характерли  
элəрсиз кəмəкчи тəчрүбэлəрин тəсвирин-  
ири вə ичмал характерли ишлэр, тəвсијə  
методик мəгалэлэр, нəбелə битки вə һеј-  
суси эһəмијјэтə малик тапынтыларын тəс-  
ир.

нəмин мə'луматларын даһа кениш шəкилдə  
фин һугугуну элиндən алмыр.

олан мəгалэлэр јалныз ихтисас үзрə бир  
ксијə һеј'əти тэрəфиндən нəзəрдən кечирн-  
амаг шəртилə мəгалэлэр тэгдим едə билэр.  
ын мұхбир үзвлəринин мəгалэлəри тэгди-

ки, мəгалэлəри тэгдим едəркən онларын  
мəгалəнин јерлəшдирилчəји бəлмənни ады-

мəгалə дəрч етдирə билэр.

олмагла, мұаллиф вэрэгəнин дəрддə бирин-  
зылмыш 6—7 сəһифə һəчминдə (10000 чап

хүласəsi олмалыдыр; бундан башга, Азэр-  
линдə хүласə əлавə едилмəлидир. Рус ди-  
дилиндə хүласəsi олмалыдыр.

н јеринə јетирилдији елми идарəнин ады вə  
дир.

ит ишлəринин нəтичэлəринин дəрч олунмасы  
си олмалыдыр.

агла) вэрəгин бир үзүндə ики хəтт ара бу-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-  
и-и нүсхə тэгдим едилмəлидир. Дүстур-

# МƏ'РУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXIV ЧИЛД

10



УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ !

Просмотрев издание,  
укажите номер  
читательского билета  
и код категории  
читателя.

( Пример: 325/3Е1 )

Б. И. МУСАЕВ

О ПОРЯДКЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛА ПО ОТРЕЗКУ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ ПРЯМОЙ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. И. Гусейновым)

Рассмотрим особый интеграл

$$S_{\alpha, \beta}(f, x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 (1+t)^\alpha (1-t)^\beta \frac{f(t)}{t-x} dt, \quad x \in (-1, 1),$$

где  $\alpha, \beta \in (-1, 1)$ ,  $f(x)$  — непрерывная на  $[-1, 1]$  функция: интеграл понимается в смысле главного значения по Коши.

Пусть  $P_n(x) \in P_n$  ( $P$  — множество алгебраических многочленов степени не выше  $n$ ) — полином, аппроксимирующий функции  $f(x)$  в определенном смысле. Интеграл  $S_{\alpha, \beta}(P_n, x)$  принимается за приближенное значение интеграла (1). Зная характер близости полинома  $P_n$  к функции  $f$ , требуется установить характер близости интеграла  $S_{\alpha, \beta}(P_n, x)$  к интегралу  $S_{\alpha, \beta}(f, x)$ .

В случае полинома наилучшего равномерного приближения функции  $f$  в метрике  $C_{[-1, 1]}$  аналогичная задача рассмотрена в работах [2—4]. Полученные оценки для интеграла  $S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x) = S_{\alpha, \beta}(f, x) - S_{\alpha, \beta}(P_n, x)$  содержат константы, грубо зависящие от положения точки  $x \in (-1, 1)$ . В связи с последним замечанием в данной статье получены оценки для  $S_{\alpha, \beta}(f - p, x)$ , когда в качестве  $P_n \in P_n$  берется полином, аппроксимирующий функции  $f$  с учетом положения точки  $x \in [-1, 1]$ . Для такого полинома оценки для интеграла  $S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)$  получены в [7], результаты обобщаются и уточняются в настоящей статье.

Отметим, что оценки для интеграла  $S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)$  играют важную роль при исследовании сходимости интерполяционных квадратных формул для интеграла (1). Более подробно этот вопрос рассматривается в другой работе автора.

1. Для функции  $g \in \tilde{C}_{[-1, 1]} = \{g \in C_{[-1, 1]} / g(\pm 1) = 0\}$  введем

$$\omega_g^{(-1)}(\delta) = \max_{x \in [-1, -1+\delta]} |g(x)|, \quad \omega_g^{(1)}(\delta) = \max_{x \in [1-\delta, 1]} |g(x)|, \quad \delta \in (0, 2].$$

Очевидно, что функции  $\omega_g^{(i)}(\delta)$ ,  $i \in \{-1, 1\}$  неотрицательны, не убывают по  $\delta$ ,

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \omega_g^{(i)}(\delta) = 0, \quad i \in \{-1, 1\}.$$

Справедливы следующие основные леммы:

Лемма 1. Пусть  $g \in \tilde{C}_{[-1, 1]}$  и  $\int_0^1 \xi^{-1} \omega_g(\xi) d\xi < +\infty$ . Тогда при  $x \in (-1, 1)$  и  $\varepsilon \in (0, (1+x)/2]$  справедлива оценка\*

$$|S_{\alpha, \beta}(g, x)| \leq C_{\alpha, \beta} \left( (1+x)^\beta \int_0^1 \xi^{-1} \omega_g(\xi) d\xi + (1+x)^{-1} \times \right. \\ \left. \times \int_0^{1+x} \xi^\beta \omega_g^{(-1)}(\xi) d\xi + \omega_g^{(1)}(2(1+x)) (1+x)^\beta \times \right.$$

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Г. Б. Абдуллаев (главный редактор), М. Т. Абасов, Ал. А. Ализаде, Г. А. Алиев, В. Р. Волобуев, Г. Г. Гасанов, Дж. Б. Гулиев, Н. А. Гулиев, А. И. Гусейнов, М. З. Джафаров, Ю. М. Сеидов (зам. главного редактора), Г. Ф. Султанов, А. С. Сумбатзаде, М. А. Топчибашев, Т. Н. Шахтагинский, Г. Г. Зейналов (ответств. секретарь).

$$\times \left( \ln \frac{1+x}{2\varepsilon} + d(\alpha) \varepsilon^{|\alpha|} + d(\beta) \varepsilon^{|\beta|} (1+x)^{-|\beta|} \right) + \int_{1+x}^2 \xi^{\beta-1} \omega_g^{(-1)}(\xi) d\xi + \int_0^1 \xi^\alpha \omega_g^{(1)}(\xi) d\xi, \quad (1)$$

где  $d(t) = 1$ , если  $t \neq 0$  и  $d(0) = 0$ , а  $\omega_g(\delta)$  — обычный модуль непрерывности.

Лемма 1'. В условиях леммы 1 при  $x \in [0, 1]$  и  $\varepsilon \in (0, (1-x)/2]$  справедлива оценка

$$|S_{\alpha, \beta}(g, x)| \leq C_{\alpha, \beta} \left( (1-x)^\alpha \int_0^1 \xi^{-1} \omega_g(\xi) d\xi + (1-x)^{-1} \times \int_0^{1-x} \xi^\alpha \omega_g^{(1)}(\xi) d\xi + \omega_g^{(1)}(2(1-x))(1-x)^2 \times \right. \\ \left. \times \left( \ln \frac{1-x}{2\varepsilon} + d(\beta) \varepsilon^{|\beta|} + d(\alpha) \varepsilon^{|\alpha|} (1-x)^{-|\alpha|} \right) + \int_{1-x}^2 \xi^{\alpha-1} \omega_g^{(1)}(\xi) d\xi + \int_0^1 \xi^\beta \omega_g^{(-1)}(\xi) d\xi \right). \quad (1')$$

Утверждения леммы 1 и 1' следуют из нижеследующего представления

$$S_{\alpha, \beta}(g, x) = \frac{1}{\pi} \int_{x-\varepsilon}^{x+\varepsilon} \rho(t) \frac{g(t) - g(x)}{t-x} dt + \frac{1}{\pi} g(x) \int_{x-\varepsilon}^{x+\varepsilon} \rho(t) \frac{dt}{t-x} + \frac{1}{\pi} \left( \int_{-1}^{x-\varepsilon} + \int_{x+\varepsilon}^1 \right) \rho(t) \frac{g(t)}{t-x} dt$$

и оценки каждого из слагаемых, входящих в правую часть, где  $\rho(t) = (1+t)^\beta (1-t)^\alpha$  и  $0 < \varepsilon \leq \min\{(1+x)/2, (1-x)/2\}$ .

Обозначим через  $\Phi$  множество неотрицательных монотонно возрастающих на  $(0, 2]$  функций  $\varphi(\delta)$  таких, что  $\lim_{\delta \rightarrow 0} \varphi(\delta) = 0$  и  $\varphi(\delta)/\delta$  монотонно убывает.

Пусть  $\varphi \in \Phi$ . Обозначим

$$H_\varphi = \{g \in C_{[-1, 1]}/\omega_g(\delta) = O(\varphi(\delta)), \delta \in (0, 2]\},$$

$$H(g, \varphi) = \sup_{\delta > 0} \omega_g(\delta)/\varphi(\delta) \quad (H(g, \varphi) = H(g, \mu) \text{ при } \varphi(\delta) = \delta^\mu, \mu \in (0, 1]).$$

Лемма 2 [6]. Если  $f \in H_\varphi$ , то для каждого  $n \in \mathbb{N}$  существует такой  $P_n(x) \in P$ , что

$$|f(x) - P_n(x)| \leq C_1(\varphi(n^{-3} \sqrt{1-x^2}) H(f, \varphi)), \quad x \in [-1, 1]. \quad (2)$$

Лемма 3. Пусть  $f \in H_\varphi$  и  $P_n$  — полином, указанный в лемме 2. Тогда

$$\omega_{f-P_n}(\delta) \leq C_2 \left( \left( \varphi(\delta) + \delta \int_\delta^{n-1} t^{-2} \varphi(t) dt \right) H(f, \varphi) \right), \quad \delta \in (0, 1/2 n^2]. \quad (3)$$

Обозначим

$$Z_1 = \left\{ \varphi \in \Phi \mid \delta \int_\delta^2 t^{-2} \varphi(t) dt = O(\varphi(\delta)) \right\}.$$

\* Здесь и в дальнейшем под  $C_m$  и  $C_{m,n}$  понимаются положительные постоянные, зависящие соответственно от  $m$  и  $n$ , вообще говоря, разные в различных неравенствах.

Из леммы 2 и 3 следует

Теорема. Если  $\varphi \in Z_1$ , то, для того чтобы функция  $f \in H_\varphi$ , необходимо и достаточно, чтобы для каждого  $n \in \mathbb{N}$  существовал  $P_n \in P_n$  такой, что имеет место неравенство (2).

Пусть  $f \in H_\varphi$  и  $P_n \in P_n$  — полином, указанный в лемме 2. Тогда для любого  $\delta \in (0, 2]$  имеем

$$\omega_{f-P_n}^{(i)}(\delta) \leq C_3 H(f, \varphi) \varphi(n^{-1} \sqrt{\delta}), \quad \delta \in (0, 2], \quad i \in \{=, 1\}. \quad (4)$$

Полагая в неравенствах 1, 1'  $g = f - P_n$ , с учетом неравенств (3) (4) доказывается

Теорема. Пусть  $f \in H_\varphi$ ,  $\varphi \in I = \{\varphi \in \Phi \mid \int_0^1 t^{-1} \varphi(t) dt < +\infty\}$ . Тогда

для полинома  $P_n(x) \in P_n$ , указанного в лемме 2, справедливы оценки

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} H(f, \varphi) \min_{0 < \varepsilon < (1+x)/2n^2} L_n(\alpha, \beta, \varepsilon, \varphi, 1+x), \quad x \in (-1, 0],$$

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} H(f, \varphi) \min_{0 < \varepsilon < (1-x)/2n^2} L_n(\beta, \alpha, \varepsilon, \varphi, 1-x), \quad x \in [0, 1],$$

где

$$L_n(p, q, \varepsilon, \varphi, r) = r^q \int_0^\varepsilon t^{-1} \varphi(t) dt + r^q \varphi(\varepsilon) \ln \frac{1}{n\varepsilon} + r^{-1} \int_0^r t^q \varphi(n^{-1} \sqrt{t}) dt + \varphi(n^{-1} \sqrt{r}) r^q \left( \ln \frac{r}{2\varepsilon} + d(p) \varepsilon^{|\beta|} + d(q) \varepsilon^{|\alpha|} r^{-|\alpha|} \right) + \int_r^2 t^{q-1} \varphi(n^{-1} \sqrt{t}) dt + \int_0^1 t^p \varphi(n^{-1} \sqrt{t}) dt.$$

Обозначим

$$Z = \left\{ \varphi \in \Phi \mid \int_0^\delta t^{-1} \varphi(t) dt = O(\varphi(\delta)) \right\}.$$

Следствие 1. Пусть  $f \in H_\varphi$  и  $\varphi \in Z$ . Тогда для полинома  $P_n \in P_n$ , указанного в лемме 2, справедливы неравенства

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} H(f, \varphi) \min_{0 < \varepsilon < (1+x)/2n^2} L_n(\alpha, \beta, \varepsilon, \varphi, 1+x), \quad x \in (-1, 0],$$

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} H(f, \varphi) \min_{0 < \varepsilon < (1-x)/2n^2} \bar{L}_n(\beta, \alpha, \varepsilon, \varphi, 1-x), \quad x \in [0, 1].$$

где

$$\bar{L}_n(p, q, \varepsilon, \varphi, r) = r^q \varphi(\varepsilon) \ln \frac{1}{n\varepsilon} + \varphi(n^{-1} \sqrt{r}) r^q \left( 1 + \ln \frac{r}{2\varepsilon} + d(p) \varepsilon^{|\beta|} + d(q) \varepsilon^{|\alpha|} r^{-|\alpha|} \right) + \int_r^2 t^{q-1} \varphi(n^{-1} \sqrt{t}) dt + \int_0^1 t^p \varphi(n^{-1} \sqrt{t}) dt.$$

Следствие 2. Пусть  $f \in H$  ( $\mu \in (0, 1]$ ). Тогда для полинома  $P_n \in P_n$ , указанного в лемме 2, справедливы неравенства

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} H(f, \mu) n^{-\mu} l_{(n)}(\alpha, \beta, \mu, x), \quad x \in (-1, 0], \quad (5)$$

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} H(f, \mu) n^{-\mu} l_{(n)}(\beta, \alpha, \mu, 1-x), \quad x \in [0, 1], \quad (6)$$

где

$$l_{(n)}(p, q, \mu, r) = 1 + n^{-\mu} r^{q+\mu} \ln \frac{2n}{r} + r^{q+\mu/2} (1 + \ln n +$$

$$+ d(p) n^{-2|p|} r^{|p|} + d(q) n^{-2|q|} + \delta(p, q, \mu, r),$$

$$\delta(p, q, \mu, r) = \begin{cases} O(1) & \text{при } q > -\mu/2, \\ \ln \frac{2}{r} & \text{при } q = -\mu/2, \\ O(r^{q+\mu/2}) & \text{при } q < -\mu/2. \end{cases}$$

Сравнение. В [7] доказано, что если  $f \in H_\mu$ ,  $\mu \in (0, 1]$ , то для многочлена  $P_n \in P_n$ , указанного в лемме 1, справедливы неравенства

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} ((1+x)^{\beta+\mu/2} n^{-\mu} \ln n + (1-x)^{\alpha+\mu/2} n^{-\mu} \ln n + n^{-\frac{2\mu}{1+\beta}} (1+x)^\beta + n^{-\frac{2\mu}{1+\alpha}} (1-x)^\alpha), \quad \mu/2 \leq -\alpha, -\beta < 1, x \in (-1, 1), \quad (7)$$

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| \leq C_{\alpha, \beta} n^{-\mu+2\tau}, \quad \max\{-\alpha, -\beta\} < \mu/2, x \in [-1, 1], \quad (8)$$

где  $\tau$  — любое положительное число такое, что  $0 \leq \max\{-\alpha, -\beta\} < \tau < \mu/2$ .

Из неравенства (7) следует, что если  $-\alpha, -\beta \geq \mu/2$ , то

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| = O((1+x)^\beta n^{-\mu} \ln n) \quad \text{при } x \rightarrow -1,$$

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| = O((1-x)^\alpha n^{-\mu} \ln n) \quad \text{при } x \rightarrow 1,$$

а из неравенств (5) и (6) соответственно при  $x \in (-1, 0]$  и  $x \in [0, 1]$  следует

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| = \begin{cases} O(n^{-\mu} \ln n) & \text{при } \beta > -\mu/2, \\ O\left(n^{-\mu} \ln \frac{2n}{1+x}\right) & \text{при } \beta = -\mu/2, \\ O((1+x)^{\beta+\mu/2} n^{-\mu} \ln n) & \text{при } -1 < \beta < -\mu/2, \end{cases}$$

$$|S_{\alpha, \beta}(f - P_n, x)| = \begin{cases} O(n^{-\mu} \ln n) & \text{при } \alpha > -\mu/2, \\ O\left(n^{-\mu} \ln \frac{2n}{1-x}\right) & \text{при } \alpha = -\mu/2, \\ O((1-x)^{\alpha+\mu/2} n^{-\mu} \ln n) & \text{при } -1 < \alpha < -\mu/2. \end{cases}$$

Замечание. Для полинома  $P \in P_n$  интеграл  $S_{\alpha, \beta}(P_n, x)$  можно вычислить следующим образом.

Пусть  $P_n^{(\alpha, \beta)}(x)$  — ортогональный по весу  $\rho(x)$  многочлен Якоби. Возложим многочлен  $P_n(x)$  по многочленам Якоби:

$$P_n(x) = \sum_{k=0}^n a_k P_k^{(\alpha, \beta)}(x),$$

где в силу ортогональности многочленов  $P_k^{(\alpha, \beta)}(x)$  с весом  $\rho(x)$

$$a_k = h_k^{-1} \int_{-1}^1 \rho(t) P_n(t) P_k^{(\alpha, \beta)}(t) dt,$$

$$h_k = \frac{2^{\alpha+\beta+1}}{\kappa \cdot (\alpha + \beta + 2\kappa + 1)} \frac{\Gamma(\kappa + \alpha + 1) \Gamma(\kappa + \beta + 1)}{\Gamma(\kappa + \alpha + \beta + 1)},$$

а  $\Gamma(x)$  — гамма-функция. Обозначая  $\Pi_n^{(\alpha, \beta)}(x) = S_{\alpha, \beta}(P_n^{(\alpha, \beta)}, x)$  ( $\Pi_n^{(\alpha, \beta)}(x)$  выражается через функции Чкоби второго рода  $Q_n^{(\alpha, \beta)}(x)$  [1, 5]), имеем

$$S_{\alpha, \beta}(P_n, x) = \sum_{k=0}^n a_k \Pi_k^{(\alpha, \beta)}(x).$$

В заключение автор выражает искреннюю признательность А. А. Бабаеву и В. В. Салаеву за постоянное внимание к работе.

1. Бейтмен Г., Эрдейи А. Высшие трансцендентные функции, т. 2. М., Наука, 1966.
2. Саникидзе Д. Г. Изв. АН Арм. ССР, 5, 1970, № 4.
3. Саникидзе Д. Г. „Мат. заметки“, II, 1972, № 5.
4. Саникидзе Д. Г. Тр. ВЦ АН Груз. ССР, II, 1972, № 1.
5. Сега Г. Ортогональные многочлены. М. Физматгиз, 1962.
6. Теляковский С. А. Мат. сб., 70 (112), 1966, № 2.
7. Шешко М. А. „ДАН БССР“, 20, 1976, № 11.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 3. II 1978

Б. И. Мусаев

ӨДЭД ОХУНУН ПАРЧАСЫ ҮЗРЭ СИНГУЛЛАР ИНТЕГРАЛА  
 JAХЫНЛАШМА ТЭРТИБИ БАГГЫНДА

Мәгаләдә

$$S_{\alpha, \beta}(f, x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 (1-t)^\alpha (1+t)^\beta \frac{f(t)}{t-x} dt, \quad x \in (-1, 1)$$

интегралына  $S_{\alpha, \beta}(P_n, x)$  интегралы васитәсилә јахынлашма тәртиби өррәндилр. Бурада  $n$ -дәрәчәли чәбри чоххәдли олан  $P_n(x)$ ,  $f(x)$  функцијасына јахынлашан хәусуи чоххәд-лидир.

B. I. Musayev

ON ORDER OF APPROXIMATION OF SINGULAR INTEGRAL TAKEN OVER  
 SEGMENT OF REAL STRAIGHT LINE

Let  $P_n(x)$  is algebraic polynomial approximating function accounting position of point  $x \in [-1, 1]$ . Velocity of approximation of integral

$$S_{\alpha, \beta}(f, x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 (1+t)^\beta (1-t)^\alpha \frac{f(t)}{t-x} dt, \quad x \in (-1, 1),$$

where  $\alpha, \beta \in (-1, 1)$ , by integral  $S_{\alpha, \beta}(P_n, x)$  is investigated.

К. Б. МАНСИМОВ

**ОБ ОДНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОСОБЫХ УПРАВЛЕНИЙ В СИСТЕМАХ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ**

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

1. В последние годы внимание многих авторов привлекают вопросы, связанные с получением необходимых условий оптимальности для особых управлений в различных системах с последствием (см., например, [1-11]). Настоящая статья, примыкающая к исследованиям [4, 7, 10, 11], посвящена получению с помощью серии игольчатых вариаций последовательности необходимых условий оптимальности для особых управлений в одной системе с запаздыванием и подвижным правым концом траектории. Использование серии вариаций связано с тем известным фактом (см., например, [12, 6]), что она позволяет получить более сильные условия оптимальности второго порядка.

Итак, рассмотрим задачу о минимуме функционала

$$S_0(u) = \varphi_0(x(t_1)) \quad (1)$$

при ограничениях

$$\varphi_i(x(t_i)) \leq 0, \quad i = \overline{1, p}, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f(t, x(t), x(t - \omega(t)), u(t)), \quad t \in [t_0, t_1], \\ x(t) &= x^0(t), \quad t \in E_{t_0} = [t_0 - \omega(t_0), t_0]. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь  $\omega(t) > 0$  — непрерывно дифференцируемая функция, причем  $\omega(t) < 1$ ,  $f(t, x, y, u)$  — заданная  $n$ -мерная вектор-функция, непрерывная по совокупности переменных вместе с частными производными по  $x, y$  до второго порядка включительно;

$x^0(t)$  — непрерывная на  $E_{t_0}$  начальная вектор-функция;  $\varphi_0(x) \in C^2(R^n)$ ,  $\varphi_i(x) \in C^1(R^n)$ ,  $i = \overline{1, p}$ ;  $u(t)$  — кусочно-непрерывный вектор управления со значениями из заданного ограниченного множества  $V \subset R^m$ .

Предполагается, что каждому  $u(t) \in V$  соответствует единственное решение задачи (3).

Управление  $u(t)$  будем называть допустимым управлением, если соответствующее ему решение системы (3) удовлетворяет ограничениям (2).

Допустимое управление  $u(t)$ , являющееся решением задачи (1) — (3), назовем оптимальным управлением.

Для исследования задачи (1) | (3) будем применять схему, основанную на явной линеаризации исходной системы.

2. Пусть  $u(t)$ ,  $\bar{u}(t) = u(t) + \Delta u(t)$  — два допустимых управления, а  $x(t)$  и  $\bar{x}(t) = x(t) + \Delta x(t)$  — соответствующие им решения системы (3). Тогда ясно, что  $\Delta x(t)$  будет удовлетворять системе (линеаризо-

ванная система)

$$\begin{aligned} \Delta \dot{x}(t) &= f_x(t) \Delta x(t) + f_y(t) \Delta x(t - \omega(t)) + \Delta_u f(t) + \eta(t), \\ \Delta x(t) &\equiv 0, \quad t \in E_{t_0}, \end{aligned} \quad (4)$$

где по определению

$$f_x(t) \equiv f_x(t, x(t), y(t), u(t)); \quad f_y(t) \equiv f_y(t, x(t), y(t), u(t)),$$

$$\Delta_u f(t) \equiv f(t, x(t), y(t), \bar{u}(t)) - f(t, x(t), y(t), u(t)).$$

$$\eta(t) = \Delta_u f_x(t) \Delta x(t) + \Delta_u f_y(t) \Delta y(t) + o_1(\|\Delta x(t)\| + \|\Delta y(t)\|).$$

Здесь векторная величина  $o_1(\cdot)$  определяется из разложения

$$\begin{aligned} f(t, \bar{x}(t), \bar{y}(t), \bar{u}(t)) - f(t, x(t), y(t), \bar{u}(t)) &= o_1(\|\Delta x(t)\| + \\ &+ \|\Delta y(t)\|) + f_x(t, x(t), y(t), \bar{u}(t)) \Delta x(t) + f_y(t, x(t), y(t), \\ &\bar{u}(t)) \Delta y(t). \end{aligned}$$

Система (4) эквивалентна следующему интегральному уравнению:

$$\Delta x(t) = \int_{t_0}^t \lambda(t, s) \Delta_u f(s) ds + \int_{t_0}^t \lambda(t, s) \eta(s) ds, \quad (5)$$

где  $\lambda(t, s)$  —  $(n \times n)$ -матричная функция, являющаяся решением уравнения (см., например, [13-15])

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_s(t, s) &= -\lambda(t, s) f_x(s) - \lambda(t, r(s)) r(s) f_y(r(s)), \quad s < t, \\ \lambda(t, t) &= E, \quad \lambda(t, s) = 0, \quad s > t. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь  $E$  — единичная матрица, а  $r(s)$  — обратная к функции  $h(s) = s - \omega(s)$ .

Через  $\Delta x_s(t)$  обозначим специальное приращение траектории, отвечающее специальному приращению управления, определяемому следующим образом (см., например, [16]):

$$\Delta u_s(t) = \begin{cases} v_i - u(t), & t \in [\theta_i, \theta_i + l_i \varepsilon], \quad i = \overline{1, m} \\ 0, & t \in [t_0, t_1] \setminus [\theta, \theta + l \varepsilon], \end{cases}$$

где  $\theta_i = \theta$  — точка непрерывности управления,  $\theta_{i+1} = \theta_i + l_i \varepsilon$ ,  $l_i \geq 0$  — любое вещественное число,  $m$  — произвольное натуральное число,

$l = \sum_{i=1}^m l_i$ ,  $\theta_m + l_m \varepsilon = \theta + l \varepsilon$ , а  $\varepsilon > 0$  — достаточно малое число.

Известной схемой (см., например, [17, 18]) легко доказать, что

$$\|\Delta x_s(t)\| \leq Z \varepsilon \quad (Z = \text{const} > 0).$$

С учетом этой оценки из (5) получим, что

$$\begin{aligned} \text{при } t \in \left[ \theta + \varepsilon \sum_{i=1}^{m-1} l_i, \theta + \varepsilon \sum_{i=1}^m l_i \right) \\ \Delta x_s(t) &= \varepsilon \sum_{i=1}^{m-1} l_i \lambda(t, \theta) \Delta_{v_i} f(\theta) + \\ &+ \left( t - \theta - \varepsilon \sum_{i=1}^{m-1} l_i \right) \lambda(t, \theta) \Delta_{v_m} f(\theta) + o(\varepsilon; t), \end{aligned} \quad (7)$$

а при  $t \in [\theta + l \varepsilon, t_1]$

$$\Delta x_s(t) = \varepsilon \sum_{i=1}^m l_i \lambda(t, \theta) \Delta_{v_i} f(\theta) + o(\varepsilon; t). \quad (8)$$

Теперь допустим, что управление  $u(t)$  является оптимальным, и введем обозначения:

$$\psi'(t) = -\lambda'(t_1, t) \frac{\partial \varphi_1(x(t_1))}{\partial x}; I = \{i: \varphi_1(x(t_1)) = 0, i = \overline{1, p}\};$$

$$H(t, x, y, u, \psi') = \psi' \cdot f(t, x, y, u); \Delta_v H^1(t) = \psi'(t) \Delta_v f(t).$$

Теорема 1. Для оптимальности допустимого управления  $u(t)$  необходимо, чтобы неравенство

$$\Delta_v H^0(\theta) \leq 0$$

выполнялось для всех  $v \in V$  и  $\theta \in [t_0, t_1]$  таких, что

$$\min_{|\theta|} \Delta_v H^1(\theta) > 0.$$

Определение. Допустимое управление  $u(t)$  назовем особым (в смысле принципа максимума Л. С. Понтрягина [19]), если

$$\Delta_v H^0(\theta) = C$$

для всех  $v \in V$  и  $\theta \in [t_0, t_1]$ .

Для исследования особого случая, следуя [4], введем обозначение

$$\Psi(\theta) = -\lambda'(t_1, \theta) \frac{\partial^2 \varphi_0(x(t_1))}{\partial x^2} \lambda(t_1, \theta) +$$

$$+ \int_0^{t_1} [\lambda'(t, \theta) H_{xx}^0(t) \lambda(t, \theta) + \lambda'(t, \theta) H_{xy}^0(t) \lambda(h(t), \theta) + \lambda'(h(t), \theta) H_{yx}^0(t) \lambda(t, \theta) + \lambda'(h(t), \theta) H_{yy}^0(t) \lambda(h(t), \theta)] dt. \quad (8)$$

В особом случае справедлива

Теорема 2. Для оптимальности особого управления  $u(t)$  необходимо, чтобы для любого натурального числа  $m$  неравенство

$$\sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^m l_j l_s \Delta_{v_j} f'(\theta) \Psi(\theta) \Delta_{v_s} f(\theta) + \sum_{j=1}^m l_j \Delta_{v_j} H_x^0(\theta) \left[ l_j \Delta_{v_j} f(\theta) + 2 \sum_{s=1}^{j-1} l_s \Delta_{v_s} f(\theta) \right] < 0 \quad (9)$$

выполнялось для всех  $v_j \in V$ ,  $l_j \geq 0$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $\theta \in [t_0, t_1]$  таких,

что  $\min_{|\theta|} \left\{ \sum_{j=1}^m l_j \Delta_{v_j} H^1(\theta) \right\} > 0.$

Замечание 1. Для системы без запаздывания условие (9) согласуется с результатом из [12], полученным при помощи неявной линеаризации исходной системы.

Замечание 2. Подобный результат получен и для следующей системы:

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), x(h(t)), u(t)) + A(t) \dot{x}(h(t)) + \int_{t_0}^t [K(t, \tau, x(\tau), x(h(\tau)), u(\tau)) + B(t, \tau) \dot{x}(h(\tau))] d\tau, \\ x(t) = x^0(t), t \in E_{t_0}.$$

Замечание 3. Когда  $f(t, x, y, u)$  не зависит от  $y$ , т. е. в случае системы без запаздывания, формула (8) принимает вид [19, 20]

$$\Psi(\theta) = -\lambda(t_1, \theta) \frac{\partial^2 \varphi_0(x(t_1))}{\partial x^2} \lambda(t_1, \theta) + \int_0^{t_1} \lambda'(t, \theta) H_{xx}^0(t) \lambda(t, \theta) dt, \quad (10)$$

где  $\lambda(t, s)$  определяется из системы

$$\lambda_s(t, s) = -\lambda(t, s), f_x(s), \lambda(t, t) = E.$$

В работах [19, 20] для  $\Psi(\theta)$  непосредственным дифференцированием получено замкнутое дифференциальное уравнение вида

$$\Psi(\theta) = -f'_x(\theta) \Psi(\theta) - \Psi(\theta) f_x(\theta) - H_{xx}^0(\theta); \Psi(t_1) = -\frac{\partial^2 \varphi_0(x(t_1))}{\partial x^2}, \quad (11)$$

которое, в свою очередь, впервые введено Р. Габасовым в [21].

Впрочем, это следует и из того факта, что формула (10) является формулой Коши для уравнения (11) (см., например, [22], стр. 510).

В случае же системы (3) из представления (8) не получается [8-10] замкнутого дифференциального уравнения для  $\Psi(t)$ .

На наш взгляд, это связано с тем, что нет такого матричного дифференциального уравнения с отклоняющимся аргументом типа (11), решение которого можно было бы представить формулой (8).

В заключение автор выражает искреннюю признательность М. А. Ягубову и А. М. Багирову за ценные замечания по результатам работы.

#### Литература

1. Ащепков Л. Т. СМЖ, 1973, № 6.
2. Сонног М. А. Singular control of delay systems. IOTA 13, 1974, № 5.
3. Ахиев С. С. К теории необходимых условий оптимальности первого и второго порядка. ВИНТИ, № 3159-74.
4. Ахмедов К. Т., Меликов Т. К., Гасанов К. К. ДАН Азерб. ССР, XXXI 1975, № 7.
5. Мансимов К. Б. Исследование особого случая в задаче терминального управления параметром. ВИНТИ, № 306-75.
6. Мансимов К. Б. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, 1976, № 3.
7. Мансимов К. Б. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, 1976, № 6.
8. Меликов Т. К. Автореф. канд. дисс. Баку, 1976.
9. Срочко В. А. Дифф. уравнения, 1976, № 12.
10. Срочко В. А. В сб.: Дифф. и интегральные уравнения, вып. 4, 1976.
11. Мансимов К. Б. Мат.-лы конфер. аспирантов АН Азерб. ССР, Баку, Элм., 1976.
12. Гороховик С. Я. Дифф. уравнения, 1975, № 10.
13. Шамилов А. Х. Уч. зап. АГУ им. С. М. Кирова, серия физ.-матем. наук, 1970, № 4.
14. Ахиев С. С., Ахмедов К. Т. Изд. АН Азерб. ССР, серия физ.-тех. и матем. наук, 1972, № 3.
15. Габасов Р., Кириллова Ф. М. Оптимизация линейных систем. Минск, 1973.
16. Демьянов В. Ф. Вестн. ЛГУ, 1976, № 19.
17. Габасов Р., Чуракова С. В. Автоматика и телемеханика, 1968, № 1.
18. Габасов Р., Кириллова Ф. М. Принцип максимума в теории оптимального управления. Минск, 1974.
19. Габасов Р., Кириллова Ф. М. Особые оптимальные управления. М., 1973.
20. Срочко В. А. Дифф. уравнения, 1974, № 6.
21. Габасов Р. ДАН СССР, 183, 1968, № 2.
22. Брайсон А., Хо Ю Ш и. Прикладная теория оптимального управления. М. 1972.

Институт кибернетики  
АН Азерб. ССР

Поступило 17. VI 1978

К. Б. Мансимов

КЕЧИКМЭЈЭ МАЛИК СИСТЕМЛЭРДЭ МӘХСУСИ ИДАРЭЛЭРИН  
ОПТИМАЛЛИҒЫ ҮЧҮН БИР ЗЭРУРИ ШЭРТЛЭР АРДЫЧЫЛЛИҒЫ ҲАГГЫНДА

Мәгалә

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), x(t-\omega(t)), u(t)), t \in [t_0, t_1]$$

$$x(t) = x^0(t), t \in E_{t_0} \quad (1)$$

$$S_0(u) = \varphi_0(x(t_1)) \rightarrow \min \quad (2)$$

$$S_1(u) = \varphi_1(x(t_1)) < 0, i = \overline{1, p} \quad (3)$$

мәсәләсində мөхсуси идарәләрин тәдғигинә һәср едилимишир. Бахилаи мәсәлә үчүн икинчи тәртиб зәрури шәртләр ардычылығы алынмишдыр. Бу зәрури шәртләр ардычылығы оптималлыға шүбһәли идарәләрин сајыны кафи гәдәр азалтмаға имкан верир.

## ON A SEQUENCE OF NECESSARY CONDITIONS FOR THE SINGULAR CONTROL OF DELAY SYSTEMS

In this paper it is studied the singular problem for time delay systems. A sequence of necessary conditions for the singular control to be optimal has been obtained.

Член-корр. АН Азерб. ССР Ю. А. АМЕНЗАДЕ, Н. Ф. ГУРЬЕВ

ПЕРВАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ КРУГОВОГО ДИСКА  
С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ РАЗРЕЗАМИ

В работе [1] указан метод решения основных граничных, а также некоторых других задач, когда область, занятая телом, представляет собой всю комплексную плоскость с прямолинейными разрезами, расположенными вдоль одной и той же прямой.

Этот метод на основе важных дополнительных соображений обобщен на случай ограниченных областей теми же прямолинейными разрезами. Мыслимое обобщение метода заключается в аналитическом продолжении пары комплексных потенциалов Колосова—Мусхелишвили через внешнюю границу диска на полную комплексную плоскость.

1. Рассмотрим задачу о напряженном состоянии кругового диска с разрезами, расположенными вдоль одного и того же диаметра, который примем за действительную ось. Введем следующие обозначения:  $S^+$ —рассматриваемая область, заключенная между окружностью  $L_0$  радиусом  $R$  и  $n$  прямолинейными разрезами  $L_k = a_k b_k$ ,  $S^-$ —дополнение области  $S^+$  до полной комплексной плоскости,  $L$ —совокупность отрезков  $L_k$ .

Пусть на обводе диск нагружен условиями вида

$$T_r - iT_\theta = N_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \left[ N_\nu \left( \frac{t}{R} \right)^\nu + N_{-\nu} \left( \frac{R}{t} \right)^\nu \right],$$

где  $N_\nu$  ( $\nu = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ), вообще говоря, — комплексные коэффициенты. Компоненты тензора напряжения и вектора перемещения определяются через две аналитические в области  $S^+$  функции комплексной переменной  $\Phi(z)$  и  $\Psi(z)$ , удовлетворяющие на окружности  $L_0$  условию

$$\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} - \left( \frac{t}{R} \right)^2 \left[ \frac{R^2}{t} \Phi'(t) + \Psi(t) \right] = N_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \left[ N_\nu \left( \frac{t}{R} \right)^\nu + N_{-\nu} \left( \frac{R}{t} \right)^\nu \right]. \quad (1.1)$$

На окружности  $L_0$  введем новую неизвестную функцию [2, 3]

$$2\omega(t) = \Phi(t) - \overline{\Phi(t)} + \left( \frac{t}{R} \right)^2 \left[ \frac{R^2}{t} \Phi'(t) + \Psi(t) \right]. \quad (1.2)$$

Сложим соотношения (1.1) и (1.2), тогда на  $L_0$

$$\Phi(t) = \omega(t) + \frac{N_0}{2} + \frac{1}{2} \sum_{\nu=1}^{\infty} \left[ N_\nu \left( \frac{t}{R} \right)^\nu + N_{-\nu} \left( \frac{R}{t} \right)^\nu \right]. \quad (1.3)$$



На основании соотношения (1.3), теоремы об аналитическом продолжении и свойств интеграла типа Коши будем иметь

$$\Phi_*(z) = \begin{cases} \Phi(z) - \frac{1}{2\pi i} \int_{L_0} \frac{\omega(t)}{t-z} dt - \frac{1}{2} \sum_{\nu=1}^{\infty} N_{\nu} \left(\frac{z}{R}\right)^{\nu}, & z \in S^+, \\ -\frac{1}{2\pi i} \int_{L_0} \frac{\omega(t)}{t-z} dt + \frac{1}{2} \sum_{\nu=1}^{\infty} N_{-\nu} \left(\frac{R}{z}\right)^{\nu}, & z \in S^-. \end{cases} \quad (1.4)$$

Подставим (1.3) в (1.2), тогда после некоторых вычислений на  $L_0$  найдем

$$\Psi(t) - \frac{1}{2} Q(t) + R_1(t) = \frac{1}{2} Q(t) - R_2(t), \quad (1.4')$$

где

$$C(t) = \left(\frac{R}{t}\right)^2 [\omega(t) + \overline{\omega(t)}] - \frac{K^2}{t} \omega'(t),$$

$$R_1(t) = \frac{1}{2} \sum_{\nu=2}^{\infty} [(1+\nu)N_{\nu} - \overline{N_{-\nu}}] \left(\frac{t}{R}\right)^{\nu-2},$$

$$R_2(t) = \frac{1}{2} \sum_{\nu=1}^{\infty} [(1-\nu)N_{-\nu} - \overline{N_{\nu}}] \left(\frac{R}{t}\right)^{\nu+2} + \left(N_1 - \frac{1}{2} \overline{N_{-1}}\right) \frac{R}{t} + \frac{1}{2} (N_0 - \overline{N_0}) \left(\frac{R}{t}\right)^2.$$

Рассуждая так же, как это было сделано для получения (1.4), из (1.4') будем иметь

$$\Psi_*(z) = \begin{cases} \Psi(z) - \frac{1}{2\pi i} \int_{L_0} \frac{C(t)}{t-z} dt + R_1(z), & z \in S^+, \\ -\frac{1}{2\pi i} \int_{L_0} \frac{C(t)}{t-z} dt - R_2(z), & z \in S^-. \end{cases} \quad (1.5)$$

В соотношениях (1.4) и (1.5)  $\Phi_*(z)$ ,  $\Psi_*(z)$  — регулярные в разрезанной вдоль прямолинейных отрезков  $L_k = a_k b_k$  полной комплексной плоскости функции и  $\Phi_*(\infty) = \Psi_*(\infty) = 0$ .

Вспомогательную функцию  $\omega(t)$  на  $L_0$  возьмем в виде ряда Фурье

$$\omega(t) = \alpha_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} \left[ \alpha_{\nu} \left(\frac{t}{R}\right)^{\nu} + \alpha_{-\nu} \left(\frac{R}{t}\right)^{\nu} \right]. \quad (1.6)$$

Здесь  $\alpha_{\nu}$  ( $\nu = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ), вообще говоря — неизвестные комплексные постоянные.

Подставим ряд (1.6) в первые формулы (1.4) и (1.5). Тогда для  $z \in S^+$  будем иметь

$$\Phi(z) = \Phi_*(z) + \sum_{\nu=0}^{\infty} \alpha_{\nu} \left(\frac{z}{R}\right)^{\nu} + \frac{1}{2} \sum_{\nu=0}^{\infty} N_{\nu} \left(\frac{z}{R}\right)^{\nu}, \quad (1.7)$$

$$\Psi(z) = \Psi_*(z) + \sum_{\nu=0}^{\infty} \lambda_{\nu} \left(\frac{z}{R}\right)^{\nu}, \quad (1.8)$$

где

$$\lambda_{\nu} = -(\nu+1)\alpha_{\nu+2} + \overline{\alpha_{-\nu-2}} - \frac{1}{2}(\nu+3)N_{\nu+2} + \frac{1}{2}\overline{N_{-\nu-2}}.$$

2. Следуя [1], введем в рассмотрение функцию

$$\Omega_*(z) = \overline{\Phi}_*(z) + z \overline{\Phi}'_*(z) + \overline{\Psi}_*(z), \quad (2.1)$$

также регулярную в  $S = S^+ + S^-$ ; здесь  $S$  — вся комплексная плоскость, разрезанная вдоль  $n$  прямолинейных отрезков.

Учитывая, что по условию (не нарушая общности) на верхнем и нижнем краях разрезов отсутствуют нагрузки, будем иметь

$$\Phi_+^*(t) + \overline{\Phi}_-^*(t) + t \overline{\Phi}'_-^*(t) + \overline{\Psi}_-^*(t) = f_1(t), \quad (2.2)$$

$$\Phi_-^*(t) + \overline{\Phi}_+^*(t) + t \overline{\Phi}'_+^*(t) + \overline{\Psi}_+^*(t) = f_1(t).$$

В этих условиях учтем формулу (2.1) и получим две задачи

$$[\Phi_*(t) + \Omega_*(t)]^+ + [\Phi_*(t) + \Omega_*(t)]^- = f(t), \quad (2.3)$$

$$[\Phi_*(t) - \Omega_*(t)]^+ - [\Phi_*(t) - \Omega_*(t)]^- = 0, \quad (2.4)$$

где

$$f(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} (d_{\nu} + q_{\nu}) \left(\frac{t}{R}\right)^{\nu}, \quad (2.5)$$

$$d_{\nu} = -2[-(\nu+1)\overline{\alpha}_{\nu+2} + \alpha_{-\nu-2} + (1+\nu)\overline{\alpha}_{\nu} + \alpha_{\nu}], \quad (2.6)$$

$$q_{\nu} = -[N_{\nu} + (1+\nu)\overline{N}_{\nu} - (\nu+3)\overline{N}_{\nu+2} + N_{-\nu-2}].$$

На основании вторых формул (1.4), (1.5) и (2.1)  $\Phi_*(\infty) = 0$ ,  $\Psi_*(\infty) = \Omega_*(\infty) = 0$ ; тогда общим решением задачи (2.4) будет

$$\Phi_*(z) - \Omega_*(z) = 0. \quad (2.7)$$

Решение задачи Римана (2.3) с индексом  $-1$  представится в виде [1]

$$\Phi_*(z) + \Omega_*(z) = \Phi_0(z) + \frac{P_n(z)}{X(z)}. \quad (2.8)$$

Из решений (2.7) и (2.8) найдем

$$\Phi_*(z) = \Omega_*(z) = \frac{1}{2} \Phi_0(z) + \frac{P_n(z)}{2X(z)}, \quad (2.9)$$

где

$$P_n(z) = C_0 z^n + C_1 z^{n-1} + \dots + C_{n-1} z + C_n,$$

$$X(z) = \prod_{m=1}^n (z - a_m)^{1/2} (z - b_m)^{1/2}, \quad (2.10)$$

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{2\pi i X(z)} \int_{L_0} \frac{X(t) f(t)}{t-z} dt; \quad (2.11)$$

$C_0, C_1, \dots, C_n$  — комплексные постоянные, подлежащие определению. Для вычисления интеграла (2.11) из начала координат опишем окружность  $L_0$  достаточно большого радиуса так, чтобы все разрезы находились внутри нее. Тогда согласно формуле Коши для  $z$ , лежащего внутри контура  $L_* = L^+ + L^- + L_0 + \gamma$ , будем иметь

$$\frac{1}{2\pi i X(z)} \int_{L_*} \frac{X(t) f(t)}{t-z} dt = f(z),$$

$\gamma$  — совокупность окружностей, сколь угодно малых радиусов, охватывающих концы разрезов.

Отсюда, учитывая, что  $\int_{\gamma} = 0$  и  $X^+(t) = -X^-(t)$ , получим

$$2\Phi_0(z) = f(z) - \frac{1}{2\pi i X(z)} \int_{L_0} \frac{X(t) f(t)}{t-z} dt \quad (2.12)$$

$$\left( f(z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} (d_{\nu} + q_{\nu}) \left(\frac{z}{R}\right)^{\nu} \right).$$

Для вычисления интеграла, находящегося в правой части последнего равенства (2.12), возьмем разложение функции  $X(t)$  на окружности  $L_0$  в форме

$$X(t) = t^n \sum_{r=0}^{\infty} M_r \left(\frac{R}{t}\right)^r \quad (2.13)$$

В этом разложении

$$M_r = \sum_{j=0}^r C_{\frac{1}{2}}^j C_{\frac{1}{2}}^{r-j} \prod_{m=1}^n \left(\frac{a_m}{R}\right)^j \left(\frac{b_m}{R}\right)^{r-j} \quad (2.14)$$

Учитывая разложение (2.13) в формуле (2.12), получим

$$2\Phi_0(z) = f(z) - \frac{R^n}{X(z)} \left[ \sum_{s=1}^n A_s \left(\frac{z}{R}\right)^{n-s} + \sum_{s=0}^{\infty} A_s^* \left(\frac{z}{R}\right)^{s+n} \right] \quad (2.15)$$

Здесь

$$A_s = \sum_{v=0}^{\infty} M_{s+v}(d_v + q_v); \quad A_s^* = \sum_{v=s}^{\infty} M_{-s+v}(d_v + q_v) \quad (2.16)$$

3. Чтобы составить системы уравнений для коэффициентов  $\alpha_v, C_j$  ( $v = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, j = 0, 1, \dots, n$ ), в граничное условие (1.1) подставим (1.7) и (1.8). В полученном соотношении учтем формулы (2.9) и (2.15). Далее, принимая на  $L_0$  разложения

$$\frac{1}{X(t)} = \sum_{r=0}^{\infty} M_r \left(\frac{R}{t}\right)^{r+n}, \quad \frac{P_n(t)}{X(t)} = \sum_{r=0}^{\infty} D_r \left(\frac{R}{t}\right)^r,$$

в которых

$$M_r^* = R^{-n} \sum_{j=0}^n C_{\frac{1}{2}}^j C_{\frac{1}{2}}^{r-j} \prod_{m=1}^n \left(\frac{a_m}{R}\right)^j \left(\frac{b_m}{R}\right)^{r-j}$$

$$D_r = R^n \sum_{s=0}^{E(r,n)} C_s R^{-s} M_{r-s}^*, \quad E(r,n) = \begin{cases} r, & \text{когда } r > n, \\ n, & \text{когда } r \leq n, \end{cases}$$

после ряда преобразований для неизвестных  $\alpha_v, C_j$  получим бесконечные системы алгебраических уравнений

$$\frac{1}{4} (d_0 + \bar{d}_0) + (\alpha_0 + \bar{\alpha}_0) + \frac{1}{2} (D_0 + \bar{D}_0) + \frac{1}{2} \sum_{v=0}^{\infty} [\tilde{Q}_v(0) - \tilde{Q}_v(2) -$$

$$- \tilde{Q}_v(2)] (d_v + \bar{d}_v) \frac{D_2 + \bar{D}_2}{2} = \frac{N_0 - \bar{N}_0}{2} - \frac{q_0 + \bar{q}_0}{4} -$$

$$- \frac{1}{2} \sum_{v=0}^{\infty} [\tilde{Q}_v(0) - \tilde{Q}_v(2) - \tilde{Q}_v(2)] (q_v + \bar{q}_v) \quad (m=0),$$

$$\frac{1}{2} \left\{ \frac{1-m}{2} d_m + \eta_m \left[ \frac{-\bar{d}_{m-2} + (m-1)d_{m-2}}{2} \right] + \bar{D}_m \right\} +$$

$$+ (1-m)\alpha_m + \eta_m [(m-1)\alpha_m - \bar{\alpha}_{-m}] + \frac{1}{2} \eta_m^* [(m-1)D_{2-m} - \bar{D}_{2-m}] +$$

$$+ \frac{1-m}{2} \sum_{v=-m}^{\infty} \hat{Q}_v(m) d_v + \frac{1}{2} \sum_{v=0}^{\infty} [\tilde{Q}_v(m) + \tilde{Q}_v(m)] \bar{d}_v +$$

$$+ \eta_m \varepsilon_{m-2} \sum_{v=m-2}^{\infty} \hat{Q}_v(m-2) \frac{(m-1)d_v - \bar{d}_v}{2} + \eta_m^* \frac{1}{2} \sum_{v=0}^{\infty} [\tilde{Q}_v(2-m) \varepsilon_{2-m} +$$

$$+ \tilde{Q}_v(2-m)] [(m-1)d_v - \bar{d}_v] = \frac{m+1}{2} N_m - \frac{1}{4} \eta_m (q_{m-2} -$$

$$- \bar{q}_{m-2}) \varepsilon_{m-2} + \frac{m-1}{4} q_m - \frac{m-2}{4} \eta_m q_{m-2} - \frac{m+1}{2} \eta_m N_m + \frac{1}{2} \eta_m \bar{N}_{-m} +$$

$$+ \sum_{v=-m}^{\infty} \hat{Q}_v(m) \frac{m-1}{2} q_v - \frac{1}{2} \sum_{v=0}^{\infty} [\tilde{Q}_v(m) + \tilde{Q}_v(m)] \bar{q}_v -$$

$$- \eta_m \varepsilon_{m-2} \frac{1}{2} \sum_{v=m-2}^{\infty} \hat{Q}_v(m-2) [(m-1)q_v - \bar{q}_v] - \eta_m^* \frac{1}{2} \sum_{v=0}^{\infty} [\tilde{Q}_v(2-m) \varepsilon_{2-m} +$$

$$+ \tilde{Q}_v(2-m)] [(m-1)q_v - \bar{q}_v] \quad (m=1, 2, \dots), \quad (3.1)$$

$$\frac{1}{2} \left[ \frac{1}{2} \bar{d}_m + m+1 (D_m - D_{m+2}) - \bar{D}_{m+2} \right] + \bar{\sigma}_m +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{v=-m}^{\infty} \hat{Q}_v(m) \bar{d}_v + \sum_{v=0}^{\infty} \left\{ \frac{m+1}{2} [\tilde{Q}_v(m) + \tilde{Q}_v(m) - \tilde{Q}_v(m+2) -$$

$$- \tilde{Q}_v(m+2)] d_v - \frac{1}{2} [\tilde{Q}_v(m+2) + \tilde{Q}_v(m+2)] \bar{d}_v \right\} = N_{-m} -$$

$$- \frac{1}{2} \bar{N}_m - \frac{1}{4} \bar{q}_m - \frac{1}{2} \sum_{v=-m}^{\infty} \hat{Q}_v(m) \bar{q}_v - \sum_{v=0}^{\infty} \left\{ \frac{m+1}{2} [\tilde{Q}_v(m) + \tilde{Q}_v(m) -$$

$$- \tilde{Q}_v(m+2) - \tilde{Q}_v(m+2)] q_v - \frac{1}{2} [\tilde{Q}_v(m+2) + \tilde{Q}_v(m+2)] \bar{q}_v \right\}$$

$$(m=1, 2, \dots),$$

$$\eta_m = \begin{cases} 1, & m=2, 3, \dots \\ 0, & m=1, \end{cases} \quad \eta_m^* = \begin{cases} 1, & m=1, 2, \\ 0, & m=3, 4, \dots \end{cases} \quad \varepsilon_m = \begin{cases} 1, & m=1, 2, \dots \\ 0, & m=0. \end{cases}$$

В этой системе

$$\tilde{Q}_v(m) = -\frac{R^n}{2} \sum_{s=1}^{E(m,n)} M_{m-s}^* M_{s+v}, \quad \hat{Q}_v(m) = -\frac{R^n}{2} \sum_{s=-m}^v M_{s-m}^* M_{v-s},$$

$$\tilde{Q}_v(m) = -\frac{R^n}{2} \sum_{s=0}^v M_{m+s}^* M_{v-s}, \quad E(m,n) = \begin{cases} m, & \text{когда } m \leq n, \\ n, & \text{когда } m > n. \end{cases}$$

4. Учитывая, что при  $z \rightarrow \infty$  на основании формул (2.11) и (2.10) функции  $\Phi_0(z) \rightarrow 0, P_n(z) z^{-n} \rightarrow C_0$ , по одной из формул (2.9) найдем  $C_0 = 0$ . Остальные коэффициенты определяются из условия однозначности перемещений [1], которое сводится к системе линейных уравнений для этих коэффициентов:

$$\int_{a_K}^{b_K} (x \Phi^+(t) - \Omega^-(t)) dt + \int_{a_K}^{b_K} (x \Phi^-(t) - \Omega^+(t)) dt = 0. \quad (4.1)$$

На основании формул (1.7), (1.8) и (2.9) системе уравнений (4.1) придадим вид

$$\int_{a_K}^{b_K} \frac{P_n(t)}{X(t)} dt + \frac{1}{2} \int_{a_K}^{b_K} (\Phi_0^+(t) - \Phi_0^-(t)) dt = 0.$$

Учитывая здесь формулы (2.10) и (2.15), окончательно будем иметь

$$\sum_{s=0}^n C_s B_{n-s}^{(K)} - \sum_{s=1}^n A_s R^s B_{n-s}^{(K)} - \sum_{s=0}^{\infty} A_s^* R^{-s} B_{n+s}^{(K)} = 0. \quad (4.2)$$

В этой системе алгебраических уравнений введено обозначение

$$B_m^{(n)} = \int_{a_n}^{b_n} \frac{t^m}{X(t)} dt. \quad (4.3)$$

где интеграл, находящийся справа, может быть, на основе метода вычетов, вычислен в замкнутой форме.

5. Пример. Произведен числовой расчет для  $n=1$ ,  $a=0,5 R$  и  $T_r - iT_0 = \frac{P}{2} \left[ 1 - \left( \frac{t}{R} \right)^2 \right]$ , т. е.  $N_0 = \frac{P}{2}$ ,  $N_2 = -\frac{P}{2}$ ,  $N_m = 0$  ( $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ),

при этом из систем уравнений (3.1), (4.2) решены 14 первых уравнений.

Значение силы  $T_r$  в точке  $z=R$  вместо 0 равно  $0,051 p$ , а в точке  $z=iR$  вместо  $p$  равно  $0,95 p$ . Таким образом, в точке  $z=iR$  погрешность удовлетворения граничному условию составляет 5%. Значения  $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{22}$  в точках, расположенных на оси  $ox$ , приведены ниже.

$z$	$R$	$0,9 R$	$0,8 R$	$0,7 R$	$0,6 R$
$\sigma_{22}/p$	0,615	1,144	2,121	3,347	5,938
$\sigma_{11}/p$	0,051	0,137	1,189	2,150	4,539

#### Литература

1. Мусхелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., Наука, 1968. 2. Амензаде Ю. А. Плоская задача теории упругости. Баку, 1953. 3. Шерман Д. И. ДАН СССР, XXVIII, 1960, № 1. 4. Амензаде Ю. А., Гурьев Н. Ф. ДАН Азерб. ССР, XXXII, 1976, № 8.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 30. V 1978

Ј. Ә. Әмәнзадә, Н. Ф. Гурјев

#### ДУЗХӘТЛИ ЈАРЫГЛАРЫ ОЛАН ДАИРӘВИ ДИСК ҮЧҮН БИРИНЧИ СӘРҲӘД МӘСӘЛӘСИ

Мәгәләдә чисмиң тутдуғу област еңи хәтт боју бир нечә Јарығлы там комплекс мүстәви олан һал үчүн әсас сәрһәд мәсәләләринин һәлләри үсулу верилмишдир. Бу үсул бир нечә Јарығы олан сонлу област үчүн үмумиләшдирилмишдир. Узунлуғу радиуса бәрәбәр олан, симметрик Јерләшмиш бир Јарығ һалы үчүн һесабап апарылмыш вә оху үзәриндәки нөгтәләрдә һәлгәви кәркилик компонентләри һесапланмышдыр.

Yu. A. Amenzade, N. F. Guryev

#### A FIRST BOUNDARY PROBLEM OF A CIRCULAR DISK WITH LINEAR CUTS

A decision method of the fundamental boundary problem when the body occupied a whole complex plane with linear cuts which are disposed along one line, was indicated in literature [1]. On the basis of the essential concepts, this method is generalized for the finite domains with cuts.

The indicated generalized method consists of analytical extension of a pair of complex potentials Kolosov—Muskhilishvily through the external boundary of the disk upon a complete complex plane. It is given a numerical example when the cut is symmetrically disposed.

Член-корр. АН Азерб. ССР Б. А. АЗИМОВ, В. С. АГЛЕВ, М. М. РАШИДОВ

#### ПРОЦЕСС ШТАНГОВОЙ ГЛУБИННОНАСОСНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ КАК ОБЪЕКТ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Проблема оптимизации глубиннонасосной эксплуатации скважин является одной из актуальных и сложных. В настоящей статье принята попытка рассмотреть процессы глубиннонасосной эксплуатации скважин в условиях неопределенности и выявить ряд задач управления при неполной информации.

Чтобы иметь общее представление об обстоятельствах, порождающих элементы неопределенности, опишем некоторую математическую модель [1] задачи оптимизации подбора режима откачки скважин и оборудования для штанговых глубиннонасосных установок.

Пусть требуется максимизировать среднюю фактическую подачу насоса при известных типах станка-качалки (СКН), электродвигателя и материала колонны штанг варьированием таких режимных и конструктивных параметров, как длина хода ( $s \in Q_s$ ), число качаний станка-качалки ( $n \in Q_n$ ), диаметр насоса ( $d_n \in Q_{dn}$ ), длина ( $l$ ), диаметр ( $d_{шт} \in Q_{dшт}$ ) и число ( $i$ ) ступеней колонны штанг, глубина подвески насоса ( $H_{сп}$ ), продолжительность межремонтного периода ( $T_m$ ), начальная посадка плунжерной пары ( $\delta_n \in Q_{\delta n}$ ) насоса и т. д. Здесь  $Q_s, Q_n, Q_{dn}, Q_{dшт}, Q_{\delta n}$  — области дозволённых значений соответствующих параметров.

В результате решения задачи должны быть получены расчетные величины максимального усилия ( $P_{max}$ ), падающего на головку балансира станка-качалки; максимального крутящего момента на валу редуктора ( $[M_{кр}]_{max}$ ); приведенного напряжения ( $\sigma_{пр}$ ) в опасном сечении колонны штанг и потребной мощности электродвигателя ( $N_{дв}$ ). Расчет этих величин позволяет также судить о целесообразности (в смысле технической реализуемости) установки данного станка-качалки в сочетании с конкретным типом электродвигателя и с заданной маркой стали для колонны штанг.

Решение задачи основывается на критерии оптимальности вида

$$\max \left\{ Q_{cp} = \frac{1}{T_m + T_p} \int_0^{T_m} Q_{\phi}(t) dt \right\}, \quad (1)$$

где  $T_p$  — промежуток времени, необходимый для смены насосов; динамика фактической подачи насоса  $Q_{\phi}(t)$  зависит от оптимизируемых параметров и вычисляется по нижеследующему алгоритму:

$$Q_{\phi}(t) = C_T \cdot \eta(t), \quad (2)$$

где  $C_T$  — теоретическая подача насоса;  $\eta(t) = \eta_{уд} \cdot \eta_{ут} \cdot \eta_{ср} \cdot \eta_{рг}$  — обобщенный коэффициент подачи, составляющие которого учитывают влияние деформации штанг и труб ( $\eta_{уд}$ ), динамику утечки в насосе ( $\eta_{ут}$ ), величины свободного ( $\eta_{ср}$ ) и растворенного в жидкости газа ( $\eta_{рг}$ );  $t$  — текущее время.

Коэффициент подачи  $\eta(t)$  в соответствии с [2] обобщенно можно выразить в виде функциональной зависимости (3), которая задается как совокупность функций и функционалов и вычисляется алгоритмически:

$$\eta = \eta(s, n, t, d_n, d_{ш1}, H_{сн}, H_d, \delta_n, \alpha_1, \alpha_2, A_u, A_n, c, \bar{m}, СКН). \quad (3)$$

Здесь  $\alpha_1, \alpha_2, A_u, A_n, c, \bar{m}$  — параметры, характеризующие условия эксплуатации насоса.

Ограничения задачи, диктуемые из условия технической реализуемости решения, записываются следующим образом:

$$\begin{cases} P_{\max} < P_{СКН}; [M_{кр}]_{\max} < [M_{кр}]_{СКН}; \tau_{пр} < [\tau_{пр}]_{доп}; N_{дв} < [N_{дв}]_{доп}; \\ L_{скв} > H_{сн} > H_d + h_{пор}; h_{пор} > h_{min} > 0; Q_{\phi}(t) < Q_{скв}; 0 \leq \eta(t) \leq 1; \\ s \in \Omega_s; n \in \Omega_n; d_n \in \Omega_{dn}; \delta_n \in \Omega_{\delta n}; d_{ш1} \in \Omega_{dш1}; \\ i = 1, 2, 3, \end{cases} \quad (4)$$

где  $L_{скв}$  — глубина скважины;  $h_{пор}$  — погружение насоса под динамический уровень;  $h_{min}$  — минимально допустимое значение  $h_{пор}$ ;  $c_{скв}$  — максимально возможный дебит скважины;  $P_{СКН}, [M_{кр}]_{СКН}, [\tau_{пр}]_{доп}, [N_{дв}]_{доп}$  — допустимые значения вышеуказанных величин.

В ограничения задачи необходимо также включить условия, диктуемые требованиями экономичной и надежной работы скважин.

Имеет смысл ограничить величину себестоимости сверху:

$$C = (B(T_u + T_p) + R) / \int_0^{T_M} Q_T \cdot \eta(t) dt \leq \bar{C}. \quad (5)$$

Здесь  $B$  — себестоимость скважино-суток, отработанных скважиной, без затрат на подземный ремонт;  $R$  — стоимость единичного подземного ремонта [2];  $\bar{C}$  — некоторый заданный верхний уровень себестоимости.

При конкретно сложившихся условиях частые поломки штанг могут существенно снизить эффективность работы скважин. Поэтому необходимо позаботиться о том, чтобы

$$\varphi = \bar{B} \cdot n \left( \frac{d_n}{d_{ш}} \right)^{3,27k+0,13} \cdot H_{сн}^{2k+1} \leq \bar{\varphi}, \quad (6)$$

где  $\varphi$  — вероятная частота обрывов в год;  $\bar{B}$  — коэффициент, зависящий от качества стали;  $k$  — константа, характеризующая физические свойства материала штанг;  $\bar{\varphi}$  — некоторая средняя величина, приравниваемая к нормальной частоте поломок для всего предприятия в целом.

Таким образом, задача оптимальной эксплуатации установок ШГН сводится к решению задачи нелинейного программирования (1+6).

Для краткости записи данную задачу можно представить в виде

$$\begin{cases} \max_{\bar{u} \in R_u} Q(\bar{u}, \bar{x}) \\ R_u = \{ \bar{u} / g_i(\bar{u}, \bar{x}) \geq 0, i = \overline{1, \kappa} \}, \end{cases} \quad (7)$$

где  $g_i(\bar{u}, \bar{x})$  —  $i$ -я функция, входящая в состав ограничений задачи;  $\bar{u}$  — управляющий вектор вышеуказанных варьируемых величин;  $\bar{x}$  — вектор внешних неуправляемых факторов, имеющих как детерминированную, так и случайную природу.

К данному вектору, величина которого недостаточно известна, можно отнести такие параметры, как  $\alpha_1, \alpha_2, A_u, A_n, c, \bar{m}, \bar{\varphi}, T_p, \bar{C}$  и т. д., зависящие от условий эксплуатации установки ШГН (конструкция, режим, механические свойства трущихся пар и т. д.). Число таких

параметров, как правило, превалирует на этапе проектирования нового объекта.

Однако на данном этапе сравнительно легко (по аналогии с другими объектами) можно накапливать информацию о том, что вектор  $\bar{x}$  принадлежит некоторой замкнутой области  $R_x$ . В этом случае приходится ограничиться такой постановкой задачи, которая могла бы обеспечить получение гарантированного результата в наилучшем по степени неопределенности случае вектора  $\bar{x}$ , т. е. необходимо использовать известный принцип гарантирующих стратегий [3]

$$\begin{cases} \max_{\bar{u} \in R_u} \min_{\bar{x} \in R_x} Q(\bar{u}, \bar{x}) \\ R_u = \{ \bar{u} / \min_{\bar{x}} g_i(\bar{u}, \bar{x}) \geq 0, i = \overline{1, \kappa} \}. \end{cases} \quad (8)$$

На этапе управления работой уже действующей установки имеет смысл предварительно идентифицировать модель технологического процесса по имеющейся информации и затем на базе этой модели реализовать оптимизационную задачу. В этом случае для оценки части компонентов вектора  $\bar{x}$  следует решить такую задачу:

$$\min_{\bar{x}} \int_0^T (Q_{\phi} - \hat{Q}_{\phi})^2 dt, \quad (9)$$

где  $\hat{Q}_{\phi}$  — фактическая подача, измеренная в момент времени  $t \in (0, T)$ . Требование (9) должно удовлетворяться при ограничениях, диктуемых физической природой технологического процесса:

$$\begin{cases} A_u \geq 0; A_n \geq 0; \alpha_1 \geq 0; \alpha_2 \geq 0; 0 \leq \bar{m} < 1; \\ 0 \leq c \leq 1; 0 \leq \eta_{cr} < 1; 0 \leq \eta_{gr} < 1; 0 \leq \eta < 1. \end{cases} \quad (10)$$

В данном случае решению задачи оптимизации предшествует реализация задачи оценки параметров по правилу „оценка — оптимизация — оценка“ (0.0.0.).

Для вновь введенных скважин или для планируемых к переводу в глубиннонасосный способ добычи нефти, а также по скважинам с незафиксированными входными и выходными данными указанную процедуру „0.0.0.“ также можно реализовать, но лишь после классификации данного объекта по наиболее информативным признакам. Математически эта задача сводится к минимизации дискриминантной функции вида

$$\rho(d_j) = \sum P(R_i) \cdot L[R_i, d_j(z_1, \dots, z_n)] P(z_1, \dots, z_n | R_i), \quad (11)$$

где  $z_1, \dots, z_n$  — дискретные аргументы-признаки;  $P(R_i)$  — априорная вероятность принадлежности изображения класса  $R_i$ ;  $P(z_1, \dots, z_n | R_i)$  — вероятность распределения по классам, полученная из данных обвчающей последовательности;  $d_j$  — решение в пользу  $j$ -го класса;  $L$  — матрица потерь. Здесь в качестве аргументов  $z_1, \dots, z_n$  можно принять такие признаки, как дебит скважины, песочность, содержание воды, газовый фактор, глубина скважины, материал трущихся пар насоса, вязкость откачиваемой жидкости и ряд других факторов. Естественно, что эти признаки должны как можно полнее характеризовать технологический процесс и, по возможности, быть в минимальном количестве, с соблюдением необходимой степени надежности классификации объектов.

При появлении информации о том, что  $\bar{x}$  — вектор случайных величин, задача (1+6) превращается в задачу стохастического програм-

мирования. В этом случае учет случайных значений вектора  $\bar{x}$  в условиях задачи оптимизации (1-6) сводится, по существу, к преобразованию исходной задачи с тем, чтобы избавиться от случайностей и неопределенности. В зависимости от степени информированности о законе распределения случайных величин  $\bar{x}$  можно рассматривать следующие случаи:

1. Для вектора  $\bar{x}$  задана произвольная, но неизвестная функция распределения  $F(\bar{x})$ ;

2. Для вектора  $\bar{x}$  тип закона распределения известен с точностью до вектора параметров  $\bar{\tau}$ , т. е. задана функция  $F(\bar{x}, \bar{\tau})$ , в которой неизвестны параметры  $\bar{\tau}$ , принадлежащие области  $R_{\bar{\tau}}$ .

В первом случае возможны следующие постановки задачи (1+6):

$$\begin{cases} \max_{\bar{u}} \int_{\bar{x} \in R_x} Q(\bar{u}, \bar{x}) dF(\bar{x}) \\ \int_{\bar{x} \in R_x} g_i(\bar{u}, \bar{x}) dF(\bar{x}) \geq 0, i = \overline{1, k}, \end{cases} \quad (12)$$

где в качестве критерия оптимальности и ограничений задачи используются математические ожидания случайных функций.

При необходимости вероятностного удовлетворения некоторых из ограничений задачи или вероятностного обеспечения критерия оптимальности имеет смысл рассмотреть задачи

$$\begin{cases} \max_{\bar{u}} \int_{\bar{x} \in R_x} Q(\bar{u}, \bar{x}) dF(\bar{x}) \\ P\{g_i(\bar{u}, \bar{x}) \geq 0, i = \overline{1, k}\} > p, \end{cases} \quad (13)$$

где  $0 < p < 1$  — некоторая заданная вероятность выполнения системы ограничений задачи (1-6), или

$$\begin{cases} \max P\{Q(\bar{u}, \bar{x}) \geq Q_0\} \\ P\{g_i(\bar{u}, \bar{x}) \geq 0, i = \overline{1, k}\} \geq p. \end{cases} \quad (14)$$

Для второго случая возможна такая постановка:

$$\begin{cases} \max_{\bar{u}} \min_{\bar{x}} \int_{\bar{x} \in R_x} Q(\bar{u}, \bar{x}) dF(\bar{x}, \bar{\tau}) \\ \min_{\bar{\tau} \in R_{\bar{\tau}}} \left[ \int_{\bar{x} \in R_x} g_i(\bar{u}, \bar{x}) dF(\bar{x}, \bar{\tau}) \right] \geq 0, i = \overline{1, k}. \end{cases} \quad (15)$$

Таким образом, в зависимости от степени полноты информации об объекте управления имеются различные приемы преодоления неопределенности с тем, чтобы сделать исходную задачу более предпочтительной в смысле как можно большего охвата всевозможных ситуаций, порождаемых фактором неопределенности.

Предполагается, что полученное решение может и не быть оптимальным в каждом конкретном случае, т. е. оно получится с некоторым риском. Однако такой подход позволяет „в среднем“ для совокупности ситуаций, задаваемых источником неопределенности, достичь наилучшего результата [4].

После расчета и реализации программы управления (проект) работой установок ШГН необходимо также позаботиться о сохранении, а в лучшем случае об улучшении параметров расчетной траектории движения объекта во времени. С этой целью необходимо иметь определенное средство для коррекции расчетной траектории, ибо ре-

альный процесс, как правило, происходит в условиях, отличающихся от тех, которые были заложены в расчете программного движения. Если еще учесть и то, что само программное управление обычно реализуется с ошибкой, то вполне очевидно, что процесс не будет реализован оптимальным образом и реальное движение объекта сколь угодно сильно может отличаться от расчетного. Поэтому систему расчета программного движения необходимо также снабдить некоторой системой коррекции, реализующей задачи синтеза оперативного управления объектом. Наличие такой системы в контуре управления позволяет на основе текущих выходных данных, которые измеряются в канале обратной связи, рассчитать корректирующее управление с целью последующего воздействия по этому каналу на вход управляемого объекта.

Анализ постановки задачи (1-6) показывает, что в качестве ресурсов управления при реализации задач синтеза можно принять изменение числа качаний и длины хода станка-качалки во времени. Пусть изменение фактической подачи насоса подчиняется следующему закону:

$$\frac{dQ}{dt} = f(Q, s, n, t).$$

Из расчетного программного движения объекта известно его конечное состояние  $Q(T) = Q_n$ , а корректирующие управления подчинены условию  $s(t) \in \Omega_s$ ;  $n(t) \in \Omega_n$ . Требуется вывести объект за время  $T - t_0$  ( $t_0$  — произвольное начало отсчета времени) из произвольного начального положения  $Q(t_0)$  на заданное конечное таким образом, чтобы обеспечивалось условие (1). Решение этой задачи позволяет рассчитать корректирующее управление в виде  $s(t) = F_s(Q, t)$  и  $n(t) = F_n(Q, t)$  и реализовать синтез исходя из положения заданной точки  $(Q, t_0)$  в пространстве фазовых состояний. В зависимости от требований, предъявляемых к задаче программного движения, представляют также интерес исследование вопросов оптимального распределения ресурсов между программным и текущим движением объекта управления и количественная оценка „выигрыша“, полученного вследствие учета фактора неполноты информации.

#### Литература

1. Азимов Б. А., Агаев В. С. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-техн. и матем. наук, 1977, № 6.
2. Адонин А. А. Процессы глубиннонасосной нефтедобычи. М., „Недра“, 1964.
3. Моисеев Н. Н. Численные методы в теории оптимальных систем. М., „Наука“, 1971.
4. Юдин Д. Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. М., „Сов. радио“, 1974.

АзНИПИнефть

Поступило 24. IV 1978

B. A. Azimov, V. S. Agaev, M. M. Rashidov

#### THE PROCESS OF BARRED DEEP PUMPING EXTRACTION OF OIL AS OBJECT OF OPTIMIZATION IN INCOMPLETE INFORMATION

The article deals with the process of exploitation of deep pumping wells under indefinite conditions.

Several problems supplying its optimal realization appear in accordance with different degree of knowledge about controlled process. Here we find the description of mathematical models of sums and their solution using the method of theory of optimal controlling under incomplete information.

Э. М. ДЖАФАРОВ

УСТОЙЧИВОСТЬ МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. И. Гусейновым)

Некоторые теоремы об устойчивости движения систем автоматического регулирования (САР) с переменной структурой без отклоняющегося аргумента сформулированы и доказаны в [1—4].

В настоящей статье рассматриваются условия существования уравнения движения скльзящего режима и асимптотическая устойчивость нулевого решения системы нелинейных дифференциальных уравнений с запаздыванием, описывающей многомерные САР с переменной структурой. При этом применен метод Ляпунова—Красовского.

Продоланная работа является дальнейшим развитием и обобщением идей и методов [2, 4] на многомерные системы с переменной структурой, содержащей звено чистого запаздывания, которое свойственно классу промышленных объектов.

Рассмотрим векторную задачу устойчивости нулевого решения системы с запаздыванием общего вида

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Px(t - \tau) + Bu(t - \tau), \\ x(t) &= \varphi(t), \quad -\tau \leq t \leq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x(t)$ — $n$ -мерный вектор-столбец состояния системы,  $A, P$ —постоянные  $(n \times n)$ -матрицы,  $B$ —постоянная  $(n \times m)$ -матрица,  $u$ — $m$ -мерный вектор управления, компоненты которых претерпевают разрывы на пересечении поверхностей разрыва, задающемся уравнением

$$s = 0, \text{ если } s = Cx, \quad (2)$$

Здесь  $s$ — $m$ -мерный вектор-столбец,  $C$ —постоянная  $(m \times n)$ -матрица,  $\tau > 0$ —чистое запаздывание,  $\varphi(t)$ —начальный вектор-функция, заданная на отрезке  $-\tau \leq t \leq 0$ . Матрицы  $A, P, B$  и скаляр  $\tau$  считаются заданными. Прежде, чем приступить к формулировке и доказательству теоремы об устойчивости многосвязных разрывных систем с запаздыванием, выясним условия существования скользящих режимов.

При этом, чтобы воспользоваться приемами скалярных задач управления [2, 3], применим метод диагонализации [2].

Этот метод предполагает введение нового управления  $u^*$ , которое связано с вектором  $u$  линейным преобразованием

$$u = (CB)^{-1} Qu^* \text{ при } \det CB \neq 0,$$

где  $u^*$ — $m$ -мерный вектор, каждая компонента которого  $u_i^*$  претерпевает разрывы соответственно на плоскости  $s_i(x) = 0$ , а  $Q$ —произвольная диагональная матрица с отличными от нуля элементами  $q_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ).

Управление  $u^*$  представим в квазирелейном виде [1, 2]

$$u^* = -u^0 - U \text{sign } s,$$

где  $u^0$ — $m$ -мерный вектор с компонентами

$$u_i^0 = \sum_{j=1}^n \frac{\alpha_{ij} + \beta_{ij}}{2} |x_j| \quad (i = 1, \dots, m),$$

$U$ —диагональная матрица размерности  $(m \times n)$  с ненулевыми элементами

$$U_i = \sum_{j=1}^n \frac{\alpha_{ij} - \beta_{ij}}{2} |x_j| \quad (i = 1, \dots, m),$$

$\text{sign } s$ — $m$ -мерный вектор с компонентами

$$\text{sign } s_i, \alpha_{ij}, \beta_{ij} = \text{const.}$$

Теорема 1. Пусть

$$CA = RC, \quad CP - U^0 = QM, \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} (\alpha_{ij} - \beta_{ij}) > |m_{ij}| \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n), \quad (4)$$

тогда многообразие  $s = 0$  является многообразием скольжения.

Здесь  $R$ —некоторая диагональная матрица с элементами  $r_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ),  $M$ —некоторая постоянная  $(m \times n)$ -матрица,  $U^0$ — $(m \times n)$ -матрица с элементами  $U_{ij}^0 = \frac{\alpha_{ij} + \beta_{ij}}{2}$ .

Доказательство. Достаточность. Умножим обе части уравнения (1) на матрицу  $C$ . Тогда, с учетом выражения (2) и условий (3), имеем

$$\dot{s}(t) = Rs(t) + QMx(t - \tau) - QU_s \text{sign } s(t), \quad (5)$$

где  $U_s = U(t - \tau)$ .

Условия существования скользящих режимов (3):

$$\lim_{s_1 \rightarrow +0} \dot{s}(t) < 0, \quad \lim_{s_1 \rightarrow -0} \dot{s}(t) > 0$$

в этом случае сводятся к неравенству (4). Необходимость легко доказывается по схеме рассуждений [2].

Предполагая возможность применения метода эквивалентного управления [2] для систем с запаздыванием, находим уравнение движения скользящих режимов в (1).

Согласно этому методу нужно решить уравнение  $\dot{s}(t) = CAx(t) + CPx(t - \tau) + CBu_{\text{экв}} = 0$  относительно управления  $u_{\text{экв}}$  и подставить это значение в (1). Тогда получим

$$\dot{x}(t) = (A - B(CB)^{-1}CA)x(t) + (P - B(CB)^{-1}CP)x(t - \tau), \quad (6)$$

которое вместе с уравнением  $s = 0$  определяет движение системы в скользящем режиме.

Далее будем предполагать, что движение в скользящем режиме устойчиво. Для этого необходимо и достаточно, чтобы все корни характеристического уравнения, дифференциального уравнения с отклоняющимся аргументом (6), кроме нулевого, были левыми [5].

Движение управляемой системы (1) в дальнейшем будем рассматривать в пространстве координат  $x_1, \dots, x_{n-m}, s_1, \dots, s_m$ . Согласно [2] координаты  $x_{n-m+1}, \dots, x_n$ , которые составляют вектор  $x^{n-m}$ , следует выразить через  $x_1, \dots, x_{n-m}, s_1, \dots, s_m$  из уравнений  $s = Cx$ :

$$x^{n-m} = (C'')^{-1} s - (C'')^{-1} C' x^m. \quad (7)$$

Полученное значение вектора  $x^{n-m}$  подставив в первые уравнения системы (1).

Такое преобразование при выполнении условий теоремы 1 и свойства управляемости системы (1) без потери общности приводит к следующей нормальной системе уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}(t) &= A_1 y(t) + A_2 y(t - \tau) + C_1 s(t) + C_2 s(t - \tau), \\ \dot{s}(t) &= R s(t) + Q M_p(t - \tau) - Q u_r \operatorname{sign} s(t), \\ \rho(t - \tau) &= x(t - \tau), \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где  $y(t)$  —  $(n-m)$ -мерный вектор-столбец с элементами  $x_1, \dots, x_{n-m}$ ;

$$\begin{aligned} A_1 &= A_m - A_{n-m} (C^n)^{-1} C^1 - (n-m) \times (n-m), \\ A_2 &= P_m - P_{n-m} (C^n)^{-1} C^r - (n-m) \times (n-m), \\ C_1 &= A_{n-m} (C^n)^{-1}, \quad C_2 = P_{n-m} (C^n)^{-1} - (n-m) \times m\text{-матрицы,} \\ A &= \begin{matrix} n-m \\ m \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} A_m & A_{n-m} \\ \dots & \dots \\ A_m & A_{n-m} \end{matrix} \right\}, \quad P = \begin{matrix} n-m \\ m \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} P_m & P_{n-m} \\ \dots & \dots \\ P_m & P_{n-m} \end{matrix} \right\}, \\ C &= m \left\{ \begin{matrix} C^1 & C^r \end{matrix} \right\}. \end{aligned}$$

Теорема 2. Пусть матрицы  $A_1$  и  $A_2$  — гурвицевы, условия теоремы 1 выполнены и существуют некоторые положительные постоянные диагональные  $Q^{-1}$ ,  $L$ ,  $N$ , симметричная  $H$  и  $L_1$ ,  $L_2$ -матрицы, удовлетворяющие условиям

$$\left. \begin{aligned} G_1^* > 0, G_5 > 0, L^* > 0, L_2 > 0, G_1 G_5 - \frac{1}{4} G_3 G_3^T > 0, \\ L^* L - \frac{1}{4} G_2 G_2^T > 0, L_2 R - \frac{1}{4} G_4 G_4^T > 0. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Тогда нулевое решение системы (8) асимптотически устойчиво. Здесь

$$\begin{aligned} Q^{-1} &= \operatorname{diag}(q_1^*, \dots, q_m^*), \quad L = \operatorname{diag}(l_1, \dots, l_{n-m}), \\ N &= \operatorname{diag}(n_1, \dots, n_m), \quad H = (n-m) \times (n-m)\text{-матрица,} \\ G_1 &= -(A_1^T H + H A_1), \quad G_2 = -(A_2^T H + H A_2), \quad G_3 = -(H^T C_1 + H C_1), \\ G_4 &= (H^T C_2 + H C_2), \quad G_5 = (-Q^{-1} R + R), \quad G_1^* = G_1 - L_1 - L_2, \\ L^* &= L_1 - L. \end{aligned}$$

Доказательство. Построим  $V$ -функционал Ляпунова—Красовского [5, 6] в виде

$$\begin{aligned} V(y(\lambda), s(\lambda), t) &= y^T(t) H y(t) + \frac{1}{2} s^T(t) Q^{-1} s(t) + \\ &+ \int_{-\tau}^0 y^T(t+\lambda) h y(t+\lambda) d\lambda + \int_{-\tau}^0 s^T(t+\lambda) N s^T(t+\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (10)$$

который, помимо всего прочего, с начальной функцией  $\varphi(t)$  удовлетворяет всем требованиям теоремы II Н. Н. Красовского [5].

Так как  $H > 0$ ,  $Q^{-1} > 0$ ,  $L > 0$ ,  $N > 0$ , то функционал  $V$  является определенно-положительным.

Полная производная функционала  $V$ , взятая в силу системы (8), имеет вид

$$\dot{V} = -[y^T(t) G_1^* y(t) + y^T(t) G_2 s(t) + s^T(t) G_5 s(t)] -$$

$$\begin{aligned} &- [y^T(t) L^* y(t) + y^T(t) G_2 y(t - \tau) + y^T(t - \tau) L y(t - \tau)] - \\ &- [y^T(t) L_2 y(t) + y^T(t) G_4 s(t - \tau) + s^T(t - \tau) R s(t - \tau)] - \\ &- [s^T(t) M p(t - \tau) + s^T(t) U \operatorname{sign} s(t)]. \end{aligned}$$

Как видно из выражения для  $\dot{V}$ , при выполнении требований теоремы 2 функционал  $\dot{V}$  становится определенно-отрицательным. Таким образом, теорема 2 доказана.

#### Литература

1. Емельянов С. В., Уткин В. И. и др. Теория систем с переменной структурой. М., Наука, 1970.
2. Уткин В. И. Скользящие режимы и их применения в системах с переменной структурой. М., Наука, 1974.
3. Барбашин Е. А. Введение в теорию устойчивости. М., Наука, 1967.
4. Безводниская Т. А., Сабаев Е. Ф. Автоматика и телемеханика, 1972, № 7.
5. Эльсгольц Л. Э., Норкин С. Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. М., Наука, 1971.
6. Барбашин Е. А. Функции Ляпунова. М., Наука, 1970.

НИПИ Нефтехимавтомат

Поступило 4. IV 1978

Е. М. Чэфаров

#### КЕЧИКМЭЖЭ МАЛИК ЧОХӨЛЧҮЛҮ ДЭЖИШЭН ГУРУЛУШЛУ СИСТЕМЛЭРИН ДАЖАНЫГЛЫГЫ

Мэгалэдэ Ляпунов-Красовски функциясы методуун тэтбиги илэ кечикмэжэ малк чохөлчүлү дэжишэн гурулушлу системлэрин дажаныглыгына бахылыр. Системдэ баш верэн сүрүшмэ режимини варлыгы наггында теорем исбат олуур вэ сүрүшмэ режимини нэркэт тэнлији вериллр.

Е. М. Jafarov

#### MULTIDIMENSIONAL SYSTEM STABILITY WITH THE VARIABLE STRUCTURE WITH THE DELAY

The multidimensional system stability is considered with the variable structure with the delay applying the method of Lapunov-Krasovskij's function.

Такое преобразование при выполнении условий теоремы 1 и свойства управляемости системы (1) без потери общности приводит к следующей нормальной системе уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}(t) &= A_1 y(t) + A_2 y(t - \tau) + C_1 s(t) + C_2 s(t - \tau), \\ \dot{s}(t) &= R s(t) + Q M_p(t - \tau) - Q u_\tau \operatorname{sign} s(t), \\ p(t - \tau) &= x(t - \tau), \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где  $y(t)$  —  $(n-m)$ -мерный вектор-столбец с элементами  $x_1, \dots, x_{n-m}$ ;

$$\begin{aligned} A_1 &= A_m' - A_{n-m}'(C'')^{-1} C' - (n-m) \times (n-m), \\ A_2 &= P_m' - P_{n-m}'(C'')^{-1} C' - (n-m) \times (n-m), \\ C_1 &= A_{n-m}'(C'')^{-1}, \quad C_2 = P_{n-m}'(C'')^{-1} - (n-m) \times m\text{-матрицы,} \\ A &= \begin{matrix} n-m \\ \left\| \begin{array}{c} A_m' \cdot A_{n-m}' \\ \dots \\ A_m' \cdot A_{n-m}' \end{array} \right\| \\ m \\ \left\| \begin{array}{c} A_m' \cdot A_{n-m}' \\ \dots \\ A_m' \cdot A_{n-m}' \end{array} \right\| \end{matrix}, \quad P = \begin{matrix} n-m \\ \left\| \begin{array}{c} P_m' \cdot P_{n-m}' \\ \dots \\ P_m' \cdot P_{n-m}' \end{array} \right\| \\ m \\ \left\| \begin{array}{c} P_m' \cdot P_{n-m}' \\ \dots \\ P_m' \cdot P_{n-m}' \end{array} \right\| \end{matrix}, \\ C &= m \left\| \begin{array}{c} C' \cdot C'' \\ \dots \\ C' \cdot C'' \end{array} \right\|. \end{aligned}$$

Теорема 2. Пусть матрицы  $A_1$  и  $A_2$  — гурвицевы, условия теоремы 1 выполнены и существуют некоторые положительные постоянные диагональные  $G^{-1}$ ,  $L$ ,  $N$ , симметричная  $H$  и  $L_1$ ,  $L_2$ -матрицы, удовлетворяющие условиям

$$\left. \begin{aligned} G_1 > 0, G_5 > 0, L^* > 0, L_2 > 0, G_1 G_5 - \frac{1}{4} G_3 G_5^2 > 0, \\ L^* L - \frac{1}{4} G_2 G_2^2 > 0, L_2 R - \frac{1}{4} G_4 G_4^2 > 0. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Тогда нулевое решение системы (8) асимптотически устойчиво. Здесь

$$\begin{aligned} Q^{-1} &= \operatorname{diag}(q_1, \dots, q_m), \quad L = \operatorname{diag}(l_1, \dots, l_{n-m}), \\ N &= \operatorname{diag}(n_1, \dots, n_m), \quad H = (n-m) \times (n-m)\text{-матрицы,} \\ G_1 &= -(A_1' H + H A_1), \quad G_2 = -(A_2' H + H A_2), \quad G_3 = -(H' C_1 + H C_1), \\ G_4 &= (H' C_2 + H C_2), \quad G_5 = (-Q^{-1} R + R), \quad G_1^* = G_1 - L_1 - L_2, \\ L^* &= L_1 - L. \end{aligned}$$

Доказательство. Построим  $V$ -функционал Ляпунова—Красовского [5, 6] в виде

$$\begin{aligned} V(y(\lambda), s(\lambda), t) &= y^T(t) H y(t) + \frac{1}{2} s^T(t) Q^{-1} s(t) + \\ &+ \int_{-1}^0 y^T(t+\lambda) h y(t+\lambda) d\lambda + \int_{-2}^0 s^T(t+\lambda) N s^T(t+\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (10)$$

который, помимо всего прочего, с начальной функцией  $\varphi(t)$  удовлетворяет всем требованиям теоремы II Н. Н. Красовского [5].

Так как  $H > 0$ ,  $Q^{-1} > 0$ ,  $L > 0$ ,  $N > 0$ , то функционал  $V$  является определительно-положительным.

Полная производная функционала  $V$ , взятая в силу системы (8), имеет вид

$$\dot{V} = -[y^T(t) G_1^* y(t) + y^T(t) G_3 s(t) + s^T(t) G_5 s(t)] -$$

$$\begin{aligned} &- [y^T(t) L^* y(t) + y^T(t) G_2 y(t - \tau) + y^T(t - \tau) L y(t - \tau)] - \\ &- [y^T(t) L_2 y(t) + y^T(t) G_4 s(t - \tau) + s^T(t - \tau) R s(t - \tau)] - \\ &- [s^T(t) M p(t - \tau) + s^T(t) U \operatorname{sign} s(t)]. \end{aligned}$$

Как видно из выражения для  $\dot{V}$ , при выполнении требований теоремы 2 функционал  $V$  становится определительно-отрицательным. Таким образом, теорема 2 доказана.

#### Литература

1. Емельянов С. В., Уткин В. И. и др. Теория систем с переменной структурой. М., Наука, 1970.
2. Уткин В. И. Скользящие режимы и их применения в системах с переменной структурой. М., Наука, 1974.
3. Барбашин Е. А. Введение в теорию устойчивости. М., Наука, 1967.
4. Безводинская Т. А., Сабаяев Е. Ф. Автоматика и телемеханика, 1972, № 7.
5. Эльсгольц Л. Э., Норкин С. Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. М., Наука, 1971.
6. Барбашин Е. А. Функции Ляпунова. М., Наука, 1970.

НИПИ Нефтехимавтомат

Поступило 4. IV 1978

Е. М. Чэфаров

#### КЕЧИКМЭЖЭ МАЛИК ЧОХӨЛЧҮЛҮ ДЭЖИШЭН ГУРУЛУШЛУ СИСТЕМЛЭРИН ДАЈАНЫГЛЫҒЫ

Мэгалэдэ Ляпунов-Красовски функциясы методунун тэтбиги илэ кечикмэжэ малик чохөлчүлү дэжишэн гурулушу системлэрин дајаныглыгына бахылып. Системдэ баш верэн сүрүшмэ режиминин варлыгы һаггында теорем исбат олунур вэ сүрүшмэ режиминин һэрэкэт тэнлији верилир.

E. M. Jafarov

#### MULTIDIMENSIONAL SYSTEM STABILITY WITH THE VARIABLE STRUCTURE WITH THE DELAY

The multidimensional system stability is considered with the variable structure with the delay applying the method of Lapunov-Krasovsk's function.



Член.-корр. АН Азерб. ССР Н. А. ГУЛИЕВ, И. Г. ДЖАФАРОВ,  
Х. А. МУСТАФАЕВ, Ф. Т. ХАЛИЛ-ЗАДЕ

РАСПАД МЮОНА В СХЕМЕ ЛЕПТОНОВ С  
ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫМ НЕЙТРИНО И ОГРАНИЧЕНИЯ  
НА МАССУ НЕЙТРИНО

1. Проводимые в настоящее время эксперименты не исключают существования массы у нейтрино. Так, среди различных ограничений на массу нейтрино [1] наиболее сильными являются  $m_\nu \leq 0,65 \text{ Мэв}$  и  $m_\nu \leq 60 \text{ эв}$ . Первое из этих ограничений следует из опыта по изучению  $K_{\mu 3}^0$ -распадов [2], второе — из опыта по изучению  $\beta$ -спектра трития [3]. Схему лептонов, в которой вводится два типа нейтрино и лептонами являются  $e^-, \nu_e, \mu^-$  и  $\nu_\mu$ , условимся называть схемой I.

Одной из возможностей введения лептонного заряда является схема [4—9], в которой вводится только один лептонный заряд и лептонами являются  $\mu^+, \nu, e^-$  (схема II). Согласно этой схеме нейтрино, подобно остальным фермионам, четырехкомпонентно, причем его левые компоненты связаны с электронами, а правые — с мюонами. Как известно, в рамках обычной V—A-теории слабого взаимодействия с безмассовым нейтрино схема II неотличима от традиционной схемы I (см., например, [10]). Очевидна, такая ситуация будет иметь место в случае любой теории, в которой взаимодействие лептонов (включая также возможные новые лептоны) строится простой переформулировкой взаимодействия лептонов схемы I.

В работе [11] рассмотрена переформулировка модели Вайнберга—Салама, а также ряда других калибровочных моделей, основанных на SU(2) × U(1)-группе симметрии; для схемы II. Показано, что модели с четырехкомпонентным нейтрино, обладающим отличным от нуля массой, содержат новые взаимодействия (скалярные) лептонов, не зависящие от величины массы нейтрино. Эффекты, вызванные этими взаимодействиями, могут быть использованы для решения вопроса выбора схемы лептонов.

В связи с указанной ситуацией получение информации о массе нейтрино, введенное согласно схеме II, приобретает особый интерес. В настоящей статье рассмотрен процесс  $\mu$ -распада в рамках схемы лептонов II. Рассчитан энергетический спектр электронов (позитронов) с учетом возможной массы у нейтрино и найдена формула для параметра Мишеля  $\rho$ . Проанализированы существующие экспериментальные данные относительно параметра  $\rho$  и найдены дозволённые значения массы нейтрино. Отметим, что в [12—15] процесс  $\mu$ -распада рассмотрен в рамках различных моделей, основанных на схеме I лептонов. Анализируя все пять параметров  $\mu$ -распада, авторы нашли ограничения на массы мюонного нейтрино и различных промежуточных бозонов.

В рамках схемы II амплитуду процесса

$$\mu^-(p_2) \rightarrow e^-(p_1) + \bar{\nu}(\kappa_1) + \bar{\nu}(\kappa_2), \quad (1)$$

обусловленную обменом векторным W-бозоном, запишем в виде

$$M_{11} = \frac{Gm_W^2}{\sqrt{2}} \bar{u}(p_1) \gamma_\alpha (1 + \gamma_5) u(-\kappa_1) W_{\alpha\beta} \bar{u}(-p_2) \gamma_\beta (1 - \gamma_5) u(-\kappa_2), \quad (2)$$

где

$$W_{\alpha\beta} = \frac{\delta_{\alpha\beta} - q_\alpha q_\beta / m_W^2}{m_W^2 - q^2},$$

$m_W$  — масса W-бозона,  $q_W$  — его 4-импульс,  $q_W = p_2 - \kappa_2 = p_1 + \kappa_1$ .

Квадрат модуля амплитуды (2), вычисленный при ненулевой массе нейтрино, усредненный и просуммированный по поляризациям частиц, равен

$$|M_{11}|^2 = 64G^2 \left(1 + 2 \frac{q_W^2}{m_W^2}\right) (p_2 \kappa_1) (p_1 \kappa_2) \quad (3)$$

В (3) мы пренебрегли членами порядка  $q_W^4/m_W^4, m_e^2/m_W^2, m_\nu^2/m_W^2$  ( $m_e$  — масса электрона,  $m_\nu$  — масса нейтрино).

Интегрирование выражения (3) по импульсам нейтрино производится с помощью формул, полученных в работах [13, 16]. Для распределения электронов, образующихся при распаде мюонов на лету, имеем

$$d\Gamma = \frac{G^2}{48\pi^4 E_2} \left(1 - \frac{4m_\nu^2}{q^2}\right)^{1/2} \left[ \left(1 - \frac{4m_\nu^2}{q^2}\right) q^2 (p_2 p_1) + \right. \\ \left. + 2 \left(1 + 2 \frac{m_\nu^2}{q^2}\right) \left(1 + 2 \frac{p_2 p_1}{m_W^2}\right) (q p_2) (q p_1) \right] \frac{d\bar{p}_1}{E_1}, \quad (4)$$

где  $q = p_2 - p_1$ ,  $E_1$  и  $E_2$  — соответственно энергии электрона и мюона.

Полагая мюон покоящимся и произведя интегрирование по углам вылета электрона, получаем следующую формулу для энергетического спектра электронов (позитронов):

$$d\Gamma = \frac{G^2 m_\mu^5}{96\pi^3} \sqrt{s(x)} u(x) \left\{ s(x) + 3xt(x) + 2 \frac{s(x)}{t(x)} r^2 + \right. \\ \left. + x [s(x) + 2xt(x)] \left(1 + 2 \frac{r^2}{t(x)}\right) r_W^2 \right\} dx, \quad (5)$$

где приняты обозначения:

$$s(x) = x^2 - 4r_e^2, \quad t(x) = 1 + r_e^2 - x, \quad v(x) = (1 - 4r_e^2/t)^{1/2}, \\ r_e = m_e/m_\mu, \quad r_W = m_\mu/m_W, \quad r = m_\nu/m_\mu, \quad (6)$$

$x$  — энергия электрона в единицах  $m_\mu/2$ , которая изменяется от  $x_{\min} = 2r_e^2$  до  $x_{\max} = 1 + r_e^2 - 4r_e^2$ .

3. Изотропная часть спектра электронов в  $\mu$ -распаде, вычисленного с помощью лагранжиана контактного четырехфермионного взаимодействия самого общего вида, характеризуется, как известно, двумя параметрами —  $\rho$  и  $\eta$  и записывается в следующем виде [17, 18]:

$$d\Gamma_0 = \frac{G^2 m_\mu^5}{48\pi^3} \sqrt{s(x)} \left\{ 3xt(x) + \frac{2}{3} \rho [s(x) - 3xt(x)] + 6r_e \eta t(x) \right\} dx, \quad (7)$$

где приняты обозначения (6). Выражение (7) получено в предположении об отсутствии массы у нейтрино.

Аппроксимируя выражение (5) формулой (7) при  $r_W = 0$  и  $\eta = 0$ , определим параметр  $\rho$  как функцию массы нейтрино. Для этого используем метод наименьших квадратов, другими словами, из условия

минимальности величины

$$\Delta(\rho, m_\nu) = \int_{x_1}^{x_2} [d\Gamma(x, m_\nu)/dx - d\Gamma_0(x, \rho)/dx]^2 dx \quad (8)$$

которая является мерой изменения спектра электронов за счет массы нейтрино, найдем параметр  $\rho$ . При этом имеем

$$\rho = \frac{3}{4} = \frac{3}{4} \frac{I_2(x_1, x_2, m_\nu)}{I_1(x_1, x_2)} \quad (9)$$

где

$$I_1(x_1, x_2) = \int_{x_1}^{x_2} s(x) [s(x) - 3xt(x)]^2 dx,$$

$$I_2(x_1, x_2, m_\nu) = - \int_{x_1}^{x_2} s(x) [s(x) - 3xt(x)] \times$$

$$\times \left\{ s(x) + 3xt(x) - v(x) \left[ s(x) + 3xt(x) + 2 \frac{s(x)}{t(x)} r_\nu^2 \right] \right\} dx. \quad (10)$$

4. В таблице приведены результаты измерений параметра  $\rho$  и значения соответствующих интервалов энергии  $x$ , на которых проводились измерения спектра (см. [19, 20], там же ссылки на другие работы). При каждом из этих данных уравнение (9) определяет дозволённые значения массы нейтрино (отношение  $I_2(x_1, x_2, m_\nu)/I_1(x_1, x_2)$  представляет собой сложную функцию  $m_\nu$ ; уравнения (9) решались на ЭВМ ЕС-1022). Области значений  $m_\nu$ , дозволённых рассматриваемыми экспериментами, внесены в таблицу. В последнем столбце таблицы даны ограничения на массу нейтрино, которые вытекают из кинематики реакции ( $v^2(x) \geq c$ ).

$\rho$	$x$	$m_\nu, \text{ Мэв}$	$m_\nu, \text{ Мэв}$
$0,747 \pm 0,005$	$> 0,5$	$1,17_{-0,75}^{+\infty}$	$< 37$
$0,760 \pm 0,009$			
$0,7523 \pm 0,0024$		$< 0,21$	
$0,762 \pm 0,008$	$> 0,45$		$< 39$
$0,7503 \pm 0,0026$	$> 0,4$	$< 1,07$	$< 41$
$0,760 \pm 0,037$	$> 0,05$	$< 3,94$	$< 51$

Как видно из таблицы, среди найденных экспериментальных ограничений наиболее сильным является  $m_\nu < 0,21 \text{ Мэв}$ , которое вытекает из  $\rho = 0,7523 \pm 0,0024$ . Заметим, что среди рассматриваемых значений параметра Мишеля последнее обладает наиболее высокой точностью измерения.

Авторы выражают благодарность Д. И. Саламову за составление программы расчета на ЭВМ.

#### Литература

1. Particle Data Group. Rev. of Mod. Phys., 48, part II, 1976, № 2. 2. Clark A. R. et al. Phys. Rev., D 9, 1974, 533. 3. Bergkvist K. E. Nucl. Phys., B39, 1972, 317. 4. Kodorinski E. J., Mahmoud H. M. Phys. Rev., 92, 1953, 1054. 5. Зельдович

6. Я. Б. ДАН СССР, 91, 1953, 1317. 6. Nishijima K. Phys. Rev., 108, 1957, 907. 7. Соколов А. А., Керимов Б. К. Ann. Phys., 2, 1958, 46. 8. Ксвакаш I. Prog. Theor. Phys., 19, 1958, 459. 9. Липманов Э. М. ЖЭТФ 37, 1959, 1054. 10. Окунь Л. Б. Слабое взаимодействие элементарных частиц. М., Физматгиз, 1963. 11. Джафаров И. Г. Препринт № 61 ИФАН Азерб. ССР. Баку, 1978. 12. Гулиев Н. А., Джафаров И. Г. ЯФ, 17, 1973, 567. 13. Гулиев Н. А., Джафаров И. Г., Мустафаев Х. А., Халил-заде Ф. Т. Препринт № 29 ИФАН Азерб. ССР, Баку, 1974. 14. Гулиев Н. А., Джафаров И. Г., Мустафаев Х. А., Халил-заде Ф. Т. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-техн. и матем. наук, 1974 № 5. 15. Гулиев Н. А., Джафаров И. Г., Мустафаев Х. А., Халил-заде Ф. Т. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-техн. и матем. наук, 1975, № 1. 16. Гулиев Н. А., Джафаров И. Г. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-техн. и матем. наук, 1971, № 4. 17. Michel L. Proc. Phys. Soc., A63, 1950, 514. 18. Bouchiat C., Michel L. Phys. Rev., 106, 1957, 170. 19. Bardon M. et al. Phys. Rev. Lett., 14, 1965, 449. 20. Derenzo S. E. Phys. Rev., 181, 1969, 1854.

Институт физики АН Азерб. ССР

Поступило 17. V 1978

Н. А. Гулиев, И. Г. Чафаров, Х. А. Мустафаев, Ф. Т. Халилзаде

#### ЛЕПТОНЛАРЫН ДӨРДКОМПОНЕНТЛИ НЕЙТРИНОЛУ СХЕМИ ЧЭРЧИВЭСИНДЭ $\mu$ -ПАРЧАЛАНМА ПРОСЕСИ ВЭ НЕЙТРИНОНУН КҮТЛЭСИНЭ АЛЫНАН МЭНДУДИЈЭТЛЭР

Лептонларын дөрдкомпонентли нейтринолу схеми чэрчивэсиндэ  $\mu$ -парчаланма процесинэ бахылмышдыр. Электронларын (позитронларын) енеркетик спектри нейтринонун күтлэси нэзэрэ алынмагла hesabланмыш вэ Мишел параметри  $\rho$  үчүн ифадэ алынмышдыр.  $\rho$  параметри һаггында мө'лум олан тэчрүби нэтичэлэр тэдгиг едламыш вэ нейтринонун күтлэси үчүн гиймэтлэр тапылмышдыр.

N. A. Guliyev, I. G. Jafarov, Kh. A. Mustafayev, F. T. Khalil-zade

#### THE $\mu$ -DECAY PROCESS IN THE FRAMEWORK OF THE LEPTONS' SCHEME WITH FOURCOMPONENT NEUTRINO AND THE RESTRICTION ON NEUTRINO MASS

The  $\mu$ -decay process has been considered in the framework of leptons' scheme with fourcomponent neutrino. The energetic spectrum of the electrons (positrons) have been derived with regard to the possible mass of the neutrino and the expression for the Michel parameter  $\rho$  have been found, too. The available experimental data about the  $\rho$  analyzed and the permitted values of the neutrino mass have been found.

М. Я. БАКИРОВ, Р. С. МАДАТОВ, Ю. М. МУСТАФАЕВ.

ФОТОДИОДЫ НА ОСНОВЕ СПЛАВА Ge-Si

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

Германий и кремний образуют непрерывный ряд твердых растворов [1]. Изменение состава сплава вызывает деформацию энергетических зон и изменение физических параметров кристалла. Наиболее резко изменение последних наблюдается в сплаве с содержанием кремния от 0 до 15 ат. %. Отсутствие надежного способа получения однородных кристаллов с содержанием 0-15 ат. % исключало возможность использования сплавов Ge-Si для создания приборов. Усовершенствование техники выращивания монокристаллов в последние годы сделало возможным получение совершенных монокристаллов сплава Ge-Si с высоким содержанием второго компонента [2] и созданием на их основе приборов [3-7] (диоды [3,4], СВЧ-диоды [5], туннельные диоды [6] и фотовольтаические элементы [7]).

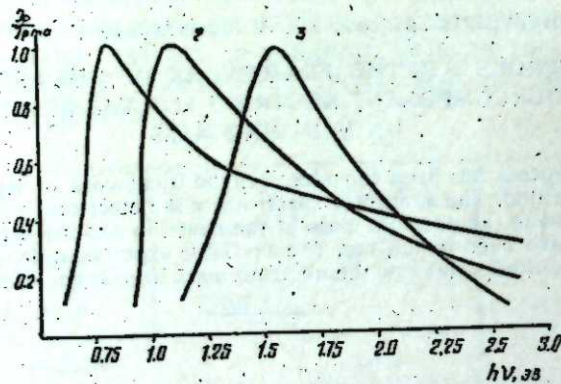


Рис. 1. Спектральные характеристики фотодиодов на основе германия (1), сплава 85% Ge+15% Si (2) и кремния (3)

Доказано, что с повышением концентрации кремния в сплаве плотность обратного и прямого тока через p-n-переход уменьшается, а пробивное напряжение увеличивается [3,4]. Фотозлектрические приборы на основе сплава Ge-Si обладают чувствительностью в области первого "окна" атмосферы и расположены между максимумами чувствительности германиевых и кремниевых приборов. С увеличением содержания кремния в сплаве максимум смещается в сторону коротких волн [7].

В данной статье приводятся характеристики фотодиодов на основе сплава Ge-Si.

Фотодиоды изготовлены диффузией сурьмы из газовой фазы в вакуированных кварцевых ампулах при температуре 800°C в течение часа на основе монокристаллов p-типа проводимости с концентрацией носителей  $10^{15} \text{ см}^{-3}$ .

На рис. 1 приведены спектральные распределения чувствительности фотодиодов на основе сплава 85% Ge+15% Si, Ge и Si.

Как видно, максимум спектральной чувствительности фотодиода на основе сплава Ge-Si с 15 ат. % Si соответствует энергии фотона 1,06 эВ ( $\lambda = 1,125 \text{ мкм}$ ). Ширина энергетического зазора сплава вычисленной по полуспаду чувствительности при комнатной температуре оказалась равной 0,95 эВ, что соответствует энергии непрямых переходов, определяемой из оптических измерений [8]. Энергия фотона вычисленной по максимуму чувствительности (1,06 эВ) совпадает с энергией прямых переходов [8].

Диффузионная длина неосновных носителей, определенная из спектральных характеристик, оказалась равной  $2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$ . На основе коэффициента диффузии дырок  $D = 18 \text{ см}^2/\text{сек}$  и диффузионной длины неосновных носителей  $L_p = 2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$  вычислено время жизни носителей  $\tau = 2 \cdot 10^{-7} \text{ сек}$ .

Исследование температурных зависимостей спектральных характеристик показало, что пороговая энергия фотона с понижением температуры смещается в сторону коротковолновой области со скоростью  $4,4 \cdot 10^{-4} \text{ эВ/град}$  и хорошо совпадает со значением температурного коэффициента ширины запрещенной зоны Ge-Si.

На рис. 2 приведены вольт-амперные характеристики фотодиода, снятые при различных мощностях падающего излучения. Анализ показывает, что они довольно хорошо описываются эмпирической формулой

$$I = I_{\phi} - I_0 \left( e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right),$$

где  $I$  — ток во внешней цепи,  $I_{\phi}$  — ток, созданный возбуждением светом носителей,  $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — абсолютная температура.

Безразмерный коэффициент в показателе экспоненты  $\beta$  принимает значения 1,8, а предэкспоненциальный множитель  $I_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ а/см}^2$ . Экспериментально найденные значения  $I_0$  на два порядка больше вычисленного значения тока насыщения  $I_s = 4 \cdot 10^{-6} \text{ а/см}^2$ .

Найденное значение  $\beta > 1$  и  $I_s > I_0$  показывает, что вольт-амперные характеристики фотодиодов на основе сплава Ge-Si описываются теорией, учитывающей рекомбинацию и генерацию в слое объемного заряда и толще полупроводника.

На рис. 3 представлены температурные зависимости фототока и темнового тока для фотодиода на основе сплава 85% Ge+15% Si.

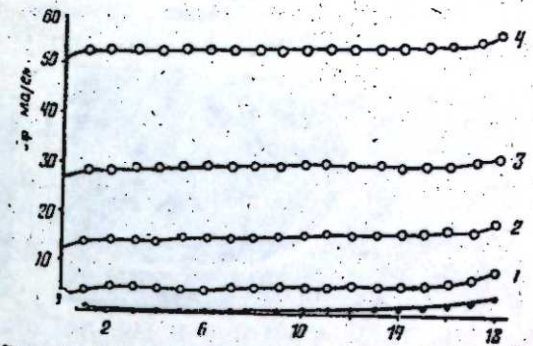


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика фотодиодов на основе сплава Ge-Si с 15 ат. % Si при различных мощностях излучений: 1—12 мВт/см²; 2—28; 3—55; 4—100 мВт/см²

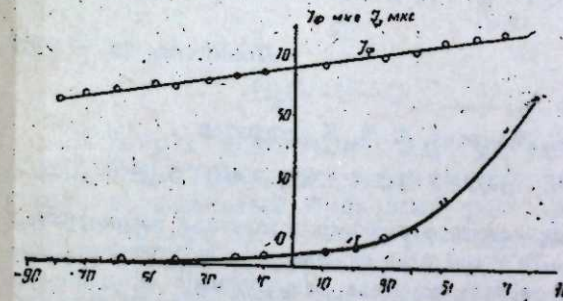


Рис. 3. Зависимость фототока и темнового тока от температуры

Как видно, в интервале температур  $-80 \pm 80^\circ\text{C}$  фототок изменяется незначительно. В отличие от фототока, с повышением температуры темновой ток растет экспоненциально. Энергия активации, определенная из температурной зависимости темнового тока, оказалась равной  $0,48 \text{ эв}$ . Эта величина немного превосходит половину ширины запрещенной зоны сплава  $85\% \text{ Ge} + 15 \text{ Si}$ .

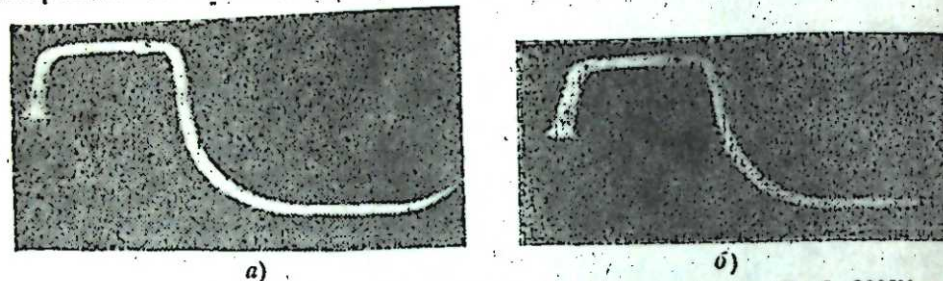


Рис. 4. Релаксация фототока при различных температурах: а—77; б—300°K.

На рис. 4 представлены кривые релаксации фототока, снятые при 77 и 300°K.

Найденные значения  $\tau$  при 77 и 300°K оказались равными соответственно  $\tau_1 = 3 \cdot 10^{-8} \text{ сек}$ ,  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ сек}$ .

Измерение показало, что интегральная чувствительность указанных фотодиодов равна  $0,45-0,52 \text{ а/вт}$ , а порог чувствительности  $(4,2-4,6) 10^{-11} \text{ вт/гц}^{-1/2}$ .

#### Литература

1. Sfor H., Kleun W. Zs. Anorg. Chem. 241, 1939, 305.
2. Таиров С. И., Таиров В. И., Шахтактинский М. Г., Кулиев А. А. "Кристаллография" 10, 19:5, 751.
3. Logan R., Coor A. J. Appl. Phys., 25, 1954, № 11, 1511.
4. Беленьков А. М., Курносое А. И. Полупроводниковые приборы, электротехн. серия\*, 2. вып. 5, 1963.
5. Кирьяшкина З. И., Демидов В. К. В. сб.: "Поверхностные и контактные явления в полупроводниках". Томск, 1964.
6. Nakai J. J. Appl. Phys., 4, 1965, № 7, 545.
7. Бакиров М. Я., Мамедова Г. М. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-техн. и матем. наук\*, 1974, № 6.
8. Бьюб Р. Фотопроводимость твердого тела, М., Изд-во иностр. лит., 1962.

Сектор радиационных исследований АН Азерб. ССР

Поступило 29. V 1978

М. Я. Бакиров, Р. С. Мадатов, Ю. М. Мустафаяев

#### КЕРМАНИУМ-СИЛИСИУМ БЭРК МЭЛЛУЛУ ЭСАСЫНДА ФОТОДИОДЛАР

Керманиум-силисиум бэрк мэллулу эсасында диффузија јолу илэ параметрлэри  $S_\lambda = 0,52 \text{ а/вт}$ ,  $\mu = 10^{-11} \text{ вт гс}^{-1/2}$ ,  $\tau = 10^{-7} \text{ сан}$  олан фотодиодлар назырланмышдыр. Мүәјјән олуишудур ки, Ge—Si бэрк мэллулу эсасында назырланмыш фотодиодлар атмосферни биринчи областына һэссасдырлар вэ температурун артмасы илэ онларын спектрал характеристикалары  $4,4 \cdot 10^{-4} \text{ эв/дэр}$  сур'эти илэ узундалга областына сүрүшүр. Алынмыш натичэлэрин тәһлили кестэрир ки,  $-1,0-35^\circ\text{K}$  интервалында фоточэрэјан температурдан асылы дејил, гаранлыг чэрэјан исэ екпонеишал артыр.

M. Ya. Bakirov, R. S. Madatov, Yu. M. Mustafayev

#### THE PHOTODIODES ON BASE OF Ge—Si ALLOY

The diffusion photodiodes on the base of Ge—Si alloy with parameters  $S_\lambda = 0,5 \text{ а/вт}$ ,  $\mu = 10^{-11} \text{ вт} \cdot \text{с}^{-1/2}$ ,  $\tau = 10^{-7} \text{ с}$  have prepared.

It was determined, that these photodiodes are sensitive in the region of the first atmosphere "window", and with the temperature increasing the spectral characteristics displace to the long-wave region with speed of  $4,4 \cdot 10^{-4} \text{ эв/град}$ .

It was shown, that the photocurrent in the interval of  $1,0-35^\circ\text{K}$  in the photodiodes did not depend on the temperature, and obscure current increases exponentially.

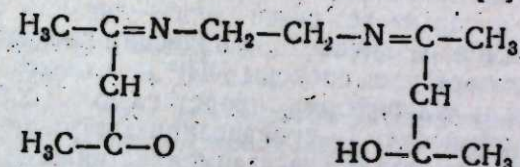
Э. Г. ИСМАЙЛОВ, член-корр. АН Азерб. ССР З. Г. ЗУЛЬФУГАРОВ,  
Д. Г. ГАМБАРОВ, А. К. БАБАЕВ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ БИС-АЦЕТИЛАЦЕТОНЭТИЛЕНДИАМИНА С ХЛОРНОЙ МЕДЬЮ (II) МЕТОДОМ ЭПР

Бис-ацетилацетонэтилендиамин ( $ac_2en$ ) может быть применен для избирательного определения ионов меди (II) [1]. В настоящей статье представлены результаты изучения с целью идентификации образуемого комплекса (определение геометрии локального окружения иона меди и характера связи его с лигандами) спектров ЭПР продуктов присоединения молекулы бис-( $ac_2en$ ) к хлориду меди (II). Проведено сравнительное исследование влияния органических растворителей на спектры ЭПР комплексов бис-( $ac_2en$ ) меди (II), полученных экстрагированием четыреххлористым углеродом из водного раствора (I) и из водных растворов (II) медленным испарением при комнатной температуре.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Реагент синтезирован по известной методике [2] и имеет формулу



В работе использован 2%-ный раствор реагента и 0,1 М раствор  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Для получения необходимого значения pH был взят уксусно-аммиачный буферный раствор. pH раствора контролировали на потенциометре ЛПУ-01, оптическую плотность измеряли на СФ-4А и ФЭК-56. Для установления оптимальных условий комплексообразования между медью и бис-( $ac_2en$ ) сняты спектры поглощения реагента и комплекса и ЭПР комплекса от pH раствора при различной концентрации реагирующих веществ.

Комплекс образуется сразу и устойчив долгое время. Нагревание раствора комплекса до  $80^\circ\text{C}$  не изменяет его оптической плотности. Комплекс хорошо экстрагируется четыреххлористым углеродом, хлороформом, изо- и н-бутиловым спиртами. Состав его определяли методом сдвига равновесия ( $\text{Me}:\text{R} = 1:1$ ).

В поликристаллическом виде сбрацы получали из водного раствора (I) и экстрагированием четыреххлористым углеродом из водного раствора (II) бис-( $ac_2en$ ) меди (II) медленным испарением при комнатной температуре. Спектры ЭПР снимали на радиоспектрометре JES-PE при 300 и 77°K. В качестве растворителей использовали хлороформ, пиридин и бензол.

Спектры ЭПР комплексов II и I в поликристаллическом состоянии при 300°K представляют собой асимметричную одиночную линию с  $g = 2,091 \pm 0,002$  ( $\Delta H = 89,4 \pm 1$  э) и сигнал с трехосной анизотропией (параметры спин-гамильтониана  $g_1 = 2,220 \pm 0,002$ ,  $g_2 = 2,084 \pm 0,002$ ,  $g_3 = 2,048 \pm 0,002$ ), характерный для плоскостного окружения иона меди  $Cu^{2+}$  (рис. 1а, б).

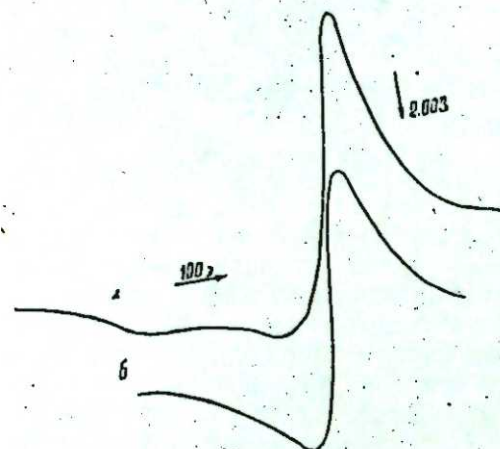


Рис. 1. Спектры ЭПР поликристаллических образцов бис-(аc<sub>2</sub>en) меди (II) при 300°K, полученных: а—экстрагированием четыреххлористым углеродом из водного раствора (I) и б—из водного раствора (II)

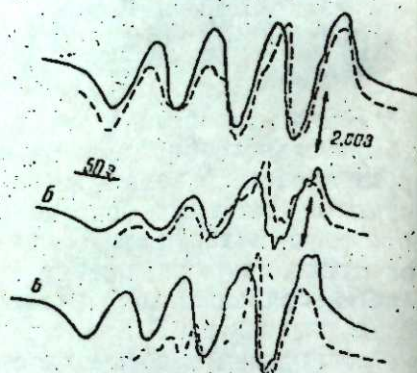


Рис. 2. Спектры ЭПР бис-(аc<sub>2</sub>en) меди (II) при 300°С в растворах: а—бензола, б—пиридина и с—хлороформа. Первые сигналы относятся к соединению II, а вторые к I

Для разрешения сверхтонкой структуры и получения непосредственных данных о характере связи медь—лиганды сняты спектры ЭПР комплексов I и II в различных органических растворителях и воде. При комнатной температуре спектры ЭПР комплекса II в растворах бензола, пиридина и хлороформа представляют собой группы из четырех линий, а комплекса I—суперпозицию двух групп из четырех линий, возникающих в результате взаимодействия неспаренного электрона с ядерным моментом меди, имеющим спин  $I = 3/2$ , и принадлежат ионам  $Cu^{2+}$ , имеющих, однако, различное лигандное окружение.

Ширина каждой из четырех линий зависит от проекции  $m_1$  ядерного спина меди (3). Линия, принадлежащая  $m_1 = 3/2$ , а в некоторых случаях и  $m_1 = 1/2$ , дополнительно расщеплена на пять компонент, обусловленных взаимодействием неспаренного электрона меди с двумя атомами азота (рис. 2а, б, в).

В спектрах ЭПР комплекса II наблюдаются слегка асимметричная одиночная линия с  $g = 2,086 \pm 0,002$  и  $\Delta H = 117 \pm 1$  э замороженном растворе бензола и плохо разрешенный аксиально-симметричный сигнал в пиридине. Для замороженных растворов комплекса I в бензоле и воде наблюдаются хорошо разрешенные аксиальные сигналы ЭПР; в хлороформе и пиридине же спектры ЭПР состоят, по крайней мере, из трех групп аксиально-симметричных сигналов ионов  $Cu^{2+}$ , находящихся в плоскоквадратных, квадратно-пирамидальных или вытянутых вдоль оси четвертого порядка октаэдрических комплексах меди (II), с различной степенью тетрагональных искажений, поскольку увеличение  $g_{||}$  соответствует уменьшению  $A_{||}^{(4)}$ . Образование координационной связи атомов азота с основной орбитой иона меди (II) приводит к

появлению в спектрах ЭПР дополнительной СТС с частичным ее разрешением в области  $g_{\perp}$  и заметным уширением линий в области  $g_{||}$  в замороженных растворах комплекса (I) в пиридине, воде и хлороформе и полным разрешением ее как в области  $g_{\perp}$ , так и  $g_{||}$  в бензоле (рис. 3а, б, в, г, д).

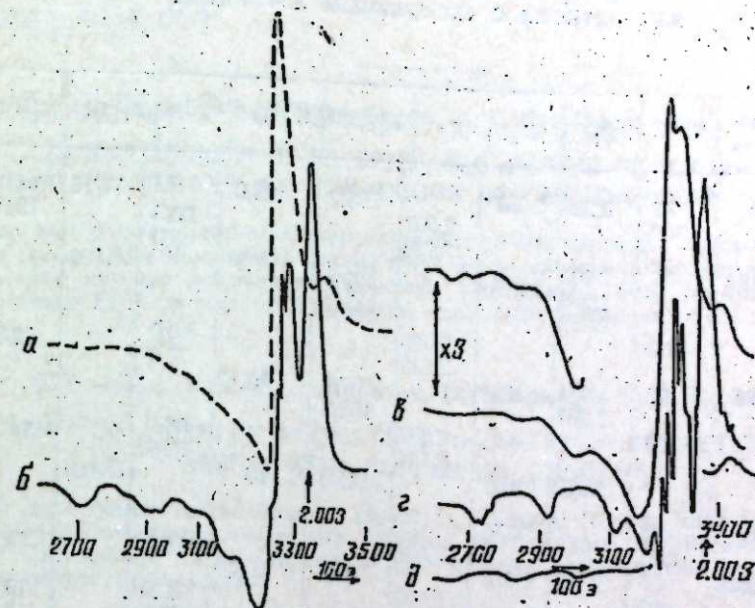


Рис. 3. Спектры ЭПР бис-(аc<sub>2</sub>en) меди (II) при 77°K в растворах: а—пиридина (конц.), б—пиридина (разб.), в—хлороформа, г—бензола и д—воды

В области высоких полей при  $H = 3400$  э выделяется интенсивный пик, который может быть обусловлен дополнительным поглощением ионов  $Cu^{2+}$ , являющимся результатом угловой аномалии компоненты СТС с  $m_1 = 3/2$ , и имеет расщепление (в растворах бензола), состоящее из пяти линий, также указывающих на наличие в координационной сфере иона  $Cu^{2+}$  в комплексе двух атомов азота. Кроме того, при  $H = 3450$  э для замороженных растворов комплекса I в хлороформе и воде наблюдается перегиб, принадлежащий, вероятно, димеризованным фрагментам комплекса меди (5) (рис. 3а, б, в, г)<sup>1</sup>.

Дополнительная СТС от ядер азота свидетельствует о наличии в МО неспаренного электрона примеси орбиты s-симметрии атомов азота и является прямым указанием на образование ковалентной связи иона  $Cu^{2+}$  с окружающими лигандами, а проявление ее на линиях с  $m_1 = -3/2$  и  $-1/2$  (вокруг  $g_{||}$ ) показывает, что два атома азота координируют ион меди в плоскости  $xy$ .

Параметры спектров ЭПР изученных растворов при 300 и 77°K приведены в таблице.

Анализ данных показывает, что в растворах пиридина и хлороформа молекулы воды, координирующие ион меди  $Cu^{2+}$  в аксиальном положении в плоскоквадратном комплексе меди в водном растворе,

<sup>1</sup> Этот перегиб наблюдается и для концентрированных растворов комплекса I в пиридине (в этом случае спектр ЭПР характеризуется параметрами  $g_{\perp} = 2,059$  и  $A_{\perp} = 17,2$  э,  $g_{||} = ?$  и  $A_{||} = ?$ ); исчезает при разбавлении раствора комплекса пиридином, что также указывает на димерную природу наблюдаемого сигнала.

частично заменяются молекулами органических растворителей. В этом случае наблюдается суперпозиция сигналов ЭПР ионов меди, координированных в аксиальных положениях молекулами воды и органических растворителей. Уменьшение значений  $g_0$  и увеличение  $A_0$  для комплексов меди при замене молекул воды в координационной сфере катиона молекулами органических растворителей, вероятно, обусловлено ослаблением связи катиона с аксиальным лигандом.

Комп-лекс	Растворитель	T, °K	$g_{\parallel}$	$g_{\perp}$	$g_0$	$A_{\parallel, \text{э}}$	$A_{\perp, \text{э}}$	$A_{0, \text{э}}$	$a_{\parallel, \text{э}}^{\text{N}}$	$a_{0, \text{э}}^{\text{N}}$	$a^2$
I	Бензол	77	2,208	2,061*	2,097	194,2	29,0*	90,5	11/16	12,0	0,79
		300									2,130
	Пиридин	77	2,206	2,060*	196,0	27,8*	15,6(1)	90,0	12,5	0,80	0,81
		300	2,252 2,272								
	Хлором.	77	2,231	2,069*	197,0	33,1*	15,4(1)	90,0	13,0	0,79	0,83
		300	2,267								
II	Вода	77	2,269	2,050*	2,097	165,0	26 *	89,5	13,2	0,79	
	Бензол	77	2,232	2,072	2,098	195,4	30,3*	89,0	13,2	0,79	
		300									2,098
	Пиридин	77	2,098	2,093	195,4	30,3*	89,0	92,3	13,0	0,80	
	300	2,098									92,3
Хлор форм.	300	2,093	92,3	13,0	0,80						

Примечание. Точность измерений  $A_{\text{Cu}}$  и  $a_{\text{Na}}$  равна  $\pm 2 \text{ э}$ ;  $g$  определялась с точностью до  $\pm 0,002$ . \*—определены из ширины линий.

Наблюдаемое уменьшение значения  $g_{\perp}$  при переходе от водного раствора комплекса *bis*-(*ac*<sub>2</sub>, *en*) Cu (II) к его раствору в бензоле или четыреххлористом углероде можно объяснить (4) укорочением плоскостных расстояний металл—лиганд, что, в свою очередь, должно сказаться как на величине энергий *d*—*d*-переходов, так и ковалентности  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей.

В оптических спектрах поглощения раствора комплекса меди (II) с *bis*-(*ac*<sub>2</sub>, *en*) в видимой области наблюдаются три полосы поглощения при  $16360 \pm 60$  (в виде плеча),  $18140 \pm 20$  и  $26680 \pm 30 \text{ см}^{-1}$  в органической фазе (бензол и четыреххлористый углерод) и  $16280 \pm 60$  (в виде плеча),  $18200 \pm 20$ ,  $27000 \pm 30 \text{ см}^{-1}$  в водной фазе. Если пренебречь интегралами перекрывания, членами, содержащими коэффициенты перед орбиталями лигандов в выражениях для разрыхляющих МО, в том числе появляющихся при смещении состояний с переносом заряда к основному состоянию  $B_{1u} \rightarrow B_{1g}$  и  $E_u \rightarrow B_{1g}$ , принимая  $\Delta E(B_{1g}) = 16360$ ,  $\Delta E(E_g) = 18140$  и  $\Delta E(E_u \text{ или } B_{1u}) = 26680 \text{ см}^{-1}$ , из уравнений для  $g$ -тензора (6) получаем  $\beta^2 = 0,65$  и  $\beta_1^2 = 0,82$  в первом случае и при  $\Delta E(B_{1g}) = 16280$ ,  $\Delta E(E_g) = 18200$  и  $\Delta E(E_u \text{ или } B_{1u}) = 27000 \text{ см}^{-1}$  —  $\beta^2 = 0,87$  и  $\beta_1^2 = 0,70$ . Значения коэффициентов в разрыхляющих МО комплекса указывают на ковалентность  $\sigma$ -связей в  $B_{1g}$  ( $a^2 = 0,7$  и  $0,76$ ), плоскостных  $\pi$ -связей в  $B_{2g}$  ( $\beta^2 = 0,65$  и  $0,87$ ) и внеплоскостных  $\pi$ -связей в  $E_g$ -орбиталях ( $\beta_1^2 = 0,82$  и  $0,70$ ).

1. Гамбаров Д. Г., Бабаев А. К. VI Всесоюз. конфер. „Органические реагенты в аналитической химии“. Киев, 1976.
2. Mc Carty P., Hovey R., Ueno K., Martell A. J. Amer. Chem. Soc., 77, 1955, 5820.
3. Mc Connell J. Chem. Phys., 25, 1956, 709.
4. Шкляев А. А., Огородников В. Д., Ануфриенко В. Ф. ЖСХ, 14, 1973, 994.
5. Yokai H., Sai M., Isove T. Bull. Chem. Soc. Japan, 40, 1970, 1078.
6. Керрингтон А., Мак-Леллан Э. Магнитный резонанс и его применение в химии. М., „Мир“, 1970.

ИНФХ АН Азерб. ССР

Поступило 5. VI 1978

Е. Г. Исмаилов, З. Г. Зулфугаров, Д. Г. Гамбаров, Э. Г. Бабаев

### БИС-АСЕТИЛАСЕТОНИТИЛЕНДИАМИНИН МИС (II) ХЛОРИДЛӘ КОМПЛЕКС ЭМӘЛӘ КӘТИРМӘСИНИН ЕПР МЕТОДУ ИЛӘ ТӘДГИГИ

Мәғаләдә бис-асетиласетонетилендиаминин мис (II) хлоридлә гаршылыгы тәсири заманы эмәлә кәлән комплексдә мис ионунун локал сәһәсинин симметријасы вә онун лигандларла кимјәви әләғәсинин характери өрәнилиши, сулу *bis*-(*ac*<sub>2</sub>, *en*) мис (II) комплексинин ЕПР спектрләринә мұхтәлиф үзви һәлләдичиләрин тәсири тәдгиг едилмишидр.

E. G. Ismailov, Z. G. Zulfugarov, D. G. Gambarov, A. K. Babaev

### STUDY OF COMPLEX FORMATION *bis*-(ASETYLACETONETYLENDIAMINE) WITH COPPER (II) CHLORIDE

The local symmetry and bonding character of copper (II) ion with ligands in *bis*-acetylacetonetylenediamine copper (II) complex and influence of different organic solvents to EPR spectra of *bis*-(*ac*<sub>2</sub>, *en*) Cu (II) in water and extracted with CCl<sub>4</sub> from water solutions are discussed.

А. А. МАМЕДОВ, М. Р. МУСАЕВ, А. Т. СЕИДОВ, А. Т. ХУДИЕВ,  
В. К. ХАЛИЛЗАДЕ, А. А. МЕДЖИДОВ, С. М. РАСУЛОВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНОГО КЛИНОПТИЛОЛИТА  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЙДАГ И ЕГО  
КАТИОН-ДЕКАТИОНИРОВАННЫХ ФОРМ**

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

В настоящее время цеолиты нашли широкое применение в самых различных областях науки и техники. Их используют в качестве молекулярных сит для разделения смеси углеводородов, в газовой хроматографии, в качестве катализаторов крекинга, гидрокрекинга, алкилирования, изомеризации и т. д.

Синтетические цеолиты из-за удобства синтеза и возможности регулирования их активности используются в широком масштабе как активные катализаторы. Природные же цеолиты в связи с их рассеянностью в природе и недостаточной разведанностью имеют ограниченное применение.

В Азербайджане наиболее перспективен природный клиноптилолит Айдагского месторождения. Это месторождение представлено в виде монозалежи мощностью 35—40 м, шириной до 120 м, общей протяженностью свыше 3 км и перспективными запасами от 20 до 100 млн. т [1].

С целью определения физико-химических параметров природных цеолитов и выяснения возможности использования их в качестве катализаторов и адсорбентов в процессах нефтехимии и нефтепереработки нами методами рентгенофазного, электронно-микроскопического, термогравиметрического анализов и адсорбции исследованы природный клиноптилолит и его катион-декатнированные формы, полученные ионным обменом [2,3].

Установлено, что природный цеолит месторождения Айдаг, представляющий собой клиноптилолит гейландитовой группы с соотношением  $SiO_2/Al_2O_3=8,7$ , близок по химическому составу (табл. 1) и по структурным характеристикам и клиноптилолитам различных месторождений [4—6].

Таблица 1

Химический состав природного клиноптилолита

П.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ΣΣ	H <sub>2</sub> O
8,68	68,15	1,30	0,13	13,15	3,95	0,75	1,49	2,63	0,09	100,32	4,67

Как видно из табл. 2, природный цеолит (обр. 1) месторождения Айдаг имеет структуру, аналогичную структуре искусственного Са-клиноптилолита [7].

Таблица 2

Межслойные расстояния и интенсивность природного цеолита клиноптилолита месторождения Айдаг и его катион-декатнированных форм

Природный клиноптилолит	Обработанный 10%-ной HCl в виде порошка + 15% связующего	Обработанный 10%-ной HCl в виде графитовых таблеток	Обработанный 10%-ной HCl в виде графитовых таблеток	Обработанный 10%-ной HCl в виде графитовых таблеток	Обработанный 10%-ной HCl в виде графитовых таблеток	Обработанный 5%-ным NH <sub>4</sub> Cl в виде порошка + 15% связующего	Обработанный в виде порошка + 15% связующего, 10% NH <sub>4</sub> Cl	Обработанный CaCl <sub>2</sub> в виде порошка + 15% связующего	Са-клиноптилолит искусственный [6]
8,99	8,85	8,96	8,99	8,99	8,99	8,99	8,99	8,81	8,97
7,87	7,47	7,87	7,87	7,87	7,87	7,99	7,99	7,82	7,90
6,79	6,89	6,68	6,70	6,70	6,70	6,74	6,74	6,68	6,81
5,20	5,32	5,20	5,20	5,20	5,20	5,26	5,26	5,20	5,26
5,10	5,10	5,08	5,08	5,08	5,08	5,14	5,14	5,04	5,10
4,61	4,60	4,64	4,61	4,61	4,61	4,80	4,80	4,60	4,66
4,32	4,38	4,43	4,43	4,43	4,43	4,48	4,48	4,31	4,52
4,22	4,23	4,25	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,21	4,35
3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,95	3,95	3,95	3,97
3,92	3,93	3,92	3,93	3,93	3,93	3,92	3,92	3,90	3,90
3,72	3,72	3,75	3,72	3,72	3,72	3,74	3,74	3,72	3,71
3,60	3,60	3,59	3,60	3,60	3,60	3,67	3,67	3,60	3,56
3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,50	3,47
3,40	3,40	3,40	3,41	3,41	3,41	3,44	3,39	3,42	3,42
3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,19
3,16	3,16	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,19	3,13
3,12	—	—	—	—	—	—	—	3,12	3,07
3,02	—	—	—	—	—	—	—	3,02	2,97
2,97	2,97	2,96	2,96	2,96	2,96	2,97	2,97	2,95	2,80
2,78	2,78	2,78	2,77	2,77	2,77	2,77	2,78	2,77	2,72
2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	—

На дифрактограммах помимо клиноптилолита зафиксированы рефлексы, соответствующие кварцу ( $d = 4,22; 3,34 \text{ \AA}$ ), а также очень слабые рефлексы, указывающие на наличие незначительных примесей кальцита ( $d = 3,02$  и др.), гидроокислов ( $d = 10,02 \text{ \AA}$  и др.) и монтмориллонита ( $d = 14,2; 17,7 \text{ \AA}$ ). Фазовым анализом установлено, что в цеолитовой породе содержится около 80% клиноптилолита.

По результатам рентгенодифрактометрического анализа установлено, что после обработки природного цеолита ионообменными растворами значения их межплоскостных расстояний не меняются, хотя наблюдается частичное перераспределение интенсивности линий, связанное, вероятно, с изменением катионного состава клиноптилолита. Следует отметить, что кроме обр. 7, во всех обработанных образцах линии, соответствующие кальциту, полностью исчезают.

Электронно-микроскопические исследования показывают, что кристаллики клиноптилолита в исходном образце и его катион-декатнированных формах имеют в основном правильную огранку в виде шестиугольников и параллелограммов. Размеры кристаллов  $d = 1,1 - 1,3 \text{ мкм}$ . Присутствие в цеолитовой массе аморфных частиц приводит к налипанию их на гранях цеолита.

Таблица 3

Адсорбционная емкость и удельная поверхность природного клиноптилолита и его катион-декатнированных форм

Цеолиты	Адсорбционная емкость, %; $t = 20^\circ\text{C}$		Уд. поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$
	по парам $\text{H}_2\text{O}$	по парам $\text{C}_6\text{H}_{10}$	
Природный клиноптилолит	16,87	7,55	20,6
Обработанный 10%-ной $\text{HCl}$ с 15% связующего	20,58	8,39	32,62
Обработанный 2%-ной $\text{HCl}$ с 15% связующего	19,10	7,98	30,40
Обработанный 10%-ной $\text{HCl}$ в виде гранул— 1 меш.	17,52	8,40	24,42
Обработанный 10%-ной $\text{HCl}$ в виде гранул— 2 меш.	17,90	8,60	24,91
Обработанный 5%-ным $\text{NH}_4\text{Cl}$ с 15% связующего	19,50	8,30	104,16
Обработанный 10%-ным $\text{NH}_4\text{Cl}$ с 15% связующего	19,93	8,60	141,90
Обработанный 5%-ным $\text{CaCl}_2$ с 15% связующего	20,60	12,35	123,61

Исследование образцов методами ДТА и ТГ<sup>3</sup> показывает, что для всех образцов отмечается растянутый во времени эндотермический эффект с началом  $45-60^\circ\text{C}$  и максимумом  $110-145^\circ\text{C}$ , обусловленный выделением из каркаса клиноптилолита цеолитовой воды. На кривой ДТА природного образца и образца, полученного обработкой хлористым кальцием (обр. 1 и 8), виден и второй небольшой эндотермический эффект с максимумом при  $745^\circ\text{C}$ . Эффект вызван диссоциацией  $\text{CaCO}_3$ , присутствующего в виде небольшой примеси в цеолито-

<sup>1</sup> Рентгенографические исследования проводились на дифрактометре ДРОН-1; условия анализа: скорость вращения образца  $1^\circ/\text{мин}$ , напряжение  $35 \text{ кВ}$ , анодный ток  $12 \text{ мА}$ , медный антикатод с фильтром, щели— $s_1; s_2; s_3 = 1:1:0,25$ .

<sup>2</sup> Электронно-микроскопические исследования проводились на электронном микроскопе марки IEM-7 А производства Японии при увеличении 10 000 раз.

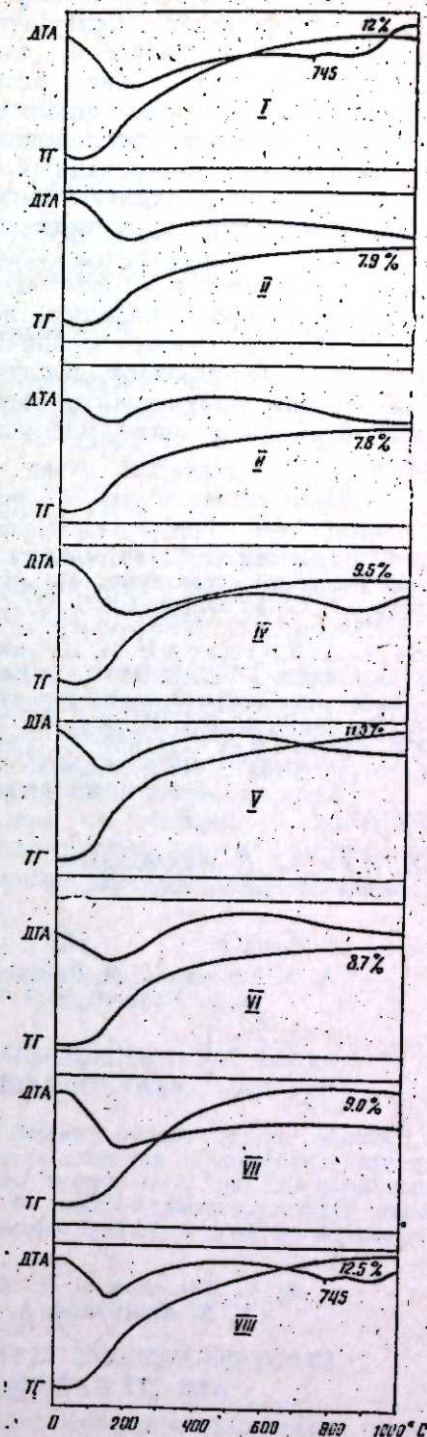
<sup>3</sup> Термогравиметрические исследования проводились на комплексной установке термического анализа КУТА-1 М. Скорость нагрева  $17^\circ/\text{мин}$ . Масса навески для ДТА  $200 \text{ мг}$ ; для ТГ— $100 \text{ мг}$ .

вой природе. Этой реакции сопутствует по кривой ТГ потеря 1% массы образца за счет выделения  $\text{CO}_2$  (рисунок). Отсутствие второго эндотермического эффекта для обр. 2—7, активированных соляной кислотой и хлористым аммонием, связано с тем, что такая обработка способствует разрушению  $\text{CaCO}_3$ , имеющегося в клиноптилолитовой породе. Это согласуется с данными рентгеноструктурного анализа (табл. 2), в соответствии с которыми в указанных образцах отсутствуют линии кальцита.

Декатионирование приводит к увеличению объемной емкости, удельной поверхности и расширению входных окон, ведущих в полости цеолита. Известно, что кислотная обработка природного цеолита-клиноптилолита приводит к расширению размера входных окон от  $4$  до  $4,7-4,9 \text{ \AA}$  [6].

Исследование адсорбционной емкости<sup>4</sup> природного клиноптилолита и его катион-декатнированных форм по адсорбции паров воды и циклогексена, а также изучение удельной поверхности<sup>5</sup> этих образцов показало, что обработка природного клиноптилолита ионообменными растворами приводит к увеличению адсорбционной емкости и удельной поверхности, что, вероятно, связано с удалением из каркаса цеолитов катионов с большими радиусами ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и др.), занимающих определенный объем и экранирующих входные окна в полости цеолита (табл. 3).

Однако при адсорбции паров циклогексена влияние условий обработки проявляется в меньшей степени. Это возможно, обусловлено сравнительно малым размером входных окон по-



<sup>4</sup> Адсорбционная емкость изучалась на высоковакуумной установке с кварцевыми весами типа Мак-Бена. Предварительное вакуумирование адсорбентов производили при  $400^\circ\text{C}$  до остаточного давления  $\sim 1 \cdot 10^{-6} \text{ мм.рт.ст.}$

<sup>5</sup> Удельная поверхность определена по тепловой десорбции азота хроматографическим методом.



лостей цеолита, вследствие чего циклогексен адсорбируется только во вторичных порах клиноптилолита, образованных между частицами цеолита и примесями, присутствующими в исследованных образцах. Молекулы воды, напротив, адсорбируются как во вторичных порах, так и в полостях цеолита, благодаря чему адсорбированная емкость клиноптилолита по воде значительно выше, чем по циклогексену.

Таким образом, исследование цеолита месторождения Айдаг и его катион-декатонированных форм методами рентгенографического и адсорбционного анализов позволило установить, что изученные образцы имеют структуру типа клиноптилолита с примесями порядка 20% кварца, кальцита и др. Обработка природного клиноптилолита соляной кислотой и хлористым аммонием приводит к удалению из цеолитовой породы кальцита, повышению адсорбционной емкости по парам  $H_2O$ , а также к значительному увеличению удельной поверхности для образцов в случае обработки хлористым аммонием. Для образца, полученного обработкой хлористым кальцием, также характерно увеличение адсорбционной емкости и удельной поверхности.

#### Литература

1. Азизбеков Ш. А., Ализаде Х. А., Хенров М. Б. Новые неметаллические полезные ископаемые. М., "Наука", 1973.
2. Расулова С. М., Зулфугаров З. Г., Агамирзоева З. С. Мат-лы конфер. и совещ. Баку, "Элм", 1970.
3. Жданов С. П., Егорова Е. Н. Химия цеолитов. Л., "Наука", 1968.
4. Сендеров Э. Э., Хитаров И. Н. Цеолиты, их синтез и условия образования в природе. М., "Наука", 1970.
5. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М., "Мир", 1976.
6. Природные сорбенты цеолитовой структуры. Ташкент, 1974.
7. Hawkins D. B. Mat. Res. Bull., 2, 1967, № 10.
8. Bagger M., Makki M. B. Canad. J. Chem., 42, 1964, 1481, 9.
9. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М., "Мир", 1970.
10. Цицишвили Г. В., Сабелашвили Ш. Д., Коридзе З. И., Квантпалиани Е. К., Андроникашвили Т. Г. "Изв. АН СССР", IX, 1973, № 7.

ИНХП им. Ю. Г. Мамедалиева,  
Институт геологии им. Губкина

Поступило 20 III 1978

А. А. Мамедов, М. Р. Мусаев, А. Т. Сеидов, Э. Т. Худиев,  
В. Г. Халилзаде, Э. Э. Меджидов, С. М. Расулова

#### АЙДАГ ЖАТАҒЫНДАН ОЛАН КЛИНОПТИЛОЛИТИН ВЭ ОНУН КАТИОН-ДЕКАТИОНЛАШМЫШ ФОРМАЛАРЫНЫН ТЭДГИГИ

Мәгалә мұасир физики-химияви анализ методлары (рентгендифрактометрия электронмикроскопия, дифференциал-термики анализ вэ адсорбция үсуллары) илә Азербайжан ССР-ни Айдаг-сеолит жатағындан олан тәбии клиноптилолитин вэ онун хлорид туршусу, аммоний хлорид вэ кальций хлорид мәһлуулары илә ишләниллиши формаларыны физики-химияви параметрләринин тәдигиндән бәһс едир.

A. A. Mamedov, M. R. Musaev, A. T. Seidov, A. T. Khudiev,  
V. G. Khalilzade, A. A. Medzhidov, S. M. Rasulova

#### STUDY OF NATURAL CLYNOPTYLOLITE OF AI-DAG DEPOSIT AND ITS CATION-DECATIONIZED FORMS

Physicochemical parameters of natural zeolite-clinoptylolite of Ai-Dag deposit and its cation-decationized forms obtained by treating with hydrochloric acid, ammonium chloride and calcium chloride of different concentrations have been studied by x-ray structure, electronmicroscopic and thermogravimetric analysis.

Modification of natural clinoptylolite with hydrochloric acid and ammonium chloride has been found to remove calcite and other impurities from zeolitic rock. In parallel adsorptive capacity and specific surface of samples increase.

М. Р. МУСАЕВ, А. С. САФАРОВ

#### ИНИЦИИРОВАННОЕ ОКИСЛЕНИЕ ИЗОМЕРОВ МЕТИЛЦИКЛО- ГЕКСЕНА КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА

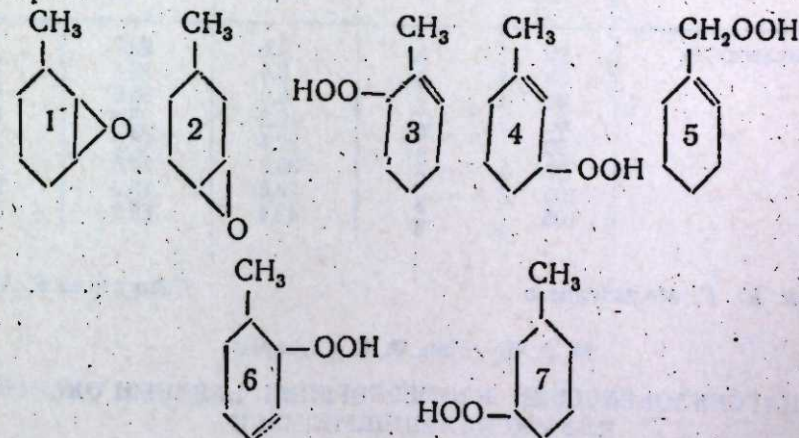
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Т. Н. Шахтахтинским)

Непредельные углеводороды алифатического и алициклического рядов, за исключением этилена, при жидкофазном окислении молекулярным кислородом, а также воздухом образуют соответствующие гидроперекиси. При этом значительная часть последних в процессе окисления превращается в непредельные спирты и альфа-окиси.

В настоящее время многие исследователи считают, что спирты и окиси так же, как и гидроперекиси, являются продуктами цепной реакции и образуются в результате превращения последних. В этом спекте определенный интерес представляет изучение жидкофазного окисления изомеров метилциклогексена.

Нами изучалось окисление 4-метилциклогексена и 1-метилциклогексена кислородом воздуха. Так как расположение метильного радикала по отношению к двойной связи в молекулах этих цикленов резко отличное, то и отношение их к реакции окисления также должно быть различным, что подтверждено экспериментально.

Согласно существующим положениям по механизму окисления непредельных углеводородов из 1-метилциклогексена и 4-метилциклогексена могут образовываться следующие альфа-окиси и непредельные спирты:



Здесь 1 и 2-окиси, 3—7—гидроперекиси.

Как отмечено выше, гидроперекиси в процессе окисления могут превращаться в соответствующие непредельные спирты. Из гидроперекисей непредельные спирты могут быть получены восстановлением их в щелочной среде по известной методике. Анализ продуктов окисления 4-метилциклогексена и 1-метилциклогексена показал наличие в них соответствующей окиси, значительно преобладающей в случае последнего. Окисей метилциклогексены образуют значительно мень-

ше, чем гидроперекисей. После восстановления гидроперекиси водным раствором щелочи и выделения спиртовой фракции методами ГЖХ и ИК-спектроскопии установлено наличие всех трех изомерных спиртов в продуктах окисления 1-метилциклогексена и двух изомерных спиртов в продуктах реакции 4-метилциклогексена. Преобладающее количество гидроперекиси и соответственно им непредельных спиртов образуется аналогично структурам III и VII.

Сумма окиси и непредельных спиртов составляет 85—95% от продукта превращения, остальное—высокомолекулярные соединения. Окисление изомеров метилциклогексена проводилось в стеклянном реакторе марки „пирекс“ с внутренним диаметром 25 мм и длиной 80 см. Реактор снабжен электрической обмоткой. В нижней части его имеется приспособление для распыления воздуха и отбора проб продуктов окисления. На каждый опыт бралось 100 мл углеводорода. В качестве инициатора реакции окисления применялась 0,5%-ная гидроперекись циклена, взятого на окисление. Скорость подачи воздуха в реактор составляла 0,4 л/мин на 5—6 г моль исходного циклена. Опыты проводились при 40—90°C в течение приблизительно 6 ч.

Результаты исследования приведены в таблице.

Образование окисей изомеров метилциклогексена при окислении кислородом воздуха

Исходный циклен	Т. Окисл., °C	Продолжительность опыта, ч	Кол-во окиспродуктов, вес. %	Состав окиспродуктов, вес. %	
				непредельные спирты	альфа-окиси
4-Метилциклогексен	40	3	3,6	100	—
	40	6	5,8	100	—
	60	3	6,0	100	—
	60	6	9,6	100	—
	90	3	15,0	93,8	6,2
	90	6	21,8	93,2	6,8
1-Метилциклогексен	40	3	4,8	92,7	7,3
	40	6	8,4	86,6	13,4
	60	3	8,0	85,0	16,0
	60	6	16,2	83,0	17,0
	90	3	22,4	78,0	22,0
	90	6	30,5	70,0	31,0
	105	3	28,6	75,4	24,6
	105	6	43,4	69,2	30,8

ИНХП им. Ю. Г. Мамадалиева

Поступило 6, XII 1977

М. Р. Мусаев, Э. С. Сафаров

### МЕТИЛЦИКЛОГЕКСЕНИН ИЗОМЕРЛЭРИНИН ЫВАНЫН ОКСИКЕНИ ИЛЭ ОКСИДЛЭШДИРИЛМЭСИ

Мәгаләдә 4-метилциклогексенин вә 1-метилциклогексенин 40°—105°C-дә 3—6 саат мүддәтиндә һаванын оксикени илэ оксидлэшдирилмәси процесин өҗрәнилмишидир. Реаксиянын сүрәтләндиричиси кими һәмни карбоһидрогенләрнин гидропероксидләриндән истифадә олуңмушдур.

Мүәҗҗән едилмишидир ки, 4-метилциклогексенин 40°C вә 60°C-дә оксидләшмәси процесиндән алфа-окис јох, анчаг гидропероксид вә доҗмамыш спиртләрнин гарышыгы алыныр. 1-метилциклогексенин бүтүн температурларда оксидләшмәси процесиндән исә гидропероксид вә доҗмамыш спиртләрнин гарышыгындан башга, алфа окис дә әмәлә кәлир ки, буун да миҗдари температурун артмасындан асылы олараг чоһалыр.

M. R. Musaev, A. S. Safarov

### INITIATED AIR OXIDATION OF METHYL CYCLOHEXENE ISOMERS

Liquid phase initiated air oxidation of 4-methyl cyclohexene and 1-methyl cyclohexene has been studied within the temperature range 40—105°C and at experiment period 3 and 6 hours. As an initiator of the reaction hydroperoxide of the corresponding methyl cyclohexene isomer was used. The mixture of hydroperoxide, unsaturated alcohols and alpha-oxide proved to be the oxidation products.

On oxidation 4-methyl cyclohexene at 40 and 60°C forms the mixture of hydroperoxide and unsaturated alcohols. Alpha-oxide is formed only at 90°C. Independent of the oxidation temperature 2-methyl cyclohexene in all cases forms alpha-oxide and rather more than 4-methyl cyclohexene does.

УДК 622.276.21.031

ГЕОЛОГИЯ

Академик АН Азерб. ССР Ш. Н. МАМЕДОВ, И. С. БЕЛОВ

### ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ВОДЫ НА НЕФТЕОТДАЧУ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО РЕЖИМА

Содержание воды в пластах коллекторов истощенных нефтяных залежей Азербайджана колеблется в довольно широких пределах — от нескольких до 60% от объема порового пространства [1, 2] (в зависимости от типа воды, физико-химических свойств пористой среды и насыщающих ее жидкостей).

При доразработке нефтяных залежей необходимо установить влияние состава и количества воды как на нефтеотдачу, так и на скорость дренирования нефти. Характер распределения остаточной нефти после ее дренирования при различной водонасыщенности пласта особенно важно знать при разработке истощенных залежей подземным способом.

В экспериментах в качестве пористой среды использовался естественный песок с глинистой фракцией 24,9%, отобранной из обнажений района Бастанашора. Насыщающими жидкостями служили вода и нефть из Балаханы-Сабунчи-Раманинского истощенного месторождения. По своей характеристике пластовая вода соответствовала двум типам вод, часто встречающимся в месторождениях: щелочной и жесткой. Удельный вес нефти 0,921, вязкость при температуре 20° 96,0 сп, поверхностное натяжение на границе с щелочной водой 5,13 эрг/см<sup>2</sup>. Длина колонок и воздухопроницаемость пористой среды составляли соответственно 160 см и 2,2 д. Водонасыщенность пористой среды при этом колебалась в пределах 8,0—59,5% от объема пор. Равномерная остаточная водонасыщенность образца достигалась выпариванием по всей длине колонки в специально сконструированных печах и продувкой пара воздухом. Описанный метод вполне себя оправдывал. Во-первых, в этом случае наблюдалось равномерное распределение по колонке остаточной воды; во-вторых, исключалось изменение структурно-текстурных особенностей песка, имевшее место при смешивании воды и нефти в определенных пропорциях [3].

Кривые остаточной водонасыщенности после окончания дренирования на аппарате Закса показали равномерное распределение воды. По достижении (после взвешивания) несколько большей, чем требовалось, водонасыщенности в ту же колонку под малым напором подавалась нефть. В применяемой пористой среде максимум водонасыщенности достигал 59,5% от объема пор, с дальнейшим увеличением водонасыщенности она становилась подвижной. Результаты опытов приведены на рис. 1.

Как видно, с увеличением водонасыщенности до определенного предела нефтеотдача возрастает. Такая закономерность наблюдается при наличии в пористой среде как жесткой, так и щелочной воды. В данном случае максимальная нефтеотдача получена при 45,5% водонасыщенности. Для коллекторов исследуемого месторождения нефтеотдача в присутствии жесткой воды больше. С увеличением водонасыщенности от 8,0 до 45,5% при жесткой воде нефтеотдача

повышается от 23,9 до 32,2 от объема пор, а при щелочной — от 21,5 до 28,9.

Меньшая нефтеотдача в условиях щелочной воды объясняется большим набуханием в этом случае глинистых частиц.

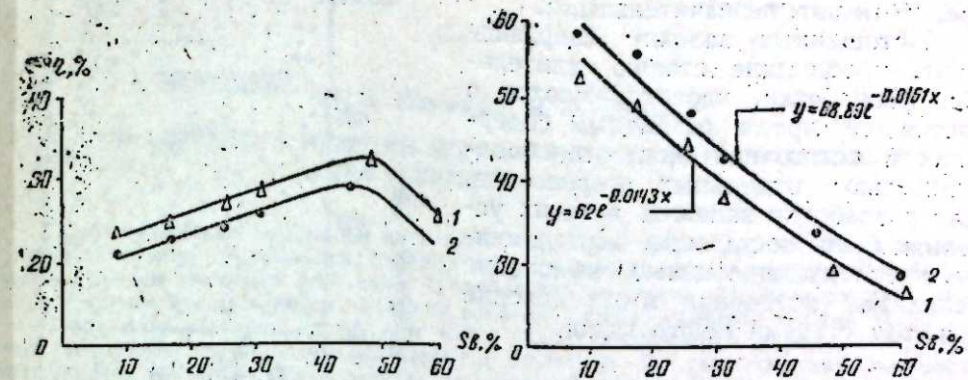


Рис. 1. Зависимость нефтеотдачи и содержания остаточной нефти в дренированной зоне от водонасыщенности пористой среды: при жесткой воде (1), при щелочной (2)

Дальнейшее увеличение водонасыщенности от 45,5 до 59,5% как при жесткой, так и при щелочной воде приводит к уменьшению нефтеотдачи. Это объясняется тем, что при незначительном содержании в коллекторе вода занимает наиболее мелкие поры, тогда как нефть находится в более крупных. С ростом водонасыщенности вода занимает все более крупные поры. В этом случае нефть насыщает поры средних размеров, в которых остаточная вода отсутствует. При этом нефтеотдача снижается, ибо вода, занимая крупные поры в песке, препятствует передвижению нефти.

На рис. 2 представлена зависимость времени разработки пласта от содержания воды в пористой среде. При щелочной воде с увеличением водонасыщенности от 8,0 до 59,5% пласт разрабатывается в течение 75—49 суток, тогда как при жесткой воде — от 60 до 37, т. е. при щелочной воде дольше, чем при жесткой.

Сокращение срока разработки, наблюдаемое после точки перегиба (рис. 1), приведенной на зависимости  $\eta = f(S_b)$ , объясняется тем, что при высоком содержании воды происходит уменьшение контакта нефти с породой и нефть как бы скользит по воде, ускоряя тем самым свое истечение до определенного содержания. При более значительной водонасыщенности в пористой среде дренирование нефти должно ухудшаться. Проверить это предположение в лабораторных условиях было невозможно из-за подвижности воды, отмечающейся при 60%-ной насыщенности. Наиболее благоприятные условия как в отношении нефтеотдачи, так и срока разработки создаются при наличии в пористой среде жесткой воды.

Из кривых остаточной водонефтенасыщенности, полученных после окончания дренирования, видно, что с ростом содержания воды концентрация остаточной нефти снижается: при жесткой воде с 52,9 до 26,8% и при щелочной с 57,9 до 28,3% от объемов пор (рис. 1). Высота насыщенной зоны, определенная из кривых остаточной нефтенасыщенности, достигала в опыте без содержания воды 40 см, тогда как при изменении жесткой и щелочной воды от 8,0 до 45,5% она снизилась соответственно с 30 до 11 см и с 33 до 20 см. Уменьшение насыщенной зоны в связи с повышением содержания воды обуславливается снижением действия сил сцепления в порах между

нефтью и породой. При содержании воды 59,5% поровые каналы и пространство вокруг зерен песка заполнены смесью нефти и воды, в которой нефть не представляет собой сплошную фазу.

В этих условиях капиллярная зона не создается, ибо содержание и дренирование нефти в пористой среде бывают незначительными.

Истощенные залежи Азербайджана, прошедшие стадию длительной разработки, характеризуются в настоящее время различным содержанием остаточной воды и обводненностью отдельных горизонтов. Для разработки залежей в таких условиях были поставлены эксперименты, преследующие целью выяснение механизма истечения и определение при этом степени нефтеотдачи.

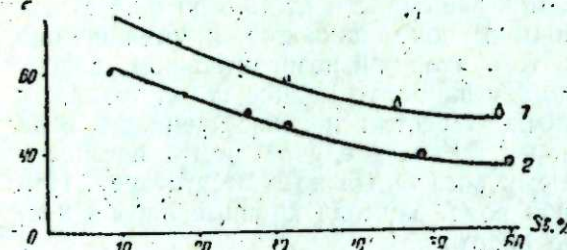


Рис. 2. Зависимость срока разработки пласта от водонасыщенности при щелочной (1) и жесткой остаточной воде (2)

На рис. 3 представлен пласт, в котором верхняя секция колонки обводнена пластовой водой, а нижняя содержит остаточную щелочную воду в количестве 36,2% от объема пор.

Нефтеотдача в этих условиях составила 39,3%. При этом, как видно из кривой остаточной водонасыщенности, капиллярная зона также не образуется. При истечении нефти получена вода в количестве 40,2% от объема пор. Большой объем воды в нижней части колонки (забой) не может служить причиной беспокойства, так как она легко может быть откачана. Причем на выходе колонки вода появляется после того, как половина нефти уже получена.

### Выводы

1. С повышением водонасыщенности до 45,5% нефтеотдача увеличивается, после этого она снижается.
2. С увеличением водонасыщенности количество остаточной нефти в дренированной зоне и высота капиллярной зоны уменьшаются.
3. Срок разработки в условиях жесткой воды с увеличением водонасыщенности меньше, чем в щелочной воде.
4. Наибольшая нефтеотдача наблюдается в случае, когда на нефтеносном пласте находится обводненная залежь.

### Литература

1. Мамедов Ш. Н., Мирзоев Р. Х. Перспективы рудничной разработки нефтяных месторождений Азербайджана. Баку, "Элм", 1971. 2. Аванесов А. Т. Автореф. канд. дисс. Баку, 1953. 3. Higgins R. V. Petrol. Eng., 25, 1953, № 5.

Институт геологии им. Губкина

Поступило 26. IV 1978

Ш. Н. Мамедов, И. С. Белов

### ГРАВИТАСИЈА РЕЖИМИ ШЭРАТИНДЭ ГАЛЫГ СУЛАРЫНЫН НЕФТВЕРМЭЈЭ ТЭСИРИ

Галыг суларынын тэркиб вэ мигдарынын лаллары нефтвермэ вэ истисмар мүдэтине тэсиринин өрнөилмэси, оиларын сонракы јералты үсулла ишлэнилмэси бахымында хусуси эһәмијјәт кәсб едир. Тәчрүбәләрдә мөсамәли мүһитни сулулуг габилјјәти үмуми мөсамәлијјин һөчминин 8,0%-дән 59,5%-ә гәдәрини тәшкил едир.

Тәчрүбәләр кәстәрилән һәддән сонра исә азалмаға башлајыр. Бу ганунаујјунлуг мөсамәли мүһитдә чод вэ гәләви сулар олдуға да мүшәһидә олунур. Лакин мөсамәли мүһитдә чод суларын олмасы лалларын һәм нефтвермэ вэ һәм дә ишләмә мүддәтләри нөгтеји-һәзәриндән ән әлвәришли шәрант һесаб олунур.

Sh. N. Mamedov, I. S. Belov

### THE INFLUENCE OF RESIDUAL WATERS ON THE OIL OUTPUT UNDER GRAVITATIONAL REGIME CONDITIONS

The investigation of the influence of residual waters content and quantity on the oil output and the period of pool exploitation represents a special interest from the point of view of depletion pool exploitation by underground method.

Water saturation of porous medium during experiments has been undulating from 8.0 till 59.5% from pore volume. As a result of experimental works it is determined that with the increasing of water saturation till 45.5% the oil output is increased but after that it is decreased. Such regularity is observed in the presence of hard water as well as alkaline water in porous medium. The most favourable condition in spite of oil output and the period of polexploitation is the presence of hard water in porous medium. From the curves of residual water saturation received after the end of oil outflow it is seen that with the increasing of water content, the residual oil in drained zone of porous medium is decreased.

УДК 553.982.23 (479.24—20)

ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ

Н. Г. МАМЕДОВ, Т. А. ИСМАЙЛОВА

**О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОИСКОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ  
В УСЛОВИЯХ ПОДНАДВИГОВЫХ ЗОН СТРУКТУР  
ЮГО-ЗАПАДНОГО КОБЫСТАНА (НА ПРИМЕРЕ  
ПЛОЩАДИ УМБАКИ)**

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

Поиски нефтегазовых залежей в условиях поднадвиговых зон структур депрессионных районов Азербайджана составляют одну из важнейших практических задач, стоящих перед нефтяниками республики.

В Шемаха-Кобыстанской нефтегазоносной области, в частности в пределах юго-западного Кобыстана, большинство антиклинальных структур представляют собой крупные асимметричные складки субширотного простирания. Складки осложнены осевыми разрывами надвигового типа, в результате чего относительно пологие северные крылья надвинуты на крутые, местами опрокинутые южные крылья. Одной из таких структур является Умбакинская антиклиналь, представляющая собой крайнюю восточную ундуляцию Сагиян-Гирда-Умбакинской антиклинальной зоны. Умбакинская складка осложнена крупным продольным разрывом надвигового характера с плоскостью падения на север под углом 35—45°; амплитуда смещения по отложениям майкопской свиты и чокракского горизонта достигает 1250—1300 м. В центральной части складка осложнена поперечным нарушением северо-северо-восточного простирания, что привело к обособлению восточной половины складки от западной. Восточная половина складки представляет собой нормально сложенное периклинальное окончание Умбакинской антиклинали с пологим северо-восточным (23—22°) и сравнительно крутым юго-западным (67—70°) крыльями. Западная половина характеризуется подвернутостью южного крыла.

Надвинутое северное крыло осложнено рядом поперечных нарушений взбросового характера.

Промышленная нефтегазоносность Умбакинской площади связана с песчаными пачками олигоцен-миоценового комплекса, разделенными пластами и пропластками глин. Это позволило в свое время выделить самостоятельные нефтеносные горизонты: I чокракского горизонта, I а, II, III, IV, V, VI майкопской свиты. Перечисленные горизонты содержат песчаные коллекторы, которые характеризуются в среднем пористостью 9—11% и проницаемостью 100—200 мд.

Условия образования и сохранения нефтегазовых залежей в пределах Умбакинской структуры не везде одинаковы. Так, на надвинутом северном крыле складки, подверженном в значительной степени процессам денудации и где нефтеносные пласты выведены на земную поверхность, эти условия менее благоприятны, чем в поднадвиговом южном крыле.

Однако разрабатываемая в настоящее время часть умбакинского нефтяного месторождения расположено именно на северном крыле

складки. Это, по-видимому, связано с тем, что глубина залегания продуктивных пластов на этом крыле (1,5—2,5 км) значительно меньше, чем на поднадвиговом, и, естественно, облегчает их вскрытие и

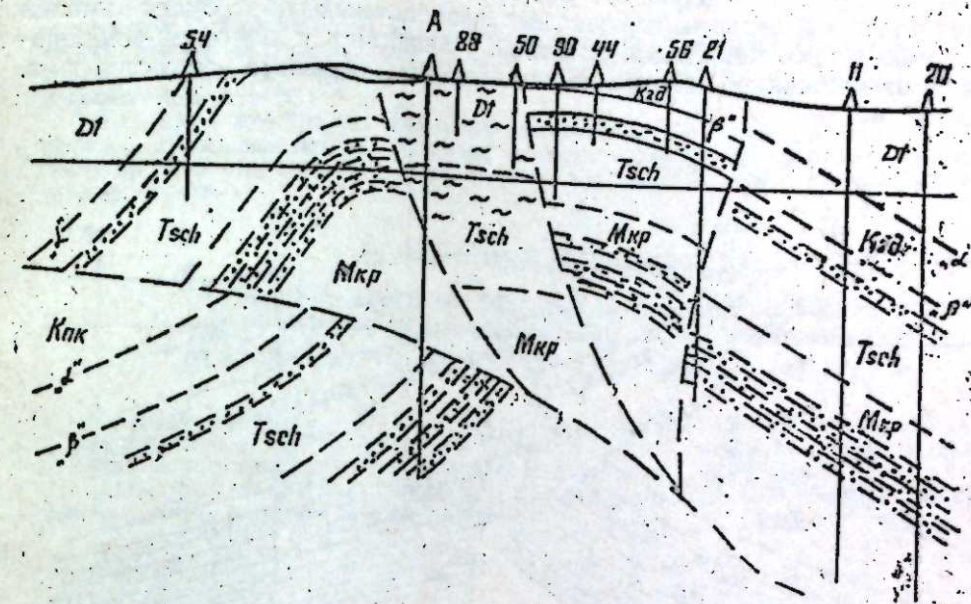


Рис. 1

эксплуатацию. Между тем большая погруженность олигоцен-миоценовых отложений на южном поднадвиговом крыле (2,5—3,5 км) и значительность песчаных пластов (по числу и мощности) обуславливают более благоприятные условия для промышленного скопления нефти и газа. По-видимому, основные перспективы нефтегазоносности олигоцен-миоценового комплекса связаны с южным поднадвиговым крылом Умбакинской складки. Это предположение подтверждается нефтегазопрооявлениями, часто бурными, наблюдаемыми в процессе бурения и опробования разведочных скважин (14, 73, 48, 54 и др.).

Вышеизложенное приводит к выводу о необходимости дальнейшей разведки в поднадвиговой зоне площади Умбаки с целью обнаружения возможных тектонически экранированных нефтегазовых залежей майкопской свиты и чокракского горизонта. При этом скважины необходимо проектировать с учетом наклона плоскости нарушения так, чтобы с одной стороны они не вышли за пределы поднадвиговой части складки, а с другой нефтегазоносные горизонты не оказались бы на больших глубинах. И, наконец, скважины должны быть заложены в пределах контура нефтеносности. Первые разведочные скважины следует проектировать таким образом, чтобы они вскрыли нефтегазоносный горизонт в сравнительно повышенной части южного крыла и в непосредственной близости от нарушения (рис. 1). Последующие точки бурения необходимо намечать в зависимости от высоты залежи — на более низких гипсометрических отметках (рис. 2).

Строение Умбакинской складки является типичным для палеоген-неогеновых структур юго-западного Кобыстана. Для всех этих структур характерна глубокая погруженность и запечатанность палеоген-миоценовых отложений на южных поднадвиговых крыльях. Последнее обстоятельство благоприятствует образованию так же тектонически экранированных залежей.

Как видно на примере Умбакинского месторождения, для выявления тектонически экранированных залежей в пределах южных поднадвиговых крыльев палеоген-миоценовых структур Кобыстана требуется бурение ряда поисковых скважин на небольших расстояниях друг от друга (примерно 200 м). Есть все основания полагать, что в результате проведения намечаемых разведочных работ будет выявлен ряд новых промысленных залежей, связанных с олигоцен-миоценовыми отложениями южных поднадвиговых крыльев структур ю.-з. Кобыстана.

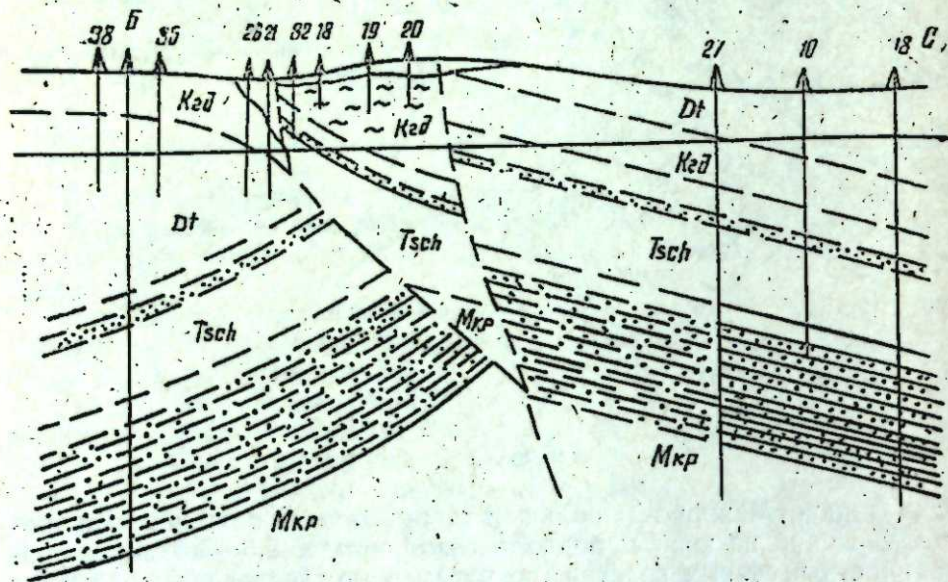


Рис. 2

Проведенная оценка прогнозных запасов нефтегазоносности Кобыстана показывает, что с южными поднадвиговыми крыльями палеогенмиоценовых структур связаны значительные нефтегазовые ресурсы. Между тем южные поднадвиговые крылья палеоген-миоценовых структур до сих пор остаются почти не изученными.

Единичные скважины, пробуренные на этих крыльях, явно недостаточны для оценки перспектив их нефтегазоносности.

#### Литература

1. Абасов А. С., Гулиев Г. А., Бабаев Р. Я., Гусейнов М. Р., Мамедов Н. Г. Тр. АзНИПИнефти, вып. XI. М., «Недра», 1972.
2. Ахмедов Г. А. Геология и нефтеносность Кобыстана. Азнефтеиздат, 1957.
3. Мелик-Пашаев В. С. Методика разведки нефтяных месторождений. М., «Недра», 1968.
4. Салаев С. Г. Оligocen-миоценовые отложения ЮВ Кавказа и их нефтегазоносность. Изд-во АН Азерб. ССР, 1961.
5. Салаев С. Г., Кастрюлин Н. С. Тр. Ин-та геол. АН Азерб. ССР. Баку, «Элм», 1969.

Институт геологии им. Губкина

Поступило 27. VI 1977

Н. Г. Мамедов, Т. А. Исмаилова

### ЧӘНУБ-ШӘРГИ ГОБУСТАН СТРУКТУРЛАРЫНЫҢ ҮСТӘКӘЛМӘАЛТЫ ЗОНАЛАРЫ ШӘРАИТИҢДӘ НЕФТ-ГАЗ ЈАТАГЛАРЫНЫҢ АХТАРЫШ ПЕРСПЕКТИВЛИЈИ ҢАГГЫНДА

Чәнуби вә Гәрби Гобустанда апарылмыш структур хәритә-алма ивә дәрри кәш-фијат газмасы мәлүматларының тәһлили, Умбаки вә дикәр структурларда үстәкәл-мәалты ганадларының олигоцен-миосен чөкүнтүләринин перспективлијини әсәслә-дирмаға имкан верир.

Бир сыра структурларда мәһсулдар горизонтлар тағ һиссәләрдә јер сәтһинә вә тектоник әјилмә зоналарына чыхдығындан сәнајә әһәмијјәтли нефт јатағына малик дејилдир. Белә структурларда гујулары тағ һиссәләрдән аралы ганадларда газмағ тәклиф едилир.

N. G. Mamedov, T. A. Ismailova

### ON PERSPECTIVES OF OIL AND GAS EXPLORATION IN UNDERTHRUST ZONE CONDITIONS OF SW KOBYSTAN STRUCTURES (ON AN EXAMPLE OF UMBAKY AREA)

Perspectivity of oil and gas content of underthrust zone of Umbaky fold and some structures of the south-western Kobystan is based on the basis of data analysis, received during structure-mapping and deep-prospecting drilling.

Drilling of prospecting boreholes to the depth of 1800—2000 m which are (100—200 m) apart is proposed in this connection.

Академик АН Азерб. ССР А. Д. СУЛТАНОВ, Т. М. ГАДИЕВА

**РОЛЬ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОЛЬШОГО КАВКАЗА (ТЕРРИТОРИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА)**

В структурном плане Большой Кавказ на территории Азербайджана представляет собой ряд в различной степени консолидированных блоков. Причем слагающие эти блоки породы залегают на различных гипсометрических уровнях, образуя ступени, например, в направлении с севера на юг Кусарскую, Тенгинскую, Шахдагскую, Хызинскую, Тфанскую, Ковдагскую, Вандамскую и др. На протяжении альпийского цикла тектогенеза в пределах перечисленных ступеней отмечались неравномерные по интенсивности и знаку колебательные движения.

Сопоставление по ступеням стратиграфических разрезов обнаруживает существенную разницу между ними. Таким образом, ступени являются не только структурными, но и фациальными зонами [2]. Большая мощность меловых образований, сложенных песчаными, алевроитовыми, глинистыми и карбонатными разностями, наличие коллекторов, нефтегазопоявлений в скважинах и т. п. указывают на их большую перспективность. В песчано-алевритовых разностях пород основными критериями при определении пористости являются минеральный состав обломочной части, размер, отсортированность, окатанность, количество и тип цемента, в карбонатных—химический состав, соотношение между хемогенной и органической частями, строение органических остатков, структура породы и т. д.

Песчаные и алевроитовые породы, которые являются одним из коллекторов нефти и газа в отложениях мелового комплекса, имеют незначительное распространение. Они присутствуют во всех изученных стратиграфических интервалах в виде пластов небольшой мощности (3—10 см).

В гранулометрическом отношении в указанных образованиях можно встретить всю гамму терригенных пород. Они имеют полимиктовый состав, разнозернисты, очень близки к хлидолитам или алевролитам. Чистые же песчаники встречаются редко. Все они в той или иной степени обогащены глинистым материалом и карбонатны. Легкая фракция представлена в основном обломками различных типов пород с небольшой примесью кварца и полевых шпатов.

Цемент—глинистый, карбонатный, железистый, смешанный. Тип цементации базальный, заволнение пор контактовое, редко пленочное.

Полимиктовый характер и плохая отсортированность пород в период, предшествующий окаменению, обусловили очень низкую проницаемость указанных разностей. Установлена также закономерность количественного и качественного содержания минералов в зависимости от гранулометрического состава осадков.

Изучение типов межзерновых контактов позволило проследить изменение взаимоотношений как между обломками, так и между об-

ломками и поровым пространством. Так, в среднезернистых разностях наибольшее развитие имеют точечные контакты и лишь небольшой процент обломков не имеет контактов (кампан-мастрихт—Ковдагская ступень). Широко распространены прямолинейные, выпукло-вогнутые контакты, причем процент их возрастает с уменьшением размера и окатанности зерен.

Карбонатные образования (известняки, мергели) играют существенную роль в меловых отложениях ю.-в. погружения Большого Кавказа. Они состоят из мелко-, средне- и крупнозернистого кальцита и органического детрита, представленного гастроподами, мшанками, иглокожими, криноидеями, иноцерамами, фораминиферами и др. Трещиноватость, состав и мощность пластов карбонатных образований в разрезе отдельных ярусов неодинаковы, что оказывает существенное влияние на коллекторские свойства.

Наибольшая трещиноватость приурочена к карбонатным образованиям сеномана, турона, коньяка Ковдагской ступени и кампан-мастрихтского ярусов Хызинской ступени и Тенгинско-Бешбармакской шовной зоны.

Изучение шлифов выше стандартного размера выявило в породах наличие эффективных и минеральных микротрещин. Последние обычно выполнены кальцитом и гидроокислами железа. Среди эффективных микротрещин различаются открытые и частично выполненные. Они имеют прямую, извилистую формы и секут породы в различных направлениях. С увеличением размеров зерен количество трещин уменьшается.

Наилучшими коллекторскими свойствами обладают фораминиферово-сгустковые и сгустково-детритовые (сеноман, кампан-мастрихт Ковдагской, Хызинской ступеней) разности, худшими—шламовые, микророзернистые и доломитизированные.

Глины изученного региона представляют собой либо конечный продукт осадочной дифференциации вещества в условиях флишевого бассейна, либо более мощные пласты и пакеты на участках развития нормально-морских отложений. Это плотные, реже слоистые разности, еще реже—пятнистые и перемятые глины с включениями обломков различных типов карбонатных пород.

Выяснение минерального состава пород в различных стратиграфических интервалах мелового возраста представляет практический интерес, так как дает указание на вероятное направление изменения фаций, а следовательно, и коллекторских свойств пород. В минералогическом составе указанных типов пород принимают участие свыше 30 минералов, причем доминирующая роль принадлежит терригенным, меньшая аутигенным и незначительная—вторичным минеральным образованиям.

Установлено, что в тяжелой фракции основную часть (30—80%) составляют рудные минералы. Из нерудных присутствуют группа устойчивых минералов, мусковит, хлорит, биотит, эпидот, цоизит, группа амфибол, пироксен и др.

По характеру распределения указанные минералы делятся на три группы.

1. Минералы, постоянно встречающиеся в значительном количестве: пирит, гидроокислы железа, магнетит-ильменит, гранат, рутил, турмалин, мусковит, хлорит, биотит и др.

2. Минералы, встречающиеся часто, но редко в значительном количестве: пироксен, амфиболы, глауконит, цоизит, барит, арагонит, целестин, эпидот, анатаз, титанит.

3. Минералы, встречающиеся редко, обычно в виде единичных зерен: дистен, ставролит, силлиманит и др.

Отдельные участки региона характеризуются различным количественным соотношением минералов. Так, для пород Шахдагской, Тенгинской и Хызинской ступеней характерно присутствие большого количества мусковита, хлорита, группы устойчивых минералов и рудных образований. Ковдагская ступень обогащена группой устойчивых минералов, минералами группы эпидота, цоизита, редко, роговой обманкой. Повышенный процент авгита, роговой обманки, биотита, барита характерен для пород Вандамской ступени.

Тонкоотсортированные фракции глин имеют полиминеральный состав и представлены ассоциацией монтмориллонита, гидрослюда, каолинита, хлорита и смешанослойных минералов с чередованием слоев гидрослюда и монтмориллонита.

В нижнемеловых отложениях почти всех рассмотренных ступеней преобладающим глинистым минералом является гидрослюда 2M<sub>1</sub>, начиная с альбского яруса и до конца верхнего мелового периода превалирующее значение приобретает монтмориллонит. Исключением является маастрихт Хызинской ступени, где основным компонентом является гидрослюда.

Породы монтмориллонитового состава уплотняются меньше, чем гидрослюдистые разности. Последние оказывают резкое влияние на снижение коллекторских свойств.

Анализ фактического материала показывает, что роль различных минералов в осадках неодинаковая. Сходные комплексы минералов связаны с определенными территориальными участками, а не со стратиграфическими горизонтами, что говорит об устойчивости области сноса в течение всего мелового периода. Все аллотигенные минералы по своему происхождению можно подразделить на две группы: к первой относятся продукты разрушения северной суши, ко второй — южной. При этом, по-видимому, северный район тяготеет к единой суше, которой могли служить поднятия, расположенные в пределах юго-восточного окончания Главного Кавказского хребта и примыкающих областей, поднятия и кордильеры, находящиеся во внутренней части области, а также соседние участки суши, сложенные осадочными толщами юры. Южный же район был связан как с размывом основного поставщика, так и с периодической вулканической деятельностью центров, расположенных в южной части территории (Вандамская ступень).

Итак, выяснение состава и типа материнских пород, а также направления источников сноса является дополнительным материалом для установления условий формирования пород-коллекторов.

Как уже отмечалось, широким распространением пользуются и аутигенные образования. Среди них наибольшее развитие получили гидроокислы железа и сульфиды, представленные в основном пиритом. Несколько подчиненное значение приобретают глауконит, доломит и др.

Таким образом, изучение минералогических особенностей меловых отложений, выявление железистых аутигенных минералов — индикаторов физико-химической обстановки позволило среди пород рассматриваемого возраста выделить восстановительные, слабовосстановительные, окислительные и слабоокислительные фации.

Переход одной фации в другую происходит постепенно и всегда сопровождается появлением промежуточных геохимических фаций (слабовосстановительная, слабоокислительная и др.).

Вторичные минералообразования, на долю которых приходится небольшой процент, также являются одним из ведущих факторов при изучении коллекторских свойств пород. Последние значительно изменяются в результате эпигенеза. В исследованных нами породах

признаки вторичного минералообразования в подавляющем большинстве случаев связаны с изменением обломочных зерен за счет замещения одних минералов другими и с перекристаллизацией ранее образовавшихся (сингенетические и раннедиагенетические). Среди минералов вторичного происхождения часто встречаются кальцит, серицит, хлорит, гидроокислы железа и др. Присутствие их не зависит от глубины залегания пласта, а увеличение процентного содержания приводит к ухудшению коллекторских свойств.

#### Литература

1. Гадиева Т. М. Изв. АН Азерб. ССР, серия наук о Земле, 1973, № 4, 2, Григорьянц Б. В. Азерб. нефт. хоз-во, 1969, № 12, 3. Мехтиева Ш. Ф., Султанов А. Д., Гадиева Т. М., Алиев Ад. И. Условия образования меловых отложений Дибрарской зоны и Северного Кобыстана, Баку, "Элм", 1970.

Институт геологии им. Губкина

Поступило 11. IV 1978

Э. Ч. Султанов, Т. М. Гадиева

#### БӨЛҮК ГАФГАЗЫН (АЗЭРБАЙҶАН ҺИССӘСИ) ТӘБАШИР ЧӨКҮНТҮЛӘРИНДӘ НЕФТ ЈАТАГЛАРЫНЫН АХТАРЫШЫ ВӘ КӘШФИЈЈАТЫНДА МИНЕРАЛОЖИ ТӘДГИГАТЛАРЫН РОЛУ

Бөјүк Гафгазын тәдгигат апарылан кәсилишләриндә Тәбашир Јашлы чөкүнтүләринин бөјүк галынлыга малик олмасы, коллекторларыш, нефт вә газ чыхышларынын варлыгы оиларын перспективли олмасыны көстәрир. Бу чөкүнтүләр әсасән гумлашы, алеврит, кил вә карбонатлардан ибарәтдир. Фораминиферли вә детритли әһәнкашлар (сеноман, кампан, маастрихт) даһа Јашлы кечирчилијә маликдирләр. Бу чөкүнтүләрин нарындәнәли вә доломитләшмиш нөвләри зәиф кечирчилијә маликдир. Гумлу-алеврит чөкүнтүләриндә базал типли сementин олмасы оиларын кечирчилијинә пис тәсир көстәрир.

A. D. Sultanov, T. M. Gadieva

#### THE ROLE OF MINERALOGICAL INVESTIGATIONS IN THE PROSPECTING AND EXPLORATION OF OIL DEPOSITS IN THE CRETACEOUS DEPOSITS OF THE GREAT CAUCASUS (THE TERRITORY OF AZERBAIJAN)

The types of rocks, their content, structure, texture, nature, the type of cement etc. are in detail described in this article. It is determined that foraminiferal-thickened and thickened-detrital limestones (Cenomanian, Campanian-Maestrichtian of Kovdag, Khtzin stages) possess the best collector properties. Slime, microgranular and dolomitized limestones possess worse collector properties.

Mineralogical content and its influence upon collector properties are examined, authigenic and allothigenic minerals in different types of rocks are disaggregated. The conclusions about facial peculiarities of deposits are made.



С. М. ГАДЖИЕВ

## СУММАРНЫЙ ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

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

Диагностика генетической природы подземной гидросферы на основе применения общезвестных и широкоиспользуемых гидродинамических и гидрохимических методов не всегда позволяет выработать единое мнение о генезисе природных, особенно минеральных и термальных вод. При решении этой проблемы в последние годы интенсивно используются данные изотопного состава водорода и кислорода, а также изотопной плотности подземных вод. Так, согласно некоторым работам [1—5] подземные воды в зависимости от происхождения различаются по величинам изотопной плотности. Низкие значения (от 0 до  $-3,5\text{ ‰}$ ) свойственны подземным водам активного водообмена, и с увеличением закрытости гидрогеологических структур количество изотопов в воде возрастает, достигая  $+7,6\text{ ‰}$  [1] и  $+8,4\text{ ‰}$  [4]. Аналогичную задачу интересно рассмотреть и для изучаемого нами региона с учетом конкретной гидрогеологической и гидродинамической обстановки.

В гидрогеологическом разрезе северо-восточного склона Большого Кавказа отмечается довольно четкая гидродинамическая и гидрогеохимическая зональность. Первая характеризуется резко выраженной неоднородностью обводненности горных пород, вторая — закономерной сменой химического и газового состава минеральных вод. В соответствии с этим на рассматриваемой территории выделяются три зоны: 1 — горная, 2 — предгорная и 3 — равнинная.

Горная зона, сложенная осадочной фацией мезозойского комплекса, характеризуется широким развитием высокогорного сильно расчлененного рельефа, глубоким врезом гидрографической сети, обилием атмосферных осадков. Независимо от возраста осадочные образования сильно дислоцированы, смяты в крупные и мелкие складки, нередко осложненные разломами. Примечательно, что эти разломы (Малкамуд-Халтан-Германский, Сиазанский, Карабулакский и др.), влияя на общий гидродинамический процесс, предопределили формирование в пределах этой зоны дифференцированной гидрохимической зональности, выражающейся в последовательной смене гидрохимических типов подземных вод  $\text{HCO}_3\text{—Ca} \rightarrow \text{HCO}_3\text{—Na} \rightarrow \text{HCO}_3\text{—SO}_4\text{—Ca} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{HCO}_3\text{—SO}_4\text{—Ca} \rightarrow \text{Na} \rightarrow \text{HCO}_3\text{—SO}_4\text{—Na} \rightarrow \text{HCO}_3\text{—SO}_4\text{—Na} \rightarrow \text{Mg}$ , циркулирующих по системе трещиноватых пород. Однако вследствие сильной дисциплинированности пород здесь отсутствуют постоянные и выдержанные по площади водоносные горизонты. Наиболее водообильными среди пород являются верхнеюрские известняки и нижнемеловые песчаники и известняки. Глинистые образования являются сильными водоупорами. Минерализация и температура подземных вод колеблются соответственно в пределах  $0,44\text{—}2,82\text{ г/л}$  и  $8\text{—}50^\circ\text{C}$ . В зависимости от генетических особенностей вод здесь выделяются

азотные, азотно-гидросульфидные, азотно-сероводородные разновидности газового состава.

Предгорная зона пересекается многочисленными долинами, имеющими вид ущелий или широких долин с хорошо развитыми террасами. Наиболее высокие участки зоны сложены мезозойскими отложениями. Третичные, покрывая мезозойские породы, занимают склоны предгорий. Четвертичные отложения развиты на относительно пониженных участках предгорий. Водоносные комплексы этой зоны, состоящие из трещиноватых песчаников и известняков, содержат преимущественно пластово-трещинные подземные воды, характеризующиеся разнообразным соевым составом ( $\text{SC}_4\text{—Cl—Ca—Mg} \rightarrow \text{SO}_4\text{—HCO}_3\text{—Mg—Ca—Na} \rightarrow \text{SO}_4\text{—HCO}_3\text{—Cl—Na—Ca} \rightarrow \text{Cl—SO}_4\text{—Na} \rightarrow \text{Cl—HCO}_3\text{—Na}$ ). Выделяются три химических типа газового состава: азотно-сероводородный, сероводородный и сероводородно-метановый.

Изменная зона (Прикаспийская измененность) вытянута широкой полосой на севере и узкой на юге (от горно-складчатого обрамления до Каспийского моря) и является восточной частью крупной водонапорной системы Большого Кавказа с огромными запасами подземных вод, содержащихся в третичном, меловом и юрском водоносных комплексах. Смена континентального и морского режимов осадконакопления в указанной зоне нашла свое отражение как в мощности различных по возрасту осадочных отложений, их литофациальном характере, водообильности, так и в химическом составе, минерализации насыщающих их вод. Здесь с запада на восток и в вертикальном разрезе с увеличением глубины возрастают минерализация, температура и происходит постепенная смена химического состава вод с гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый.

Структуры глубинных складок равнинной зоны в основном являются типичными закрытыми и полузакрытыми. В районе закрытых структур (Ялама-Худатский), где отсутствуют водообмен с поверхностью или весьма затруднена циркуляция подземных вод, характерен застойный режим. Палеогидрогеологическая обстановка этих структур была благоприятной для формирования и сохранения минеральных вод хлоридно-натриевого состава, насыщенных метаном, с содержанием йода (до  $32\text{ мг/л}$ ), брома (до  $120\text{ мг/л}$ ), стронция (до  $46\text{ мг/л}$ ) и общей минерализацией  $40\text{—}49\text{ г/л}$ . Температура вод варьирует в пределах  $30\text{—}64^\circ\text{C}$ .

В полузакрытых гидрогеологических структурах (Кеш-Бегимдагский), где на дневную поверхность выходят неокосские отложения, происходит сравнительно активный водообмен с поверхностью, чем и объясняется слабая минерализация ( $3\text{—}8\text{ г/л}$ ) преимущественно термальных вод гидрокарбонатно-натриевого, хлоридно-гидрокарбонатно-натриевого состава, газифицированных метаном, с небольшим количеством азота и сероводорода.

Таким образом, из изложенного следует, что гидрогеологическая обстановка формирования подземных вод в указанных зонах, так же как и геохимические параметры, неоднородна. В связи с этим интересно проследить изменение изотопной плотности вод по гидродинамическим зонам, хотя результаты изучения суммарного изотопного состава, естественно, не могут дать определенного ответа на вопрос о генезисе исследованных вод. Тем не менее косвенно они позволяют судить об источнике пополнения ресурсов подземных вод рассматриваемой территории.

Результаты исследований (таблица; пробы анализировались по отношению к московскому стандарту Л. П. Крайновой, Институт геологии и геофизики АН Узб. ССР) показывают, что подземные воды

Суммарный изотопный состав минеральных вод северо-восточного склона Большого Кавказа

Источник	Ф-ла хим. состава	M, г/л	T, °C	Характерные величины генетических отношений			Изотопная плотность, γ
				Cl	rNa	He	
				Br	rCl	Ar	
1	2	3	4	5	6	7	8
Горная зона							
Калаалты	$\frac{HCO_{89}^3}{Ca_{77}}$	0,44	11	5,6	3,1	0,008	-2,04
Тенгяалты	$\frac{HCO_{88}^3}{Ca_{64}Mg_{23}}$	0,51	11	6,3	12,7	0,02	-2,7
Халтан	$\frac{HCO_{85}^3}{Na_{97}}$	1,04	49,8	10,8	16,4	0,01	-2,04
Хашы	$\frac{HCO_{87}^3}{Na_{95}}$	1,4	44,3	7,07	26,08	0,08	-2,04
Джими	$\frac{HCO_{80}^3}{Na_{93}}$	1,2	43	—	80,2	0,01	-0,76
Хыналык	$\frac{HCO_{67}^3 SO_{30}^4}{Ca_{61}Mg_{34}}$	0,35	8	—	18,9	0,008	-3,0
Гюлех	$\frac{HCO_{69}^3 SO_{28}^4}{Ca_{54}Na_{26}Mg_{18}}$	2,82	12,6	—	20,04	0,009	-1,0
Конагкент	$\frac{HCO_{55}^3 SO_{30}^4}{Na_{75}}$	2,2	12,8	—	14,8	0,004	-2,9
Предгорная зона							
Ханагах (нижний)	$\frac{SO_{63}^4 Ce_{26}}{Ca_{56}Mg_{34}}$	3,42	13	—	7,92	0,08	-1,06
Ерфи	$\frac{SO_{69}^4 HCO_{30}^3}{Mg_{46}Ca_{33}Na_{20}}$	2,5	12	—	55,62	0,01	-2,0
Согиб	$\frac{SO_{60}^4 \cdot HCO_{38}^3}{Mg_{52} \cdot Ca_{28} \cdot Na_{20}}$	2,3	10	—	89,8	0,009	-2,0
Дюз Билиджи	$\frac{SO_{39}^4 \cdot HCO_{36}^3 \cdot Ca_{23}}{Na_{43} \cdot Ca_{29} \cdot Mg_{27}}$	3,2	12	17,02	1,1	0,011	-1,0
Зейва	$\frac{Cl_{55} SO_{26}^4 HCO_{16}^3}{Na_{65} Ca_{17} Mg_{17}}$	6,8	11	451,1	1,1	0,008	-2,7
Алтыгагач	$\frac{Cl_{55} HCO_{32}^3}{Na_{96}}$	7,5	14,3	35,7	1,7	0,03	-3,0
Низменная зона							
Хачмас, скв. 2	$\frac{Cl_{92}}{Na_{83}}$	47	35	283	0,90	0,1	-1,72
Худат, скв. 10	$\frac{Cl_{99}}{Na_{95}}$	60	60	252	0,95	0,02	+1,08
Ялама, скв. 15	$\frac{Cl_{99}}{Na_{89}}$	94,3	30	261	0,89	0,15	+2,02

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
Ялама, скв. 18	$\frac{Cl_{92}}{Na_{86}}$	8,4	64	295	0,98	0,1	+1,65
Бегимдаг, скв. 7	$\frac{Cl_{54} \cdot HCO_{16}^3}{Na_{94}}$	8,7	61	181,42	1,12	0,01	-0,2
Кеш, скв. 2	$\frac{HCO_{56}^3 \cdot Cl_{86}}{Na_{94}}$	3,8	41	135,5	5,9	0,1	-1,7
Набрань, скв. 3	$\frac{HCO_{56}^3 \cdot Cl_{36}}{Na_{76}}$	3,5	22	—	2,8	0,01	-0,92
Набрань, скв. 4	$\frac{HCO_{68}^3 \cdot Cl_{29}}{Na_{86}}$	2,82	39	—	2,9	0,02	-0,23

горной зоны обладают небольшим изотопным уплотнением. По большинству исследованных источников полученные результаты согласно классификации А. С. Уклонского [1] изменяются от -0,76 до -3,0 γ. Следовательно, эти данные, соответствующие геолого-гидрогеологической обстановке, позволяют говорить о формировании основной массы ресурсов минеральных вод за счет инфильтрации атмосферных вод.

Что касается абсолютных величин изотопной плотности минеральных вод закрытых гидрогеологических структур (пл. Ялама, Худат), то здесь с глубиной четко фиксируется увеличение тяжелых изотопов (от +1,08 до +2,02 γ). Естественно, что возрастанию плотности отвечает повышение коэффициента  $\frac{rNa}{rCl}$  и минерализации в рассма-

триваемых объектах. Действительно, в хлоридно-натриевых водах, вскрытых в мощной толще песчано-глинистых осадков юры (Худат, скв. 2, 10 и Ялама, скв. 15, 18), этот коэффициент колеблется в пределах 0,89—0,98. В то же время в катионном составе содержание натрия не опускается ниже 92—99% экв. Из этого следует, что увеличение коэффициента  $\frac{rNa}{rCl}$  минерализации и плотности с глубиной, а

также слабопроницаемый характер водовмещающих толщ в определенной мере отражают степень связи между древними морскими и исследуемыми водами.

Однако в отдельных случаях наблюдается отклонение от указанной закономерности. Так, гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые и хлоридно-натриевые воды, залегающие на глубинах 1000—1700 м в пределах закрытых структур (пл. Набрань, Хачмас), обладают повышенной подвижностью. Плотность этих вод изменяется от -0,23 до -1,72 γ. Не исключено, что здесь, так же как в других бассейнах (Днепровско-Донецкая впадина, Средняя Азия), имелись благоприятные гидродинамические условия для проникновения инфильтрационных вод в глубокие водоносные горизонты [4]. Между тем, не отрицая наличия указанных явлений, следует подчеркнуть, что рассматриваемые воды имеют вполне аналогичные генетические особенности ( $\frac{rNa}{rCl}$ —0,90;  $\frac{Cl}{Br}$ —283;  $\frac{He}{Ar}$ —0,1 и весьма резкий переход от слабо-

минерализованных к рассолам), свойственные седиментационным водам. Это явно указывает на наличие в пределах площадей закрытых гидрогеологических структур смещения двух генетических типов вод—инфильтрационных и древних морских, погребенных.

Подземные воды, преимущественно термальные, вскрытые на глубинах 2000—3000 м в толще юрских отложений в пределах полукрытых гидрогеологических структур (пл. Кеш, Бегимдаг), обладают пониженной изотопной плотностью от—0,2 до—1,7 γ. Более того, как

по величине плотности, так и по геохимическим параметрам  $\left( \frac{r_{Na}}{r_{Cl}} - 135,5; \frac{Cl}{Br} - 5,9; \frac{He}{Ar} - 0,01 \right)$  они почти не отличаются от вод

верхних гидродинамических зон. Приведенные показатели явно указывают на генетическое сродство этих вод с инфильтрационными водами.

В итоге можно сделать заключение, что современный облик минеральных вод северо-восточного склона Большого Кавказа сформировался в результате двух периодов инфильтрации и седиментации.

#### Литература

1. Уклонский А. С. „Зап. Узб. отд. Всесоюз. минерал. о-ва“, вып. 4, 1953. 2. Р анкама К. Изотопы в геологии. М., Изд-во иностр. лит., 1955. 3. Илларионов И. К. Тр. лаб. гидрогеол. проблем, XVI. М., 1958. 4. Бабинец А. Е. Формирование подземных вод юго-западной части Русской платформы. Киев, 1961. 5. Уклонский А. С., Бугаев В. А., Глущенко В. М. и др. Суммарный изотопный состав вод из Антарктиды. „Изв. АН Узб. ССР“, 1961. № 12.

Институт геологии им. Губкина

Поступило 17. II 1978

С. М. Наджиев

#### БӨЛҮК ГАФГАЗЫН ШИМАЛ-ШЭРГ ЈАМАЧЫНДАКЫ МИНЕРАЛ. СУЛАРЫН ИЗОТОП ТЭРКИБИ

Мәгаләдә изотоп тәдқиғатларын нәтиҗәси әсасында илк дәфә олараг районун минерал суларынын әмәләкәлмә механизми музакирә едилимишдир. Мүәјјән олунмушдур ки, изотоп сыхлығынын кичик кәмијјәтләри (—1,0 γ-дән—3,0 γ-дәк) дағлыг зонанын, бөјүк кәмијјәтләри (—0,23 γ-дән +2,02 γ-дәк) исә чәтти су мүбадиләси зонасынын минерал суларына хасдыр. Бу исә һәмин районда ики су әмәлә кәтирмә—инфильтрация вә седиментация мәрһәләсинин варлығыны көстәрир.

S. M. Nadjiev

#### THE ISOTOP COMPOSITIONS OF MINERAL WATERS OF NORTH-EASTERN PART OF LARGE CAUCASUS

The possible mechanism of formation of mineral water are discussed for the first time on the example of North-Eastern part of Large Caucasus with the calculation of the results of isotope researches.

It is determined that the smallest values of isotope density (from—1.0 γ, till—3.0 γ) are characterised for the waters of mountainous zone, the largest ones for hydrodynamic zone of difficult water-exchange (from—0.23 γ, till+2.02 γ). It gives the possibility to specify the imagination about genesis of waters of investigated region.

УДК 576.354.4+631.523:633.11

ГЕНЕТИКА

Академик АН Азерб. ССР И. Д. МУСТАФАЕВ, Н. Х. АМИНОВ

#### ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ДОНОРОВ ГЕНОМОВ АА И GG С Т. ТИМОРНЕЕВИ ЗНУК. И Т. АРАРАТИСУМ ЈАКУБЗ.

Вопрос о происхождении геномов тетра- и гексаплоидных пшениц и по сей день продолжает оставаться нерешенным. Мнения о предполагаемых донорах геномов АА, ВВ, GG на основании генетических, цитогенетических и биохимических методов исследования самые различные [1—7].

Настоящая статья посвящена результатам изучения взаимоотношений предполагаемых доноров геномов АА и GG с Т. timopheevi и Т. araraticum.

В 1976 г. от скрещивания были получены гибридные зерна по следующим комбинациям: Т. urartu Thunb. ex. Gandil. X Т. araraticum Jakubz.; Т. araraticum Jakubz. X Т. boeoticum Boiss.; Т. timopheevi Zhuk. X Т. boeoticum Boiss.; А. speltoides Tausch. X Т. araraticum Jakubz.; А. speltoides Tausch. X Т. timopheevi Zhuk., в 1977 г.—гибриды первого поколения вышеназванных гибридных комбинаций, у которых изучался процесс мейоза. Основное внимание уделялось количеству и качеству хромосомных ассоциаций, наблюдаемых в диакинезе и метафазе I мейоза.

Диакинез и метафаза I мейоза у гибридных комбинаций Т. araraticum X Т. boeoticum и Т. timopheevi X Т. boeoticum характеризовались наличием следующих хромосомных ассоциаций: 7<sub>II</sub>+7<sub>I</sub>; 6<sub>II</sub>+9<sub>I</sub>; 5<sub>II</sub>+1<sub>III</sub>+8<sub>I</sub>. В 8% случаев у исследованных МКП наблюдалась картина 7<sub>II</sub>+7<sub>I</sub>, что говорит в пользу гипотезы [5,6] о генетической близости Т. boeoticum с рядом Т. timopheevi и участии его в становлении этой группы пшениц.

Гибридная комбинация Т. urartu X Т. araraticum первого поколения по характеру мейоза характеризуется большими нарушениями. Хромосомных ассоциаций в диакинезе и метафазе I не более 5. Среди них, наряду с бивалентами, имеются три- и квадрилваленты. Следует отметить, что характерной картиной для метафазы I мейоза у названной гибридной комбинации является наличие двух закрытых и двух открытых бивалентов, одного тривалента и 10 унивалентов. Такое поведение хромосом объясняется разнокачественностью первого генома Т. araraticum с Т. urartu.

Характер мейоза у гибридных комбинаций А. speltoides X Т. timopheevi и А. speltoides X Т. araraticum первого поколения отличается значительными нарушениями. В метафазе мейоза наблюдаются би-, три- и тетравалентные ассоциации, сопровождаемые унивалентами. Наряду с закрытыми бивалентами, имеются и открытые хромосомные ассоциации. Следует отметить, что самое большое число наблюдаемых бивалентов у изученных МКП было не более 5. Почти во всех случаях встречались тривалентные ассоциации. Последующие стадии мейоза также имели большие отклонения от нормы. Это дает основание говорить об отличии второго генома Т. timopheevi и

*T. araraticum* от предполагаемого донора генома GG. По нашему мнению, такое различие вызвано структурными изменениями хромосом второго генома у *T. timopheevi* и *T. araraticum* в процессе эволюции.

#### Литература

1. Вавилов Н. И. Тр. по прикл. бот., 10, 1917, № 7—10. 2. Яска В. Изв. АН ЭССР, серия биол., 23, 1974, № 3. 3. Gill B. S., Kimber G. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 71, 1974, № 10. 4. Jonson B. L. Тез. докл. Междунар. бот. конгресса 3—10 июля 1975 г., т. 2. Л. "Наука", 1975. 5. Kimber G. Wheat. Inform. Serv., 1974, № 38. 6. Lillienfeld F., Kichara H. Cytologia, 6, 1934, № 1. 7. Wagenaar E. B. Canad. J. Genet. Cytol., 3, 1961, № 1.

Институт генетики  
и селекции АН Азерб. ССР

Поступило 18 III 1978

И. Д. Мустафаев, Н. Х. Эминов

### AA ВЭ GG КЕНОМЛАРЫНЫН НЭЗЭРДЭ ТУТУЛАН ДОНАРЛАРЫНЫН T. TIMOPHEEVI ZHUK. ВЭ T. ARARATICUM JAKUBZ. ГАРШЫЛЫГЛЫ МҮНАСИБЭТИНИН СИТОКЕНЕТИЛ АСПЕКТИ

Мөгаләдә AA вэ GG кеномларынын нэзәрдә тутулан донорларынын *T. timopheevi* вэ *T. araraticum*-ла ситокенетик мунасибәти өрәнилмиш вэ көстәрилмишдир ки. *T. timopheevi* буғда сырасы үчүн биринчи кеном *T. urartu* дежил, *T. boeoticum*-дур. Бу сыра үчүн 2-чи кеному донору *A. speltoides* саҗыла биләр. Гејд едилр ки. *T. timopheevi* буғда сырасынын GG кеномуна тәшкил едән хромосомлар, тәкамүл процесиндә гурулушча мөјјән дәјишкәнлијә уғрадыларындан *A. speltoides* хромосомларына там гомолог дежилдирләр.

I. D. Mustafaev, N. H. Aminov

### CYTOGENETIC ASPECTS OF INTERRELATION OF THE ASSUMED DONORS OF GENOMS AA AND GG WITH T. TIMOPHEEVI ZHUK. AND T. ARARATICUM JAKUBZ.

The questions of the interrelation of the assumed donors of genoms AA and GG with *T. timopheevi* and *T. araraticum* are discussed in this report.

Basing on the cytogenetic facts, it is assumed that the apparent donor of the genoms AA of row wheat *T. timopheevi* was *T. boeoticum* Boiss. and not *T. urartu* Thunb. ex Gandil.

The chromosomes of the second genome of row wheat *T. timopheevi* underwent structural changes in comparison with the chromosomes of the assumed donor GG *A. speltoides* Tausch. in the process of evolutions.

УДК 547.497.1.07(088.8)

ФАРМАКОЛОГИЯ

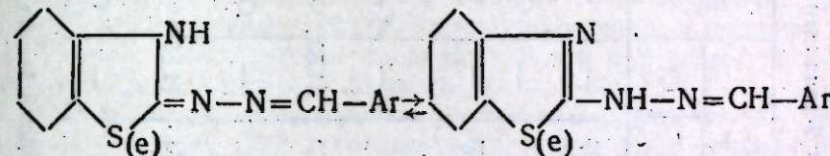
А. А. ЦУРКАН, Н. А. ПЛАТОНОВА

### О СТРУКТУРЕ ПРОДУКТОВ МЕТИЛИРОВАНИЯ 2-АРИЛИДЕНГИДРАЗИНО-ЦИКЛОГЕКСЕНА [d] ТИА- И СЕЛЕНАЗОЛА

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

Данное исследование относится к области изучения гидразинопроизводных гетероциклической системы 4,5-тетраметилтиа- и селеназола, потенциально биологически активных веществ. 4,5-Полиметилсеназолы рассматривались при изучении расположения связей и эффекта Миллса-Никсона в ряду тиазола [1—3]. Гидразинопроизводные полиметилтиазола, получаемые реакцией галогенпроизводных циклоалифатических кетонов с тиосемикарбазами ароматических альдегидов в различных средах, обладают бактерицидной и фунгицидной активностью [4,5].

Нами эта реакция распространена на селеновые изомеры путем проведения конденсации селеносемикарбазонов ароматических альдегидов с 2-бромциклогексанолом (БЦГ) и получения ряда гидразинопроизводных 4,5-тетраметилселеназолов. Изучаемые соединения могут существовать в двух таутомерных формах—в виде азина или гидразона:



Исходя из этого метилирование возможно по одному из реакционных центров: гетероциклическому атому азота или атому азота гидразонной группы.

При действии деметилсульфата или йодистого метила в спиртовой среде в присутствии щелочи на 2-арилиденгидразиноксигексено [d] тиазолы выделены продукты метилирования (I, V), чистота и индивидуальность которых подтверждены с помощью элементного анализа, УФ-спектров, ТСХ. При действии диметилсульфата в присутствии окиси магния в кипящем толуоле выделены индивидуальные соединения того же состава (III, VII).

С целью получения 3-N-метильного производного с закрепленной структурой нами осуществлена конденсация БЦГ с 4-метилтиосемикарбазоном бензальдегида. В результате получен 2-бензилиденгидразино-3-N-метилциклогексено [d] тиазол, идентичный продукту, выделенному из кипящего толуола. Это позволяет отнести соединения, полученные в спиртовой среде, к 2-(α-N-метил) арилиденгидразиноксигексено [d] тиазолам.

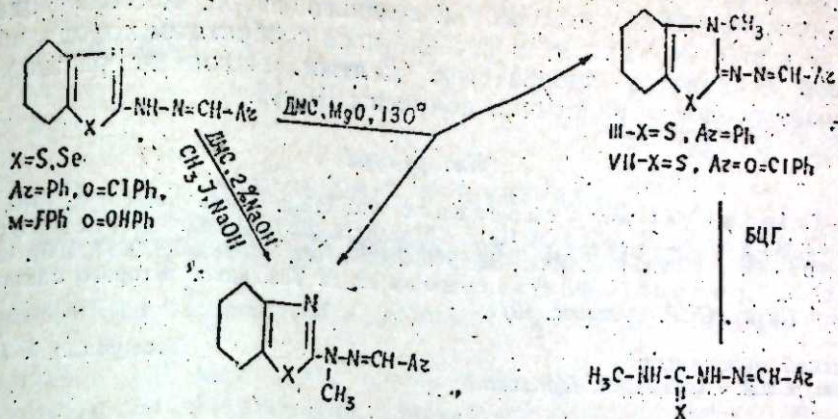
Распространение приведенных методик метилирования на селеновые изомеры дало в обоих случаях один продукт—2-α-N-метил) арилиденгидразиноксигексено [d] селеназол (таблица).

Продукты метилирования 2-ариллиденгидразиноклосексено [d]-тиа (селена)золов

Шифр соединения	Т. пл., °C (растворитель)	Найдено, %				Брутто-формула	Вычислено, %				λ max (lg ε)	Выход, %	
		C	H	N	S (e)		C	H	N	S (e)			Cl
I	103-4 *	66,27	6,38	15,23	11,87	C <sub>15</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub> S	66,40	6,31	15,48	11,81	—	230 (4,70) 345 (4,36)	64
II	118-20 **	—	—	13,68	—	C <sub>15</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub> Se	56,61	5,38	13,20	24,81	—	255 (4,40) 355 (4,31)	66
III	176-8 *	66,20	6,37	15,68	11,85	C <sub>15</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub> S	66,40	6,31	15,48	11,81	—	250 (4,57) 302 (4,13) 370 (4,46)	38
IV	116-8 *	—	—	11,98	—	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> N <sub>3</sub> ClSe	51,08	4,57	11,91	22,38	10,05	255 (4,33) 365 (4,25)	74
V	114-8 ***	58,90	5,27	13,79	10,52	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> N <sub>3</sub> ClS	58,91	5,27	13,74	10,48	11,59	252 (4,30) 357 (4,31)	69
VI	147-6 ***	—	—	12,44	—	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> N <sub>3</sub> OSe	54,06	4,84	12,64	23,69	—	251 (4,07) 355 (4,12)	70
VII	186-5 ***	58,98	5,24	13,60	10,54	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> N <sub>3</sub> ClS	58,91	5,27	13,74	10,48	11,59	255 (4,17) 380 (4,20)	14
VIII	126-7 ***	—	—	12,51	—	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> N <sub>3</sub> Se	53,58	4,80	12,49	23,48	—	250 (4,36)	50

Примечание. \*—водный изо-пропанол, \*\*—водный этанол, \*\*\*—водный пропанол.

Выполненные превращения можно представить в виде схемы



- I —X=S, Ar=Ph  
 II —X=Se, Ar=Ph  
 IV—X=Se, Ar=o=CIPh  
 V—X=S, Ar=o=CIPh  
 VI—X=Se, Ar=o=ONPh  
 VIII X=Se, Ar=m=FPh
- III-X=S, Az=Ph  
 VII-X=S, Az=o=CIPh
- X=S, Ar=Ph

Полученные данные свидетельствуют о более жесткой стабилизации селеновых изологов в гидразонной форме.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. 2-(α-N-Метил) бензилиденгидразиноклосексено [d]-тиазол (I). К раствору 0,77 г 2-бензилиденгидразиноклосексено [d]-тиазола в горячем этаноле прибавляют 10 мл 2%-ного раствора едкого натра. Смесь охлаждают до комнатной температуры и добавляют в нее 0,28 мл диметилсульфата, затем, перемешав, оставляют на несколько суток. После этого разбавляют водой в 2 раза; через 30 мин выпадает осадок продукта. Аналогично получен V.

2. 3-N-Метил-2-бензилиденгидразиноклосексено [d] тиазол (III). а. К раствору 0,57 г 4-метилтиосемикарбазона бензальдегида в ДМФ добавляют 0,53 г БЦГ, затем все перемешивают. Через трое суток выпадает осадок.

б. Смесь из 1,28 г 2-бензилиденгидразиноклосексено [d]-тиазола, 0,8 г окиси магния и 1,89 мл диметилсульфата в толуоле кипятят в течение 4 ч в колбе с обратным холодильником. После охлаждения отфильтровывают, промывают разведенной соляной кислотой, 10%-ным раствором аммиака и водой до отсутствия в промывных водах реакции на хлорид-ион. Аналогично получен VII.

3. 2-(α-N-Метил) бензилиденгидразиноклосексено [d] селеназол (II).

а. К раствору 1,52 г 2-бензилиденгидразиноклосексено [d] селеназола в горячем этаноле прибавляют 10 мл 2%-ного раствора едкого натра, 0,46 мл диметилсульфата. Через 2 ч отфильтровывают незначительное количество выделившегося элементарного селена. Фильтрат оставляют на несколько суток, затем разбавленным водой выделяют продукт.

б. Смесь из 1,52 г 2-бензилиденгидразиноклосексено [d] селеназола, 0,8 г окиси магния и 1,89 мл диметилсульфата в толуоле кипятят с обратным холодильником в течение 12 ч. Далее поступают так же, как описано в 2. б.

4. 2-( $\alpha$ -N-Метил) м-фторбензилиденгидразиноциклогексено [d]—селеназол (VIII). Суспензию из 1,61 г 2-м-фторбензилиденгидразиноциклогексено [d] селеназола, 0,2 г едкого натра, 0,93 мл йодистого метила в этаноле кипятят в течение часа с обратным холодильником: раствор становится прозрачным, желтым. Отгоняют растворитель, выпадает осадок. Аналогично получены IV, VI.

#### Литература

1. Erlenmeyer H., Schoenauer W. *Helv. Chim. Acta*, 24, 1947, 127 E.
2. Erlenmeyer H., Siman M. *Helv. Chim. Acta*, 26, 1942, 362. 3. Erlenmeyer H., Bischoff G. *Helv. Chim. Acta*, 29, 1946, 280. 4. Пат. Японии № 9887. 1964. 5. Цуркан А. А., Громова З. Ф., Платонова Н. А. Тез. докл. Второго съезда Фармацевтов Литов. ССР. Вильнюс. 1977.

Рязанский медицинский институт им. акад. И. П. Павлова

Поступило 4. IV 1978

УДК 4.14.1.9

ЛИТЕРАТУРОВЕДЕНИЕ

А. К. РЗАЕВ, Э. Б. ШУКУРЗАДЕ

### АДАМ МИЦКЕВИЧ И МИРЗА ДЖАФАР ТОПЧИБАШЕВ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. Э. Джафаровым)

Одной из интереснейших фигур в Петербургском университете был видный азербайджанский ученый-востоковед Мирза Джафар Топчибашев. Занимая к 1823 г. должность ординарного профессора персидской словесности университета, он снискал себе всеобщую любовь и уважение передовых прогрессивных людей того времени.

Многие любители восточной поэзии посещали дом М. Д. Топчибашева в Петербурге, брали у него уроки восточных языков. Выдающийся русский писатель А. С. Грибоедов, готовясь к дипломатической службе, в 1824 г. брал у него уроки персидского языка. Постоянным посетителем дома М. А. Топчибашева был польский ученый, впоследствии известный востоковед А. Л. Ходзько, которому принадлежит сбор, перевод и издание на английском языке азербайджанского героического эпоса „Кероглы“ и ряда других восточных лирических песен, изданных им на французском и немецком языках. Большой друг В. Г. Белинского, известный ученый-востоковед П. Я. Петров обязан М. Д. Топчибашеву своей привязанностью к Востоку, восточной поэзии и знанием персидского языка. Под влиянием азербайджанского ученого он начал писать стихи на восточный лад, избрав себе поэтический псевдоним—Ашик<sup>1</sup>.

Все посещающие дом М. Д. Топчибашева, а также студенты университета любили ученого еще за то, что он, по образному выражению историка русского востоковедения Н. И. Веселовского, „приучал выражаться по-персидски не только правильно, но и изящно“<sup>2</sup>.

Под руководством М. Д. Топчибашева усовершенствовал знание турецкого языка видный ученый-востоковед О. Сенковский (Барон Брамбеус).

В доме О. Сенковского в 1824 г. М. Д. Топчибашев впервые познакомился с выдающимся польским поэтом, классиком польской литературы Адамом Мицкевичем. Об этой встрече М. Д. Топчибашев писал: „В счастливый день имел я честь присутствовать в доме науки, гнезде ученейшего из ученых и достойнейшего из достойных, первого знатока восточных языков и несравненного друга моего г. Сенковского, поляка, вместе с юношей совершенным, достойным, ученым, мудрым, знающим и благожелательным, то есть с г. Мицкевичем, поляком, который поистине в искусстве поэзии был светилом века и избранником своего города...“

После достижения чести свидания и приобретения милости разговора мы завязали связь знакомства и долгое время в радости и веселии ее укрепляли. Так как он имел в душе страсть к путешествиям, то вскоре, смешав мед нашей дружбы с ядом разлуки, поднял крыло полета из Санкт-Петербурга к крымским владениям“<sup>3</sup>.

После возвращения из крымского путешествия А. Мицкевич в 1826 г. издал свои „Сонеты“ в Москве<sup>4</sup>. Еще до издания „Сонет“ у

А. Мицкевича возникло желание дополнить московское издание приложением одного из сонетов в переводе на персидский язык. Перевод по просьбе А. Мицкевича был выполнен Мирза Джафаром Топчибашевым. По этому поводу М. Д. Топчибашев писал: "... он (А. Мицкевич. — А. Р.) пожелал перевести их (стихи) на персидский язык. Затем по причине старых дружеских отношений, которые он имел с сиром рабом (со мною), он приказал, чтобы я нанизал их на нить персидской рифмы. Хотя сей бедный раб Мирза Джафар ибн-Алимардан Топчибаша оглы по причине отсутствия таланта и времени отказался от этого, но, во-первых, оказать любезность другу есть правило хорошего воспитания, и, во-вторых, общим желанием моих друзей и людей близких было перевести стихи с языка чужеземного на персидский, что до сих пор не делалось. Эти две причины ухватили за ворот желанья сердца, и он, как мог, понемногу нанизал слова на нить рифмы. Я слишком растянул выражения, но надеюсь, что этот недостаток мой будет покрыт полой прощения"<sup>6</sup>.

М. Д. Топчибашев перевел пятый сонет под названием "Вид гор из степей Козлова" с помощью А. Ходзько, подготовившего подстрочный перевод с польского на персидский.

В декабре 1826 г. М. Д. Топчибашев обратился в главный цензурный комитет с просьбой рассмотреть рукопись перевода и разрешить издать его в количестве 1200 экз. Быстро (19 декабря 1826 г.) прошедшая через цензуру рукопись перевода надолго задержалась в типографии<sup>6</sup>; о чем А. Мицкевич с досадой писал своему другу в Варшаву (А. Э. Одынец) 14/16 апреля 1827 г.<sup>7</sup>

Перевод М. Д. Топчибашева вышел отдельно. Автор сопроводил его предисловием. В предисловии М. Д. Топчибашев, в частности, писал: "Без сомнения, целью создания этих нестройных слов (имеется в виду перевод сонетов. — А. Р.) было не тщеславие, а лишь желание приобрести сердце друзей. И причина сложения в стихи этих неумелых речей — исключительно уважение к воле друзей, а не намерение причислить себя к семье поэтов. Это совсем не корыстное желание прославиться, ибо сей ничтожный раб никогда не видел в себе способности развязать со знанием всех тонкостей язык пера на пиру красноречия или показать свое искусство в стихосложении, сравнениях, слоге. Печальная, горькая жалоба — свидетель муки, сжигающей его сердце... Его стихи — красноречивые, подобные полновесному жемчугу были известны людям достойным и знающим польский язык... Когда во время путешествия своего... пришлось ему проезжать мимо очень высокой горы и взгляд его упал на величественную вершину, то море его чувств от созерцания этой страшной горы, взволновалось и волны стали наступать подобно цепи гор, и каждую полновесную жемчужину, которая оттуда (из моря) была выброшена на берег рифмы, он нанизал на нить письма"<sup>8</sup>.

Об этом предисловии А. Мицкевич писал Одынцу: "Дошли ли к вам из Петербурга экземпляры персидского перевода этого сонета? Любопытное предисловие Джафара, переведенное на польский, вышло тебе позднее"<sup>9</sup>.

Предисловие М. Д. Топчибашева впоследствии было опубликовано на польском языке [10]. Русский перевод предисловия был опубликован в 1827 г. П. А. Вяземским в журнале "Московский телеграф"<sup>21</sup>. П. А. Вяземский назвал предисловие "любопытным образцом красноречья восточного"<sup>12</sup>.

Предисловие М. Д. Топчибашева оказало сильное воздействие на А. С. Пушкина. Исследователь творчества великого русского поэта, Н. В. Измаилов по этому поводу пишет: "Нельзя сомневаться в том, что А. С. Пушкин хорошо помнил (или имел перед глазами) образец

красноречья восточного — предисловие Мирза Джафара, когда писал свое стихотворение "В прохладе сладостной фонтанов" и в нем рисовал образ восточного поэта. Трижды повторяемые Мирза Джафаром в разных вариантах метафоры "перлы рифм прекрасного блеска", "он нанизал на нить описания каждый серебристый перл, брошенный на берег рифмы", "он пропустил это творение на нить рифмы" — отразились в образцах пушкинского стихотворения в изображении поэта, который, бывало, "тешил ханов стихов гремучим жемчугом:

На нити праздного веселья  
Низал он хитрою рукой  
Прозрачной лести ожерелья  
И четки мудрости златой.

Сочетанием восточной "мудрости златой" и витиеватой лести, обращенной к А. Мицкевичу и О. Сенковскому, является все предисловие Мирза Джафара, и в этом отношении оно действительно служило для А. С. Пушкина образцом восточной мысли и красноречья"<sup>13</sup>.

#### Примечания

<sup>1</sup> Подробно о М. Д. Топчибашеве и его связях с А. С. Грибоедовым, А. Л. Хольцко, П. Я. Петровым и О. Сенковским см.: А. К. Рзаев. Очерки об ученых и мыслителях Азербайджана XIX в. Баку, "Маариф", 1969; Муртуз Садыгов. Очерки русско-азербайджанско-польских литературных связей XIX века. Баку, Азерб. нац. ун-та, 1975.

<sup>2</sup> Н. И. Веселовский. Тр. Третьего междунар. съезда ориенталистов в С.-Петербурге. т. I. СПб., 1879—1880, стр. 247.

<sup>3</sup> Sonet V-ty Widok Gzatyrdahu ze stepow Kozlowa. Na wiersz perski s polskie-goprzelozyl Murza Topczy-Baszy. Prf. Adjunkt w Uniwersytecie St. Petersburgskim, tłumacz w kollegium Azjatyckiem i kawaler orderu Wlodzimierza 4-ey klasy.

<sup>4</sup> Sonety Adama Mickiewicza. M., 1826.

<sup>5</sup> Sonet V-ty Widok Gzatyrdahu ze stepow Kozlowa. Ma wiersz perski s polskiego przelozyl Murza Topczy-Baszy...

<sup>6</sup> ЦГИА СССР, ф. 777, оп. I, д. 527 (1826), лл. 1—5.

<sup>7</sup> Mickiewicz Adam. Dzieła, t. XIV, r. I. Warszawa, "Gzytelnik", 1955, s. 309.

<sup>8</sup> Sonet V-ty. Widok Gzatyrdahu ze stepow Kozlowa. Na wiersz perski s polskie-goprzelozyl Murza Topczy-Baszy...

<sup>9</sup> Mickiewicz Adam. Dzieła, t. XIV, r. I. Warszawa, 1965, s. 309.

<sup>10</sup> Dzieńnik Warszawski, 1829, t. XV, s. 16—23.

<sup>11</sup> "Московский телеграф". 1827, ч. 14, стр. 219—221.

<sup>12</sup> Там же.

<sup>13</sup> Измаилов Н. В. Очерки творчества Пушкина. Л., 1975, стр. 160.

ЦИИОН

Поступило 14. II 1977

А. К. Rzaev, E. B. Shukyrzade

ADAM MITSKEWICZ AND MIRZA JAFAR TOPCHIBASHEV

A. Mitskewicz and Mirza J. Topchibashev were personally acquainted since 1824. At the request of A. Mitskewicz, M. J. Topchibashev translated into Persian the poet's 5th sonnet entitled "Widok Gor ze stepow Kozlowa" and published it in 1827 with his own Preface. Later the Preface was translated into Russian by Vyazemsky and published in the magazine "Moskovsky telegraf". The Russian translation of this Preface influenced A. S. Pushkin greatly while he created his poem "V prokhlade sladostnykh fontanov" (1828).

Н. ИБРАГИМОВА

О МУЗЫКАЛЬНО-ЭСТЕТИЧЕСКОМ ВОСПИТАНИИ ДЕТЕЙ  
В ПЕРВЫЕ ПОСЛЕРЕВОЛЮЦИОННЫЕ ГОДЫ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ*(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. А. Усейновым)*

Великая Октябрьская социалистическая революция внесла коренные изменения в жизнь всех народов России. Установление советской власти в Азербайджане ознаменовало начало возрождения отсталой, полуфеодальной страны „черного золота“. Преобразования осуществлялись во всех областях материальной и культурной жизни народа. В формировании облика нового человека особую роль призвано было сыграть искусство. Оно стало делом государственным и широко внедрялось в гущу народных масс. С первых же дней победы власти Советов в Азербайджане закладывается фундамент новой, социалистической по содержанию, национальной по форме культуры. В решении этой грандиозной задачи особо важное значение приобрел вопрос о целенаправленном воспитании подрастающего поколения. Детей трудящихся—будущее республики—к выполнению их исторической миссии надо было подготовить всесторонне. Осуществление задачи художественного, в том числе музыкального воспитания детей было поручено Народному комиссариату просвещения Азербайджанской ССР.

Несмотря на всю сложность и масштабность поставленной задачи, Наркомпрос республики сразу вслед за национализацией всех музыкальных учреждений (оперный театр, учебные заведения, магазины) приступил к выполнению мероприятий, непосредственно связанных с музыкально-эстетическим воспитанием детей.

Уже в сентябре 1920 г. в газет: „Азербайджанская беднота“ (в ноябре 1920 г. переименована в „Бакинский рабочий“) появляется статья под названием „Детские клубы“<sup>1</sup>. Она знакомит читателей с мероприятиями, проводимыми Наркомпросом республики в „целях удовлетворения духовных потребностей школьников и целесообразности совмещения приятного с полезным“. Речь идет о создании при всех школах 1-й и 2-й ступени детских клубов и любительских кружков, задачи которых „заключаются в том, чтобы дать разумное развлечение детям, расширить их кругозор путем устройства лекций, беседований, рефератов“<sup>2</sup>. В круг задач детских клубов входило также и музыкальное образование детей, раскрытие их творческих возможностей во всех сферах музыкального искусства, а также работа о правильном физическом развитии.

Итак, Наркомпрос с самого начала своей деятельности не только ставит проблему гармоничного и многогранного воспитания, но и принимает срочные меры по ее практическому решению. Клубы при детсадах и школах—это первые шаги по внедрению новых и эффективных форм воспитания юного поколения в духе идеологических принципов молодого Советского государства. Чуть позднее, в октябре

<sup>1</sup> Газ. „Азербайджанская беднота“, 6 сентября 1920 г.<sup>2</sup> Там же.

1920 г., на страницах той же газеты появляется другое примечательное сообщение, информирующее о проведении в Баку детского праздника. Мероприятие это, как сообщала пресса, охватило всю городскую детвору. Детский праздник имел весьма широкую и разнообразную программу. В этот день детям показывались спектакли и кинофильмы. Репертуар был заранее подготовлен и включал в себя в первую очередь произведения великих русских классиков, доступные восприятию детей школьного возраста,—это пьесы „Свои люди—сочтемся!“, А. Островского и „Ревизор“ Гоголя.<sup>3</sup> Шла в этот день и детская оперетта „Лесная песня“.<sup>4</sup>

В сообщении прессы, кроме некоторых данных о программе детского праздника, обращает на себя внимание еще ряд интересных моментов. Один из них—это то, что все театральные представления и киносеансы были бесплатными, т. е. в празднике могли принять участие дети самых различных слоев населения. Другой момент: организаторы праздника привлекли к участию в нем детские дома.

Этот первый в республике детский праздник, безусловно, протянул нити к тем многочисленным мероприятиям художественного характера, которые стали традиционными, типичными в жизни всего последующего юного поколения Советского Азербайджана. Характерно, что проблема художественного воспитания детей в те годы имела и другой ракурс, а именно: ставилась задача не только воспитать в детях любовь к искусству, но и пробудить и развить в них собственный талант. Надо было вовлечь в активный творческий процесс самого ребенка, заставив его перевоплотиться, сыграть, создать сценический образ, пусть даже самый простой. Как следствие появляются спектакли, созданные силами людей, их творческим воображением. Сообщения о них были помещены в газете „Бакинский рабочий“ за 1921 г. Состояли эти спектакли из „инсценировок басен, декламации, танцев, хоровых номеров и пр.“<sup>5</sup>. Участвующие в спектаклях дети от 9 до 13 лет настолько были инициативны, сообщает пресса, что дававшаяся в заключение спектакля целая живая картина нашла горячий отклик у 300 детей, присутствовавших в зале.

Искреннее, горячее, интуитивное стремление детей к музыкальному искусству способствует освоению ими таких сложных форм музыкального творчества, как целая двухактная музыкально-драматическая пьеса и даже балет, исполненные самими детьми и горячо поддержанные залом.

Большую роль в музыкальном развитии детей сыграли детские хоровые коллективы, созданные в Баку и его районах. Особенно интересно упоминание о детском хоре из азербайджанских детей. Как известно, хоровое исполнительство почти не свойственно народному музыкальному творчеству в Азербайджане. Но именно этот вид исполнительства; способствующий воплощению единства чувств коллектива, получил широкое распространение в периоды общественного подъема и освободительной борьбы. С первых же послереволюционных дней в Азербайджане усиленно внедрялась форма массового, коллективного пения. Хоровому искусству огромное значение придавали Уз. Гаджибеков и М. Магомаев. В их ранних операх и музыкальных композициях, близких по своим формам и изложению к фольклорному творчеству, хор занимает существенное драматургическое место. Кроме того, еще в дореволюционные годы М. Магомаев,

<sup>3</sup> Газ. „Азербайджанская беднота“, 21 октября 1920 г. Ст. „Детский праздник“.<sup>4</sup> Там же. К сожалению, на страницах указанной газеты не указываются авторы музыки и либретто названной оперетты, а также постановщики и исполнители спектакля.<sup>5</sup> Газ. „Бакинский рабочий“, 13 июня 1921 г. Ст. „Вспомните о детях“.



находясь в Ленкорани, обучил хорошему исполнительству детей-азербайджанцев. Важно отметить, что печать сообщает о хоре „восточной детской студии“, функционировавшей в 1921 г. в Баку.

Широко развернулась работа по вовлечению детей через различного рода культурно-художественные мероприятия в общественно-политическую жизнь, о чем говорит использование таких форм, как концерты-митинги, на которых дети знакомились с революционными маршами, песнями и даже пьесами пролетарских авторов. Например, в программу одного из концертов-митингов вошла агитопера пролетарского поэта Г. Е. Коршунова — „Поэма Смерти“, музыка которой принадлежала Ф. Ф. Румянцеву. Как сообщает периодическая печать, „концерты-митинги заканчивались пением детьми „Интернационала“<sup>6</sup>. Но воспитание подрастающего поколения в духе постоянной и непримиримой борьбы за победу социалистической революции в Азербайджане было очень сложным, многогранным процессом. Поэтому важно было воспитать в детях живой интерес к событиям окружающей действительности. Дети, например, горячо откликались на царящий в Поволжье в этот период голод; они пытались помочь, внести свою лепту в славное дело борьбы всего народа, доставив „в редакцию 38000 рублей в пользу голодающих. Деньги эти собраны детьми на устроенном ими собственными силами спектакле“<sup>7</sup>. Газеты 1920—1921 гг. пестрят сообщениями о проведении художественных мероприятий, в которых принимали участие дети различных национальностей. Газ. „Бакинский рабочий“ от 5 августа 1921 г. так описывала организованные в этот период „утренники для детей“: участвуют „духовой оркестр, восточный оркестр, восточный хор, кинематограф. Представления идут на русском, азербайджанском, армянском языках“<sup>8</sup>. Такого рода мероприятия способствовали дружбе детей, их единению, органическому воспитанию в них принципа интернационализма.

Все перечисленные мероприятия носили постоянный твердо плановый характер, они преследовали ясную цель — отвлечение детей от религиозных и патриархально-феодалных предрассудков, вросших в быт, преодоление ограниченности умственного кругозора, воспитание в детях нового социалистического отношения к жизни, развитие их грамотности и эстетического вкуса и приобщение к всеобщей борьбе за светлое будущее страны.

Широким фронтом осуществлялась в Азербайджане ленинская национальная политика. Музыкально-эстетическое воспитание детей было одним из действенных средств ее целенаправленного претворения в жизнь, что наглядно подтвердилось в последующие годы, когда азербайджанское музыкальное искусство, глубоко своеобразное по своим национальным формам, стало приобретать широкое мировое признание.

*Азгосконсерватория*

*Поступило 12. VII 1977*

**Н. Ибраһимова**

### **ИНГИЛАБЫН ИЛК ИЛЛЭРИНДЭ АЗЭРБАЙЧАНДА УШАГЛАРЫН МУСИГИ-ЕСТЕТИК ТЭРБИЈЭСИ ҲАГЫНДА**

Мәгалә Азәрбајҹанда ингилабдан сонрақы илк илләрдә ушагларын мусиги-эстетик тәрбијәси мәсәләләринә һәср едиламышдир. Республикада ушаглар үчүн нәзәрдә тутулан илк концертләрин, тамашаларын вә мусиги бајрамларынын тәшкилине даир

<sup>6</sup> Газ. „Бакинский рабочий“, 15 июня 1921 г. Ст. „Детский вечер“.

<sup>7</sup> Там же, 24 июня 1921 г.

<sup>8</sup> Там же, 10 августа 1921 г.

фактлар топланыб үмумиләшдирилишдир. Һәммин фактлар кәңч нәсилләрин мусиги-эстетик тәрбијәсинә, сөзүн әсил мәнәсында, дәвләт тәрәфиндән диггәт јетирилдијини сүбүт едир.

**N. Ibragimova**

### **THE MUSICAL-AESTHETICS EDUCATION OF THE CHILDREN AT THE BEGINNING OF POST-REVOLUTIONARY YEARS IN AZERBAIJAN**

The article is devoted to the problem of musical-aesthetics education of the children at the beginning of post-revolutionary years in Azerbaijan. The facts about the organization of the first concerts, performances and musical holidays for children is collected in his article.

МҮНДӘРИЧАТ

Ријазийат

Б. И. М у с а ј е в. ЭДЭД охунун парчасы үзрә сингулар интеграла жахылашма тәртиби һаггында  
К. Б. М а н с и м о в. Кечикмәјә малик системләрде мөхсуси идарәләрин оптималлығы үчүн бир зәрури шәртләр ардычыллығы һаггында

Механика

Ј. Э. Э м а з а д а, Н. Ф. Г у р ј е в. Дүзхәтли јарыглары олап даирәви диск үчүн биринчи сәрһәд мәсәләси  
Б. А. Э з и м о в, В. С. А г а ј е в, М. М. Р а ш и д о в, Натамам мәлу-  
мат шәрантиде нефтин штангы дәрнлик насосу васитәсилә һасил едилмәси  
просеси оптималлашдырма объекти кимн

Техники кибернетика

Е. М. Ч а ф а р о в. Кечикмәјә малик чохөлчүлү дәјишән гурулушлу сис-  
темләрин дајанылығы

Физика

Н. А. Г у л и ј е в, И. Һ. Ч а ф а р о в, Х. А. М у с т а ф а ј е в,  
Ф. Т. Х а л и л з а д а. Лептонларын дәрдкомпонентли нейтринолу схеми чәрчи-  
вәсинде р парчаланма просеси вә нейтринонун кутләсинә алынған мөһдудийәтләр  
М. Ј. Б а к и р о в, Р. С. М а д а т о в, Ј. М. М у с т а ф а ј е в. Кер-  
маниум—Силиснум бәрк мөһлулу әсасында фотодиодлар

Физики кимја

Э. Г. И с м а ј ы л о в, З. Г. З у л ф у г а р о в, Д. Г. Г а м б а р о в,  
Э. Г. Б а б а ј е в. Бис-Асетиласетиленидиаминин мис (II) Хлоридлә ком-  
плексе әмәлә кәтирмәсинин ЕПР методу илә тәдгиги  
А. А. М а м м а д о в, М. Р. М у с а ј е в, А. Т. С е ј и д о в, Э. Т.  
Х у д и ј е в, В. Г. Х а л и л з а д а, Э. Э. М а ч и д о в, С. М. Р а с у л о в.  
Ајдаг јатагында олан клиноптилолитин вә онун катион—декатионлашмыш фор-  
маларынын тәдгиги

Үзви кимја

М. Р. М у с а ј е в, Э. С. С а ф а р о в. Метилсиклоһексенин изомер-  
ләринин һаванын оксикени илә оксидләшдирилмәси

Кеолокија

Ш. Н. М а м м а д о в, И. С. Б е л о в. Гравитасија режими шәрантиде  
галыг суларынын нефтвәрмәјә тәсири

Нефт кеолокијасы

Н. Т. М а м м а д о в, Т. А. И с м а ј ы л о в а. Чәнуб-Шәрги Гобустан  
структурларынын үстәкәлмәалты зоналары шәрантиде нефт-газ јатагларынын  
ахтарыш перспективлији һаггында

Литолокија

Э. Ч. С у л т а н о в, Т. М. Һ а д ы ј е в а. Бөјүк Гафгазын (Азәрбајҗан  
һиссәси) тәбашир чөкүнтүләринде нефт јатагларынын ахтарышы вә кәшфијатын-  
да минераложии тәдгигатларын ролу

Һидрокеолокија

С. М. Һ а ч ы ј е в. Бөјүк Гафгазын шимал-шәрг јамачындакы минерал  
суларын изотоп тәркиби

Кенетика

И. Д. М у с т а ф а ј е в, Н. Х. Э м и н о в. АА вә GG кеномларынын  
нәзәрде тутулан донарларынын Т. Timopheevi Znuk вә Т. Araticum Jakubzga  
гаршылығы мүнәсибәтинин ситокенетил аспекти

Фармакологија

А. А. Т с у р х а н, Н. А. П л а т о н о в а. 2 арилиденһидразин-тсикло-  
һексен [d] тиа вә селеназолун метелләшмә мөһсулларынын структуруна даир

Әдәбијатшүнаслыг

А. К. Р з а ј е в, Е. Б. Ш у к у р з а д а. Адам Митскевич вә Мирзә Чә-  
фәр Топчубашов

Мусиги

Н. И б р а һ и м о в а. Ингилабын илк илләринде Азәрбајҗанда ушагларын  
мусиги-естетик тәрбијәси һаггында

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

Б. И. М у с а е в. О порядке приближения сингулярного интеграла по отрезку  
действительной прямой  
К. Б. М а н с и м о в. Об одной последовательности необходимых условий оп-  
тимальности для особых управлений в системах с запаздыванием

Механика

Член-корр. АН Азерб. ССР Ю. А. А мензаде, Н. Ф. Г у р ј е в. Первая  
краевая задача для кругового диска с прямолинейными разрезами  
Член-корр. АН Азерб. ССР Б. А. А з и м о в, В. С. А г а е в, М. М. Р а ш и д о в.  
Процесс штанговой глубиннонасосной добычи нефти как объект оптимизации при  
неполной информации

Техническая кибернетика

Э. М. Д ж а ф а р о в. Устойчивость многомерных систем с переменной струк-  
турой с запаздыванием

Физика

Член-корр. АН Азерб. ССР Н. А. Г у л и е в, И. Г. Д ж а ф а р о в, Х. А. М у-  
с т а ф а е в, Ф. Т. Х а л и л з а д е. Распад мюона в схеме лептонов с четырех-  
компонентным нейтрино и ограничения на массу нейтрино  
М. Я. Б а к и р о в, Р. С. М а д а т о в, Ю. М. М у с т а ф а е в. Фотодиоды на ос-  
нове сплава Ge—Si

Физическая химия

Э. Г. И с м а ј ы л о в, член-корр. АН Азерб. ССР З. Г. З у л ф у г а р о в, Д. Г.  
Г а м б а р о в, А. К. Б а б а е в. Исследование комплексообразования бис-ацетил-  
ацетонэтилендиаминна с хлорной медью (II) методом ЭПР  
А. А. М а м м а д о в, М. Р. М у с а е в, А. Т. С е н д о в, А. Т. Х у д и е в, В. К.  
Х а л и л з а д е, А. А. М е д ж и д о в, С. М. Р а с у л о в а. Исследование природно-  
го клиноптилолита месторождения Айдаг и его катион-декатиионированных форм

Органическая химия

М. Р. М у с а е в, А. С. С а ф а р о в. Иницированное окисление изомеров ме-  
тилциклоһексена кислородом воздуха

Геология

Академик АН Азерб. ССР Ш. Н. М а м м а д о в, И. С. Б е л о в. Влияние оста-  
точной воды на нефтеотдачу в условиях гравитационного режима

Геология нефти

И. Г. М а м м а д о в, Т. А. И с м а ј ы л о в а. О перспективах поисков нефтегазо-  
вых залежей в условиях поднадвиговых зон структур Юго-Западного Кобыстана  
(на примере площади Умбаки)

Академик АН Азерб. А. Д. Султанов, Т. М. Гадиева. Роль минералогических исследований в поисках и разведке нефтяных месторождений меловых отложений Большого Кавказа (территория Азербайджана) . . . . . 56

## Гидрогеология

С. М. Гаджиев. Суммарный изотопный состав минеральных вод Северо-Восточного склона Большого Кавказа . . . . . 60

## Генетика

Академик АН Азерб. ССР И. Д. Мустафаев, Н. Х. Аминов. Цитогенетические аспекты взаимоотношений предполагаемых доноров геном AA и GG с T. timopheevi Zhuk. и T. araratensis Jakubz. . . . . 65

## Фармакология

А. А. Цуркан, Н. А. Плагонина. О структуре продуктов метилирования 2-арилденгидразино-циклогексена [d] тиа- и селеназола . . . . . 67

## Литературоведение

А. К. Рзаев, Э. Б. Шукурзаде. Адам Мицкевич и Мпрза Джафар Топчибашев : : : . . . . . 71

## Музыка

Н. Ибрагимова. О музыкально-эстетическом воспитании детей в первые послереволюционные годы в Азербайджане . . . . . 74

Сдано в набор 11/IX-1978 г. Подписано к печати 7/XII-1978 г. Формат бумаги 70×108<sup>1/16</sup>. Бум. лист. 2,50. Печ. лист. 7,0. Уч.-изд. лист. 6,46. ФГ 18265. Заказ 430. Тираж 730. Цена 40 коп.

Издательство „Элм“. 370143. Баку—143, проспект Нариманова, 31,

Академгородок, Глависе здание.

Типография „Красный Восток“ Государственного комитета Совета Министров Азербайджанской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Баку, ул. Ази Асланова, 80.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В «Докладах Академии наук Азербайджанской ССР» помещаются краткие сообщения, содержащие законченные, еще не опубликованные результаты научных исследований, имеющих теоретическое или практическое значение.

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

Статьи, помещаемые в «Докладах», не лишают автора права последующей публикации того же сообщения в развернутом виде в других изданиях.

2. Поступающие в «Доклады» статьи рассматриваются Редакционной коллегией только после представления их академиком по специальности. Каждый академик может представить не более 5-ти статей в год.

Статьи членов-корреспондентов Академии наук Азербайджанской ССР принимаются без представления.

Редакция просит академиков при представлении статьи указывать дату получения ее от автора, а также наименование раздела, в котором статья должна быть помещена.

3. В «Докладах» публикуются не более трех статей одного автора в год.

4. В «Докладах» помещаются статьи, занимающие не более четверти авторского листа—около 6—7 страниц машинописи (10 000 печатных знаков), включая рисунки.

5. Все статьи должны иметь резюме на английском языке; кроме того, статьи, написанные на азербайджанском языке, должны иметь резюме на русском языке и наоборот.

6. В конце статьи должны быть указаны название научного учреждения, в котором выполнена работа, и номер телефона автора.

7. Опубликование результатов работ, проведенных в научных учреждениях, должно быть разрешено дирекцией научного учреждения.

8. Статьи (включая и резюме), должны быть напечатаны на машинке через два интервала, на одной стороне листа и представляются в двух экземплярах. Формулы должны быть вписаны четко и ясно, при этом прописные буквы должны быть подчеркнуты (черным карандашом) двумя черточками снизу, а строчные — сверху, буквы греческого алфавита надо обводить красным карандашом.

9. Цитируемая в статье литература должна приводиться не в виде подстрочных сносок, а общим списком (вподбор), в алфавитном порядке (по фамилии автора), в конце статьи с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой. Список литературы должен быть оформлен следующим образом:

а) для книг: фамилия и инициалы автора, полное название книги, номер тома, город, издательство и год издания;

б) для статей в сборниках (трудах): фамилия и инициалы автора, название статьи, название сборника (трудов), том, выпуск, место издания, издательство, год, страница;

в) для журнальных статей: фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала, год, том, номер, (выпуск), страница.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются (за исключением отчетов и диссертаций, хранящихся в научных учреждениях).

10. На обороте рисунков должны быть указаны фамилия автора, название статьи и номер рисунка. Отпечатанные на машинке подписи к рисункам представляются на отдельном листе.

11. Авторы статей должны указывать индекс статьи по Унифицированной десятичной классификации (УДК) и прилагать реферат для «Реферативного журнала».

12. Авторы должны избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и в тексте статьи.

Ввиду небольшого объема статей выводы помещаются лишь в необходимых случаях.

13. В случае представления двух или более статей одновременно необходимо указать желательный порядок их помещения.

14. Корректур статей авторам как правило не посылается. В случае посылки корректуры допускается лишь исправление ошибок типографии.

15. Редакция выдает автору бесплатно 15 отдельных оттисков статьи.

КОЛОНИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Всего страниц 40  
Содержание  
1. Описание местности  
2. Описание населения  
3. Описание хозяйства  
4. Описание культуры  
5. Описание религии  
6. Описание обычаев  
7. Описание администрации  
8. Описание торговли  
9. Описание промышленности  
10. Описание транспорта  
11. Описание здравоохранения  
12. Описание образования  
13. Описание культуры  
14. Описание спорта  
15. Описание досуга  
16. Описание семьи  
17. Описание брака  
18. Описание воспитания  
19. Описание старости  
20. Описание смерти  
21. Описание похорон  
22. Описание поминок  
23. Описание поминовения  
24. Описание поминовения  
25. Описание поминовения  
26. Описание поминовения  
27. Описание поминовения  
28. Описание поминовения  
29. Описание поминовения  
30. Описание поминовения