

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ФЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# ХАБАРШЫСЫ

---

# ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

3

---

АЛМАТЫ

2011

МАЙ

Б а с р е д а к т о р

КР ҰҒА академигі  
**М. Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я алқасы:

КР ҰҒА академигі **Т. Ә. Кожамқұлов** (бас редактордың орынбасары), КР ҰҒА-ның академиктері: **Н. Ә. Айтхожина, К. М. Байпаков, И. О. Байтулин, Р. И. Берсімбаев, Е. Е. Ергожин, Н. П. Иванов, С. А. Қасқабасов, З. М. Молдахметов, Н. К. Надиров, Ә. Н. Нысанбаев, Г. С. Сапарғалиев, С. С. Сатубалдин, С. Н. Харин, О. Ш. Шоманов, Е. М. Шайхутдинов;** КР ҰҒА-ның шетелдік мүшелері: РҒА-ның академигі **Е. П. Велихов**, РГА-ның академигі **Н. П. Лаверов**, Украина ҰҒА-ның академигі **В. В. Гончарук**; химия ғылымдарының докторы, проф. **К. С. Құлажанов**, биология ғылымдарының кандидаты **Ж. С. Хайдарова** (жауапты хатшы)

Г л а в н ы й р е д а к т о р

академик НАН РК  
**М. Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н на я к о л л е г и я:

академик НАН РК **Т. А. Кожамкулов** (заместитель главного редактора), академики НАН РК: **Н. А. Айтхожина, К. М. Байпаков, И. О. Байтулин, Р. И. Берсимбаев, Е. Е. Ергожин, Н. П. Иванов, С. А. Қасқабасов, З. М. Мулдахметов, Н. К. Надиров, А. Н. Нысанбаев, Г. С. Сапарғалиев, С. С. Сатубалдин, С. Н. Харин, У. Ч. Чоманов, Е. М. Шайхутдинов;** иностранные члены НАН РК: академик РАН **Е. П. Велихов**, академик РАН **Н. П. Лаверов**, академик НАН Украины **В. В. Гончарук**; доктор химических наук, профессор **К. С. Құлажанов**, кандидат биологических наук **Ж. С. Хайдарова** (ответственный секретарь)

E d i t o r - i n - c h i e f

academician of NAS of the RK  
**M. Zh. Zhurinov**

E d i t o r i a l s t a f f:

academician of NAS of the RK **T. A. Kozhamkulov** (deputy editor-in-chief), academicians of NAS of the RK: **N. A. Aitkhozhina, K. M. Baipakov, I. O. Baitullin, R. I. Bersimbayev, E. E. Ergozhin, N. P. Ivanov, S. A. Kaskabasov, Z. M. Muldaхmetov, N. K. Nadirov, A. N. Nisanbaev, G. S. Sapargaliev, S. S. Satubaldin, S. N. Kharin, U. Ch. Chomanov, E. M. Shaikhutdinov;** foreign members of the NAS of RK: academician of the RAS **E. P. Velikhov**, academician of the RAS **N. P. Laverov**, academician of the NAS of Ukraine **V. V. Goncharuk**; doctor of chemical sciences, professor **K. S. Kulazhanov**, candidate of biological sciences, **Zh. S. Khaidarova** (secretary)

Свидетельство о регистрации в Министерстве культуры, информации и спорта Республики Казахстан № 5551-Ж, выданное 18.02.05 г.

А д р е с р е д а к ц и и:

050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 218, тел. 261-06-33, 272-13-18, 272-13-19

УДК 517.958: 536.2

S. N. KHARIN<sup>1</sup>, M. M. SARGEYELDIN<sup>2</sup>

## ANALYTICAL SOLUTION OF HEAT CONDUCTION EQUATION IN A DOMAIN WITH MOVING BOUNDARY NOT TANGENT TO AXES OF COORDINATES

<sup>1</sup>Kazakhstan-British Technical University (050000 Almaty, 59 Tole bi street);

<sup>2</sup>Suleiman Demirel University (050043, Almaty, 19 Toraigyr street)

The boundary-value problem for the heat equation is reduced to a system of integral equations, which singularity is conditioned by the extinction of the domain at the initial time. Analytical solution of this system is found using Laplace transform in the form of a convergence series. Its analysis enables to establish asymptotic behavior of the solution at small time depending on boundary conditions.

**Introduction.** Development of analytical methods of solution of free boundary problems are very important for analysis of dynamics of phenomena of heat and mass transfer with phase transformation, hydrodynamic flows and many other problems. The well-known analytical method is based on the representation of a solution in the form of heat potential with following reduction of the given problem to integral equation [1]. However if the domain with moving boundary degenerates into a point at the initial time, the integral equations become singularity and can not be solved by Picard's method. Asymptotic properties of such equations have been investigated in [2]. Auto-model case when the boundary  $\alpha(t)$  is moving according to the law  $\alpha(t) = c\sqrt{t}$  is considered in [3] where analytical solution is found. The case of a uniform moving boundary appears in many applications, in particular in the theory of welding.

**Problem statement.** Definition. The class functions  $M_\beta$  is defined by formula:  $f(t) \in M_\beta(h)$  if  $f(t)$  is continuous on the interval  $(0, t)$  and  $\lim_{t \rightarrow 0} \frac{f(t)}{t^\beta} = h = \text{const}$ , where  $\beta$  is any real number.

The main problem can be formulated as following. It is required to find the solution of the heat equation

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (1)$$

in the domain  $D(t > 0, 0 < x < \alpha(t))$ , degenerating at the initial time:  $\alpha(0) = 0$  and satisfying the initial condition

$$u(0, 0) = 0 \quad (2)$$

and the boundary conditions

$$u(0, t) = \varphi(t), \quad (3)$$

$$u(\alpha(t), t) = \psi(t). \quad (4)$$

The functions  $\varphi(t)$  and  $\psi(t)$  supposed to be continuous, and  $\alpha(t)$  is positive, strictly increasing, differentiable function.

The solution of the problem (1) – (4) can be represented in the form of heat potentials:

$$u(x, t) = \frac{1}{2a\sqrt{\pi}} \int_0^t \frac{x}{(t-\tau)^{3/2}} \exp\left[-\frac{x^2}{4a^2(t-\tau)}\right] \nu(\tau) d\tau + \\ + \frac{1}{2a\sqrt{\pi}} \int_0^t \frac{x - \alpha(\tau)}{(t-\tau)^{3/2}} \exp\left[-\frac{(x - \alpha(\tau))^2}{4a^2(t-\tau)}\right] \mu(\tau) d\tau \quad (5)$$

that satisfies the equations (1) and (2) for any functions  $\nu(\tau)$  and  $\mu(\tau)$ . Satisfying the boundary conditions (3) – (4) we get the system of integral equations with respect to  $\nu(\tau)$  and  $\mu(\tau)$ . Eliminating  $\nu(\tau)$  gives the integral equation [2]:

$$\mu(t) - \int_0^t K(t, \tau) \mu(\tau) d\tau = f(t), \quad (6)$$

where

$$K(t, \tau) = \frac{1}{2a\sqrt{\pi}} \left\{ \frac{\alpha(t) + \alpha(\tau)}{(t - \tau)^{3/2}} \exp \left[ -\frac{(\alpha(t) + \alpha(\tau))^2}{4a^2(t - \tau)} \right] + \right. \\ \left. + \frac{\alpha(t) - \alpha(\tau)}{(t - \tau)^{3/2}} \exp \left[ -\frac{(\alpha(t) - \alpha(\tau))^2}{4a^2(t - \tau)} \right] \right\}; \quad (7)$$

$$f(t) = \frac{1}{2a\sqrt{\pi}} \times \\ \times \int_0^t \frac{\alpha(t)}{(t - \tau)^{3/2}} \exp \left[ -\frac{\alpha(t)^2}{4a^2(t - \tau)} \right] \phi(\tau) d\tau - \psi(t). \quad (8)$$

The kernel  $K(t, \tau)$  has singularity at  $t = 0$ , thus the equation (6) is not solvable by Picard's method.

Asymptotic properties of the solution  $\mu(t)$  are given by the theorem 1 [2]:

**Theorem 1.** If  $\alpha(t) \in M_\gamma$  and  $f(t) \in M_\delta$ , then  $\mu(t) \in M_{\delta-\gamma+1/2}$  for  $\gamma > 1/2$  and  $\mu(t) \in M_{\delta+2\gamma-1}$  for  $0 < \gamma < 1/2$ .

Let us prove now the lemma.

*Lemma.* If  $\bar{\omega}(p)$  is the Laplace transform of the function  $\omega(t)$ , i.e.  $\bar{\omega}(p) = \int_0^\infty e^{-pt} \omega(t) dt$  or in short notation  $\bar{\omega}(p) \rightarrow \omega(t)$ ,  $\bar{\omega}(p^2) = \bar{\Omega}(p) \rightarrow \Omega(t)$  and if  $\omega(t) \in M_\beta$ , then  $\Omega(t) \in M_{\beta+1/2}$ ,  $\Omega'(t) \in M_\beta$ .

*Proof.* According to the Efros theorem [4], if  $\bar{f}(p) \rightarrow f(t)$ , then

$$\bar{G}(p)\bar{f}[q(p)] \rightarrow \int_0^\infty f(\tau)g(t, \tau)d\tau,$$

where  $g(t, \tau) \leftarrow \bar{G}(p)e^{-\tau q(p)}$

Putting  $\bar{G}(p) = 1$ ,  $q(p) = \sqrt{p}$  we find that

$$e^{-\tau\sqrt{p}} \rightarrow \frac{\tau}{2\sqrt{\pi t^3}} e^{-\frac{\tau^2}{4t}} = g(t, \tau) \text{ and}$$

$$\bar{\Omega}(\sqrt{p}) \rightarrow \omega(t) =$$

$$= \int_0^\infty \frac{\tau}{2\sqrt{\pi t^3}} e^{-\frac{\tau^2}{4t}} \Omega(\tau) d\tau = \frac{2}{\sqrt{\pi t}} \int_0^\infty z e^{-z^2} \Omega(2\sqrt{t}z) dz$$

or

$$\sqrt{t}\omega(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty z e^{-z^2} \Omega(2\sqrt{t}z) dz.$$

Since  $\Omega(t)$  is an original satisfying the inequality  $\Omega(z) \leq M e^{-\delta z}$ ,  $\delta > 0$  we can conclude from (12) that  $\Omega(t) \in M_{\beta+1/2}$ . Differentiation of the last expression shows that  $\Omega'(t) \in M_\beta$ . The lemma is proved.

**Solution of characteristic equation.** If the boundary  $\alpha(t)$  does not touch coordinate axis, i.e.  $\alpha(t) \in M_1$  and it can be represented in the form

$$\alpha(t) = ct + \alpha_1(t), \quad (9)$$

where  $c = \text{const}$  and  $\alpha_1(t) \in M_\lambda$ ,  $\lambda > 1$ , then we can use the method of regularization for the equation (6). According to this method we should solve first the characteristic equation for  $\alpha(t) = ct$  which can be written in the form

$$\mu(t) - \frac{k}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \frac{t+\tau}{(t-\tau)^{3/2}} \exp \left[ -\frac{k^2(t+\tau)^2}{(t-\tau)} \right] \mu(\tau) d\tau - \\ - \frac{k}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \frac{\exp[-k^2(t-\tau)]}{(t-\tau)^{1/2}} \mu(\tau) d\tau = f(t), \quad (10)$$

$$\text{where } k = \frac{c}{2a}.$$

Using Laplace transform and calculating the first integral in (10) we obtain

$$\int_0^\infty e^{-pt} \int_0^t \frac{t+\tau}{(t-\tau)^{3/2}} \exp \left[ -\frac{k^2(t+\tau)^2}{(t-\tau)} \right] \mu(\tau) d\tau = \\ = \int_0^\infty \mu(\tau) d\tau \int_\tau^\infty \frac{t+\tau}{(t-\tau)^{3/2}} \exp \left[ -pt - \frac{k^2(t+\tau)^2}{(t-\tau)} \right] dt = \\ = \sqrt{\pi} \left( \frac{1}{\sqrt{p+k^2}} + \frac{1}{k} \right) \int_0^\infty e^{-\left( \sqrt{p+k^2} + 2k \right)^2 \tau} \cdot e^{k^2 \tau} \mu(\tau) d\tau.$$

Introducing notation

$$e^{k^2 t} \mu(t) = \omega(t), \quad e^{k^2 t} f(t) = f_1(t) \quad (11)$$

we get using shifting theorem

$$\bar{\mu}(p) = \bar{\omega}(p+k^2), \quad \bar{f}(p) = \bar{f}_1(p+k^2),$$

Then the image of the first integral in (10) is

$$\begin{aligned} & \int_0^\infty e^{-pt} \int_0^t \frac{t+\tau}{(t-\tau)^{3/2}} \exp\left[-\frac{k^2(t+\tau)^2}{(t-\tau)}\right] \mu(\tau) d\tau dt = \\ & = \sqrt{\pi} \left( \frac{1}{\sqrt{p+k^2}} + \frac{1}{k} \right) \bar{\omega} \left[ (\sqrt{p+k^2} + 2k)^2 \right], \end{aligned}$$

while for the image of the second integral we have the expression:

$$\begin{aligned} & \int_0^\infty e^{-pt} \int_0^t \frac{\exp[-k^2(t-\tau)]}{(t-\tau)^{1/2}} \mu(\tau) d\tau dt = \\ & = \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{p+k^2}} \bar{\omega}(p+k^2). \end{aligned}$$

Thus the Laplace transform of the equation (10) is

$$\begin{aligned} & \int_0^\infty e^{-pt} \int_0^t \frac{\exp[-k^2(t-\tau)]}{(t-\tau)^{1/2}} \mu(\tau) d\tau dt = \\ & = \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{p+k^2}} \bar{\omega}(p+k^2). \end{aligned}$$

Replace  $\sqrt{p+k^2}$  in this functional equation by  $p$  we get

$$\bar{\omega}(p^2) - \left( \frac{k}{p} + 1 \right) \bar{\omega}[(p+2k)^2] - \frac{k}{p} \bar{\omega}(p^2) = \bar{f}_1(p^2).$$

Using notation

$$\bar{\omega}(p^2) = \bar{\Omega}(p), \quad \bar{f}_1(p^2) = \bar{F}(p) \quad (12)$$

we get the functional equation for  $\bar{\Omega}(p)$

$$p[\bar{\Omega}(p) - \bar{\Omega}(p+2k)] - k[\bar{\Omega}(p) + \bar{\Omega}(p+2k)]$$

and corresponding equation for originals

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} [\Omega(t) - e^{-2kt} \Omega(t)] - \\ & - k[\Omega(t) + e^{-2kt} \Omega(t)] = F'(t) + F(0). \quad (13) \end{aligned}$$

Conjugation of the given conditions (2), (3), (4) at  $t=0$  enables us to conclude that  $\varphi(0)=\psi(0)=0$ . Then from the formula (8) we can suppose that  $f(t) \in M_\delta$ ,  $\delta > 0$  and  $\mu(t) \in M_{\delta-1/2}$  due to the theorem 1. Therefore  $\omega(t) \in M_{\delta-1/2}$  and  $\Omega(0)=0$ ,  $F(0)=0$  due to the lemma.

The equation (13) can be rewritten as the differential equation

$$(1-e^{-2kt})[\Omega'(t) - k\Omega(t)] = F'(t) \quad (14)$$

with the initial condition

$$\Omega(0) = 0.$$

The main problem is to find its solution not in term of  $F(t)$  but in term of  $f(t)$ .

To do it we expand the exponent into a series and represent (14) in the form

$$\Omega'(t) - k\Omega(t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-2nk} F'(t).$$

Applying again Laplace transform we get

$$\bar{\Omega}(p) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{p+2nk}{p-k} \bar{F}(p+2nk)$$

thus

$$\begin{aligned} \bar{\omega}(p) = \bar{\Omega}(\sqrt{p}) &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sqrt{p}+2nk}{\sqrt{p}-k} \bar{F}(\sqrt{p}+2nk) = \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sqrt{p}+2nk}{\sqrt{p}-k} \bar{f}_1[(\sqrt{p}+2nk)^2]. \end{aligned}$$

To find the original we apply again the Efros theorem putting in (11)

$$\bar{G}(p) = \frac{\sqrt{p}+2nk}{\sqrt{p}-k}, \quad \bar{q}(p) = (\sqrt{p}+2nk)^2.$$

Then

$$\begin{aligned} \bar{G}(p)e^{-\tau q(p)} &= \frac{\sqrt{p}+2nk}{\sqrt{p}-k} e^{-\tau(\sqrt{p}+2nk)^2} = \\ &= e^{-4n^2k^2\tau} [1 + \frac{(2n+1)k}{\sqrt{p}-k}] e^{-4nk\tau\sqrt{p}} \cdot e^{-\tau p}. \end{aligned}$$

From the tables of Laplace transform we can find

$$\begin{aligned} & \psi(4nk\tau, t) + (2n+1)k \times \\ & \times \left[ \chi(4nk\tau, t) + ke^{-4nk^2\tau+k^2t} erfc \left( \frac{4nk\tau}{2\sqrt{t}} - k\sqrt{t} \right) \right], \end{aligned}$$

where

$$\psi(\tau, t) = \frac{\tau}{2\sqrt{\pi t^3}} e^{-\frac{\tau^2}{4t}}, \quad \chi(\tau, t) = \frac{1}{\sqrt{\pi t}} e^{-\frac{\tau^2}{4t}}.$$

Using Shifting theorem we get

$$g(t, \tau) = e^{-4n^2k^2\tau} W(4nk\tau, t-\tau), \quad (15)$$

where

$$W(\tau, t) = \begin{cases} \frac{\tau}{2\sqrt{\pi t^3}} e^{-\frac{\tau^2}{4t}} + (2n+1)k \times \\ \times \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi t}} e^{-\frac{\tau^2}{4t}} + ke^{k^2t-k\tau} \operatorname{erfc}\left(\frac{\tau}{2\sqrt{t}} - k\sqrt{t}\right) \right], \\ \text{if } \tau < t \\ 0. \quad \text{if } \tau > t \end{cases} \quad (16)$$

Thus

$$\omega(t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-4n^2k^2\tau} W(4nk\tau, t-\tau) f_1(\tau) d\tau$$

and from (11) we obtain the final formula for the solution of the characteristic equation (10)

$$\mu(t) = \int_0^t V(\tau, t) f(\tau) d\tau, \quad (17)$$

where

$$V(\tau, t) = e^{-k^2t} \sum_{n=0}^{\infty} e^{-(4n^2-1)k^2\tau} W(4nk\tau, t-\tau). \quad (18)$$

Expressions (16) – (18) show that the function  $V(\tau, t)$  has singularities at  $t = 0$ ,  $\tau = 0$ ,  $\tau = t$ . Thus convergence of the series (18) should be proved. The last expression can be written in the form

$$V(\tau, t) = e^{-k^2(t-\tau)} (I_1 + I_2 + I_3),$$

where the terms in the right side have following estimations:

$$\begin{aligned} I_1 &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2nk\tau}{\sqrt{\pi(t-\tau)^{3/2}}} e^{-\frac{4n^2k^2\tau}{t-\tau}} = \\ &= \frac{2kt}{\sqrt{\pi(t-\tau)^{3/2}}} \sum_{n=0}^{\infty} n e^{-\alpha^2 n^2} < \frac{2kt}{\sqrt{\pi(t-\tau)^{3/2}}} \cdot \frac{1}{\alpha^2}, \\ \alpha^2 &= \frac{4k^2 t \tau}{t-\tau}; \\ I_2 &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{k}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} e^{-\frac{4n^2k^2\tau}{t-\tau}} = \\ &= \frac{k}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\alpha^2 n^2} < \frac{k}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_3 &= \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)k^2 e^{k^2 t - k^2 \tau (2n+1)^2} \times \\ &\times \operatorname{erfc}\left(\frac{2nk\tau}{\sqrt{t-\tau}} - k\sqrt{t-\tau}\right) < 2k^2 e^{k^2(t-\tau)} + \frac{e^{k^2 t}}{\tau}. \end{aligned}$$

Using these inequalities we can estimate  $V(\tau, t)$ :

$$\begin{aligned} V(\tau, t) &< \frac{e^{-k^2(t-\tau)}}{2k\sqrt{\pi} \cdot \tau \cdot \sqrt{t-\tau}} + \\ &+ \frac{ke^{-k^2(t-\tau)}}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{t-\tau}} + \frac{e^{-k^2(t-\tau)}}{2\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{t\tau}} + 2k^2 + \frac{e^{k^2 t}}{\tau}. \quad (19) \end{aligned}$$

Since  $|f(t)| \leq ht^\delta$  we can estimate  $\mu(t)$  using

(17) – (19)

$$\begin{aligned} |\mu(t)| &\leq \int_0^t |V(\tau, t)| |f(\tau)| d\tau \leq h \int_0^t V(\tau, t) \cdot \tau^\delta d\tau \leq \\ &\leq h N_1 \int_0^t \left[ \frac{\tau^{\delta-1}}{\sqrt{t-\tau}} + \frac{\tau^\delta}{\sqrt{t-\tau}} + \frac{\tau^{\delta-1/2}}{\sqrt{t}} + \tau^\delta + \tau^{\delta-1} \right] d\tau = \\ &= h N_1 t^{\delta-1/2} \times \\ &\times \int_0^1 \left[ \frac{x^{\delta-1}}{\sqrt{1-x}} + \frac{tx^\delta}{\sqrt{1-x}} + \sqrt{t}x^{\delta-1/2} + t^{3/2}x^\delta + \sqrt{t}x^{\delta-1} \right] dx \leq \\ &\leq h \cdot N_\delta \cdot t^{\delta-1/2}, \quad (20) \end{aligned}$$

where the constant  $N_\delta$  can decrease only if  $\delta$  increases.

The last inequality means that

$$\mu(t) = \int_0^t V(\tau, t) f(\tau) d\tau \in M_{\delta-1/2}.$$

Taking into account that  $\alpha(t) \in M_1$ , we can see the confirmation of the theorem 1.

It is important for applications to have a simple approximate expression for calculation of  $\mu(t)$  for small values of  $t$ . To get such approximation we consider again the equation (14) and use the expansion  $1 - e^{-2kt} = 2kt + g(t)$  for small values of  $t$ , where  $g(t) \in M_2$ . Then the equation (14) can be written in the form

$$\Omega'(t) - k\Omega(t) = \frac{F'(t)}{2kt} + R(t), \quad (21)$$

where

$$R(t) = [\Omega'(t) - k\Omega(t)] \cdot S(t), \quad S(t) \in M_1. \quad (22)$$

Using Laplace transform we get

$$p\bar{\Omega}(p) - k\bar{\Omega}(p) = \frac{1}{2k} \int_p^\infty q\bar{F}(q)dq + \bar{R}(p)$$

thus

$$\bar{\Omega}(p) = \frac{1}{2k} \cdot \frac{1}{p-k} \int_p^\infty q\bar{F}(q)dq + \frac{1}{p-k} \bar{R}(p)$$

and

$$\begin{aligned} \bar{\omega}(p) &= \frac{1}{2k} \cdot \frac{1}{\sqrt{p-k}} \int_p^\infty q\bar{F}(q)dq + \frac{1}{\sqrt{p-k}} \bar{R}(\sqrt{p}) = \\ &= \frac{1}{4k} \cdot \frac{1}{\sqrt{p-k}} \int_p^\infty \bar{f}_1(s)ds + \frac{1}{\sqrt{p-k}} \bar{R}(\sqrt{p}), \end{aligned}$$

where

$$\bar{f}_1(s) \rightarrow f_1(t) = e^{k^2 t} f(t).$$

Using formula [4]

$$\frac{1}{\sqrt{p-k}} \rightarrow \frac{e^{k^2 t}}{\sqrt{t}} ierfc(-k\sqrt{t})$$

we can write

$$\omega(t) = \quad (23)$$

$$= \frac{1}{4k} \int_0^t \frac{e^{k^2(t-\tau)}}{\sqrt{t-\tau}} ierfc(-k\sqrt{t-\tau}) \cdot \frac{f_1(\tau)}{\tau} d\tau + R_1(t),$$

where

$$R_1(t) = \int_0^t \frac{e^{k^2(t-\tau)}}{\sqrt{t-\tau}} ierfc(-k\sqrt{t-\tau}) \cdot R_0(\tau) d\tau, \quad (24)$$

$$R_0(t) \leftarrow \bar{R}(\sqrt{p}). \quad (25)$$

Let us estimate  $R_1(t)$ . Since  $f_1(t) = f(t)e^{k^2 t} \in M_\delta$  and  $\alpha(t) = ct \in M_1$ , we can derive from the theorem 1 that  $\omega(t) \in M_{\delta+1/2}$ . From the lemma and formula (22) we obtain that  $R(t) \in M_{\delta+1/2}$ . Finally, using lemma again to the expression (25) we find that  $R_0(t) \in M_\delta$  and from (24) we conclude that

$$R_1(t) \in M_{\delta+1/2}. \quad (26)$$

We can see that in spite of the fact that the term  $R_1(t)$  in the formula (23) contains the function  $\omega(t)$ , it is an infinitesimal of more higher order in comparison with the first term for small values of  $t$ , so it can be neglected. Since  $\omega(t) = e^{k^2 t} \mu(t)$ ,  $f_1(t) = e^{k^2 t} f(t)$ , we get the final expression for the solution at small values of  $t$ :

$$\mu(t) = \frac{1}{4k} \int_0^t \frac{ierfc(-k\sqrt{t-\tau})}{\tau\sqrt{t-\tau}} \cdot f(\tau) d\tau. \quad (27)$$

**Regularization.** Let us consider now the general integral equation (6) where the moving boundary is given by the expression (9). It can be represented in the form

$$\mu(t) - \int_0^t K_1(t, \tau) \mu(\tau) d\tau = G(t), \quad (28)$$

where

$$G(t) = \int_0^t [K(t, \tau) - K_1(t, \tau)] \mu(\tau) d\tau + f(t)$$

and  $K_1(t, \tau)$  is the kernel of characteristic equation, i.e. it is the kernel  $K(t, \tau)$  at  $\alpha(t) = ct$ .

Using formula (17) for the solution of (28) we get

$$\mu(t) = \int_0^t V(\tau, t) G(\tau) d\tau$$

or

$$\begin{aligned} \mu(t) - \int_0^t V(\tau, t) \int_0^\tau [K(\tau, \tau_1) - K_1(\tau, \tau_1)] \mu(\tau_1) d\tau_1 d\tau = \\ = \int_0^t V(\tau, t) f(\tau) d\tau. \end{aligned} \quad (29)$$

If  $\alpha_1(t) \leq Pt^{1+\lambda}$ ,  $\lambda > 0$ , then for any  $s(t) \in M_\beta$ ,  $\beta > -1$ , i.e.  $|s(t)| \leq qt^\beta$  it can be shown that

$$\begin{aligned} \int_0^t V(\tau, t) \left| \int_\tau^t [K(\tau_1, \tau) - K_1(\tau_1, \tau)] s(\tau_1) d\tau_1 \right| d\tau \leq \\ \leq L_\beta qt^{\beta+\lambda-1/2}, \end{aligned}$$

where  $L_\beta$  is a constant that should decrease when  $\beta$  increases. It enables us to prove that for any  $f(t) \in M_\delta$  the integral equation (28) can be solved by Picard's method for the interval

$$t \leq t_0 < L_{\delta-1/2}^{-(\lambda-1/2)^{-1}}. \quad (30)$$

To expand this solution for  $t > t_0$  we write the equation (6) in the form

$$\begin{aligned} \mu(t) - \int_{t_0}^t K(t, \tau) \mu(\tau) d\tau = \\ = f(t) + \int_0^{t_0} K(t, \tau) \mu(\tau) d\tau. \end{aligned} \quad (31)$$

Taking into account that  $\alpha(t) > \varepsilon > 0$  for  $t \geq t_0$  we can conclude that the kernel  $K(t, \tau)$  in the left side is continuous. Since the function  $\mu(t)$  for  $t < t_0$  is already found above, and the right side of (31) is defined,

We can solve the equation (31), i.e. (6) for any  $t$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Гостехтеориздат, 1951.
2. Харин С.Н. // Тепловые процессы в электрических контактах и связанные с ними сингулярные интегральные уравнения: Автореф. дис. Алма-Ата, 1968.

3. Харин С.Н. // О тепловых задачах с подвижной границей // Изв. АН КазССР. Сер. физ.-мат. наук. 1965. № 3.

4. Диткин В.А., Прудников А.П. Интегральные преобразования и операционное исчисление. М.: Физматгиз, 1961.

#### REFERENCES

1. Tikhonov A.N., Samarskii A.A. *Gostekhteorizdat*. Moskva, 1951 (in Russ.).
2. Kharin S.N. *Avtoreferat dissertatsii*. Alma-Ata, 1968 (in Russ.).
3. Kharin S.N. *Izvestiya AN Kaz SSR, seriya fiziko-matematicheskaya*, 3, 1965 (in Russ.).
4. Ditkin V.A., Prudnikov A.P. *Fizmatgiz*, Moskva, 1961 (in Russ.).

#### Резюме

Жылыөткізгіштіктің тендеуі үшін шеткі есебі сингулярлығы уақыттың бастапқы сәті саласының тууына сәйкестелген интегралдық тендеулер жүйесіне алып келеді. Осы жүйенің аналитикалық шешімін катарлардың үйлесімділігі түріндегі Лаплас түрленулерін пайдалану арқылы табуға болады. Бұл шешім уақыттық манзы шамалы шектеулік жағдайына тәуелді асимптотикалық бағытты шешуді табуға мүмкіндік береді.

#### Резюме

Краевая задача для уравнения теплопроводности сведена к системе интегральных уравнений, сингулярность которых обусловлена вырождением области в начальный момент времени. Аналитическое решение этой системы находится с использованием преобразования Лапласа в виде сходящихся рядов. Это позволяет установить асимптотическое поведение решения при малых значений времени в зависимости от граничных условий.

УДК 517.95

A. K. ЕСЕНТЕМИРОВА

## КРИТЕРИЙ ПОЛНОТЫ КОРНЕВЫХ ВЕКТОРОВ ВПОЛНЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ОПЕРАТОРОВ

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана

(Представлена академиком НАН РК М. Отебаевым)

Показаны некоторые критерии полноты корневых векторов вполне непрерывного оператора в гильбертовом пространстве относительно реальной части и самокоммутатора оператора. Аналогичный критерий относительно мнимой части оператора имеется в работе Т. Ш. Кальменова и У. А. Исаковой.

Пусть  $L$  – замкнутый, плотно определенный оператор в гильбертовом пространстве  $H$ .  $L^*$  – сопряженный оператор к оператору  $L$ . Через  $\mathfrak{R}_s$  обозначим корневое подпространство, соответствующее ненулевому собственному значению  $\lambda_s$  оператора  $L$ . Известно, что  $\mathfrak{R}_s$  конечно, мерное инвариантное подпространство для оператора  $L$  и  $L^{-1}$ , если  $L^{-1}$  вполне непрерывный оператор. Обозначим через  $\mathfrak{R}$  замыкание линейной оболочки всех корневых подпространств, отвечающих ненулевым собственным значениям  $\lambda_s$  и назовём его корневым подпространством оператора  $L$ . Пусть существуют  $L^{-1}$  и  $L^{*-1}$  – вполне непрерывные операторы в гильбертовом пространстве  $H$ .

Одним из главных вопросов спектральной теории является вопрос полноты корневых подпространств  $\mathfrak{R}_s$ , т.е.  $\mathfrak{R} = H$ .

Покажем другой критерий полноты корневых векторов, аналогично предложенным Т. Ш. Кальменовым и У. А. Исаковой [2], но относительно реальной части оператора  $L$ .

Определим оператор

$$L_R^{-1} = \frac{L^{-1} + L^{*-1}}{2}.$$

Через  $R(L_R^{-1})$  обозначим область значений, а через  $KerL_R^{-1}$  обозначим ядро вполне непрерывного самосопряженного оператора  $L_R^{-1}$ .

Имеет место

**Теорема 1.** Система корневых подпространств  $\mathfrak{R}_s$  оператора  $L$  полна в гильбертовом

пространстве  $H$  тогда и только тогда, когда выполняется соотношение

$$R(L_R^{-1}) \subset \mathfrak{R}. \quad (1)$$

**Доказательство.** Если система корневых подпространств  $\mathfrak{R}_s$  полна в  $H$  (т.е.  $\mathfrak{R} = H$ ), то соотношение (1) всегда выполняется.

Докажем достаточность. Известно, что для самосопряженного оператора  $L_R^{-1}$  имеет место ортогонального разложения

$$H = \overline{R(L_R^{-1})} \oplus KerL_R^{-1}.$$

Переходя к ортогональным дополнениям в соотношении (1), имеем

$$R(L_R^{-1})^\perp \supset \mathfrak{R}^\perp.$$

Отсюда видно, что

$$KerL_R^{-1} \supset \mathfrak{R}^\perp. \quad (2)$$

Известно, что оператор  $L^{*-1}$  (см.[1]) вольтерров на инвариантном подпространстве  $\mathfrak{R}^\perp$ . В силу соотношения (2), если  $f \in \mathfrak{R}^\perp$ , то  $f \in KerL_R^{-1}$ , т.е. в ядре оператора

$$L_R^{-1} f = \frac{L^{-1} + L^{*-1}}{2} f = 0, \quad f \in \mathfrak{R}^\perp.$$

Тогда имеет место равенство

$$L^{-1} f = -L^{*-1} f, \quad f \in \mathfrak{R}^\perp.$$

Из того, что  $L^{*-1} f \in \mathfrak{R}^\perp$  следует, что

$$L^{*-1} f \in KerL_R^{-1} \text{ т.е.}$$

$$L^{-1} L^{*-1} f = -L^{*-1} L^{*-1} f, \quad f \in \mathfrak{R}^\perp.$$

Тогда

$$L^{-1}L^{*-1}f = L^{*-1}L^{-1}f, \quad f \in \mathfrak{R}^\perp.$$

Из последнего соотношения следует, что вольтеррово инвариантный оператор  $L^{*-1}$  на  $\mathfrak{R}^\perp$  является нормальным оператором. А это несомненно с вольтерровостью оператора  $L^{*-1}$  на  $\mathfrak{R}^\perp$ . Поэтому  $\mathfrak{R}^\perp = \{0\}$ . Тем самым доказано, что  $\mathfrak{R} = H$ . Теорема доказана.

Если обозначим через  $K$  самокоммутатор оператора  $L^{-1}$

$$K = L^{-1}L^{*-1} - L^{*-1}L^{-1},$$

то можно получить аналогичный результат в следующем виде.

**Теорема 2.** Система корневых подпространств  $\mathfrak{R}_s$  оператора  $L$  полна в гильбертовом пространстве  $H$  тогда и только тогда, когда выполняется соотношение для самокоммутатора оператора  $L^{-1}$

$$R(K) \subset \mathfrak{R}. \quad (3)$$

**Доказательство.** Если система корневых подпространств  $\mathfrak{R}_s$  полна в  $H$  (т.е.  $\mathfrak{R} = H$ ), то соотношение (3) всегда выполняется.

Докажем достаточность. Легко заметить, что оператор  $K$  вполне непрерывный самосопряженный оператор. Поэтому имеет место ортогональное разложение

$$H = \overline{R(K)} \oplus Ker K.$$

Переходя к ортогональным дополнениям в соотношении (3), имеем

$$\mathfrak{R}^\perp \supset \mathfrak{R}^\perp.$$

Отсюда видно, что

$$Ker K \supset \mathfrak{R}^\perp. \quad (4)$$

Оператор  $L^{*-1}$  вольтерров на инвариантном

подпространстве  $\mathfrak{R}^\perp$ . В силу соотношения (4), если  $f \in \mathfrak{R}^\perp$  то  $f \in Ker K$ , т.е.

$$L^{-1}L^{*-1}f = L^{*-1}L^{-1}f, \quad f \in \mathfrak{R}^\perp.$$

Из последнего соотношения следует, что вольтеррово инвариантный оператор  $L^{*-1}$  на  $\mathfrak{R}^\perp$  является нормальным оператором. А это несомненно с вольтерровостью оператора  $L^{*-1}$  на  $\mathfrak{R}^\perp$ . Поэтому  $\mathfrak{R}^\perp = \{0\}$ . Тем самым доказана теорема.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гахберг И.Ц., Крейн М.Г. Введение в теорию несамосопряженных операторов. М.: Наука, 1965. 448 с.

2. Калменов Т.Ш., Исакова У.А. Критерий полноты корневых векторов вполне непрерывных операторов // Междунар. семинар "Неклассические уравнения математической физики", посвящ. 60-летию со дня рождения проф. В. Н. Врагова. Новосибирск, 3-5 октября 2005. С. 120-122.

## REFERENCES

1. Gakhberg I.Ts. Krein M.G. *Vvedenie v teoriyu nesamosopriazhennykh operatorov*, Nauka, 1965, 448 p. (in Russ.).

2. Kal'menov T.Sh., Iskakova U.A. *Mezhdunarodnyi seminar Neklassicheskie uravneniya matematicheskoi fiziki*, Novosibirsk, 3-5.10.2005, 120-122 (in Russ.).

## Резюме

Гильберт кеңістігінде толығымен үзіліссіз операторлар үшін накты болігі және өзіндік коммутаторы арқылы түбірлі кеңістіктің толықтының қажетті және жеткілікті шарттары көрсетілген. Оператордың жорамал болігі арқылы осыған үқсас теорема Т. Ш. Калменов пен У. А. Исқакованың жұмыстарында дәлелденген.

**Негізгі сөздер:** Түбірлі векторлар кеңістігі, өзіндік коммутатор, толығымен үзіліссіз оператор, инварианттық кеңістік.

## Summary

We show some criteria for the completeness of root vectors of a completely continuous operator in the Hilbert space with respect to the real part and self-commutator of the operator. The similar criterion concerning the operator's imaginary part is available in T.Sh.Kalmenov and U.A.Iskakova's work.

**Key words:** Root vectors space, self-commutator of the operator, a completely continuous operator, a self-adjoint operator, invariant subspace.

УДК 621.01:621.86

S. U. DZHOLDASBEKOV, E. S. TEMIRBEKOV

## TREADMILL WITHOUT THE IMPACT MECHANISM FOR GENERATING THE FORCES OF INERTIA ROLLERS

Ministry of Education and Science of the RK Institute of Mechanics and Machine Science, Almaty

(Represented by an academician of NAS RK Zh. Baigunchekov)

This study is aimed at improvement of the vibrating rollers efficiency by means of asymmetrical planetary vibration excitors, are characterized by the higher level of dynamic parameters indicating how the energy being supplied to the vibration drum affects the increase of disturbing force and sealing capacity of the road rollers. To achieve the above goal several studies were conducted and one of their objectives was to develop the method of determination of the vibration exciter road rollers transition point junction that meets the integrity, tangency and curvature requirements. The original methodology of the specification of the combined race track shape composed by conic arcs and linked by easy curve was developed.

Let us consider the planetary vibration exciter (figure 1) with the race track composed by half-arcs of the circle with the radius  $a$  and ellipse with semi-axes  $a$  and  $b$ . Junction points  $A(a,0)$  and  $A'(-a,0)$

are located along the axle  $Ox$ . The circle has a curvature radius  $\rho = a$ , and the ellipse radius is  $\rho = (b^4 x^2 + a^4 y^2)^{3/2} / a^4 b^4$ .

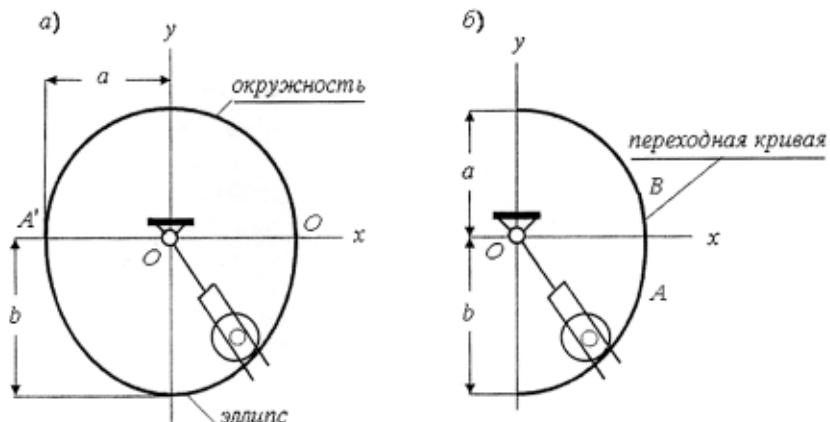


Fig. 1. Vibration exciter with combined race track

The vibration exciter runner wheel moves along race track composed by conic arcs with common tangents in junction points. When passing from one part of the track to another we have discontinuity in the curvature that causes jump of centrifugal force. To avoid such force jump it is necessary to insert special arc -curve shaped transition part (Figure 1b) meeting following requirements: a) the axis should pass through junction points  $A$  and  $B$ ; b) connecting and connected parts should have equal first derivative in junction points; c) curvature radii in junction points should be equal. The junction that meets the requirements a) and b) corresponds to the first degree of smoothness. The junction that meets the requirements a), b) and c) corresponds to the second

degree of smoothness [1]. Let us consider the objective of achieving of the smooth curve.

Liming showed [2], that it is possible to derive the equation of conic with two preset tangents passing through the third point:

$$(1-\lambda) \cdot L_1 \cdot L_2 + \lambda \cdot L_3^2 = 0 \quad (1)$$

is a pencil of conics, passing through points  $A$  and  $B$ , here the line  $L_2 = 0$  - s the tangent in the point  $A$ , and the line  $L_1 = 0$  - is the tangent in the point  $B$ , and the line  $L_3 = 0$  - is a chord linking points  $A$  and  $B$  (fig. 2). The parameter  $\lambda$  is determined by setting up the point  $M(x_M, y_M)$  then

$$\lambda = \frac{L_1(x_M, y_M) L_2(x_M, y_M)}{L_1(x_M, y_M) L_2(x_M, y_M) - L_3^2(x_M, y_M)}. \quad (2)$$

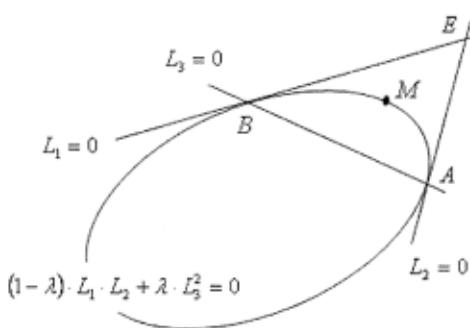


Fig. 2. Conic

Thus, conic equations of race track transition part are defined by four points: two junction points  $A$  and  $B$ ; tangents intersection point  $E$ ; a point  $M$ . By selecting point  $M$  inside  $\Delta AEB$  we define the first smoothness degree curve between points  $A$  and  $B$ . Variants of race track transition part conics, connecting arches of the circle  $x^2 + y^2 = 30^2$  and the ellipse  $x^2/30^2 + y^2/40^2 = 1$  in points  $A(27; -17.44)$  and  $B(25; 16.58)$  are shown in the Fig. 3. In the semiarches junction point  $D$  the jump of curvature radii is observed: 1. For the arch with  $\lambda = 0.035$ :  $\rho_A = 26.38$ ,  $\rho_B = 13.4$ ; 2. For the arch with  $\lambda = 0.025$ :  $\rho_A = 28.68$ ,  $\rho_B = 23.23$ . Use of Liming method allows to derive the expression describing connecting arch in form of the (1), provided the following five values are preset: 1,2) - two frontier points, satisfying the equation (1); 3,4) - two

tangentials, passing through the frontier points; 5) -  $\lambda$ -parameter, determined by the (2).

Resultant curve arch provides smoothness of the first grade. Proper selection of  $\lambda$ -parameter in the equation (1) allows to obtain curve shape satisfying the required smoothness condition. That is, the conic derived by the Liming method in points  $A$  and  $B$  should have curvature radii equal to the preset  $\rho_A$  and  $\rho_B$ . For this purpose it is necessary to determine relations between curve radius and  $\lambda$  parameter. Actually, [3] often the conic is preset by two lines tangent to it, and tangent points on them, plus one other point or by presetting  $\lambda$ -parameter. It is more practically useful to preset the conic by two lines tangent to it, and tangent points on them, and the engineering discriminant (Fig. 4). In case of engineering method, the point  $M$  on the curve between points  $A$  and  $B$  is preset as the cross point of the median  $CE$  of the basic triangle  $\Delta AEB$  with the target curve. In this case, point  $M$  is defined by the segment  $CM$  (cut off on median from the median base) to the median  $CE$  value ratio:  $f = CM/CE$  and is called the engineering discriminant. The radius of the curvature in the point  $A$  is determined as [1]:

$$\rho_A = (2f^2 l_A^2) / ((1-f)^2 h_B), \quad (3)$$

where  $l_A = AE$  is the length of the tangent, passing from the point  $A$  through to the point  $E$ ,  $h_B$  - is the distance from the point  $B$  to the tangent in the point  $A$ .

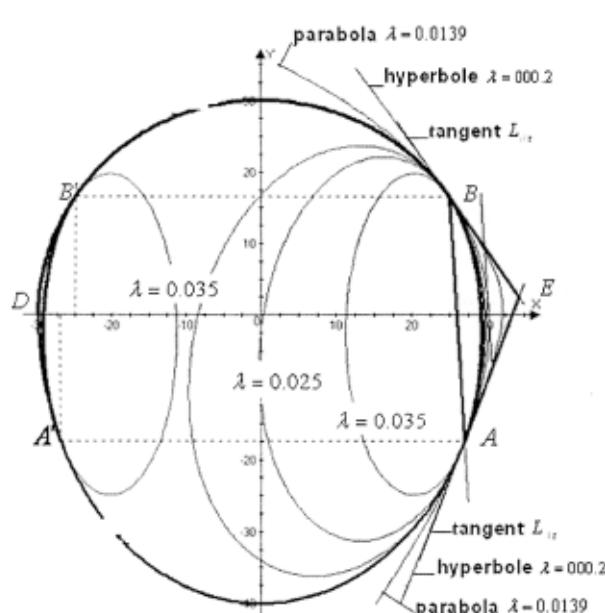


Fig. 3. Pencil of conics

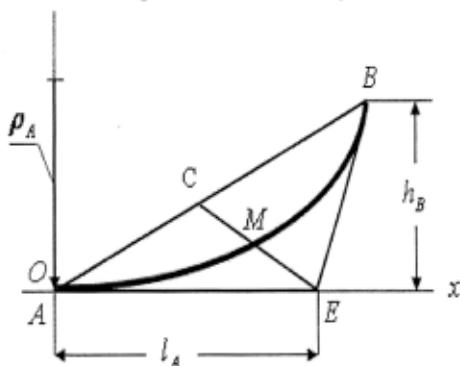


Fig. 4

Let us assume that the transition part  $\cup AMB$  has elliptic shape (fig. 5). Let us consider points  $A(x_A, y_A)$  and  $B(x_B, y_B)$  with  $\rho_A$  and  $\rho_B$  correspondingly and draw tangents  $L_{A\tau}$  и  $L_{B\tau}$  passing through them, these tangentials shall meet at the point  $E$ . By connecting points  $A$ ,  $B$  and  $E$  we draw the basic triangle  $\Delta AEB$ , which is formed by tangents  $L_{A\tau}$ ,  $L_{B\tau}$ , chord  $L_{AB}$ ,  $ED$  - is a median. Let us

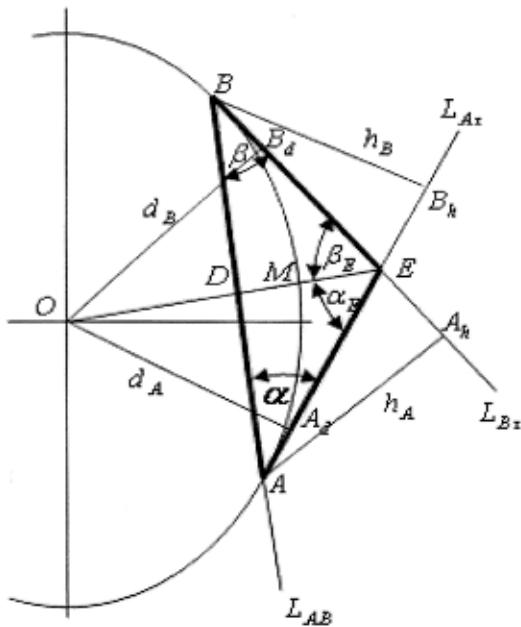


Fig. 5. Basic Triangle

denote the distances from the center  $O$  to  $L_{At}$  and  $L_{Bt}$ , as  $l_B = BE$ ,  $d_A = OA_d$ ,  $d_B = OB_d$ ; and  $h_A = AA_h$ ,  $h_B = BB_h$  are the distances from points  $A$  and  $B$  to  $L_{Bt}$  and  $L_{At}$ ,  $\alpha = \angle BAE$ ,  $\beta = \angle ABE$ ,  $\alpha_E = \angle AED$ ,  $\beta_E = \angle BED$ . It is known that the ellipse radius in a point equals to [4]:  $\rho_A = a^2 b^2 / d_A^3$ ,  $\rho_B = a^2 b^2 / d_B^3$ . By using the above, let us introduce the radiuses ratio  $\eta = \sqrt[3]{\rho_A / \rho_B} = d_B / d_A$ . Ratio  $\eta$  shall play the leading part in deriving smooth joint curve. Let us consider the triangles  $\Delta OA_d E$  and  $\Delta OB_d E$ , in this case  $\sin \beta_E / \sin \alpha_E = d_B / d_A = \eta$ . Let us consider triangles  $\Delta ADE$  and  $\Delta BDE$ , applying theorem of sins, in this case we get  $\sin \beta_E / \sin \alpha_E = \sin \beta / \sin \alpha = \eta$ . For triangles  $\Delta AEB$ ,  $\Delta AA_h B$  and  $\Delta AB_h B$  we obtain  $\sin \beta / \sin \alpha = l_A / l_B = h_A / h_B = \eta$ . Thus, in case we have two  $A$  and  $B$  of the ellipse with curvature radiiuses of  $\rho_A$  and  $\rho_B$ , the ratio between corresponding elements of the  $\Delta AEB$  and  $\eta$  is:

$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\sin \beta_E}{\sin \alpha_E} = \frac{d_B}{d_A} = \frac{l_A}{l_B} = \frac{h_A}{h_B} = \sqrt[3]{\rho_A / \rho_B} = \eta. \quad (4)$$

The above ratios allow determining the junction area where the smooth transition from one part to

another. Let us assume that the arch of the transition area  $\cup AMB$  is the part of the drum roller with the combined shape consisting of arcs of circle and ellipse. Let us select a point  $A$  on the given ellipse with the radius of the curvature  $\rho_A$  and set it as a zero of the fixed coordinate system  $Ax_1y_1$ . Axis  $Ax_1$  is directed along  $L_{At}$  tangential to ellipse at this point  $A$ , and axis  $Ay_1$  is directed along normal  $L_{An}$  (fig. 6). The radius of curvature of any  $B$  in this circle equals to  $\rho_B = r$ . The tangent  $L_{Bt}$ , drawn through the  $B$ , crosses tangent  $L_{At}$  in the  $E$ . When changing the position of the point  $B$  each time a new tangent to the circle from the new position of the point  $B$  is drawn and this leads to the change of the position of the point  $E$  in the axis  $Ax_1$ .

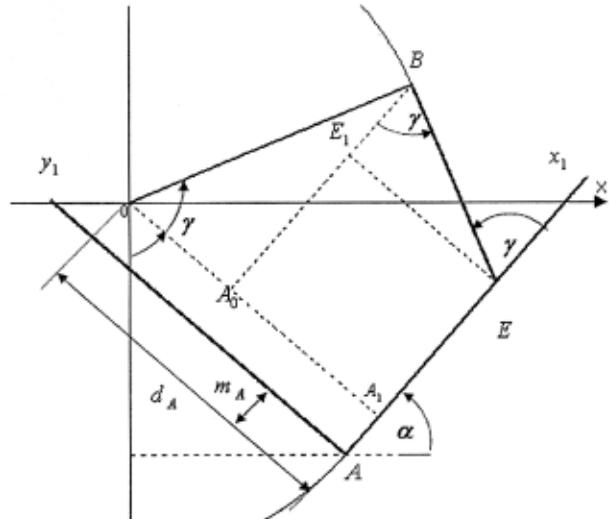


Fig. 6

Thus by changing the slope angle  $\gamma$  of tangential  $L_{Bt}$  relatively to the fixed axis  $Ax_1$ , we can determine the position of the point  $B$  in the circle. The angle  $\gamma$  should ensure the correspondence with the type ratio (4). We propose to simulate the process of determination of the point  $B$  position by use of the link mechanism, provided that the ratio (4) is correct. Stems  $OB$  and  $BE$ , normal and tangential to the circle at the point  $B$  and rigidly connected with each other at the point  $B$  at right angle, form the link  $OBE$  (fig. 7). Link sliding block  $E$  moves along the slot  $BE$  and is pin connected at the point  $E$  with the stem  $Ex_1$  tangential to the ellipse at the point  $A$ . Rotation of the link  $OBE$

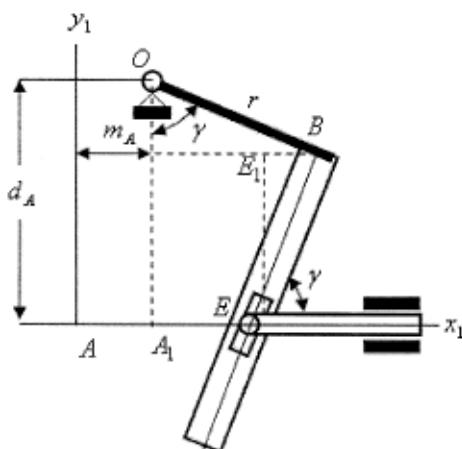


Fig. 7. Link mechanism

about the fixed point  $O$  in  $Ax_1y_1$  plane sets in motion the block  $E$  and sliding of the latter along the slot  $BE$  in its turn causes translator motion of the stem  $Ex_1$  along the axis  $Ax_1$ . Thus the block  $E$  all the time it moves stays at the intersection of the guiding lines  $BE$  and  $Ex_1$ . Such movement of the block  $E$  leads to the simultaneous change of the distances  $AE$  and  $BE$ . By deriving the motion equation of the block  $E$  is possible to fulfill the ratio  $l_A/l_B = \eta$ . The angle  $\gamma$  also determines the position of the link  $BE$  relative to the fixed axis  $Ax_1$ . Let us assume that  $d_A$  and  $m_A$  are the distances from the fixed pin  $O$  to the guiding line  $Ax_1$  and the normal  $Ay_1$ , correspondingly. Then coordinates of the points  $E$  and  $B$  are:

$$\begin{cases} x_E = (m_A + r \sin \gamma) - d_A - r \cos \gamma / \operatorname{tg} \gamma \\ y_E = 0 \end{cases}$$

and 
$$\begin{cases} x_B = m_A + r \sin \gamma \\ y_B = d_A - r \cos \gamma \end{cases} \quad (5)$$

Let us evaluate the length change as a function of the link rotation angle:

$$l_A = \frac{m_A \operatorname{tg} \gamma \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} - d_A \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} + r(1 + \operatorname{tg}^2 \gamma)}{\operatorname{tg} \gamma \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}},$$

$$l_B = \frac{d_A \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} - r}{\operatorname{tg} \gamma}.$$

With the provision for the ratio (4) we deduce the equation relatively to  $k = \operatorname{tg} \gamma$ :

$$\frac{m_A k \sqrt{1 + k^2} - d_A \sqrt{1 + k^2} + r(1 + k^2)}{\sqrt{1 + k^2}(d_A \sqrt{1 + k^2} - r)} = \eta. \quad (6)$$

Thus we have developed the method of determination of the shape of a combined race track, which is formed by conic arcs linked with each other by smooth curve. The algorithm of this method consists in the following: by the ratio (6) we obtain the value of  $k = \operatorname{tg} \gamma$  and  $\gamma$ , correspondingly. Then in accordance with (5) we determine the coordinates of the point  $E$  and  $B$ , basing on their values with the help of (3) we determine the value of  $f$  and fix the point  $M$ , by the latter we evaluate the parameter  $\lambda$  with the use of the formula (2). And finally, we deduce the equation of a smooth curve linking the ellipse and the circle in the points  $A$  and  $B$  using the parameters determined by the formula (1).

#### REFERENCES

1. Mishustin N.A., Zhulenov Ye.P., Tolkunova T.V. Plane Curves in engineering practice: educational guidance. Volgograd: VolgSTU, 1995. 54 p.
2. Fox A., Pratt A.M. Computational Geometry. Use in design and manufacturing. Transl. from English. M.: Mir, 1982. 304 p.
3. Levitsky V.S. Machine Drawing. M.: Vysshaya Shkola, 1988. 351 p.
4. Vygodsky M.Ya. Mathematics Manual. M., 2006. 991p.

#### Резюме

Зерттеу жұмысы жол тегістегіштердің тығызыдау қабілетін және қажет ететін күштерді арттыру үшін діріл қоздырышына түсестін энергияның әсерін сипаттайтын біршама жоғары деңгейдегі динамикалық параметрлерімен ерекшелентін асимметриялы планетарлы діріл қоздырыштарды қолдана отырып, діріл тегістегіштердің тиімділігін жоғарылатуға бағытталды. Қойылған максаттарды орындау үшін берілген үзіліссіз және кисықтық шарттарын қанағаттандыратын діріл қоздырышының жүру жолының ауысу аймагына қосылу орындарын анықтаудың әдістемелерін жасау мәселелері кіретін зерттеу жұмыстарын жүргізу арқылы жетуге болады. Догамен және кисықтармен өзара біркітірлген жүру жолының пішінін анықтаудың ерекше әдістемесі жасалды.

#### Резюме

Исследование направлено на повышение эффективности вибрационных катков с использованием асимметричных планетарных вибровозбудителей, которые отличаются более высоким уровнем динамических параметров, характеризующих влияние подводимой к вибровальцу энергии на увеличение вынуждающей силы и уплотняющей способности дорожных катков. Выполнение поставленной цели достигалось проведением ряда исследований, одна из задач которого включала разработку методики определения мест соединения переходного участка беговой дорожки вибровозбудителя, удовлетворяющей заданным условиям непрерывности, касания и кривизны. Разработана оригинальная методика по определению формы комбинированной беговой дорожки, составленных из дуг коник и соединенных между собой плавной кривой.

УДК 621.01:621.86

S. U. DZHOLDASBEKOV, E. S. TEMIRBEKOV

## SIX-LINK MECHANISMS WITH THE VARIABLE CONTOUR. CONSIDERATION OF THE FORCES AND MOTION

Ministry of Education and Science of the RK, Institute of Mechanics and Machine Science, Almaty

(Represented by an academician of NAS RK Zh. Baigunchekov)

Movement transfer for special positions of four-link mechanism was estimated by absolute value of a sine of the angle of transfer. The similar approach was also applied in case of flat six-link mechanism of II class, and in general, multilink mechanisms of II class. However, transfer angles are not enough for six-link mechanisms with the variable closed contour for estimation of movement transfer ability. The indicators for an estimation of movement transfer ability and forces of six link mechanism with the variable closed contour are received.

Movement transfer for special positions of four link mechanism was estimated by absolute value of a sine of the angle of transfer. The similar approach was also applied in case of flat six link mechanism of II class, and in general, multilink mechanisms of II class. However, transfer corners are insufficiently for six link mechanisms with the changeable closed contour for an estimation of movement transfer ability. Here indicators for an estimation of movement transfer ability and forces of six link mechanism with the changeable closed contour are received.

Let's consider six link mechanisms with a changeable contour (fig. 1), its closedness equations are:

$$\begin{cases} \bar{L}_1 + \bar{L}_2 + \bar{L}_3 + \bar{L}_{CP} + \bar{r} = \bar{L}_0 \\ \bar{L}_1 + \bar{L}_{2A} + \bar{L}_4 + \bar{L}_{EP} + \bar{r} = \bar{L}_0 \end{cases} \quad (1)$$

If we take the leading link as 1, then the projections (1) on the axis OXY shall look like:

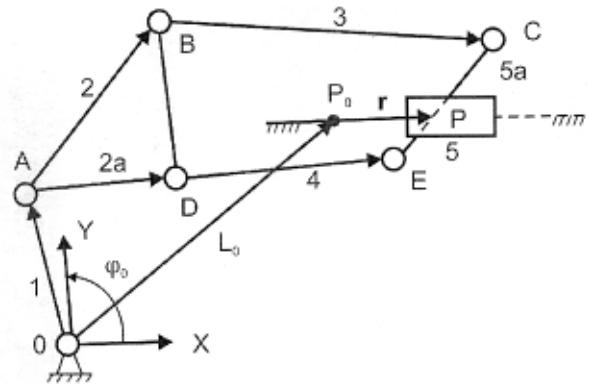


Fig. 1. Sixlink mechanism

$$\begin{cases} L_2 \cos \varphi_2 + L_3 \cos \varphi_3 + r = -L_1 \cos \varphi_1 + L_{0x} - L_{(CP)x} \\ L_2 \sin \varphi_2 + L_3 \sin \varphi_3 = -L_1 \sin \varphi_1 + L_{0y} - L_{(CP)y} \\ L_{2A} \cos \varphi_{2A} + L_4 \cos \varphi_4 + r = -L_1 \cos \varphi_1 + L_{0x} - L_{(EP)x} \\ L_{2A} \sin \varphi_{2A} + L_4 \sin \varphi_4 = -L_1 \sin \varphi_1 + L_{0y} - L_{(EP)y} \end{cases}$$

If we give an input parameter “ $\varphi_1$ ” a variation  $\delta\varphi_1$ , we shall obtain:

$$\begin{cases} -L_2 \sin \varphi_2 \delta\varphi_2 - L_3 \sin \varphi_3 \delta\varphi_3 + \delta r = -L_1 \sin \varphi_1 \delta\varphi_1 \\ +L_2 \cos \varphi_2 \delta\varphi_2 + L_3 \cos \varphi_3 \delta\varphi_3 = -L_1 \cos \varphi_1 \delta\varphi_1 \\ -L_{2A} \sin \varphi_{2A} \delta\varphi_2 + L_4 \sin \varphi_4 \delta\varphi_4 + \delta r = L_1 \sin \varphi_1 \delta\varphi_1 \\ +L_{2A} \cos \varphi_{2A} \delta\varphi_2 + L_4 \cos \varphi_4 \delta\varphi_4 = -L_1 \cos \varphi_1 \delta\varphi_1 \end{cases}$$

When the determinant isn't equal to zero, the value of small variations of angular displacement  $\delta\varphi_2, \delta\varphi_3, \delta\varphi_4, \delta r$  is defined by final values. It is possible to calculate values  $\delta\varphi_2, \delta\varphi_3, \delta\varphi_4, \delta r$  in the case when the absolute value of the determinant is sufficiently great compared with the order  $O(\delta\varphi_1)$  of the

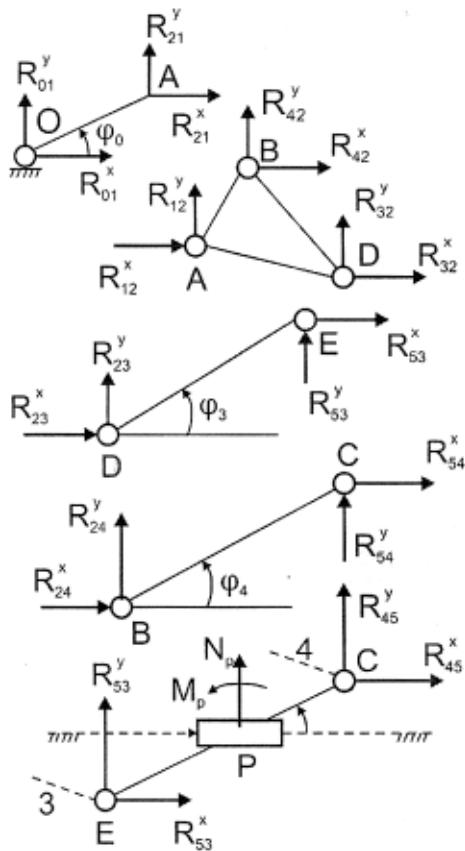


Fig. 2. Mechanism on separate

variation  $\delta\varphi_1$  value, but when this value is less than  $O(\delta\varphi_1)$ , it is necessary to apply calculation formulas with the variables above the 2nd order of vanishing. In such position even small change of the input variable “ $\varphi_1$ ” leads to significant angular displacement and consequently reduces the movement transfer ability.

Let's consider the mechanism where the value is  $\Delta = 0$ , in this case:

$$L_3 L_4 [L_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3) \cos \varphi_4 - L_{2A} \sin(\varphi_{2A} - \varphi_4) \cos \varphi_3] = 0. \quad (2)$$

Let's assume that links are rigid and weightless and the mechanism is loaded with driving moment  $M_D$  and drag force  $F_c$ . Lets split the mechanism into separate links, then the balance conditions shall look as (Fig. 2):

Link 1, 2:

$$R_{01}^x + R_{21}^x = 0, \quad R_{01}^y + R_{21}^y = 0,$$

$$-R_{21}^x L_1 \sin \varphi_1 + R_{21}^y L_1 \cos \varphi_1 + M_D = 0$$

$$-R_{21}^x L_1 \sin \varphi_1 + R_{21}^y L_1 \cos \varphi_1 + M_D = 0$$

$$R_{12}^x + R_{32}^x + R_{42}^x = 0, \quad R_{12}^y + R_{32}^y + R_{42}^y = 0, \quad -R_{32}^x L_2 \sin \varphi_2 + R_{32}^y L_2 \cos \varphi_2 - R_{42}^x L_{2A} \sin \varphi_{2A} + R_{42}^y L_{2A} \cos \varphi_{2A} = 0$$

$$\text{Link 3: } R_{23}^x + R_{53}^x = 0, \quad R_{23}^y + R_{53}^y = 0, \quad -R_{53}^x L_3 \sin \varphi_3 + R_{53}^y L_3 \cos \varphi_3 = 0$$

$$\text{Link 4, 5: } R_{24}^x + R_{54}^x = 0, \quad R_{24}^y + R_{54}^y = 0, \quad -R_{54}^x L_4 \sin \varphi_4 + R_{54}^y L_4 \cos \varphi_4 = 0 \quad R_{35}^x + R_{45}^x + F_c = 0,$$

$$R_{35}^y + R_{45}^y + N_p = 0, \quad -R_{35}^x L_5 \sin \varphi_5 + R_{35}^y L_5 \cos \varphi_5 - R_{45}^x L_{5A} \sin \varphi_{5A} + R_{45}^y L_{5A} \cos \varphi_{5A} + M_p = 0$$

With provision that  $R_{ij}^x = -R_{ji}^x$  и  $R_{ij}^y = -R_{ji}^y$  ( $i, j = 1, \dots, 5$ ), we have:  $R_{23}^x = -R_{53}^x$ ,  $R_{23}^y = -R_{53}^y$ ,

$R_{24}^x = -R_{54}^x$ ,  $R_{24}^y = -R_{54}^y$ . hen the closed six equation system shall look as follows:

$$\begin{aligned} & R_{23}^x L_2 \sin \varphi_2 - R_{23}^y L_2 \cos \varphi_2 + R_{24}^x L_{2A} \sin \varphi_{2A} - R_{24}^y L_{2A} \cos \varphi_{2A} = 0, \\ & R_{23}^x L_3 \sin \varphi_3 - R_{23}^y L_3 \cos \varphi_3 = 0, \\ & R_{24}^x L_4 \sin \varphi_4 - R_{24}^y L_4 \cos \varphi_4 = 0, \\ & -R_{23}^x L_5 \sin \varphi_5 + R_{23}^y L_5 \cos \varphi_5 + R_{24}^x L_{5A} \sin \varphi_{5A} - R_{24}^y L_{5A} \cos \varphi_5 = 0, \\ & R_{23}^x + R_{24}^x + F_c = 0, \quad R_{23}^y + R_{24}^y + N_p = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Let's enter normal and tangential components of reaction forces in B and D. Let's consider equilibrium condition of units B and D:

$$\begin{aligned} & R_{24}^x + R_B^n \cos \varphi_4 + R_B^r \cos(\varphi_4 + 90^\circ) = 0 \quad \text{or} \quad R_{24}^x = -R_B^n \cos \varphi_4 + R_B^r \sin \varphi_4 \\ & R_{24}^y + R_B^n \sin \varphi_4 + R_B^r \sin(\varphi_4 + 90^\circ) = 0 \quad \text{or} \quad R_{24}^y = -R_B^n \sin \varphi_4 + R_B^r \cos \varphi_4 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} R_{23}^x + R_D^n \cos \varphi_3 + R_D^r \cos(\varphi_3 + 90^\circ) &= 0 \quad \text{or} \quad R_{23}^x = -R_D^n \cos \varphi_3 + R_D^r \sin \varphi_3 \\ R_{23}^y + R_D^n \sin \varphi_3 + R_D^r \sin(\varphi_3 + 90^\circ) &= 0 \quad \text{or} \quad R_{23}^y = -R_D^n \sin \varphi_3 + R_D^r \cos \varphi_3 \end{aligned} \quad (5)$$

Let's consider balance of tangential reactions of forces, affecting links 3 and 4 and force moments with respect to hinges C and E accordingly:

$$R_B^r + R_C^r = 0, \quad R_D^r + R_E^r = 0, \quad R_B^r L_4 = 0, \quad R_D^r L_3 = 0,$$

Whence it follows, that  $R_B^r = R_C^r = 0$ ,  $R_D^r = R_E^r = 0$  and therefore from (4) and (5) we shall obtain:

$$\begin{aligned} R_{23}^x &= -R_D^n \cos \varphi_3 & R_{24}^x &= -R_B^n \cos \varphi_4 \\ R_{23}^y &= -R_D^n \sin \varphi_3 & R_{24}^y &= -R_B^n \cos \varphi_4 \end{aligned} \quad (6)$$

After substitution in (3) of expressions (6), we obtain:

$$\begin{bmatrix} L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) & L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) & 0 & 0 \\ L_{5A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{5A}) & L_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_3) & 0 & 1 \\ -\cos \varphi_4 & -\cos \varphi_3 & 0 & 0 \\ -\sin \varphi_4 & -\sin \varphi_3 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R_B^n \\ R_D^n \\ M_P \\ N_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -F_C \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Let's consider the positions of the mechanism, where  $\Delta$  is equal to zero :

$$\Delta = -L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \cos \varphi_4 + L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) \cos \varphi_3 \quad (8)$$

Comparison of (2) and (8) shows that they agree within the factor  $L_3 L_4$ . Thus, the positions where the current response of the kinematic pairs becomes significant coincide with the special positions of the mechanism, that is, the positions where the change of output parameters resulting from negligibly small changes in the entrance angle becomes extremely large. Let's determine the relationship between driving torque and useful resistance force by the kinematical parameters of the mechanism.  $R_B^n$ ,  $R_D^n$  are equal:

$$R_B^n = \frac{-L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) F_c}{\Delta} \quad \text{and} \quad R_D^n = \frac{-L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) F_c}{\Delta}.$$

From the equilibrium equations we see that:

$$R_{12}^x = -R_D^n \cos \varphi_3 - R_B^n \cos \varphi_4, \quad R_{12}^y = -R_D^n \sin \varphi_3 - R_B^n \sin \varphi_4,$$

then we will deduce the relator connecting  $M_D$  и  $F_c$

$$M_D = \frac{-L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_4) + L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) \sin(\varphi_1 - \varphi_3)}{L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \cos \varphi_4 - L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) \cos \varphi_3} * L_1 F_c \quad (9)$$

In the areas close to special positions negligibly small changes in the entrance angle result in significant increase of constraint reactions and this complicates to maintain the movement of the mechanism within theoretical accuracy. When the mechanism reaches the special position, the determinant  $\Delta$  becomes equal to zero. Let's normalize the functional part of the determinant and name it as prescribed motion transmission indicator  $\tau_1$ . On the basis of  $\tau_1$  we estimate ability of motion transmission:

$$\tau_1 = \frac{-L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \cos \varphi_4 + L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) \cos \varphi_3}{L_2 + L_{2A}} \quad \tau_1 (-1 \leq \tau_1 \leq 1)$$

only in special positions becomes equal to zero and change of its sign indicates that the mechanism passes from one junction assembling to another one.

Let's now take sliding bar 5 as a driving link exposed to force  $F_D$ , and  $M_C$  – the resistance moment affecting link 1, and consider the result mechanism with the changeable closed contour. Then similarly to previous example, we shall deduce the formula connecting  $F_D$  и  $M_C$ :

$$F_D = \frac{L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \cos \varphi_4 + L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) \cos \varphi_3}{-L_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3) \sin(\varphi_1 - \varphi_4) + L_{2A} \sin(\varphi_1 - \varphi_3) \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A})} * \frac{M_c}{L_1}$$

On the basis of  $\tau_2$  we estimate ability of motion transmission:

$$\tau_2 = (-L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \cos(\varphi_1 - \varphi_4) + L_{2A} \sin(\varphi_1 - \varphi_3) \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A})) / (L_2 + L_{2A})$$

As is obvious, there is a direct relationship between the kinematical and force parameters of the considered mechanisms. This relationship is based on the fact that the expression of the coefficient matrix for the vector equations of mechanism closure for the variation of the generalized coordinate and the expression of matrix of coefficients of the mechanism equilibrium equations agree within the factor. This confirms the conclusions of the works [1,3].

In the article [4] to estimate the efficiency of mechanisms on the stage of their kinematic synthesis two criteria for the motion transmission are used, the first criterion ( $K_1$ ) - characterizes the relationship between the torques (driving and resistance) at the inlet and outlet, the second criterion ( $K_2$ ) - characterizes the relative level of reactions in the joints of the mechanism:

$$K_1 = M_D/M_C \text{ or } K_1 = M_D/(F_C d); K_2 = R/(M_C/d) \text{ or } K_2 = R/F_C;$$

where  $M_D$  - module driving torque;  $M_C$ ,  $F_C$  - the torque and useful resistance force module;  $R$  - modulo maximum reaction in the mechanism joints;  $d$  - a linear size. The value of  $M_C$  or  $F_C$  is considered as preset, and  $M_D$  and  $R$  values shall be determined by static analysis. At the same time assumptions like: weightless, rigid links; ideal constraints; and no other active forces, are accepted. Criteria  $K_1$  и  $K_2$  take into account the essential elements of the real picture of the force transmission in the mechanism. The force transmission criteria are used in kinematic analysis and synthesis of the mechanism. Force transmission criteria play the same role as the angles of pressure used to evaluate the efficiency of class II mechanisms.

Let's demonstrate that the criteria  $K_1$  and  $K_2$  are interconnected. According to the formula (9) we have (Fig. 1):

$$\frac{M_D}{F_C L_1} = \frac{L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_4) + L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) \sin(\varphi_1 - \varphi_3)}{L_2 \sin(\varphi_3 - \varphi_2) \cos \varphi_4 - L_{2A} \sin(\varphi_4 - \varphi_{2A}) \cos \varphi_3}.$$

Expression in the denominator of the right part of (10) is  $\Delta$  (according to the formula 9), its zero values correspond to the maximal values of the reactions. Then from (10) it is obvious that the positions where the reactions become maximum (criterion  $K_2$ ), coincide with the positions where the  $M_D$  becomes extremely high (criterion  $K_1$ ). This suggests that they are constituents of more general criterion of the mechanism motion and forces transmission, deduced by Jacobian decomposition of the independent vector contour closedness equation. The above is described in the article [3]. Normalized Part (10) is the value of prescribed motion and forces  $\tau$ . Value of transmission of motion  $\tau$  ( $-1 \leq \tau \leq 1$ ) only in special situations becomes zero. By its value it is also possible to estimate its distance from the boundaries of the mechanism domain of existence.

The modular approach [3, 5] is widely applied for kinematical synthesis of mechanisms, when:

- a) the initial kinematical chain (IKC) with several degrees of mobility makes the prescribed motions;
- b) Introduction in the certain way of the closing kinematic chains (CKC) results in formation of the mechanisms. As CKC a dyad or a binary link, with one zero and one negative degree of mobility is usually considered.

Restrictions are applied on pressure (transmission) angles in kinematic pairs [3, 5] for acquisition of efficient mechanisms. However for mechanisms with the changeable closed contour the estimation of their ability to transmit the prescribed motion along with the transmission angles is insufficient as it is shown in the

article [3]. In that article the account for transmission of the prescribed motion at synthesis is reduced to the problem of three-criterion optimization, quite complicated from the practical point of view.

Up to now the issues of synthesis and kinematic analysis have been considered separately and therefore various problems connected with existence and identification of different mechanism assemblage required additional resolution. Since it is known that at the mechanism synthesis, so-called "branching defect" often appears, and then one part of N predetermined position is approximated by one assembly of mechanism, and the other part is approximated by the other type of the mechanism assembly, owing to that the resulting mechanism does not perform the prescribed motion.

We propose to use the below mechanism synthesis algorithm allowing transferring the process of synthesis to practical optimization (as is shown in example in the Fig. 3 below), this algorithm is based on well-known approaches and allows solving the problem of mechanism scheme efficiency already at the stage of synthesis:

1. The initial kinematic chain (IKC) is selected - OABC;

2. IKC is forced to execute the prescribed motions  $\varphi_1$  and S and by introduction of closing kinematic chains (CKC) - ADEC the mechanism is formed (the cyclic quadratic point  $D(m_2^*, n_2^*)$  in the plane  $Cm_2n_2$  is found in inverse motion of the moving plain  $Cm_2n_2$  relative to the moving plain  $Am_2n_2$  by the procedure of minimization of the objective function [6]);

3. CKC, with consideration of the points of adjunction D and E found in a course of optimization, is forced to carry out the prescribed motions;

4. For each of N set positions of IKC – OABC the value of motion and force transmission indicator  $\tau$  is estimated by calculation of the variable distances between points of adjunction D and E.

5. If  $\tau$  values are not close to zero and don't change a sign for the entire cycle of the prescribed motion of IKC, then the resulting kinematic scheme of the mechanism works in one assemblage and with some approximation reproduces the prescribed motions.

Efficiency of algorithm and the computer software developed on its basis are confirmed by schemes of mechanisms, for which the inventor's certificates are received [7, 8]. The account of the motion and forces transmission indicator  $\tau$  transfer at a stage of computer realization of the kinematic synthesis algorithm does not guarantee the efficiency of the mechanism after its design development. However, it creates the necessary background for this purpose. At unfavorable values of  $\tau$  it is impossible to compensate weak points of the kinematic scheme by means of design solutions and to create the efficient mechanism.

#### REFERENCES

1. Muratov A.M. *Peculiarities of forces and movement transfer between flat lever mechanism links*. Alma-Ata, KazGU, 1985, 63-70.
2. Temirbekov E.S. *Some aspects of the analysis and synthesis of high class mechanisms*. Astana, 2006, 299 p.
3. Moldabekov M. *Analytical methods of the analysis and the synthesis*. Dr.Sci.Tech., Alma-ata, 1989.
4. Akramov B. N, E.E. Peisakh. Criteria of movement transfer for the six-link flexible third class mechanism. *News of high schools. Mechanical engineering*, 1987, 2.
5. Baiguchenkov Zh.Zh. Numerical methods of the analysis and synthesis of high class mechanisms and their application. Dr.Sci.Tech., Alma-Ata, 1985.
6. Sarkisyan U.L. Approximated synthesis of mechanisms. *M: the Science*, 1982, 304 p.
7. Temirbekov E.S. Finite-element modeling of lever mechanisms. *Working out of a mobile scaffolding*, Astana, 2007, 218 p.
8. Temirbekov E.S. Grab mechanism. *Author's invention N of 818796 of the USSR state invention committee*.

**Резюме**

Төрт буынды жазық механизмнің ерекше жағдайы үшін қозғалыс беріліс бұрыштың синус мәнімен бағаланады. Осында үқсастық екінші класты алты буынды жазық механизмдер жағдайында да, негізінде екінші класты көп буынды механизмдерге де колданылады. Дегенмен контуры өзгеретін түйікталған алты буынды механизмдердің беріліс қозғалысының кабілетін бағалау үшін беріліс бұрыши жеткіліксіз болады. Мұнда беріліс қозғалысының кабілетін және контуры өзгеретін түйікталған алты буынды механизмдердің күштерін бағалайтын көрсеткіштер алынды.

**Резюме**

Для особых положений плоского четырехзвенного механизма передача движения оценивалась абсолютным значением синуса угла передачи. Аналогичный подход применялся и в случае плоского шестизвездного механизма II класса, и вообще, многозвенных механизмов II класса. Однако для шестизвездных механизмов с изменяемым замкнутым контуром для оценки способности передачи движения, углов передачи оказывается недостаточно. Здесь получены показатели для оценки способности передачи движения и сил шестизвездного механизма с изменяемым замкнутым контуром.

УДК 622.7:001

Б. Р. РАКИШЕВ

## ПОВЫШЕНИЕ КОМПЛЕКСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РУДНОГО СЫРЬЯ – ВАЖНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗАДАЧА

Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, г. Алматы

Обоснован метод прогнозирования уровня извлечения основных и сопутствующих элементов многокомпонентных руд. Проанализированы зависимости изменения извлечения благородных и редких металлов при различных технологиях переработки полиметаллической руды. Предложены математические модели состояния минерального сырья на различных этапах переработки и метод определения ценностей составляющих элементов и всей продукции. Разработана методика управления комплексным использованием минерального сырья.

В условиях систематического снижения содержания профильных металлов в руде разработка месторождений станет рентабельной только при комплексном и достаточно полном извлечении всех полезных компонентов из рудного сырья. При этом прогнозирование уровня извлечения как основных, так и сопутствующих элементов многокомпонентных руд может быть осуществлено на основе закономерностей изменения показателей обогащения в зависимости от исходных данных сырья и технологии переработки, представленных в виде [1]:

$$\gamma_{ki} = \frac{\alpha_i - \delta_i}{\beta_i - \delta_i}, \quad \gamma_{xi} = \frac{\beta_i - \alpha_i}{\beta_i - \delta_i}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{ki} = \gamma_{ki} \frac{\beta_i}{\alpha_i}, \quad \varepsilon_{xi} = \gamma_{xi} \frac{\delta_i}{\alpha_i}, \quad (2)$$

где  $\gamma_{ki}$ ,  $\gamma_{xi}$  – выход общего концентрата и отвальных хвостов или концентрата и хвостов при обогащении профильного металла соответственно;  $\varepsilon_{ki}$ ,  $\varepsilon_{xi}$  – извлечение  $i$ -го компонента в концентрат и хвосты обогащения соответственно;

$\alpha_i$ ,  $\beta_i$  и  $\delta_i$  – содержание  $i$ -го компонента в руде, концентрате и хвостах соответственно.

Как видно из соотношений (2), при вычисленных или известных  $\gamma_{ki}$ ,  $\gamma_{xi}$ ,  $\beta_i$ ,  $\alpha_i$  степень извлечения в концентрат всех содержащихся в руде полезных компонентов может быть установлена расчетным путем.

По установленному выходу концентрата профильного металла и принятому значению содержания исследуемого сопутствующего элемента в хвостах его извлечение в концентрат может быть вычислено по формуле:

$$\varepsilon_{ks} = 1 - (1 - \gamma_{kn}) \frac{\delta_i}{\alpha_i}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{ks}$  – извлечение сопутствующего элемента;  $\gamma_{kn}$  – выход концентрата основного (профильного) металла.

Содержание сопутствующего элемента в концентрате устанавливается из соотношения:

$$\beta_{si} = \alpha_{si} \frac{\varepsilon_{ks}}{\gamma_{kn}}, \quad (4)$$

где  $\delta_{si}$  – содержание сопутствующего элемента в руде.

Для проверки правомочности соотношений (3) и (4) рассмотрены технологические показатели обогащения, достигнутые в опытах на медной руде месторождения «Бозымчак», приведенные в табл. 1 [2]. Содержание меди в рудном сырье

составляло 1,19 %, золота 1,94 г/т и серебра 21,78 г/т. Расчетные значения извлечения всех металлов в концентрат приведены в знаменателе дроби. Как видно, относительное отклонение этих величин от фактических по меди и золоту не превышает – 0,36%, а по серебру – довольно значительное и составляет 8,28%.

Таблица 1. Результаты опытов на руде месторождения «Бозымчак»

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Си, %	Au, г/т	Ag, г/т	Си	Au	Ag
Медный концентрат	3,21	33,12	48,20	430,00	<u>89,45</u> 89,34	<u>80,04</u> 79,75	<u>69,09</u> 63,37
Хвосты отвальных	96,78	0,13	0,40	6,40	10,55	19,96	30,91
Руда	100,00	1,19	1,94	21,78	100,0	100,0	100,0

Далее проанализированы результаты опытно-промышленных испытаний по извлечению редкого металла – рения из медных руд. Технологические показатели обогаще-

ния ренийсодержащей медной руды при двух режимах обогащения, отличающихся составом и содержанием реагентов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты опытно-промышленных испытаний ренийсодержащей медной руды

№№ опытов	Продукты	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			Cu	Re, г/т	Cu	Re
1	Медный концентрат	3,17	40,80	22,85	<u>92,02</u> 91,73	<u>31,36</u> 31,36
	Хвосты общие	96,83	0,12	1,64	7,98	68,64
	Руда	100,00	1,41	2,31	100,00	100,00
2	Медный концентрат	3,18	41,08	26,68	<u>92,57</u> 92,65	<u>35,20</u> 35,20
	Хвосты общие	96,82	0,11	1,61	7,43	64,80
	Руда	100,00	1,41	2,41	100,00	100,00

В первом опыте содержание рения в руде составляло 2,31 г/т, во втором случае – 2,41 г/т. Расчетное извлечение рения в концентрат точно совпадает с установленным в опытах. Повышение извлечения рения в концентрат достигнуто за счет оптимизации реагентного режима флотации минералов рения, в частности, использования флокулянта-модификатора на основе поливинилацетатной эмульсии (ПВА) [2].

В табл. 3 приведены технологические показатели обогащения ренийсодержащей медной руды при различных реагентных режимах. Расчетное значение извлечения рения представлено в столбце “извлечение” в знаменателе дроби. Как

видно, при новых режимах обогащения фактические и расчетные показатели извлечения полностью совпадают. С уменьшением содержания рения в хвостах с 1,1 до 0,75 г/т его извлечение в концентрат повышается с 45,3 до 57,4%, т.е. в 1,27 раза.

Таким образом, проведенный анализ степени извлечения сопутствующих компонентов медных руд в концентрат подтверждает возможность предопределения уровня их извлечения.

Изложенный подход справедлив для всех без исключения сопутствующих компонентов, содержащихся в исходном рудном сырье. Для подтверждения этого рассмотрим изменение извлечения наиболее распространенных благородных и редких

Таблица 3. Результаты опытов на медно-сульфидной руде Жезказганского месторождения

Продукты флотации	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Условия опытов
		Cu	Re	Cu	Re	
Медный концентрат	5,4	22,90	16,5	<u>92,3</u> 91,6	<u>46,3</u> 45,93	Базовый режим
Хвосты отвальных Руда	94,6 100,0	0,11 1,35	1,1 1,94	7,7 100,0	53,7 100,0	
Медный концентрат	4,6	25,0	17,0	<u>91,6</u> 92,0	<u>47,6</u> 47,68	Использование ПВА – 50 г/т
Хвосты отвальных Руда	95,4 100,0	0,11 1,25	0,9 1,64	8,4 100,0	52,4 100,0	
Медный концентрат	5,1	24,1	18,8	<u>92,20</u> 92,41	<u>57,40</u> 57,41	Использование ПВА – 40 г/т + сода
Хвосты отвальных Руда	94,9 100,0	0,11 1,33	0,75 1,67	7,8 100,0	42,6 100,0	

металлов при различных технологиях обогащения. В соответствии с [3], содержание золота в руде принято равным 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 г/т, а содержание в хвостах – равным 0,125; 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,45; 0,50 г/т. Соответственно для серебра  $\alpha_{Ag}=2,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0$  г/т,  $\delta_{Ag}=1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0$  г/т, для рения  $\alpha_{Re}=0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,050$  г/т,  $\delta_{Re}=0,01; 0,0125; 0,015; 0,0175; 0,02$  г/т. Низкие значения  $\delta$  соответствуют более высокому, а большие значения  $\delta$  – низкому уровню технологий обогащения. Для сокращения объема записи найденные по формуле (3) значения извлечения рассмотренных элементов при заданных  $\alpha$  и выходе концентрата основного металла  $\Gamma_{kp}=0,03$ ,  $\gamma_{kp}=0,13$  графически изображены на рисунке.

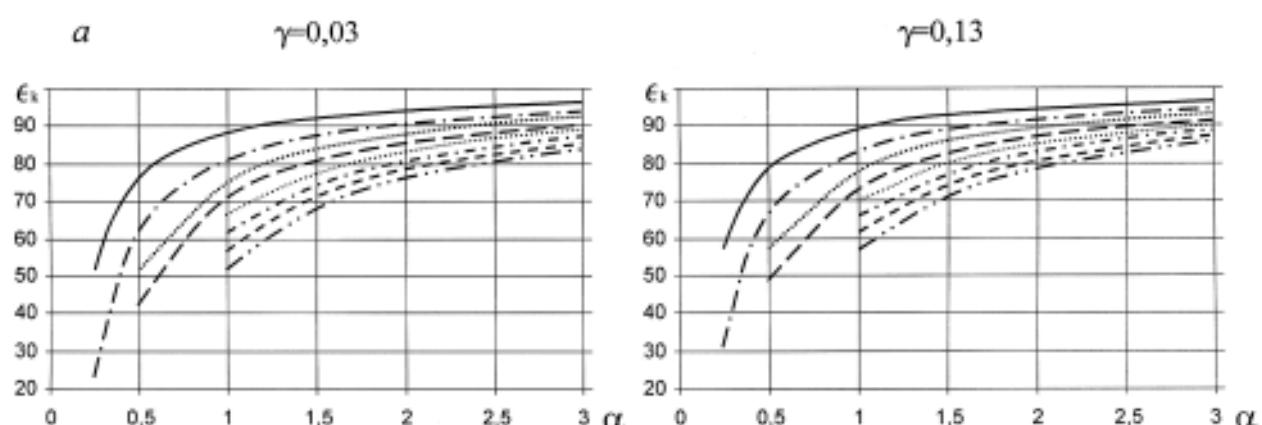
Как видно из рис. 1, характер изменения извлечения рассмотренных элементов в концентрат одинаков, при прочих равных условиях с увеличением содержания в руде возрастает их извлечение в концентрат. Однако такой прирост более интенсивен в зоне низкого содержания компонентов в руде (для золота до 0,8 г/т, для серебра до 10,0 г/т и для рения 0,02 г/т). Например, при  $\gamma=0,08$ ,  $\delta=0,125$  с увеличением содержания золота в руде с 0,25 до 0,5 г/т извлечение повышается в 1,42 раза, а при увеличении того же показателя с 1,5 до 3,0 г/т – всего в 1,04 раза. Этот прирост для серебра с увеличением его содержания в руде с 5,0 до 10,0 г/т составит 11,0%, при увеличении содержания с 20 до 30 г/т – 1,0 %. Фактические данные лежат в полосе, ограниченной

кривыми значений извлечения редких и благородных элементов при высоких и низких технологиях обогащения основных металлов.

Из этих данных также следует, что увеличение выхода концентрата основного металла не сильно влияет на уровень извлечения благородных и редких элементов в концентрат. При прочих условиях это влияние не превышает 3,0% (относительное значение). Вклад технологий обогащения в извлечение сопутствующих элементов более существен при их низком содержании в исходном сырье.

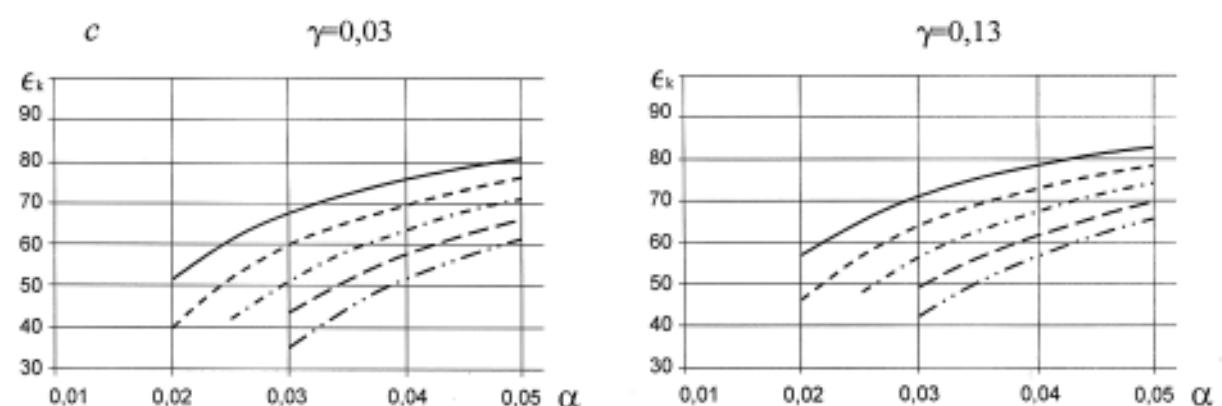
Графики на рисунка показывают, что улучшение основных показателей обогащения обеспечивается уменьшением содержания рассматриваемых полезных компонентов в хвостах, что достигается за счет подбора эффективных схем и технологий обогащения многокомпонентных руд.

Рассмотренный аналитический метод определения основных показателей обогащения минерального (МС) усиливает доказательную базу поисков по разработке и внедрению в производство новых инновационных технологий первичной переработки рудного сырья, направленных на полное комплексное извлечение всех содержащихся в нем полезных компонентов. Оно обеспечивается выбором технологий переработки МС, наиболее соответствующих природным и технологическим свойствам сырья. Управление количеством и качеством продукции при этом осуществляется на основе математических моделей состояния минерального сырья на каждом из этапов переработки, представленных в виде [3, 4]:



Условные обозначения: — при  $\delta = 0,125$ ; - - при  $\delta = 0,2$ ; — при  $\delta = 0,25$ ; - - при  $\delta = 0,3$ ; ..... при  $\delta = 0,35$ ; - - - при  $\delta = 0,4$ ; - - - при  $\delta = 0,45$ ; - - - при  $\delta = 0,5$ .

Условные обозначения: — при  $\delta = 1,0$ ; - - при  $\delta = 2,0$ ; — при  $\delta = 3,0$ ; - - - при  $\delta = 4,0$ ; - - - при  $\delta = 5,0$ ; ..... при  $\delta = 6,0$ ; - - - при  $\delta = 7,0$ .



Условные обозначения: — при  $\delta = 0,01$ ; - - - при  $\delta = 0,0125$ ; - - - при  $\delta = 0,015$ ; - - при  $\delta = 0,0175$ ; - - - при  $\delta = 0,02$ .

Графики изменения извлечения сопутствующих элементов в зависимости от их содержания в руде: для золота (а); для серебра (б); для рения (в)

$$M_6 = \sum_{i=1}^n m_i; M_p = \varepsilon_p \sum_{i=1}^n m_i; M_{kn} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^r \varepsilon_{yi} m_i;$$

$$M_k = \varepsilon_p \sum_{i=1}^p \varepsilon_{ki} m_i; M_x = \varepsilon_p \sum_{i=1}^s \varepsilon_{xi} m_i; \quad (5)$$

$$M_m = \sum_{i=1}^q M_{mi} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^q \varepsilon_{ki} \varepsilon_{mi} m_i; M_{om} = \varepsilon_p \sum_{i=1}^l \varepsilon_{oi} m_i.$$

где  $M_6$  – масса руды в контуре балансовых запасов;  $M_p$  – масса руды, извлеченной из недр;  $M_{po}$  – масса руды, поступившей на обогатительную фабрику;  $M_{kn}$  – масса кусковой породы, удаленной из рудной массы (КП);  $M_k$  – масса всего концентратов (концентратов);  $M_x$  – масса хвостов обогащения (ХО);  $M_{mi}$  – масса  $i$ -й конечной продукции (металла);  $M_m$  – масса всей конечной продукции (всех металлов);  $M_{om}$  – масса отходов металлургического предела (МП);  $m_i$  – масса  $i$ -го компонента в балансовых запасах;  $n$  – число всех компонентов в объеме запасов, включая пустые породы;  $\varepsilon_p$  – коэффициент извлечения из недр полезного ископаемого;  $\varepsilon_{yi}$  – коэффициент удаления из рудной массы  $i$ -ой кусковой породы;  $\varepsilon_{ki}$  – коэффициент извлечения  $i$ -го компонента из руд в концентрат;  $\varepsilon_{xi}$  – коэффициент извлечения  $i$ -го компонента из руд в хвосты;  $\varepsilon_{mi}$  – коэффициент извлечения  $i$ -го металла из концентрата;  $\varepsilon_{oi}$  – коэффициент извлечения  $i$ -го компонента в отходы металлургического передела;  $p$  – число полезных компонентов, извлекаемых из руд в концентрат;  $r$  – число компонентов удаленных из рудной массы;  $s$  – число компонентов, извлекаемых в хвосты;  $q$  – число полезных компонентов, извлекаемых из концентрата в металл;  $l$  – число компонентов, извлекаемых из концентрата в отходы металлургического передела.

Обычно  $n > p > q$ ,  $\varepsilon_p = 0,5 \div 0,97$ ,  $\varepsilon_{yi} = 0,15 \div 0,4$ ,  $\varepsilon_{ki} = 0,4 \div 0,98$ ,  $\varepsilon_{xi} = 0,02 \div 0,5$ ,  $\varepsilon_{mi} = 0,85 \div 0,98$ ,  $\varepsilon_{oi} = 0,02 \div 0,15$ .

Во всех случаях переработки сохраняется баланс масс МС, т.е.:

$$\begin{aligned} M_p &= M_{po} + M_{kn}, \\ M_{po} &= M_k + M_x, \\ M_k &= M_m + M_{om}. \end{aligned} \quad (6)$$

При определении полноты и комплексности использования МС более воспринимаемым и наглядным является его денежный эквивалент, т.е.

валовая ценность как изначальная, предопределенная природой. Валовая ценность – совокупность ценностей всех компонентов, заключенных в данном объеме балансовых запасов, определяется по формуле:

$$C_b = \sum_{i=1}^n m_i c_i, \quad (7)$$

где  $c_i$  – цена 1 т конечной продукции, получаемой из  $i$ -го компонента.

Ценности МС при добыче, обогащении и металлургическом переделе могут быть определены по нижеприведенным зависимостям:

$$C_d = \varepsilon_p \sum_{i=1}^n m_i c_i + \varepsilon_p \sum_{j=1}^r \pi_j \varepsilon_{yi} m_j c_j$$

$$C_o = \varepsilon_p \sum_{i=1}^p \varepsilon_{ki} m_i c_i + \varepsilon_p \sum_{\varphi=1}^s \pi_\varphi \varepsilon_{xi} m_\varphi c_\varphi \quad (8)$$

$$C_m = \varepsilon_p \sum_{i=1}^q \varepsilon_{mi} m_i c_i + \varepsilon_p \sum_{\mu=1}^l \pi_\mu \varepsilon_{oi} m_\mu c_\mu.$$

Обозначения букв  $\pi_j$ ,  $\varepsilon_p$ ,  $\varepsilon_{xi}$ ,  $\varepsilon_{ki}$ ,  $\varepsilon_{mi}$ ,  $n$ ,  $r$ ,  $p$ ,  $s$ ,  $q$ ,  $l$  прежние;  $\pi_j$  – коэффициент использования  $j$ -го вида КП;  $\pi_\varphi$  – коэффициент использования  $\varphi$ -го вида ХО;  $\pi_\mu$  – коэффициент использования  $\mu$ -го вида отходов МП;  $m_j$  – масса  $j$ -го вида КП;  $m_\varphi$  – масса  $\varphi$ -го вида ХО;  $m_\mu$  – масса  $\mu$ -го вида отходов МП;  $c_j$  – цена 1 т  $j$ -го вида КП;  $c_\varphi$  – цена 1 т  $\varphi$ -го вида ХО;  $c_\mu$  – цена 1 т  $\mu$ -го вида отходов МП.

Общая итоговая ценность конечной продукции определяется по формуле:

$$C_n = \varepsilon_p \sum_{i=1}^q \varepsilon_{mi} m_i c_i + G_1 + G_2 + G_3. \quad (9)$$

Для сокращения объема записи введены обозначения:

$$\varepsilon_p \sum_{j=1}^r \pi_j \varepsilon_{yi} m_j c_j = G_1,$$

$$\varepsilon_p \sum_{\varphi=1}^s \pi_\varphi \varepsilon_{xi} m_\varphi c_\varphi = G_2,$$

$$\varepsilon_p \sum_{\mu=1}^l \pi_\mu \varepsilon_{oi} m_\mu c_\mu = G_3.$$

Предлагаемый подход приобретает важное значение при обосновании извлечения из добываемых руд дорогостоящих редких и редкоземельных

элементов (осмий, рений, платина и др.), содержащихся в них в тысячных долях процента. Как показано ниже, ценности попутно извлекаемых составляющих выше таковых основных полезных компонентов.

Для подтверждения этого в табл. 4 приведены расчетные доходы от реализации отдельного металла и всей продукции при различных вари-

антах переработки руды усредненного полиметаллического месторождения Казахстана. Объем перерабатываемой руды принят равным 10 млн т в год.

Коэффициент извлечения компонентов из руд в концентрат для базовых металлов принят равным пределах 0,8-0,95, для сопутствующих (редких и благородных) металлов – в пределах

Таблица 4. Масса и стоимость отдельного металла и всей продукции при различных вариантах переработки полиметаллической руды

Полез- ные компо- ненты	Их со- дер- жас- ние	Мас- са, т	Варианты						
			I $\frac{m_{ni_1}}{C_1}$	II $\frac{m_{ni_2}}{C_2}$	III $\frac{m_{ni_3}}{C_3}$	IV $\frac{m_{ni_4}}{C_4}$	V $\frac{m_{ni_5}}{C_5}$	VI $\frac{m_{ni_6}}{C_6}$	VII $\frac{m_{ni_7}}{C_7}$
Cu	0,7%	7000	4256	4522	5386,5	5566,05	6001,625	6191,15	4522
			32345600	34367200	40937400	42301980	45612350	47052740	34367200
Mo	0,15 %	1500	698,25	748,125	912	969	1154,25	1218,375	748,125
			33516000	35910000	43776000	46512000	55404000	58482000	35910000
Zn	2,0 %	20000	11400	12112,5	12920	13680	15390	16245	12112,5
			19950000	21196875	22610000	23940000	26932500	28428750	21196875
Pb	1,0 %	10000	5700	6056,25	6460	6840	7695	8122,5	6056,25
			10602000	11264625	12015600	12722400	14312700	15107850	11264625
Au	1,0 г/т	1,0	0,399	0,4275	0,532	0,56525	0,684	0,722	0,4275
			11172000	11970000	14896000	15827000	19152000	20216000	11970000
Ag	20 г/т	20	7,98	7,98	10,64	11,305	13,68	14,44	7,98
			3351600	3351600	4468800	4748100	5745600	6064800	3351600
Bi	0,05 %	500	142,5	166,25	213,75	228	282,625	299,25	0
			6412500	7481250	9618750	10260000	12718125	13466250	
Pt	0,05 %	500	142,5	166,25	213,75	228	282,625	299,25	0
			4702,5·10 <sup>6</sup>	5486,25·10 <sup>6</sup>	7053,75·10 <sup>6</sup>	7524·10 <sup>6</sup>	9326,63·10 <sup>6</sup>	9875,25·10 <sup>6</sup>	
Pd	0,05 %	500	142,5	166,25	213,75	228	282,625	299,25	0
			954,75·10 <sup>6</sup>	1113,88·10 <sup>6</sup>	1432,13·10 <sup>6</sup>	1527,6·10 <sup>6</sup>	1893,59·10 <sup>6</sup>	2004,98·10 <sup>6</sup>	
Co	0,05 %	500	142,5	166,25	213,75	228	282,625	299,25	0
			2707500	3158750	4061250	4332000	5369875	5685750	
Se	3,8 г/т	3,8	1,083	1,2635	1,6245	1,7328	2,14795	2,2743	0
			75810	88445	113715	121296	150356,5	159201	
Te	0,26 г/т	0,26	0,0741	0,08645	0,11115	0,11856	0,146965	0,15561	0
			17043	19883,5	25564,5	27268,8	33801,95	35790,3	
Cd	0,04 г/т	0,04	0,0114	0,0133	0,0171	0,01824	0,02261	0,02394	0
			82,08	95,76	123,12	131,328	162,792	172,368	
Re	0,3 г/т	0,3	0,0855	0,09975	0,12825	0,1368	0,169575	0,17955	0
			598500	698250	897750	957600	1187025	1256850	
In	20 г/т	20	5,7	6,65	8,55	9,12	11,305	11,97	0
			4104·10 <sup>3</sup>	4788·10 <sup>3</sup>	6156·10 <sup>3</sup>	6566,4·10 <sup>3</sup>	8139,6·10 <sup>3</sup>	8618,4·10 <sup>3</sup>	
Os	0,02 г/т	0,02	0,0057	0,00665	0,00855	0,00912	0,011305	0,01197	0
			57·10 <sup>6</sup>	66,5·10 <sup>6</sup>	85,5·10 <sup>6</sup>	91,2·10 <sup>6</sup>	113,05·10 <sup>6</sup>	119,7·10 <sup>6</sup>	
Tl	0,01 %	100	28,5	33,25	39,9	45,6	56,525	59,85	0
			20805000	24272500	29127000	33288000	41263250	43690500	
<b>Итого</b>			<b>22668,09</b>	<b>24153,65</b>	<b>26595,01</b>	<b>28035,66</b>	<b>31456,07</b>	<b>33063,65</b>	<b>23447,28</b>
			<b>5859,9·10<sup>6</sup></b>	<b>6825,19·10<sup>6</sup></b>	<b>8760,08·10<sup>6</sup></b>	<b>9344,4·10<sup>6</sup></b>	<b>11569,28·10<sup>6</sup></b>	<b>12248,19·10<sup>6</sup></b>	<b>118,06·10<sup>6</sup></b>

Примечание. Масса  $m_i$  металла в тоннах, ценность  $C_i$  в долларах США.

0,5-0,7, а коэффициент извлечения металлов из концентратов для основных металлов принят равным в пределах 0,85-0,98, сопутствующих элементов – в пределах 0,60-0,80. Цены одной тонны полезных компонентов взяты за 2009 год.

Рассмотрено семь вариантов с различными значениями указанных коэффициентов извлечения. В седьмом варианте приведен случай, когда сопутствующие полезные компоненты вообще не извлекаются в концентрат.

Как видно из табл. 4, например, при втором варианте переработки МС стоимость полученной меди составляет 34.367.200, молибдена – 35.910.000, золота – 11.970.000, платины – 5486,25·10<sup>6</sup>, осмия – 66,5·10<sup>6</sup>, общей конечной продукции 6825,19·10<sup>6</sup> долларов США. Доля совокупных доходов от реализации профильных металлов: меди, молибдена, цинка и свинца от общих составляет всего 1,5%. Выручка от возможной реализации платины в 53,4 раза превышает суммарную выручку от профильных металлов. Аналогичная картина характерна и для других вариантов.

Данные табл. 4 также показывают, что с улучшением технологии переработки МС (с первого по шестой вариант) доходы, получаемые от реализации конечной продукции, увеличиваются в 2,09 раза. При неполном извлечении полезных компонентов из руды (вариант VII), что имеет место на практике, они на 1,5 и 2 порядка ниже, чем в предыдущих вариантах. Это свидетельствует о том, что в случаях комплексного использования МС потребный размер доходов от реализации продукции ГМК можно обеспечить при объеме перерабатываемой руды по крайне мере на порядок меньше, чем в настоящее время.

**Заключение.** 1. В качестве основного критерия оценки технологии переработки минерального сырья может быть принят выход полезных компонентов в хвосты. Его низкое значение соответствует более высокому, а повышенное значение – более низкому уровню технологии переработки МС.

2. По величине выхода полезных компонентов в хвосты можно судить об уровне применяемой технологии переработки МС.

3. Полное и комплексное использование минерального сырья может быть реализовано при полном соответствии технических средств и технологий переработки МС его природным свойствам и технологическим характеристикам.

4. Разработанная методика оценки комплексности использования полезных компонентов удачно взаимоувязывает конечные результаты переработки минерального сырья с уровнем применяемых технологий и дает надежный инструмент для управления процессом переработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ракишев Б.Р. Оценка соответствия технологии переработки природным свойствам минерального сырья // Вестник НАН РК. 2010. № 1. С. 27-32.

2. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Т. 5. Некоторые вопросы теории и технологии переработки медных руд. Алматы, 2008. 428 с.

3. Ракишев Б.Р. Геотехнологическое управление качеством минерального сырья. Алматы: КазНТУ, 2009. 319 с.

4. Rakishev B.R. Open Cast Mining in Kazakhstan Under Market Conditions // 21<sup>st</sup> World Mining Congress & Expo 2008. New Challenges and Visions for Mining. Cracow, Poland, 2008. P. 283-289.

## REFERENCES

1. Rakishev B.R. *Vestnik NAN RK*, **2010**, 1, 27-32 (in Russ.).

2. *Kompleksnaya pererabotka mineral'nogo syr'ia Kazakhstana. Nekotorye voprosy teorii i tekhnologii pererabotki mednykh rud*. Almaty, **2008**, 5, 428 p. (in Russ.).

3. Rakishev B.R. *Geotekhnologicheskoe upravlenie kachestvom mineral'nogo syr'ia*. Almaty, KazNTU, **2009**, 319 p. (in Russ.).

4. Rakishev B.R. *21st World Mining Congress & Expo 2008. New Challenges and Visions for Mining. Cracow, Poland, 2008*, 283-289.

## Резюме

Көпкомпонентті көндөрдің негізгі және қосалқы элементтерін алу деңгейін болжай өдістемесі негізделген. Көп металды көндөрді өндірудің әртүрлі технологиялары кезінде асыл және сирек металдарды алудың өзгеру заманылыштары талданған. Өндірудің әртүрлі көзендерінде минералды шикізат күйінің математикалық модельдері және құраушы элементтер мен барлық өнімнің құнын анықтау өдісі ұсынылған. Минералды шикізатты кешенді пайдалануды басқару өдістемесі ұсынылған.

**Негізгі сөздер:** минералды шикізат, өндіру көзендері, кешенді қолдану, пайдалы компоненттердің құндылықтары.

## Summary

The method is justified for predicting the extraction level of basic and accompanying elements from multi-component ores. Dependences of changes in extraction of noble and rare metal were analyzed using different technologies of polymetallic ores processing. The mathematical models are suggested for states of mineral raw materials at the various stages of processing and the method was proposed for the appraisal of its elements and whole production. The management method is developed for complex utilization of mineral raw materials.

**Key words:** mineral raw materials, stages of processing, multipurpose utilization, values of mineral components.

УДК 599.735.619

*A. M. МЕЛДЕБЕКОВ, A. B. БЕКЕНОВ*

## **АҚБӨКЕННИҢ ЖАППАЙ ЖИІ ӨЛІМ-ЖІТІМГЕ ҮШЫРАУЫ ТЕК ПАСТЕРЕЛЛЕЗ АУРУЫНАН БА?**

ҚР Білім және ғылым министрлігінің Зоология институты

Қазақстанда ақбөкендердің санының азаю себептері және Батыс Қазақстан облысында 2010 ж. болған олардың жаппай қырылуы пастереллез ауруынан болды деген корытынды талданады. Сондай-ақ мұнда жаппай өлім-жітімге үшырауының әртүрлі болжамдары сөз болады. Ақбөкен ауруларын зерттеу және оларды емдеу шараларын жүзеге асыру керектігіне токталады.

Кең байтақ Қазақ жерінде сонау адам баласы пайда болған ертедегі тас дәуірінен бері тіршілік етіп келе жатқан керемет хайуанненнар өкілі – ақбөкен болып табылады. Оны халық қебіне «киік» деп атайды. Сонау көне дәуірде ол мамонттар мен жұнді мүйізтұмсықтармен бірге батыста Англиядан бастап, одан әрі шығыска қарай Аляска түбегіне дейін кең тараған. Бірақ бертін келе дәмді еті мен жанға шипа, дерктек дауа болатын дәрілік шікізат – мүйізі үшін жыртқыштық жолмен қалай болса – солай аулау бұл өте бағалы аңның бұрын өмір сүрген көптеген аудандарда жойылып кетуіне өкеп соқты. Оның мүйізінің емдік қасиетін халықтық медицина ертеден білген. Одан женшешень немесе пантокрин тәрізді дәрі алынады. Мұндай дәрі өкпе қабыну, жүрек ауруы, паралич сияқты ауруларға ем есебінде қолданылады. Мал еті ауырлау тиетін науқастар киік етін жеген, өйткені оның еті – тез сінётін женіл тамак. Ақбөкеннің тұяғын күйдіріп, одан алынған құлді денедегі жара – теміреткіге жақса, ол тез жазылатынын қазақ халқы ертеден білген. Ал бұл аңның қаны шөлі қанбайтын сусамыр ауруына шалдық-қандарға пайдалы. Сондықтан да біздін халықтың киікті «киелі», қасиетті аң» деуі осыдан.

XVII–XIX ғасырларда бұл иесі жок «киелі» жануарларды жаппай аяусыз қырып-жою оның санын азайтып жіберді. Жойылып кету қаупі бар ақбөкеннің Қазақстандағы саны 1919 жылы 4–5 мындаған ғана болды. Сондықтан да ол бізде дереу қорғауға алынып, оны аулауға дереу тыйым салынды. Соған коса басқа да жедел қорғау шараларының арқасында киіктің коры біздін елде жылдан жылға көбейе түсті. Өткен ғасырдың 70–80-шы жылдары республикамыздағы оның саны 1,2–1,5 миллионға жетті. Соның арқасында бұл аң жоспарлы түрде ауланып, жыл сайын мемлекет қазынасына 3 миллиондай американ

доллары есебінде табыс түсіп отырды. Сол кезде Қазақстан аумағында киік санының соншама өскенине шетелдік баспасөздер қайран қалып, бірнеше мақалалар жариялады. Әйгілі неміс ғалымы, биолог Б. Гржимяк біздін елімізде болғанда ақбөкенді «Қазақстандағы ғажайып» деп атады. Бұл дала аруы санының ол кезде жылма-жыл өсуіне ауа райының қолайлы болуымен бірге оларды қорғауда ірі жұмыстар атқарылды. Жезқазғанда, Ақтөбеде, Оралда анды қорғау мен оны аулауды тиімді ұйымдастыратын арнаулы мемлекеттік аңшылық шаруашылықтары құрылды. Осындай шаралардың арқасында «киелі» аңның өнімінің белгілі бір мөлшерін халық шаруашылығына пайдалануға мүмкіндік туды.

Халық шаруашылығына айтарлықтай мол өнім беріп отырған ақбөкеннің қазіргі жағдайы қалай? Еліміз тәуелсіздік алғаннан бері киік саны жылдан-жылға азая берді. Мәселен, 1991–1993 жылдары республикамызда оның қоры 750–850 мындаған болса, осы көрсеткіш 2001 ж. – 79,3 мын, 2003 жылы – 21,2 мындаған ғана болды. Міне бұл мәліметтер кең байтақ Қазақ даласында ақбөкен сияқты «киелі» андардың басына жойылып кету қаупі төніп келе жатқанын айқын байқатады. Соған сәйкес біздін елде бұл жануарларды аулауға 1999 ж. толық тыйым салынып, Үкімет қаулысы «Ақбөкенді қорғау мен ұдайы өсірудің қосымша шаралары туралы» (19 шілде № 980) төнірегінде оны сактау мен қорғаудың негізгі шаралары белгіленді. Қазірде бізде киікті аулауға 2020 жылға дейін тыйым салынған. Ақбөкен таралған елдердің барлығында да оның санының құрт азауы және мүйіздерімен зансыз сауда жасаудың көбеюі оны 1995 ж. «Жойылып кету қаупі бар жануарлар мен өсімдіктер түрлерімен халық-аралық сауда жасау конвенциясының II қосымшасына енгізуге мәжбүр етті. Сол жылы құдікті

(уязвимый) түр ретінде Халықаралық табигат қорғау қоғамының Қызыл тізіміне енсе, одан кейінгі жылдары да санының одан өрі кемуіне байланысты 2002 ж. ақбөкен «жойылып кету қаупі төнген түр» статусына көшірілді.

Дала көркі – ақбөкенді мұндай күтіге жеткізудің басты себептері – соңғы жылдары аң қоныстарында зансыз браконьерлік жолмен аулаудың жаппай етек алуы. Мәселен, 2010 ж. зансыз бұл анды аулаған 483 жағдай белгілі болды, олардан 1822 ақбөкен мүйіздері тәркіленген (өткен жылы тек Қостанай облысында мүйіздері кесіліп алған 200-ден аса ақбөкен өлексесі табылған). Сонымен бірге Қазақстан аумағында азулы жыртқыш – қасқырлар санының өсуі де киіктегі қорының тым кеміп кету себептерінің бірі болып отыр. Бұл процесті зерттеу де соңғы уақытта тоқталған. Одан кейін ақбөкеннің жойылып кету қаупіне әкелген басты факторлардың бірі – түрлі аурулардың салдарынан жаппай өлім-жітімге ұшырауы.

Ақбөкендердің ауру үй малдарымен бірге жайылып, байланыста болуы өсерінен аусыл (яшур) ауруына ұшырауы байқалып қалады. Қазақстанда бұл анддардың аусылмен жаппай ауруы 1955–1956, 1958, 1967, 1974 жылдары болды. 1967 ж. Орталық Қазақстанда 50 мындағы ақбөкен лактары көктемнен күзге дейін аусылдан өлгені анықталды [1]. Аусыл эпизоотиясы кезінде аналитары мен лактары санының 10%-на дейін шығынға ұшырайды. Десе де соңғы 35 жыл ішінде аусыл киіктегі байқалған жок.

Соңғы жылдары республикамыздың әртүрлі өнірінде киіктегі арасында көктемде ара-тұра жаппай қырылуы етек алып жүр. Тексере келе біраз мамандар оны тек пастереллез ауруынан ғана деп қорытындылап келеді. Бірақ көптеген мамандардың пікірінше, киелі аңының жаппай өлімге ұшырауы тек пастереллез ауруынан ғана емес деген болжам бар. Сөзіміздің дәлелді болуы үшін 2010 жылғы көктемдегі Батыс Қазақстан облысындағы оқиғаны алайық.

Ақбөкендердің жаппай өлімі 2010 жылдың мамыр айының 18-інен 21-іне дейін облыстың солтүстік-батыс жағында төлдеу кезінде жануарлардың көп шоғырланған Борсы поселкасының солтүстігінде болды. Малдәрігерлік, медициналық, зоологиялық, табигат қорғау үйимдарының өкілдері мен мамандарынан құрылған комиссияның қорытындысы мынадай: «Ақбөкендердің жаппай қырылуына пастереллез ауруы (коздырушысы *Pasterella multocida*) себеп болған. Қатты

сүйк қысттан кейін жаппай төлдеу кезінде аналитарлардың ортага бейімделу қасиеті төмендеген және техненді хлороорганикалық қосылыстардың да токсикологиялық өсері де болуы мүмкін». Өлген 12000 ақбөкендер (оның 64,2% – аналықтар, 35,4% – лактары, 0,4% – текелері) мен үй малдарынан (төрт бұзаудың) алынған патологиялық материалдарды Қазақстан Ауыл шаруашылығы министрлігінің Республикалық малдәрігерлік лабораториясының Батыс Қазақстан облысы филиалында және ҚР Денсаулық сақтау министрлігіне қарасты Оралдың обаға қарсы құрес жүргізу станциясында зертханалық талдаудан кейін осындағы диагноз қойылған. Сонымен бірге ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігінің Ветеринария жөніндегі ұлттық референттік Орталығы өлген ақбөкендерден, топырактан және шөптерден алынған патологиялық материалдарды тексеріп, зерттеу нәтижесінде хлор иондарының 3,5 есе жоғары болғаны жануарлардың қарындарынан, ішектерінен, бауырларынан алынған материалдарда байқалды; ал топырак пен шөптерде олар 5,3 және 8,0 еседей жоғары болған. Өлген киіктегі барлығында да мұрындары мен ауыз қуыстарында қанды қебік байқалған, ал аналь тесіктерінен қан араласқан сүйк қилары бөлінген. Өліктерді сойып тексергенде, өкпеде гиперемия (кан толғаны) мен оның тығыздалғаны, кеуде қуысында кан болғаны, бауыр мен көп бауырларда қан толғаны, олардың аздап іскендігі анықталған [2]. Ауру өте септикалық (токсикалық) түрде өтіп, андар 3–6 күн ішінде жаппай өлім-жітімге ұшырады. Осындағы талдаудан кейін комиссия ақбөкендердің жаппай өлімі тек пастереллез ауруынан деген қорытынды шығарды.

Бұрында Қазақстанда пастереллез ауруынан деп табылған ақбөкендердің жаппай қырылуы 1981 ж. мамыр айында бұрынғы Торғай облысы аумағында (өлгені – 100 мын баз), 1984 ж. ақпан наурыз айларында Еділ-Жайық өзендері арасында (өлгені – 100 мын баз) [3], ал 1988 жылдың мамырында Торғай топырағында тағы 270 мын ақбөкен қырылды. Осы жаппай өлім-жітімді тексерген мамандар барлығында пастереллез ауруынан деп тапты. Ал ақбөкендердің сонша қырғынға ұшырауының негізгі себептерін жан-жақты зерттеген ешкім жок. Мүмкін мұндай оқиғалардың басқа да себептері бар шығар. Ал 2010 жылы көктемде Батыс Қазақстанда болған жаппай қырылудан кейін дүние жүзінің маман галымдары бұл туралы біраз жорамалдарын ортаға салды.

«Пастереллездің жаппай өлім-жітімге ұшырау кезіндегі ролін анықтау қын, мүмкін емес. Сондықтан пастереллез диагнозы мүмкін болатын басқа факторларды ескеріп, қойылуға тиіс» дейді Англиядағы Бристоль университетінің ветеринарлық паразитология және экология ғылыми тобының қызметкери доктор Эрик Моргон [4].

Сондай-ақ Ресей ғылым академиясының сол Батыс Қазақстандағы Жәнібек стационарының директоры, биология ғылымдарының докторы М. К. Сапанов өз пікірін бірнеше баспасөз беттерінде жариялады [5]. Оның ойынша, ақбөкендердің жаппай қырылуы іші кеүіп кету (тимпанія) ауруынан болуы да мүмкін. Ақбөкендердің төлдеу кезеңі барлық кезде жас көк шөптердің қауалап өсу кезеңімен дәлме-дәл сәйкес келеді. Іштің кеүіп кету ауруының негізгі шарты – жеген азықтарының, өсіресе, дала жонышқасы сияқты бұршақ түкімдас өсімдіктер көп болып, атмосфералық ылғалмен күшті ылғалдануы. Құйіс қайтаратын жануарлардың таз қарынында өсімдіктер қалдықтары ашуының күшті «катализаторы» жонышқа болып табылады. Өлген жануарлардың таз қарынынан алынған өсімдіктер құрамына зертханалық талдау жасағанда, азық рационының басым бөлігі жонышқа (26%), болған [5]. Тек ылғалды жас жонышқаны тым артық жеу күйіс қайтаратын үй малдарында сөзсіз іштің кеүіп кетуін яғни тимпанияны тудырады. Бұл көптен белгілі. Мүмкін ақбөкендердің жаппай өлім-жітімге ұшырауына осы ауру да себеп болған шығар. Проф. М. К. Сапанов айтқан бұл болжамды ғылыми тәжірибе жүргізу арқылы тексеруге болады. Шынында да бұл бағытта ғылыми жұмыстарды Қазақстанда жоспарланып, үйимдастыруға ұсынылып отырған «Бекейорда-Жайық» табиги резерваты шенберінде Жәнібек стационарының базасын және ғылыми өлеуетін пайдаланау арқылы тиімді жүргізуге өбден болады.

Тағы да бір жорамал – кейбір жағдайда ақбөкендердің өлімі қоректенетін азықтық шөптерінде микроэлементтер құрамында ауытқулық (аномалия) болуымен байланысты болуы да ғажап емес, оны зерттеу кажет. Мысалы, Монголияның далалық және шөллейтті аймақтарында ақбөкен мен каракүйрыққа жақын туыс дзерен немесе кеналқымды жайран (*Procapra gutturosa*) тіршілік етеді. Бұл түкты жануарлар да 1974, 1980, 1983, 1985 жылдары (кейбір жылдары – 140 мыңға дейін) пастереллез ауруынан көп қырылған. Ал дзереннің 1983 жылғы жаппай қырылуы қоректік азықтық

шөптеріндегі микроэлементтер құрамында ауытқулық (аномалия) болуымен байланысты болған [6]. Жануарлардың ауыр ауруға шалдығуы өсімдікте мыс пен молибден құрамының бұзылуы, қорғасын мен мырыштың концентрациясының өсуі және кобальттың жетімсіздігі байқалған. Соның нәтижесінде эндемикалық атаксия (немесе молибденді токсикоз) дами бастаған. Ол асказанның және қөптеген ішкі органдар қызметінің бұзылуына себеп болған. Бұл жағдайда арық, әлсіз андар емес, негізінен, күйлі ірі жануарлар өлген. Жалпы алғанда, жабайы жануарлардың биогеохимиялық ауытқулардың зиянды өсерлөрінен қорғана алады деуге ешқандай негіз жок. Мұндай жағдай яғни ақбөкендердің азық рационындағы микроэлементтер құрамында ауытқулық (аномалия) болуы – ақбөкендер қырылуының факторының бірі болуы мүмкін. Организмде микроэлементтерде болатын ауытқушылық жануарлар арасында пастереллез індегін шығуына көмектеседі. Бұл салада да зерттеу жұмыстарын жүргізуін үлкен маңызы бар.

Сонымен бірге ақбөкен – қонысын ауыстырып отыратын жануар екендігі белгілі. Қыс айларын Оңтүстік облыстарда өткізіп, жазда Орталық Қазақстан далаларын жайлап шығады. Осындай сапарларында «Байқоңыр», «Капустин Яр» ғарыш аймағын кесіп өтеді. Сол кезде олардың радиация өсеріне ұшырамауына кім кепіл. Ал қазірде бұл мәселені ғылыми зерттеу, арнаулы шаралар қолдану ешкімнің де ойна кіріпшығып жатқан жок.

Міне Қазақстанның «ғажайып» атанған ақбөкеннің қазіргі жайы осындай. Егерде оны сактау, қорғау және ауруларынан емдеу шараларын жедел қолға алмасақ, бұл «киелі» аның да таяу жылдарда саны соншама азайып, жойылып кету қаупі төніп тұр.

Сондықтан да республикамызда киік санын көбейтіп, оны халық шаруашылығына пайдалану үшін мынадай шараларды жүзеге асыруымыз кажет: республикамыздың Білім және ғылым министрлігі, Ауыл шаруашылық министрлігі және Денсаулық сактау министрлігі үйымдарының катысуымен 2012–2015 жылдары ақбөкендердің қазіргі жайына және мекендейтін ортасына кешенді мониторинг жүргізу; жануарлардың ауруларын терең зерттеу және оларды болдырмау шараларын жүзеге асыру; андар қоныстарында және мал жайылымдарында індегі тексеру жұмыстарын да қолға алған жөн. Осындай кезек

күттірмейтін жұмыстарды жүзеге асыру үшін Үкіметіміз көрсетілген төрт жылға белгілі мөлшерде қаржы бөлуі қажет (осы жұмыс туралы біздін бағдарлама арнаулы министрліктерге табыс етілген). Сондай-ақ ақбөкен, қарақұйрық, арқар, құлан сияқты саны құрт азайып, жойылып кету қаупі бар жануарларды қорғау үшін Сарыарқада, Батыс Қазақстанда, Оңтүстік Балқаш өнірінде ерекше қорғалатын табиғи аумактар ұйымдастыру жұмыстарын жүзеге асыру да керек. Жергілікті жұртшылық арасында бағалы хайуаннаторды қорғау жөніндегі жұмыстарды да кен көлемде жүргізу қажет. Қазақ халқында буаз анды ат-пау, жаралы жануарды емдеу, аң аулау мерзімін қатаң сақтау сияқты жазылmasa да тарихи дамуымызда қанымызға сінген зан бар ғой. Осы жақсы әдettі қазіргі үрпактарымыздың қанына сініріп, оларды табиғат байлықтарын сақтауға үйретуге тиіспіз. Біз «Обал», «Қасиетті», «Киелі» дейтін ұғымдарды жастарға ұғындыруымыз керек, өйткені табиғатты қорғау деген ұғым осыдан басталады.

### ӘДЕБІЕТ

- Соколов В.Е., Барышников Г.Ф., Жирнов Л.В., Бекенов А.Б., Грачев Ю.А., Проняев А.Б., Максимук и др. Сайгак (филогенея, систематика, экология, охрана и использование). М., 1998. 356 с.
- Грачев Ю.А., Бекенов А.Б. О случае массовой гибели сайгаков в Волго-Уральском междуречье // Степной бюллетень. 2010. № 3. 35 с.
- Айкимбаев М.А., Мартиневский И.Л., Алтухов А.А., Иванов С.И., Суров В.Ф. О случаях выделения возбудителя пастереллеза от сайгаков в феврале – марте 1984 года в Уральской области // Изв. АН КазССР. Сер. биол. 1985. Вып. 4(130). С. 39-41.
- Моргон Э. Случай заболевания пастереллезом диких копытных // Бюллетень «Saiga News». 2010. Вып. 11. С. 4-5.
- Сапанов М.К. 12 тысяч трупов (почему погибли сайгаки в Западно-Казахстанской области?) // Охота. 2010. № 10. С. 79-81.

6. Ротшильд Е.В., Евдокимова А.К., Амгалан Ж. Аномалии микроэлементного состава растений как фактор падежа дзеренов в Монголии // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 1988. Т. 93, вып. 3. С. 35-42.

### REFERENCES

- Sokolov V.E., Baryshnikov G.F., Zhirnov L.V., Bekenov A.B., Grachev Iu.A., Pronyaev A.B., Maksimuk i dr. *Saigak (filogeneia, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovanie)*, 1998, 356 p. (in Russ.).
- Grachev Iu.A., Bekenov A.B. *Stepnoi bulleteren'*, 2010, 3, 35 (in Russ.).
- Aikimbaev M.A., Martinevskii I.L., Altukhov A.A., Ivanov S.I., Surov V.F. *Izvestia AN KazSSR. Ser.biol.*, 1985, 4 (130), 39-41 (in Russ.).
- Morgon E. *Bulleten' Saiga News*, 2010, 11, 4-5 (in Russ.).
- Sapanov M.K. *Moskovskii zhurnal Okhoty*, 2010, 10, 79-81 (in Russ.).
- Rotshil'd E.V., Evdokimova A.K., Amgalan Zh. *Bulletin Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otd.biol.*, 1988, 93, 3, 35-42 (in Russ.).

### Резюме

Приводятся причины сокращения численности сайгаков в Казахстане и массовой гибели животных в Западно-Казахстанской области в 2010 г. от пастереллеза. По мнению ученых Великобритании, России и Монголии, такая массовая гибель сайгаков могла быть и от других болезней, таких как тимпания или аномалии микроэлементного состава поедаемых растений. Поэтому в настоящее время основным приоритетом остается вопрос детального изучения причины и профилактики болезней сайгака.

### Summary

There are reasons for the decline in number of saiga in Kazakhstan and the mass death of these animals in the West Kazakhstan region in 2010 caused by pasteurellosis. In the judgment of the scientists from the Great Britain, Russia and Mongolia, the mass death of saiga could be also caused by other diseases such as tympony or anomalies in trace element composition of plants eaten. Therefore, currently the main priority remains the question of a detailed study of the reason and prevention of diseases of saiga.

УДК 504.064.2; 504.53.052 (574)

И. О. БАЙТУЛИН

## К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ БАЙЖАНСАЙ-БИЛИЙКУЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА В ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

(On Grant № 6491-99 of the National Geographic Society USA)

В статье дается краткий обзор распространения редких видов растений в горной системе Сырдарынского Карагату и обоснование организации Байжансай-Билийкульского природного национального парка в Жамбылской области.

Географическое расположение Сырдарынского Карагату на западе Тянь-Шаня, глубоко вклинившегося в пустынные равнины Турана, и близость Памиро-Алая предопределяет чрезвычайное разнообразие его природных условий, а следовательно, и богатое разнообразие его растительного и животного мира. Этот горный регион, с одной стороны, подчинен высотной и экспозиционной смене климатических условий, а с другой - испытывает влияние и знойные условия пустынь Кызылкума с запада, Приаральских пустынь с севера и пустынь Муюнкум, Бетпакдала - с востока. Здесь сталкиваются биологические разнообразия пустынь Туранской равнины и горных систем Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Кроме того, чрезмерная расчлененность его поверхности создает быструю и резкую смену условий на небольшом протяжении, что благоприятствует расселению разнообразных по экологическим свойствам, жизненным формам видов растений и животных, обуславливает дивергенцию видов по признакам и свойствам. По этой причине Сырдарынский Карагату является одним из уникальных флористических регионов мира с наибольшим скоплением редких эндемичных и реликтовых видов растений и животных.

Хребет Карагату является реликтовой страной, сохранившей ценозы третичного времени. По его ущельям произрастают не менее 150 строго эндемичных, не встречающихся более нигде растений, из которых около 70 занесены в Красную книгу РК, а два вида - *Spiraeaanthus schrenkianus* (Fish. Et Mey.) Maxim, и *Tulipa schrenkii* Regel - в Красную книгу МСОП. Высокий процент эндемизма и самобытность флоры хребта Карагату не знает ни один горный кряж на кольце 40-х широт Северного полушария Земли, что создает горам Карагату славу ботанического музея, который является настоящей «меккой» ботаников.

В ущельях присутствуют уникальные рощи тополя Беркаринского, яблони Сиверса, груши Регеля, каркаса Кавказского. Обычны заросли жимолости, кизильника, тюльпана Грейга и т. Кауфмана, а по склонам гор - саваноидного типа парковые леса боярышника понтийского и б.туркестанского.

Ущелье Байжансай в Боралдайтау является уникальным в ботаническом отношении, по богатству видов деревьев и кустарников. Здесь зарегистрированы нами четыре вида ивы - ива белая - *Salix alba* L., и.каспийская - *S.caspica* Pall., и. Недзвецкого - *S.Niedzwieckii*, ясень сирийский - *Fraxinus syriaca* Boiss, я. Реколюбивый - *F.potamo|hila* Herd., боярышник туркестанский - *Crataegus turkestanica* Pojark., лох остроплодный - *Eleagnus oxycarpa* Schlecht, тополь узбекистанский - *Populus uzbekistanica* Kom., жимолость татарская - *Lonicera tatarica* L., черемуха антипка - *Padus mahaleb* (L) Bork., в том числе виды, занесенные в Красную книгу Казахской ССР - виноград культурный - *Vitis vinifera* L., яблоня Сиверса - *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem., ясень реколюбивый-*Fraxinus potamophila* Herd., каркас кавказский - *Celtis caucasica* Willd., жимолость каратауская - *Lonicera karataviensis* Pavl., груша Регеля - *Pyrus regelii* Rehd. и др.

Территория от ущелья Байжансай и юго-восточные склоны Боралдайтау представляет собой Байжансай - Билийкульский массив. Здесь царство тюльпанов - *Tulipa greigii* Regel., *T.kaufmanniana* Regel, давших начало культурным сортам, и обилие ряда других травянистых, полукустарниковых видов. Ложноочиток каратауский - *Pseudosedium karatavicum* Boiss., Berger, Рафиофитон Регеля - *Raphydophyton regelii* (Bunge) Iljin., Шафран Королькова - *Crocus korolkovii* Regel et Maw., Остролодочник каратауский - *Oxytropis karataviensis* Pavl., в том числе и занесенных в

Красную книгу Казахской ССР - ясень реколюбивый - *Fraxinus potamophila* Herd. Тополь беркаринский-*Populus berkarensis* Poljak. Шренкия Культиясова - *Schrenkia kultiassovii* Korov., Риндера светло-желтая - *Rindera ochroleuca* Kar. Et Kir., Кузния крупнолистая - *Cousinia grandifolia* Kult., Таволгоцвет Шренка - *Spiraeaanthus shrenkianus* (Fish. et Mey) Maxim., качим аулие-атинский - *Gypsophila auliatensis* B. Fedtsch., аллохруза качимовидная - *Allochrusa gypsophilloides* (Regel) Schischk., рапонтикум каратавский - *Rhaponticum karatavicum* Regel et Schmalh., и конечно же, тюльпаны и мн. др.

Каратай в целом, в том числе и рассматриваемый массив является хранилищем бесценного генофонда растений, значимость которого для науки и народного хозяйства еще не в полной мере оценена. Здесь много растений, служащих сырьем для фармацевтической промышленности, перспективных в качестве источников лекарственных препаратов: полынь цитварная-*Artemisia cina* Berg., рапонтикум каратавский - *Rhaponticum karatavicum* Regel et Schmalh., зверобой продырявленный - *Hypericum perforatum* L., хвойник хвоцевый - *Ephedra equisetina* Bunge, гармала обыкновенная - *Peganum harmala* Regel. et Schmalh., мелисса лекарственная - *Melissa officinalis* L., и виды родов *Ferula* L., *Eminium* Scott и мн.др..

Байжансай-Билийкульский массив богат и пищевыми растениями, ряд которых представляет интерес для селекции зимостойких и засухоустойчивых сортов культурных растений. Это плодовые: яблоня, груша, фисташка, виноград, виды боярышника, а также ряд перспективных для селекции видов растений: лук длинноостый - *Allium longicuspis* Regel., л.туркестанский - *A. turkestanicum* Regel., много эфиро-масличных растений: каппарис колючий - *Capparis spinosa* L., душица мелкоцветковая - *Origanum tyttanthum* Gontsch., шалфей мускатный - *Salvia sclarea* L., зизифора Бунговская - *Ziziphora bungeana* Juz., виды *Thymus* L., *Mentha*, и др. В Каратайе произрастают ценнейшие технические растения: козлец тау-сагыз - *Scorzonera tau-sagyz*, хондрилла коротконосиковая - *Chondrilla brevirostris* Fisch. et Mey., х. Кузнецова - *Ch. Kuznezovii* Iljin, сапониноносые: аллохруза качимовидная - *Allochrusa gypsophilloides* (Regel.) Schischk.i; дубильные растения: ревень сердцевидный - *Rheum cordatum* Losinsk., р. Максимовича - *R. maximowiczii* Losinsk., запасы которых сильно истощены.

К сожалению, в результате интенсивной хозяйственной деятельности в горах Каратай и в Байжансай-Билийкульском массиве в целом происходит сильная стравленность пастбищных растительных сообществ, разреженность, обедненность состава и засоренность растительного покрова, эрозия фитогенофонда. Многие виды редких растений находятся на грани исчезновения. В последние годы ботаникам не удается обнаружить многие виды в местах первичных сборов. Это такие виды, как щитовник мынжилкинский - *Dryopteris mindshelkensis* Pavl., ленец Минквица - *Thesium minkwitziamum* B. Fedtsch., строгановия коренастая - *Stroganovia robusta* Pavl., прангос хвоцевидный - *Prangos equisetoides* Kuzm., дорема каратавская - *Dorema karataviense* Korov., пустынноколосник гребенчатый - *Eremostachys pectinata* M. Pop. и др.

В этом массиве происходит бесконтрольная заготовка аллохрузы качимовидной, местные жители заготавливают на топливо таволгоцвет Шренка, выкапываются клубни тюльпанов, проводятся отстрелы индийского дикобраза. Все эти виды занесены в Красную книгу страны. Поэтому возникает острая необходимость для принятия мер по сохранению исчезающих видов, проведению тщательных исследовательских работ, выявлению нуждающихся в срочной охране видов растений и животных, изучить их состояние. По нашим исследованиям, еще около 26 редких и исчезающих видов растений, находящихся у черты исчезновения, нуждаются в строгой охраны.

На основе наших многолетних исследований считаем целесообразным организовать государственный природный национальный парк на северо-восточных склонах Каратаяского хребта, обращенного к Бийликольской котловине, начиная от ущелья Байжансай и включая озеро Бийликоль, бассейны речек Саясу, Журунсай, Беркара, Чемырбайсай и Аксакалсай, стекающих с северо-восточного склона хребта Каратай. Заповедной зоной национального парка должен быть весь Байжансай-Билийкульский массив, а о. Бийликоль - зоной активного хозяйственного и рекреационного использования.

Нижняя граница Аксу-Жабаглинского заповедника, расположенного в 50 км к юго-востоку от предлагаемого для организации Байжансай-Билийкульского национального парка, не опуска-

ется ниже 1300 м. По этой причине данный заповедник не обладает достаточными территориями, обеспечивающими охрану целого комплекса низкогорных видов растений и животных. Эти высоты лежат на уровне верхних поясов Карагатау, подножия которых опускаются до 600 м. В данном интервале высот наблюдаются обычными и даже многочисленными те животные и растения, которые редки или не встречаются в Аксу-Жабаглы. Поэтому массив Байжансай-Билийкуль является весьма репрезентативной территорией для организации национального парка

В целях строгой охраны редчайших видов растений и животных необходимо выделить заповедную зону. В предлагаемом нами зоне национального парка представлены два вида земноводных, двенадцать пресмыкающихся, четырнадцать рыб, около ста видов птиц и двадцать шесть видов млекопитающих. Среди фауны имеются эндемичные, редкие и исчезающие виды: каратауский архар, индийский дикобраз, каменная куница, черный аист, беркут, змеевяд, балобан, филин, райская мухоловка, синяя птица, стрепет.

С горами Карагатау очень тесно связана проблема сохранения Тянь-Шаньского архара, обитающего в заповеднике Аксу-Жабаглы и спускающегося на зимовку на северо-восточные склоны хребта Карагатау, в зону свободной охоты. В Карагатау имеется только один заповедник, который не обеспечивает сохранения всего многообразия эндемичных и редких видов растений, животных и уникальных ландшафтов.

Регион хребта Карагатау - это уникальное со средоточение самых ярких историко-культурных памятников Казахстана. Человек появился здесь еще в каменном веке, в эпоху палеолита. Памятники этой эпохи представлены стоянками, мастерскими, отдельными находками каменных орудий. В настоящее время их десятки. Имеются в регионе и памятники неолита. Наиболее богатый и разнообразный материал получен при раскопках неолитической пещерной стоянки Караунгир.

Период бронзы представлен могильниками, наскальными изображениями. Известно около двух десятков этих объектов. К наиболее ярким памятникам этого периода относится могильник Таутары на северных склонах Карагатау.

В регионе обнаружены многочисленные наскальные изображения. Наибольшее скопление

иероглифов находится в урочищах Койбагар и Рна-Узень. Обнаружено 2019 наскальных плоскостей, включающих 6180 художественных сцен и изображений.

Наиболее многочисленны памятники ранних кочевников. Только курганных могильников насчитывается более трех сотен. Самым интересным, вне всякого сомнения, является могильник Борижары. Средневековые памятники региона представлены многочисленными городищами, поселениями (7-9 в.), могильниками (более 200), памятником Айша-Биби (11 в.). Мировую известность получили исследования в Оттарском оазисе (городище Оттар-тобе и Куйрык-тобе).

Примечателен и памятник природы - пещера Акмечеть с подземной рощей из двадцати шести деревьев.

Природно-рекреационные ресурсы посещаемой зоны национального парка представлены, прежде всего, водным объектом о. Бийликоль, находящегося в пяти-шести км от подножья Карагатауского хребта. Площадь его 86,5 км<sup>2</sup>, при длине 18 км и ширине до 7,3 км. Берега его низкие, суглинистые. Реки песчаные. Вода пресная. Глубина озера до 6 м в северной части и до 1,7 м в южной. Объем водной массы составляет 230 млн м<sup>3</sup>. Дно ровное, чистое, илистое, реже - песчаное. Берега и прибрежная часть покрыта зарослями камыша, где обитает масса дичи, в том числе перелетной. Это единственный значительный, естественный, пресноводный бассейн юга Казахстана.

Озеро славилось прежде запасами рыбы, в нем вылавливались до десяти тысяч центнеров рыбы в год. В настоящее время промысловое значение водоема восстанавливается.

Природно-рекреационные, культурно-исторические и экскурсионные ресурсы посещаемой зоны и прилегающих районов обширны, разнообразны, уникальны. Наряду с благоприятным аридным климатом с продолжительным безморозным периодом и ясным небом имеют место лечебные грязи, артезианские воды ущелья с кристально чистой родниковой водой и грибные места.

Климат района характеризуется жарким летом, продолжительным безморозным периодом, обильной солнечной радиацией, не очень холодной зимой.

Песчаные пляжи легко создать из промышленного, равномерного зернистого песка средней крупности, залегающего вблизи озера.

Питьевой водой зоны отдыха будут обеспечены за счет артезианских вод, залегающих на глубинах 60-100 м.

Эти важнейшие природно-рекреационные параметры позволяют недалеко от крупных промышленных центров организовать краткосрочный и долгосрочный круглогодичный отдых с купанием и загаром, рыбной ловлей, экскурсионными путешествиями по историческим культурным и экзотическим местам природы. В радиусе 40 км от о. Бийликоль находятся лечебные грязи озер Айдын и Куйганколь. А также имеются перспективы на термальные воды третичных отложений.

На берегу озера желательно создать мониторинговый центр для ведения контроля за параметрами окружающей среды, где могут проходить практику студенты-экологи.

Национальные парки, оказывая всестороннее влияние на развитие региона, способствуют решению ряда социальных проблем. Они закрепляют местное население, обеспечивают дополнительную занятость сельских жителей, повышая их жизненный уровень. Подключение дорожных учреждений министерства транспорта к созданию дорожной сети благоприятно скажется на развитии общественного и частного туризма. Индустрия туризма способствует в значительной мере восстановлению экономики: инвестиции обеспечивают прирост объема производств.

Создание органа управления ОПТ и зоны отдыха способствует развитию партнерства с местными властями, общественностью, ассоциациями частного предпринимательства. Полезно учесть мировой опыт и тенденции при формировании структуры и определении методов управления национальным парком.

Экономический аспект: рекреационная деятельность, экономический эффект от обслуживания посетителей (турбазы), участие смежной отрасли: подключение к производству товаров туристического назначения и предоставлении услуг отдыхающим, транспорт. Экономический эффект от активного отдыха - снижение заболеваемости и соответствующее снижение расходов на их лечение и выплат из фондов соц.страхования устраниют ущерб и обеспечивает среднедневовой прирост производительности труда - 3%.

Социальный аспект функционирования: культурно-просветительная работа сотрудников этих учреждений и подготовка кадров в области охраны окружающей среды - важное место в системе непрерывного экологического образования и воспитания, прививая широким массам бережное отношение к природе и приобщая их к активному участию в природоохранной деятельности.

Участие не только государственного, но и частного капитала в организации Байжансай-Билийкульского национального парка в Жамбылской области позволит совершенствовать структуру обслуживания посетителей и расширить масштабы рекреационной зоны.

Несомненный интерес представляют объекты неживой природы - разрезы геообразований, структуры тектонического и др. происхождения, пещеры, скалистые ландшафты, останки ископаемых организмов: рыб, насекомых, летающих ящеров и др. рептилий, растительности, которые представляют интерес в научно-познавательном отношении и являются благоприятной средой для развития крупных научных школ, формирования глубоких геологических традиций. В настоящее время Аулие и Карабастау, наиболее насыщенные хорошо сохранившимися останками, входят в состав Аксу-Жабаглинского заповедника. При организации Байжансай-Билийкульского национального парка этот палеонтологический участок должен быть передан вновь организуемому национальному парку.

Для разработки научно обоснованного проектного предложения для организации Байжансай-Билийкульского национального парка в Жамбылской области необходимо проведение обстоятельных научных исследований, четко определить отвод территории, состав сотрудников, структуру, необходимые атрибуты и задачи. Включение в состав национального парка существующие ныне лесные хозяйства (лесхоз «Карабастау» и др.) значительно облегчит организацию данного парка.

## ВЫВОДЫ

1. Массив между ущельем Байжансай и озером Билийкуль в Сырдарынском Карагату является местом локализации многих редких и ценных в хозяйственном отношении видов растений и животных, нуждающихся в охране. К тому же этот массив по своим климатическим условиям и другими природными особенностями весьма перспективен для организации рекреационных, туристических и целебных мероприятий.

2. В целях эффективного сохранения редких и исчезающих видов растений и животных *in situ*, а также уникального ландшафтного разнообразия, развития туризма, рекреационных и оздоровительных мероприятий в этом массиве, необходимо проведение комплексного биолого-географических исследований для научного обоснования организации Байжансай-Биликульского национального парка в Жабылской области.

#### **Резюме**

Байжансай-Биликөл алқабы Қаратудың таулы жүйесіндегі бағалы сирек және жайылып бара жатқан өсімдіктер мен жануарларға бай тенденсі жок аумак болып саналады. Бірақ та қарқынды шаруашылық әрекеттер мен сенімді табигат корғау жүйесінің болмауы сирек

кездесетін биологиялық түрлердің жойылып кету қаупін тудырып отыр. Жамбыл облысында Байжансай-Биликөл ұлттық табиғи паркін құру арқылы шаруашылық әрекетті реттеп және барлық сирек және жойылу қаупі тудырып отырган биологиялық түрлердің, сондай-ақ ландшафтының әртүрлігін сактап қалуды күшетуге мүмкіндік береді.

#### **Summary**

The Baizhansai-Biliykulsky massif in the mountain system Karatau is a unique territory as to the abundance of fine rare and endangered species of the plants and animals. But intensive economic activity and absence here the reliable nature conservation system cause the danger of extinction of the rare biological species. Creating of the Baizhansai-Biliykulsky national natural park in the Zhambul area will allow to regulate the economic actions and increase the preservation of all the rare and endangered biological as well as landscape diversity.

УДК 578.832.1:578.4

*M. X. САЯТОВ, К. Х. ЖУМАТОВ, А. И. КЫДЫРМАНОВ, К. О. КАРАМЕНДИН,  
Н. Г. ИШМУХАМЕТОВА, С. Е. АСАНОВА, К. Д. Даулаева*

## **ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ВНУТРЕННИХ БЕЛКОВ ВИРУСОВ ГРИППА А, ПОДТИПОВ Н3N6 И Н3N8, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ ДИКИХ ПТИЦ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**

Институт микробиологии и вирусологии МОН РК, г. Алматы

Представлены результаты филогенетического анализа генов белков НА, NP, М и NS вирусов гриппа А, подтипов Н3N6 и Н3N8 изолированных от диких птиц на территории Республики Казахстан в 2006–2008 гг. Показано генетическое многообразие казахстанских изолятов и их взаимоотношения с вирусами гриппа подтипа Н3 из международной базы данных GenBank.

**Введение.** Возбудители гриппа относятся к представителям трех родов семейства Orthomyxoviridae (A, B и C), из которых вирусы серотипа A представляют наибольшую опасность для здоровья человека. В прошлом веке они явились причиной опустошительной пандемии 1918 г., унесшей жизни более 40 млн людей по всему миру, а также пандемий 1957 и 1968 гг., вызвавших гибель сотен тысяч человек [1].

Глобальное и неконтролируемое распространение гриппозной инфекции объясняется, прежде всего, уникальной вариабельностью возбудителя, в основе которой лежат как точковые мутации, характерные для РНК-содержащих

вирусов, так и рекомбинации и реассортации генов. При этом наиболее изменчивыми структурными компонентами вирусной частицы являются поверхностные антигены - гемагглютинин (НА) и нейраминидаза (НА). Подтиповая принадлежность всех выделенных на сегодня вирусов гриппа А определяется сочетанием 16 известных подтипов НА и 9 подтипов НА - H1N1, H3N2, H5N1, H7N7 и др. [2, 3].

Другой отличительной чертой вирусов гриппа А служит необычайно широкий круг хозяев, включающий, помимо человека, свыше 90 видов птиц и различных млекопитающих, таких как свиньи, лошади, норки, ондатры, дикие кошачьи, собаки и морские животные [4-8].

Естественный резервуар возбудителей гриппа находится в дикой орнитофауне, преимущественно в популяциях мигрирующих видов водного и околоводного комплексов. В случае преодоления видового барьера между птицами и млекопитающими животными вирус гриппа А, после первоначальной адаптации в течение довольно длительного периода, может приобрести способность инфицировать новый вид, и в дальнейшем циркулировать в этой экологической нише многие десятилетия уже как эндемичный возбудитель. К таким эндемичным инфекциям на сегодняшний день можно отнести грипп свиней, лошадей, большинство случаев гриппа человека и грипп собак [9].

Вирусы гриппа подтипа H3 занимают особое место в ряду возбудителей данной инфекции, так как они относятся к одному из трех вариантов, вызвавших пандемии в 20 веке. Помимо этого, они постоянно циркулируют в человеческой популяции и ежегодно вызывают сезонные эпидемии у населения. В связи с вышеизложенным представляет интерес сравнительное филогенетическое исследование вирусов гриппа A/H3, выделенных от диких птиц в различных регионах Казахстана с другими, ранее изолированными вирусами этого подтипа.

### **Материалы и методы**

Вирусы. Четыре изолята вируса гриппа А с подтиром НА H3 - A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04, A/чирок-свиристунок/Коргалжын/1797/06, A/серый гусь/Коргалжын/1867/06, A/чирок-свиристунок/ЮКО/8048/08), выделенные от водопла-вающих птиц в Центральном и Южном Казахстане, клонировали и пассировали методом предельных разведений на 10-11-дневных развивающихся куриных эмбрионах по общепринятой методике.

Выделение РНК проводили с использованием набора QIAamp Viral RNA Mini kit (Qiagen GmbH, Hidden) в соответствии с рекомендациями производителя.

Комплементарные ДНК из РНК получали методом обратной транскрипции при помощи универсального праймера uni-12 для вирусов гриппа А из набора First Strand cDNA Synthesis kit (Fermentas) согласно наставлений производителя.

Секвенирование ДНК проводили в Национальной лаборатории биотехнологии коллективного

использования РГП «Национальный центр биотехнологии» КН МОН РК с использованием терминирующих дидеоксинуклеотидов на автоматическом 96-канальном секвенаторе ABI 3730xl DNA analyzer (Applied Biosystems).

Выравнивание секвенированных последовательностей генов вирусов гриппа А с полными нуклеотидными последовательностями таковых из международной базы данных проводили с помощью компьютерной программы BioEdit.

Филогенетический анализ и построение древ выполнены с помощью программ BioEdit и MEGA версии 4 методом «присоединение соседей» со значениями Bootstrap на основе 1000 повторов с использованием последовательностей из GeneBank [10].

### **Результаты и обсуждение**

После секвенирования ДНК-копий фрагментов генов M, NP, NS и НА казахстанских изолятов проведено их выравнивание с соответствующими нуклеотидными последовательностями вирусов этого подтипа из международного банка «GenBank». Размер сегментов генов M, NP, NS и НА изолятов вируса гриппа А/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04, A/серый гусь/Коргалжын/1867/06, A/чирок-свиристунок/Коргалжын/1797/06 и A/чирок-свиристунок/ЮКО/8048/08, а также номера их депонентов в международном банке генетической информации GenBank приведены в таблице.

#### **Характеристика сегментов генов и номера доступа в «GenBank» к казахстанским изолятам вируса гриппа с гемагглютинином H3**

Изолят (русское и английское название)	Ген	Размер (пар нуклеотидов)	Генбанк №
A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04 (H3N6) [A/garganey/Korgalzhyn/865/04 (H3N6)]	M NP NS HA	930 853 863 1605	GU953255 GU953256 FJ434368 GU953258
A/серый гусь/Коргалжын/1867/06 (H3N6) [A/graylag goose/Korgalzhyn/1867/06 (H3N6)]	M NP NS	700 649 852	GU953249 GU953250 GU953251
A/чирок-свиристунок/Коргалжын/1797/06 (H3N8) [A/teal/Korgalzhyn/1797/06 (H3N8)]	M NP NS HA	932 822 851 1573	GU953259 GU953260 GU953261 GU953262
A/чирок-свиристунок/ЮКО/8048/08 (H3N8) [A/teal/South Kazakhstan/8048/08 (H3N8)]	M NP NS	948 869 846	GU953252 GU953253 GU953254

Филогенетические дрэва, построенные на основе гомологии нуклеотидных последовательностей участков генов казахстанских изолятов с аналогичными сегментами вирусов гриппа подтипа H3 из международной базы данных GenBank, представлены на рис. 1-4.

Из рис. 1 видно, что по гену НА штаммы вируса гриппа подтипа H3 четко разделяются на 2 линии – американскую и евразийскую. Вирусы, формирующие евразийскую линию, далее разделяются на азиатскую и европейскую группы. В состав азиатской группы, кроме вирусов,

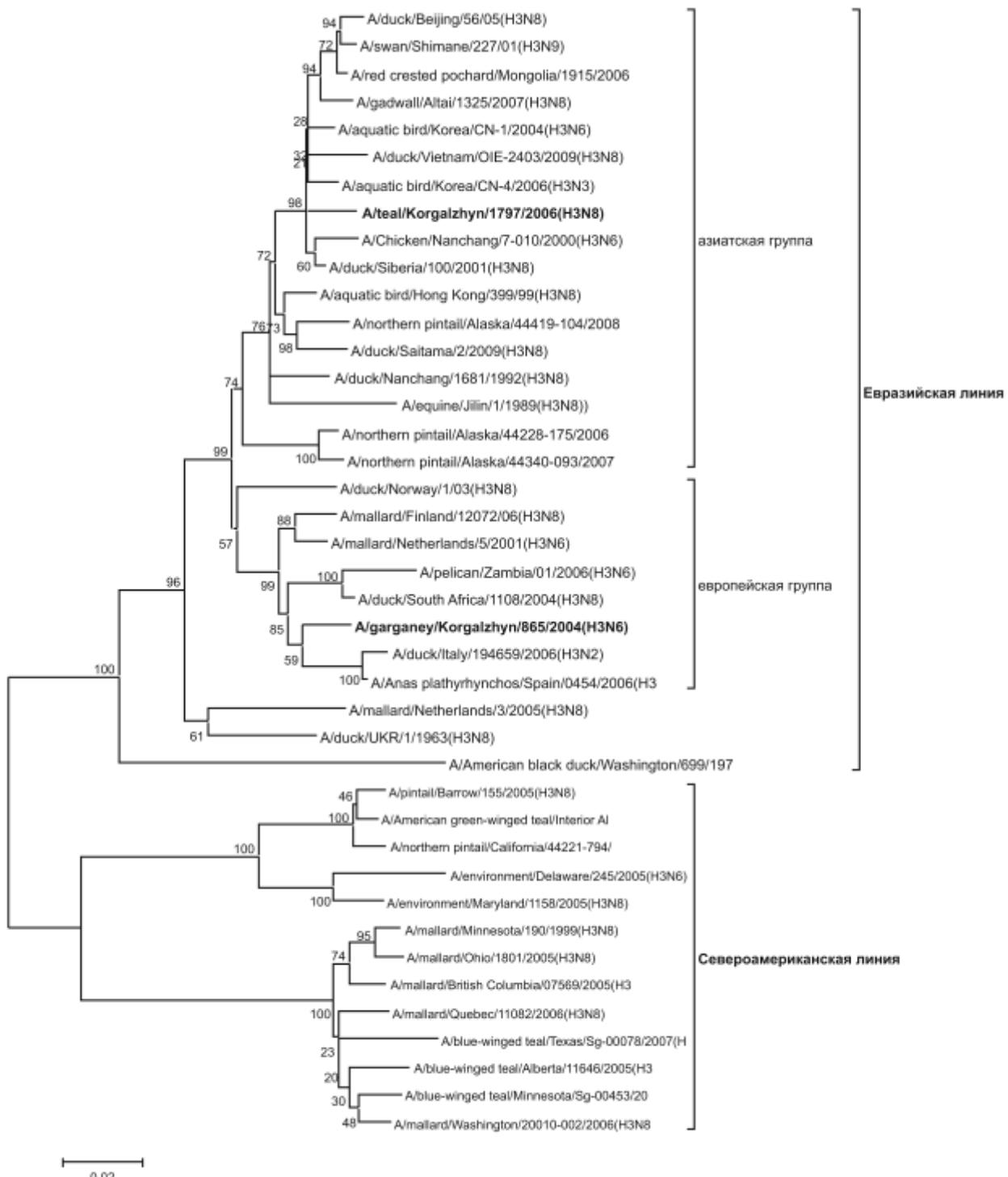


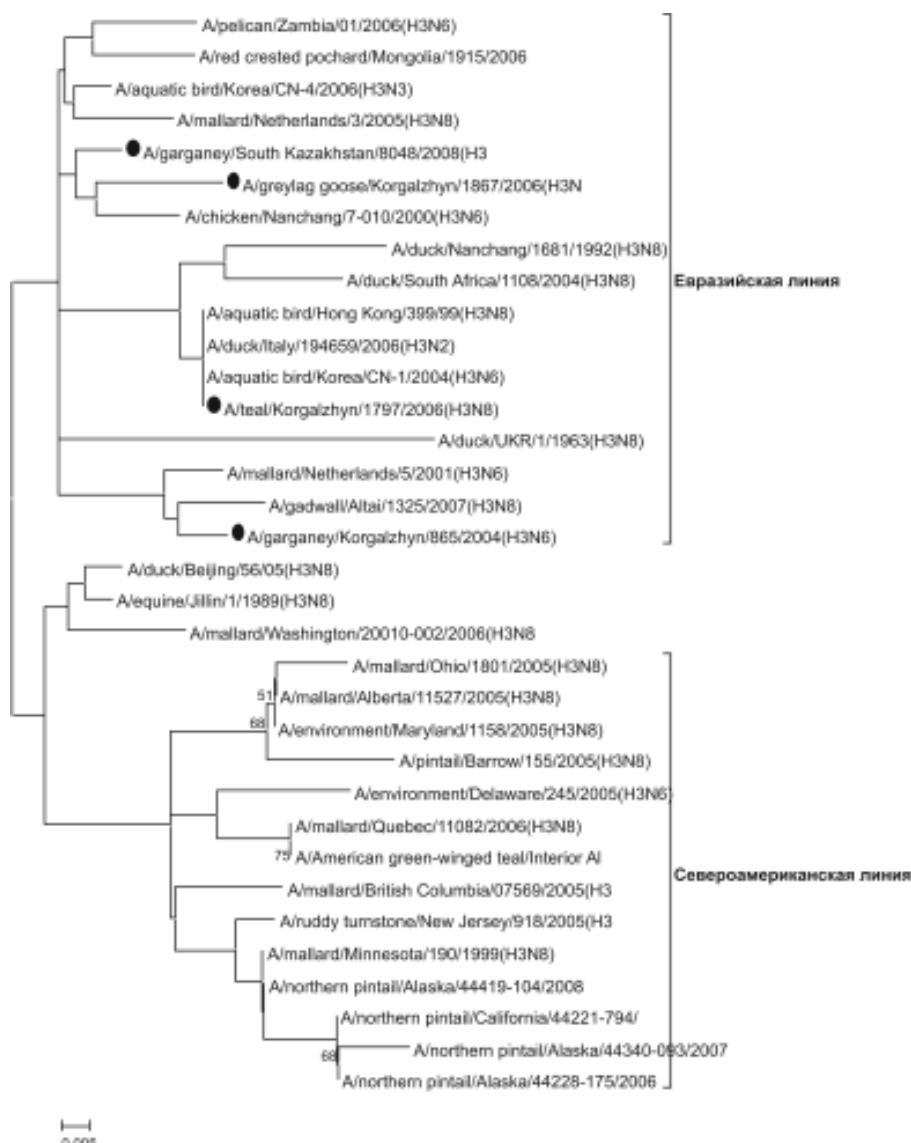
Рис. 1. Филогенетические взаимоотношения между генами НА казахстанских изолятов вируса гриппа А/H3 и вирусов этого подтипа из GenBank

циркулировавших на данном материке, также входят изоляты из Аляски.

Европейская группа объединяет вирусы гриппа перелетных птиц из Европы и Африки. По последовательности гена НА изолят A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04 (H3N6) проявил высокую степень идентичности с вирусами A/mallard/Netherlands/05/2001 (H3N6), A/mallard/Finland/12072/2006 (H3N8), которые образуют группу на одной ветви филогенетического дерева. Наряду с штаммами A/duck/South Africa/1108/2004 (H3N8), A/duck/Italy/194659/2006 (H3N2), A/Anas platyrhynchos/Spain/0454/2006 (H3), A/Pelican/Zambia/01/2006 (H3N6) он формирует отдельную подгруппу в составе европейской группы евразийской

линии. Ген НА другого казахстанского изолят A/чирок-свистунок/Коргалжын/1797/06 (H3N8) занимает отдельную ветвь филогенетического дерева и относится к азиатской группе евразийской линии вирусов гриппа. Для него наиболее близкими являются вирусы A/aquatic bird/Korea/CN-1/2004 (H3N6), A/aquatic bird/Korea/CN-4/2004 (H3N6), A/duck/Vietnam/OIE-2403/2009 (H3N9), выделенные от водоплавающих птиц.

Результаты анализа филогенетических взаимоотношений NP генов казахстанских изолятов вируса гриппа A/H3 с некоторыми вирусами данного подтипа, циркулировавшими среди диких птиц в различных регионах мира, отражены в виде дендограммы на рис. 2.



**Рис. 2. Филогенетические взаимоотношения**  
между NP генами казахстанских изолятов вируса гриппа A/H3 и вирусов подтипа H3 из GenBank

Из рис. 2 видно, что вирусы, выделенные от утиных, по филогенетическому признаку входят в евразийскую линию. По различию NP генов изоляты A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04, A/серый гусь/Коргалжын/1867/06, A/чирок-свищунок/ЮКО/8048/06 характеризуются как тусообразной филогенией, которая характерна для консервативных генов вирусов. Вирусы A/серый гусь/Коргалжын/1867/06 и A/chiken/Nanchang/7-010/2000 (H3N6) по NP гену образуют отдельный кластер. От их внутренней ветви параллельно отпочковываются наиболее близкие по данному гену вирусы A/чирок-свищунок/ЮКО/8048/06 (H3N8) и A/pochard/Mongolia/1915/2006 (H3N6). Изолят A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04 (H3N6) проявил родство со штаммом A/gadwall/Altai/1325/2007 (H3N8). В свою очередь, изолят A/чирок-свищунок/Коргалжын/1797/06 оказался близок с штаммами A/aquatic bird/Korea/CN-1/2004 (H3N6), A/aquatic bird/Hon Kong/399/99 (H3N8) и A/duck/Italy/194659/2006 (H3N2), с которыми образует отдельный кластер.

Филогенетический анализ M гена казахстанских изолятов вируса гриппа H3N6 и H3N8 показал, что изолят A/чирок-свищунок/Коргалжын/1797/06 (H3N8) проявляет родство с A/duck/Nanchang/1681/1992 (H3N8) и формирует отдельный кластер, к которому относятся вирусы, циркулировавшие в основном в Азии (рис. 3).

Вирус A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04 (H3N6) внутри этой группы образовал отдельную ветвь с высокой степенью гомологии со штаммом A/Pelican/Zambia/01/2006 (H3N6). Вирус A/серый гусь/Коргалжын/1867/06 (H3N6) вместе с европейскими изолятами A/duck/Italy/194659/2006 (H3N2) и A/mallard/Netherlands/3/2005 (H3N8) отпочковывается от внутреннего узла ветви указанной группы. В филогенетическом отношении M ген изолята A/чирок-свищунок/ЮКО/8048/06 (H3N8) образует отдельную линию среди евразийских вирусов гриппа подтипа H3.

Результаты филогенетического анализа нуклеотидных последовательностей NS гена казахстанских изолятов вирусов гриппа H3N6 и H3N8 и вирусов данного подтипа, циркулировавших среди диких птиц в разных регионах земного шара, отражены в виде дендрограммы на рис. 4.

Как видно из рис. 4, вирусы гриппа A/H3 разделяются на две четко отличающиеся друг от

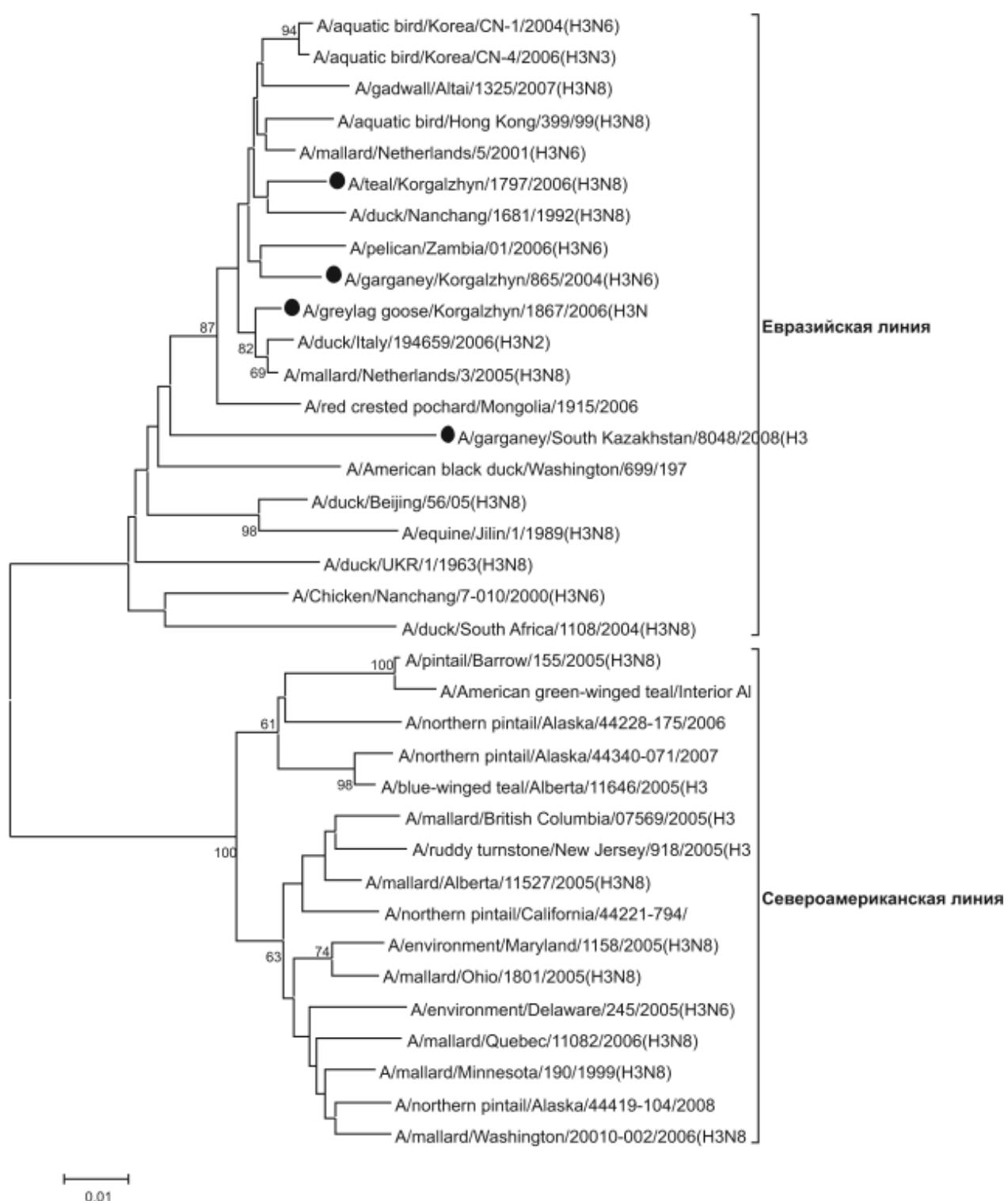
друга группы, которые соответствуют подтипам A и B (аллелям) NS гена вируса гриппа A. Далее подтипы разделяются на американскую и евразийскую подгруппы.

Согласно дендрограмме филогенетических взаимосвязей, два казахстанских штамма вируса гриппа A с антигенной формулой H3N6 (A/чирок-свищунок/Коргалжын/1797/06 и A/чирок-свищунок/ЮКО/8048/08) принадлежали к аллели A, тогда как оставшиеся два изолята (A/речная крачка/Коргалжын/867/04 и A/серый гусь/Коргалжын/1867/06) отнесены к аллели B. Вирус A/чирок-свищунок/Коргалжын/1797/06 (H3N8) проявил родство по NS гену с A/duck/Nanchang/1681/1992 (H3N8). Изолят A/чирок-свищунок/ЮКО/8048/08 занимал отдельную ветвь в аллели A среди афро-евразийских вирусов.

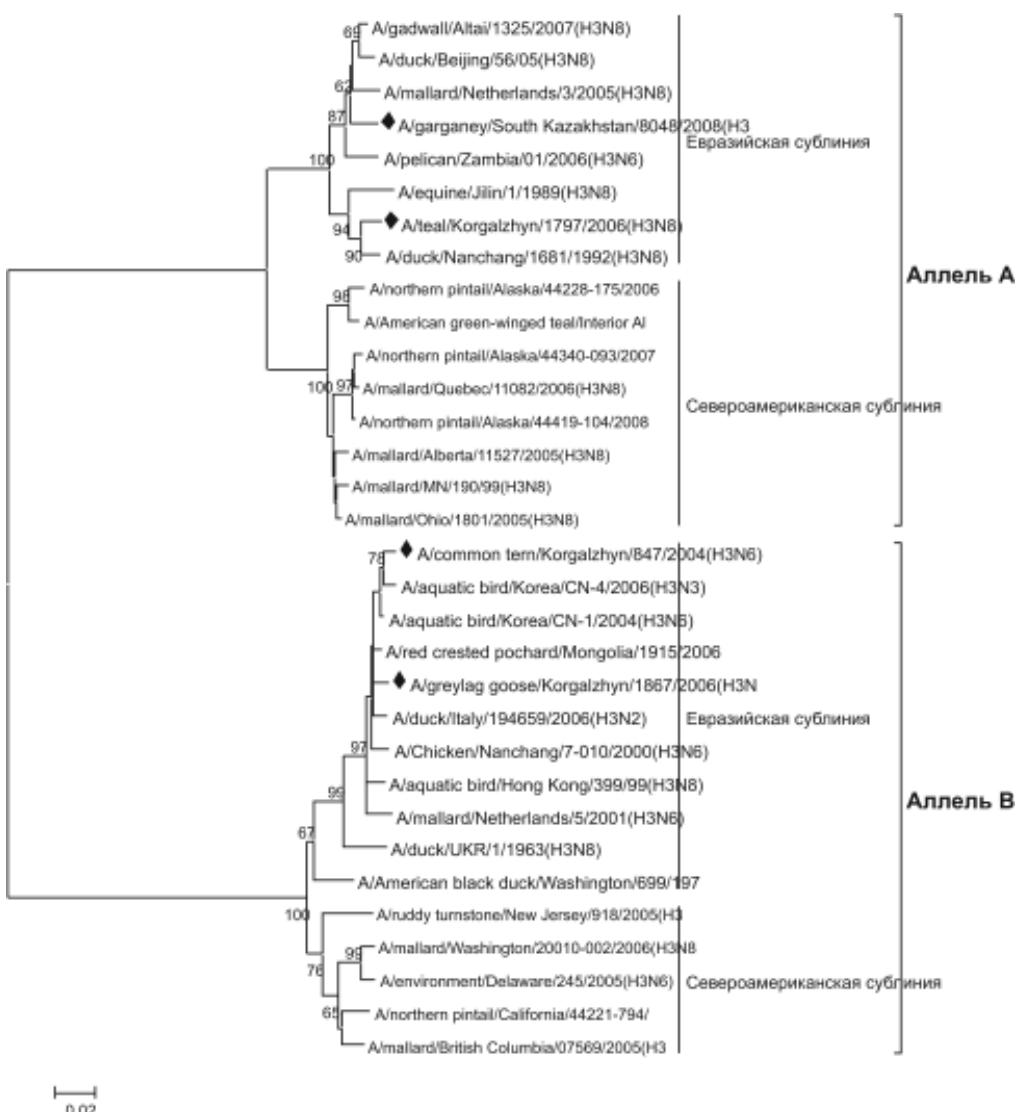
Вирус A/серый гусь/Коргалжын/1867/06 (H3N6) по NS гену, также как и гену M, оказался близким к A/duck/Italy/194659/2006 (H3N2). Изолят A/речная крачка/Коргалжын/867/04 (H3N6) вместе с возбудителями гриппа, циркулировавшими в Корее и Монголии, формируют отдельную ветвь в аллели B азиатских вирусов.

В целом, филогенетический анализ HA, NP, M и NS генов казахстанских изолятов вируса гриппа с подтипом HА H3 указывает на гетерогенность их популяции. Так, установлено, что по гену HA изолят A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04 (H3N6) сходен с вирусом A/mallard/Netherlands/05/2001 (H3N6) и по результатам филогенетического анализа входит в кластер европейских штаммов. В отличие от него, изолят A/чирок-свищунок/Коргалжын/1797/06 (H3N8) проявил высокую степень родства со штаммом A/aquatic bird/Korea/CN-1/2004 (H3N6), и по этому гену включен в кластер азиатских вирусов внутри евразийской линии. По NP гену вирус A/чирок-свищунок/Коргалжын/1797/06 (H3N8) отнесен к отдельному кластеру, в отличие от изолятов A/чирок-трескунок/Коргалжын/865/04 (H3N6), A/серый гусь/Коргалжын/1867/06 (H3N6), выделенных вместе с ним в одной местности и в одно и то же время.

Выявлена высокая степень филогенетического родства изолятов из Центрального Казахстана по M гену и их отличие от вируса A/чирок-свищунок/ЮКО/8048/08.



**Рис. 3.** Филогенетические взаимоотношения между М генами казахстанских изолятов вируса гриппа А/Н3 и вирусов этого подтипа из GenBank



**Рис. 4.** Филогенетические взаимоотношения между NS генами казахстанских изолятов вируса гриппа A/H3 и вирусов этого подтипа из GenBank

По последовательности нуклеотидов NS гена изоляты A/чирок-свистунок/Коргалжын/1797/06, A/чирок-свистунок/ЮКО/8048/08 значительно отличались от A/речная крачка/Коргалжын/867/04 и A/серый гусь/Коргалжын/1867/06, и были отнесены к генетическим аллелям А и В, соответственно.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что вирусы гриппа подтипа H3 продолжают оставаться одними из самых распространенных и быстро изменяющихся возбудителей гриппозной инфекции. Полученные данные подтверждают важную роль проходящих через территорию Казахстана миграционных путей птиц в эволюции вируса гриппа А.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Reid A.H., Taubenberger J.K. The origin of the 1918 pandemic influenza virus: a continuing enigma // *J Gen Virol.* 2003. V. 84. P. 2285-2292.
2. Cox N.J., Fuller F., Kaverin N., et al. Virus Taxonomy // Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Academic Press. San Diego, 2000. 1024 pp.
3. Fouchier R.A., Munster V., Wallensten A., et al. Characterization of a novel influenza A virus hemagglutinin subtype (H16) obtained from black-headed gulls // *J Virol.* 2005. V. 79. P. 2814-2822.
4. Webster R.G., Bean W.J., Gorman O.T., et al. Evolution and ecology of influenza A viruses // *Microbiol. Rev.* 1992. V. 56. P. 152-179.
5. Horimoto T., Kawaoka Y. Influenza: lessons from past pandemics, warnings from current incidents // *Nature Reviews Microbiology.* 2005. V. 3, № 8. P. 591-600.

6. Keawcharoen J., Oraveerakul K., Kuiken T., et al. Avian influenza H5N1 in tigers and leopards // *Emerg Infect Dis.* 2004. V. 10. P. 2189-2191.

7. Yoon K.J., Cooper V.L., Schwartz K.J., et al. Influenza virus infection in racing greyhounds // *Emerg Infect Dis.* 2005. V. 11. P. 1974-1976.

8. Львов Д.К., Забережный А.Д., Алипер Т.И. Вирусы гриппа: события и прогнозы // Природа. 2006. № 6. С. 3-13.

9. Swayne D.E. Epidemiology of avian influenza in agricultural and other man-made systems // D.E. Swaine (ed.). Avian influenza. Blackwell Publishing: Oxford, UK, 2008. P. 59-85.

10. Tamura K., Dudley J., Nei M., Kumar S. MEGA4. Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0 // *Mol. Biol. Evol.* 2007. V. 24. P. 1596-1599.

### Резюме

2006–2008 жылдары Қазақстанның жабайы құстарынан бөлініп алынған грипп А вирусының H3N6 және H3N8 типтармактары изоляттарының HA, NP, M және NS гендерін филогенетикалық талдау нәтижелері көлтірілген. Қазақстанның изоляттардың бір-бірінен генетикалық айырмашылықтары мен ГенБанк деректер корындағы грипп А H3 типтармағы вирустарымен туыстыры көрсетілген.

### Summary

The results of phylogenetic analysis of HA, NP, M and NS protein genes of influenza A H3N6 and H3N8 subtype viruses separated from wild birds in the territory of Kazakhstan in 2006-2008 are presented. The genetic diversity of Kazakhstan isolates and their relationships to H3 subtype influenza viruses from GenBank international database are shown.

O. В. БУЛГАКОВА<sup>1</sup>, Т. ШАЙКЕНОВ<sup>2</sup>, Д. САРБАСОВ<sup>1,2</sup>, Р. И. БЕРСІМБАЙ<sup>1</sup>

## ВЫДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ mTOR

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Department of Molecular and Cellular Oncology, University of Texas M. D. Anderson Cancer Center, Houston, TX 77030, USA

Мишень рапамицина млекопитающих (mTOR) центральный компонент консервативного сигнального пути, играющий ключевую роль в регуляции клеточной физиологии. Согласно биохимическим исследованиям последних лет mTOR входит в качестве каталитической субъединицы в состав двух различных комплексов – mTORC1 и mTORC2. mTORC1 осуществляет регуляцию биосинтеза белка и рибосомального биогенеза путем фосфорилирования S6K1 и 4EBP1. Киназа Akt, ключевое звено многочисленных сигнальных путей, является даунстрим регулятором mTORC2. В работе рассматриваются методы очистки mTOR комплексов.

mTOR (mammalian target of rapamycin) представляет собой крупный белок с молекулярной массой 289 кДа и относится к классу серин-треониновых протеинкиназ [1, 2]. В клетках mTOR входит в виде каталитической субъединицы в два функционально различных комплекса – комплекс 1 (mTORC1) [3] и комплекс 2 (mTORC2) [4]. В состав mTORC1 помимо mTOR входит ряд белков: регуляторный белок раптор (regulatory-associated protein of mTOR), mLST 8 (mammalian lethal with Sec13 protein8), PRAS40 (proline-rich AKT substrate 40 kDa) [5] и белок дептор (DEP-domain-containing mTOR-interacting) [6, 7]. mTORC1 является одним из ключевых позитивных регуляторов трансляции белков и чувствителен к действию рапамицина. mTORC1 осуществляет регуляцию трансляции белков по двум основным путям: через стимуляцию рибосомной S6-киназы (p70 ribosomal protein S6 kinase – S6K), ответственной

за фосфорилирование и активацию рибосомных белков, и через инактивацию белка-супрессора трансляции 4E-BP1 (eIF-4E binding protein 1), являющегося ингибитором фактора инициации eIF-4E (eukaryotic initiation factor-4E) [3].

В mTORC2 раптор замещен белком риктором (rapamycin insensitive companion of mTOR) и Sin 1 (mammalian stress-activated protein kinase interacting protein) [4]. Последний стабилизирует взаимодействие между mTOR и риктором. Функция этого комплекса окончательно не установлена, предположительно mTORC2 играет ключевую роль в различных биологических процессах, включая клеточный метаболизм, пролиферацию и выживание клеток, организацию цитоскелета. Данный комплекс малочувствителен к рапамицину.

Рапамицин и его аналоги (темсиролимус, эверолимус, дефоролимус) способны связываться с внутриклеточным рецепторным белком –

FKBP12 (FK506 binding protein of 12), образуя комплекс, соединяющийся с FRB-доменом mTOR, вследствие чего происходит ингибирование активности mTOR сигнального пути, и как следствие, ингибирование инициации трансляции белков [8].

mTOR сигнальный каскад имеет ключевое значение в патогенезе многих онкологических заболеваний, и такие опухоли обычно характеризуются агрессивным ростом, устойчивостью к химио- и лучевой терапии и неблагоприятным прогнозом течения заболевания [9-11]. Все это определяет пристальное внимание исследователей к изучению mTOR сигналинга.

Целью настоящего исследования явилось разработка метода выделения и очистки компонентов mTOR комплексов – mTORC1 и mTORC2.

### **Материалы и методы**

**Клеточная культура.** В настоящей работе использовались клеточные линии: HEK 293T, MDA-MB-435, PC3, HeLa. Раковые клеточные линии (HeLa, MDA-MB-435) получены от Американской коллекции клеточных культур (ATCC, Manassas, VA). Клетки культивировались в среде DMEM (Dulbecco's Modified Eagle's Medium), содержащей 10% телячью эмбриональную сыворотку (FBS, Atlanta Biological), 2 mM L-глутамин (Thermo scientific) и 100 ед./мл пенициллин/стрептомицина (Thermo scientific) в атмосфере 5% CO<sub>2</sub> при 37°C.

**Антитела.** Проводили тестирование специфических антител (Abs) с целью установления эффективности детекции компонентов mTORC1 и mTORC2:

a) Антитела, производства Santa Cruz Biotechnology (Santa Cruz, CA) - mTOR (FRAP антитела (козлиные, #sc-1549, IP); rictor антитела (козлиные, rictor Ab, #sc-50678, вестерн blot, IP); вторичные HRP антитела (вестерн blot).

b) Антитела, производства Cell Signaling (Danver, MA) - mTOR (кроличьи mTOR Ab, #2983, Cell Signaling, вестерн blot); Raptor (кроличьи, # cs 24C12); S6K1(кроличьи, # cs 24C12); pS6K1 T389 (кроличьи, # cs 24C12).

c) Антитела, производства Bethyl (Montgomery, TX) - raptor (кроличьи raptor Ab, #A300-553A, вестерн blot и IP) and rictor (кроличьи rictor Ab, # A300-459A, вестерн blot и IP).

d) Антитела мышиные Sin1моноклональные Ab is (#05-1044), производства Millipore, Bedford, MA.

**Иммуноопрепарация (IP).** Культуру клеток, предварительно промыв дважды 5 мл охлажденного фосфатно-солевого буфера (PBS) (850 г. NaCl, 115 г. Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 20,3 г. NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> на 10 л. дд. H<sub>2</sub>O, pH 7.2), лизировали с использованием лизисного буфера (40mM Hepes, 100 mM NaCl, 1mM EDTA, 50 mM NaF, 10 mM пиофосфат натрия, 10 mM в глицерофосфат натрия), содержащего 0.3% Chaps и ингибиторы протеаз (Roche).

В супернатант, полученный после центрифугирования (12000xg, 12 мин, t=+4°C), добавляли первичные антитела и инкубировали в течение 2 часов при температуре +4°C. Агарозные гранулы (Thermo scientific), предварительно растворив в охлажденном PBS буфере из расчета 1:1 (объем/объем), добавляли в количестве 45 µl в супернатант после 2-часового инкубирования последнего с антителами. После 1 часа инкубации агарозные гранулы осаждались центрифугированием (5000xg, 1 мин, =+4°C) и промывались троекратно 0,3% Chaps лизисным буфером. Все процедуры во время проведения иммуноопрепарации проводились на льду, во избежание денатурации белков.

**Окрашивание серебром.** Использовался SilverQuest Silver Staining Kit (Invitrogen). Полиакриламидный гель 7.5% после электрофореза промывали дистиллированной водой и инкубировали в растворе фиксатора (40% этиловый спирт, 10% уксусная кислота) в течение 16 часов. Затем последовательно промывали в 30% этиловом спирте, дистиллированной воде и растворами вышеуказанного кита.

### **Результаты и их обсуждение**

Оптимизация лизиса клеток или тканей во время очистки белковых комплексов является необходимой для сохранения целостности вышеуказанных комплексов. Однако это достаточно сложный процесс. Для того чтобы определить параметры, которые являлись бы наиболее оптимальными для данного комплекса белков, необходимо, прежде всего, изучить различные условия проведения лизиса клеток. Целостность белкового комплекса зависит от множества условий, как то: концентрация солей в лизисном буфере, pH, наличие или отсутствие ионов кальция или магния, тип и концентрация детергентов. Все вышеперечисленное является ключевыми

факторами, которые необходимо учитывать во время проведения очистки белкового комплекса.

Для определения молекулярной массы неизвестных комплексов нами был использован метод гель-фильтрации. Различные типы раковых клеток человека лизировались с применением стандартного лизисного буфера, содержащего либо стабилизирующий цвиттерионный детергент – CHAPS (0.3%), либо неионный детергент – Triton X-100 (1%). Triton X-100 широко известен, в то время как CHAPS довольно редко применяется и используется в основном только в экспериментах по изучению мембранных белков. При выборе последнего мы руководствовались имеющейся в литературе информацией о довольно успешном применении CHAPS для очистки mTOR из тканей головного мозга крыс. Последующее фракционирование клеточного лизата, содержащего 0,3% CHAPS с использованием гель-фильтрации показало, что mTOR присутствует во всех фракциях. К сожалению, мы не смогли использовать клеточные лизаты, полученные с применением Triton X-100 для последующего фракционирования в связи с тем, что вышеуказанный детергент значительно повышал давление в колонке. Однако мы предположили, что мультибелковый комплекс, включающий mTOR имеет большую молекулярную массу, вследствие чего возможно его осаждение ультрацентрифугированием. Поэтому нами была использована более упрощенная техника осаждения белкового

комплекса – ультрацентрифугирование (рис. 1А).

Проведенные исследования позволили нам сделать заключение, что искомый комплекс находится не в супернатанте, а в осадке, в том случае если мы использовали клеточный лизат, полученный с применением CHAPS лизисного буфера (рис. 1В). Интересным является тот факт, что при использовании Triton X-100 мы могли наблюдать совершенно противоположную картину. Это стало первой предпосылкой осознания того, что применение именно CHAPS, но не Triton X-100 для лизиса клеток позволяет сохранить целостность mTOR комплекса. Последующие наши исследования подтвердили это предположение, так как мы выяснили, что применение Triton X-100 приводит к коллапсу как mTORC1 так и mTORC2, вследствие нарушения белок-белковых взаимодействий между mTOR, раптором и риктором. Важно отметить, что при использовании CHAPS подобного эффекта не наблюдалось (рис. 1С). Только формирование комплекса между mTOR и mLST8 (Gbl) можно было детектировать при использовании обоих детергентов (Рис. 1С), так как этот относительно небольшой по своей молекулярной массе белок оказался не чувствителен к действию Triton X-100.

Следующим важным моментом для успешного осаждения белковых комплексов является использование специфических антител, способных связываться и эффективно распознавать изучаемый белок. Как правило, наиболее часто

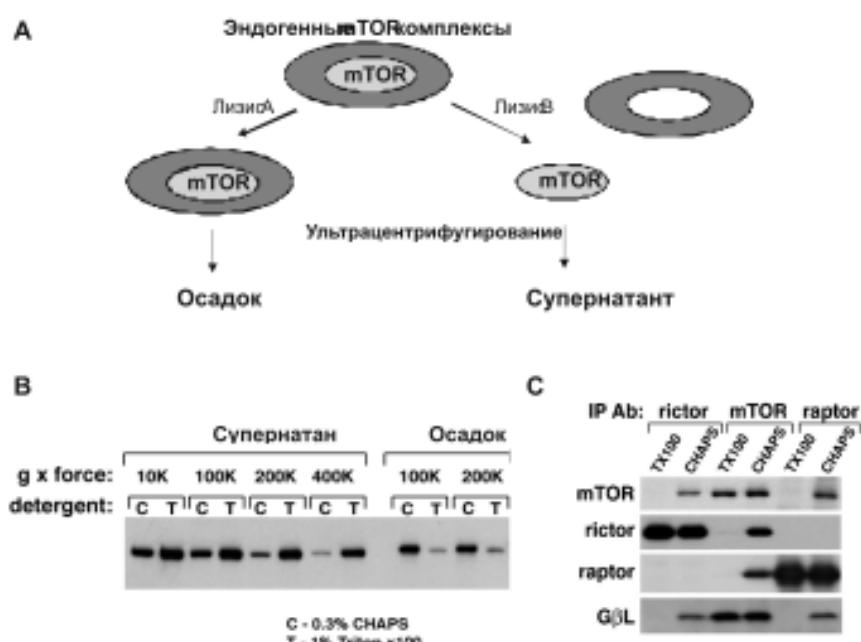


Рис. 1.

Оптимизация методики выделения комплексов mTOR.  
(А) Схема осаждения mTOR методом ультрацентрифугирования;

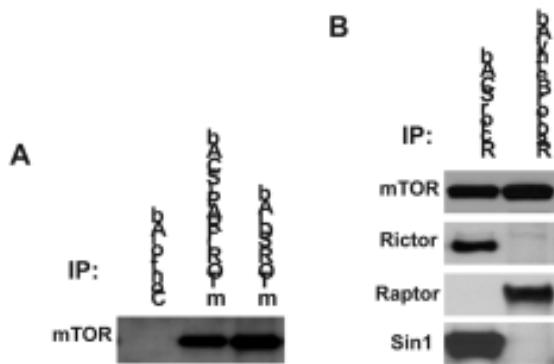
(Б) Результаты осаждения mTOR с использованием детергентов Triton X 100 и Chaps 0.3%, (клеточная линия HEK 293T, концентрация белка составляла 1.5 мг/мл);

(С) Выделение mTORC1 и mTORC2 использованием детергентов Triton X 100 и Chaps 0.3% (клеточная линия HEK 293T, IP риктор, раптор и mTOR, вестерн-блот риктор, раптор, mTOR, GbL)

используемым методом в функциональных исследованиях комплексов белков является иммунопреципитация (IP).

В процессе иммунопреципитации антитело, специфичное к данному белку, помещается в клеточный лизат и инкубируется в течение нескольких часов. По ходу инкубации антитело распознает и связывается со специфическим белком. Данный комплекс (белок/антитело) осаждается с применением агарозных гранул, содержащих белок A или G, которые способны связываться с Fc регионом IgG антител.

В предыдущих исследованиях нами были созданы два mTOR антитела, но только одно из них было эффективно как для иммунопреципитации, так и для вестерн-блотинга. Полученные антитела обладали специфичностью к mTOR в последовательности с 221 по 236 аминокислотных остатков. Последующие эксперименты показали, что иммунопреципитация с данными mTOR антителами была результативна только в клеточных лизатах, обработанных Triton X 100, но не 0.3% CHAPS. Это означает, что ввиду формирования белковых комплексов и как следствие «маскировки» вышеобозначенного эпитопа не происходит взаимодействия с антителом, следовательно, осаждение не происходит. В случае же с Triton X100 нарушается взаимодействие mTOR и компонентов комплекса, происходит связывание антител с эпитопом и осаждение белка mTOR. Последующее тестирование выявило высокую эффективность коммерческих антител (Santa Cruz Biotechnology) для иммунопреципитации при применении лизисного буфера как с

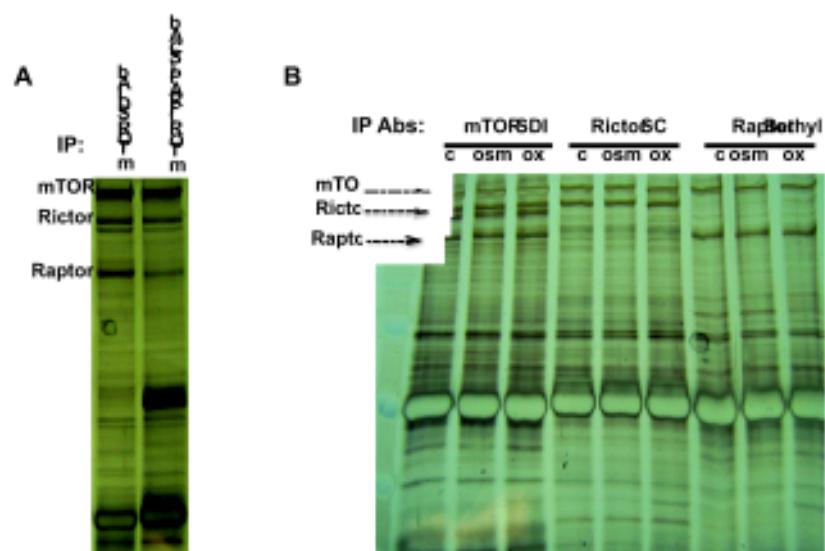


**Рис. 2.** Соосаждение компонентов mTORC1 и mTORC2.  
 (A) Вестерн-блот mTOR (клеточная линия MDA-MB-435, 0.3% CHAPS лизисный буфер, IP: sc mTOR, sdi mTOR);  
 (B) Соосаждение риктор, mTOR, Sin1 (IP: sc rictor).  
 Соосаждение раптор, mTOR (IP: bethyl raptor)

Triton X100, так и с 0.3% CHAPS. В дальнейших исследованиях с целью соосаждения mTOR и компонентов обоих комплексов нами использовались mTOR антитела, производства Santa Cruz и протестированные анти-риктор (Santa Cruz Biotechnology) и анти-раптор (Bethyl) антитела (рис. 2А и 2Б). Все вышеназванные антитела специфичны к последовательности N-терминального конца mTOR.

Как показано на рис. 2Б, иммунопреципитация анти-риктор антителами демонстрирует стабильность эндогенного комплекса TORC2, соосаждая его основные компоненты - mTOR и Sin1. Оптимизация условий лизиса клеток обеспечивает устойчивость и mTORC1 (рис. 2Б).

Как показали дальнейшие исследования, оба mTOR комплекса стабильны не только при стандартных условиях культивирования (10% FBS



**Рис. 3.**

Окрашивание серебром.

(A) Тестирование mTOR антител (клеточная линия MDA-MB-435, 0.3% CHAPS лизисный буфер, IP: scTOR, sdi mTOR).

(B) Целостность mTOR комплексов не чувствительна к условиям осмотического и окислительного стресса (с – контроль, ox – окислительный стресс, osm – осмотический стресс)

DMEM), но и в условиях стресса. С целью подтверждения данной гипотезы клетки линии MDA-MB-435 в течение 30 минут инкубировали с 0.5 М сорбитолом или 1 mM перекись водорода. Затем клетки лизировали с буфером, содержащим 0.3% CHAPS. Для иммунопрепарации использовались анти-риктор, анти-раптор и mTOR антитела. Результаты сильвер стейнинга, представленные на рис. 3В, продемонстрировали, что mTORC1 и mTORC2 не чувствительны как к действию окислительного, так и осмотического стресса.

Дальнейшую очистку mTOR комплексов проводили методом аффинной хроматографии. Клетки линии HEK 293T трансфенировались FLAG mLST8, который взаимодействовал с эндогенным mTOR. Данный гетеродимер входил в состав обоих комплексов – mTORC1 и mTORC2.

Вышеизложенные методики выделения комплексов mTOR обладают высокой специфичностью и могут быть рекомендованы для дальнейшего исследования mTOR сигнальной системы и функционирования mTORC1 и mTORC2 в клетках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kim D.H., Sarbassov D.D., Ali S.M., King J.E., Latek R.R., et al. mTOR interacts with raptor of ormanutrient-sensitive complex that signals to the cell growth machinery // Cell. 2002. V. 110. P. 163-175.
2. Берсимбай Р.И., Булгакова О.В., Омаров Р.Т., Сарбасов Д.С. Роль mTOR сигнальной системы в регуляции клеточных функций // Доклады НАН РК. 2010. № 5. С. 82-90.
3. Feldman M.E., Apsel B., Uotila A., Loewith R., Knight Z. A., Ruggero D., Shokat K.M. Aktive-site inhibitors of mTOR target rapamycin-resistant outputs of mTORC1 and mTORC2 // PLoS Biology. 2009. V. 7. P. 371-383.
4. Guertin D.A., Stevens D.M., Thoreen C.C., Burds A.A., Kalaany N.Y., Moffat J., Brown M., Fitzgerald K.J., Sabatini D.M. Ablation in mice of the mTORC components raptor, rictor, or mLST8 reveals that mTORC2 is required for signaling to Akt-FOXO and PKCalpha, but not S6K1 // Dev. Cell. 2006. V. 11. P. 859-871.
5. Wang L., Harris T.E., Roth R.A., Lawrence J.C. PRAS40 regulates mTORC1 kinase activity by functioning as a direct inhibitor of substrate binding // J. Biol Chem. 2007. V. 282. P. 20036-20044.

6. Peterson T.R., Laplante M., Thoreen C.C., Sancak Y., Kang, S.A., Kuehl W.M., Gray N.S., Sabatini D.M. DEPTOR is an mTOR inhibitor frequently overexpressed in multiple myeloma cells and required for their survival // Cell. 2009. V. 137. P. 873-886.

7. Proud C. Dynamic Balancing: DEPTOR Tips the Scales // J. Mol. Cell. Bio. 2009. V. 1. P. 61-63.

8. Hay N., Sonnenberg N. Upstream and downstream of mTOR // Genes Dev. 2004. V. 18. P. 1926-1945.

9. Yuan T.L., Cantley L.C. PI3K pathway alterations in cancer: variations on a theme // Oncogene. 2008. V. 27. P. 5497-510.

10. Martelli A.M., Tazzari P.L., Evangelisti C., Chiarini F., Blalock W.L., Billi A.M., Manzoli L., McCubrey J.A., Cocco L. Targeting the phosphatidylinositol 3-kinase/Akt/mammalian target of rapamycin module for acute myelogenous leukemia therapy: from bench to bedside // Curr Med Chem. 2007. V. 14. P. 2009-2023.

11. Horn S., Bergholz U., Jucker M., McCubrey J.A., Trumper L., Stocking C., Basecke J. Mutations in the catalytic subunit of class IA PI3K confer leukemogenic potential to hematopoietic cells // Oncogene. 2008. V. 27. P. 4096-4106.

12. Brown E.J., Beal P.A., Keith C.T., Chen J., Shin T.B., Schreiber S.L. Control of p70S6 kinase by kinase activity of FRAP in vivo // Nature. 1995. V. 377. P. 441-446.

#### Резюме

Сүтқоректілердегі рапамициннің нысанасы (mTOR) жасушалардың өсүі мен пролиферациясының орталық реттеушіci mTOR complex 1 (mTORC1) and mTOR complex 2 (mTORC2) мультипротеїндердің кешендері mTOR құрамына кіреді. Белсенді mTORC1 трансляция инициациясын, акуыз синтезін және жасушалардың салмағының артуын реттейтін S6K1 және 4EBP1 протеїндерін фосфорилдейді. Қонтекен сигналды жолдардың өзегі ретінде болатын Akt киназа mTORC2-нің даунстрим реттеуші болып табылады. Жұмыста mTOR кешендерді тазалаудың әдістері қарастырылады.

#### Summary

The mammalian target of rapamycin (mTOR) protein is a central component of the essential and highly conservative signaling pathway that emerged as a critical effector in regulation of cell physiology. Biochemical studies defined mTOR as the protein kinase that exists at least in two distinct complexes. The first complex has been characterized as the nutrient-sensitive mTOR complex 1 (mTORC1) that regulates protein synthesis and ribosomal biogenesis by phosphorylation its well-known substrates S6K1 and 4EBP1. The second complex of mTOR (mTORC2) has been defined as the component of growth factor signaling that functions as a major regulatory kinase of Akt. Here, we provide the detailed methods how to purify the functional complexes of mTOR.

K. DUISEKOVA

## LA NOUVELLE CONCEPTION METHODOLOGIQUE DE L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES ETRANGIRES AU KAZAKHSTAN

URILM Ablai khan

L'évolution de la société contemporaine, marquée par la mondialisation de plus en plus grande des échanges politiques, culturels, économiques et médiatiques avec des conséquences visibles: intensification croissante dans le temps et l'espace des moyens de communication, des déplacements, des informations, des contacts, circulation incessante des produits, des modèles culturels et des hommes venus de tous les continents pour des raisons politiques, économiques, professionnelles, amène à la demande croissante sur le marché des grandes langues de communication, notamment sur le plan de l'apprentissage des langues étrangères.

Héritière des modèles en vigueur en Russie L'URILM Ablaï khan est une pépinière de l'enseignement des langues étrangères au Kazakhstan depuis 70 ans. La nouvelle conception de l'enseignement des langues étrangères au Kazakhstan se démarquant sensiblement de l'héritage soviétique est fondée sur les dispositions essentielles de la philosophie anthropologique de la formation dans ses manifestations essentielles (culturelles, sociolinguistiques, psychologiques, sociales etc.), de la science cognitive comme la théorie de la connaissance et de la réflexion, de la théorie de la communication interculturelle.

La base moderne de la théorie de l'enseignement des langues étrangères au Kazakhstan se définit par la méthodologie cognitivo-linguistique-culturelle (S.S.Kunanbaeva), dont la légalité en tant que la conception est argumentée par l'existence d'un nombre de caractéristiques obligatoires: la présence du système dans les recherches scientifiques; la présence de la plate-forme théorique commune qui assure l'intégrité de l'objet d'étude; la présence de l'ensemble des principes méthodologiques; la présence du système des notions et des catégories, reflétant cette base théorique.

La définition de la méthodologie de l'enseignement des langues étrangères comme "cognitivo-linguistique-culturelle" s'explique par non seulement l'élargissement de l'objet de la connaissance (langue étrangère – culture étrangère – médiateur linguistique et culturelle /subject/, conditionné par

la nécessité de la reconceptualisation du monde dans l'initiation à la nouvelle culture, mais aussi par le remplacement des objectifs et du résultat final, défini comme le processus de la formation "du médiateur de la communication interculturelle».

En tant que la conception principale moderne de l'enseignement des langues étrangères, la théorie interculturelle et communicative de l'enseignement des langues étrangères reflète sa tendance sur l'enseignement intégré à la langue et la culture, assurant la découverte de la langue comme le vecteur des spécificités socioculturelles des communautés nationo - linguistiques pendant la communication, contribuant à leur compréhension mutuelle et l'interaction dans les conditions du monde ouvert.

En conséquence, cela prédétermine le remplacement de l'objet d'étude et d'acquisition - "la langue étrangère" par la notion complexe et intégrée de «la formation en langues étrangères».

«La conception moderne et la théorie de l'enseignement de langues étrangères prévoit que les apprenants doivent acquérir l'ensemble des connaissances suivants :

- les conceptions linguisticodidactiques selon la formation de la compétence interculturelle et communicative des apprenants;
- la science des cultures linguistiques, la personnalité de langue, le concept dans le paradigme anthropocentrique de l'enseignement;
- les bases de la science cognitive et la corrélation de la théorie de la connaissance et de la mentalité avec la science des cultures;
- la science des cultures dans le système de l'enseignement moderne de langues;
- les stéréotypes nationaux culturels et les problèmes de la communication interculturelle;
- l'essence intégrée et la composition composante du modèle compétent du spécialistes en philologie étrangère et du professeur de langues étrangères;
- le modelage des programmes cognitifs et linguistoculturels de l'enseignement de différents

registres socio-fonctionnels de la communication interculturelle.

Les futurs professeurs de langue étrangère doivent savoir:

- analyser l'image des situations interculturelles et communicatives de diverses sphères des relations (sociales, socioculturelles, d'enseignement professionnelles etc.) avec les obstacles linguistiques et culturels, ainsi que proposer la technologie de leur élimination;

- trier, selon les situations - types de la communication de l'une des sphères des relations, les nouveaux ensembles cognitifs et linguisticoculturels nécessaires, assurant la reconceptualisation du monde par la personnalité lors de la communication interculturelle;

- analyser les situations typiques des communications professionnelles, révéler le degré de leur efficacité communicative;

- démontrer la capacité à définir des transgressions des normes socio - ou linguisticoculturels des communautés coétudiées (en contact) dans les stéréotypes des relations professionnelles;

- savoir mettre en relief les moments des convergences ou des divergences langagières formelles et linguisticoculturelles dans les textes et les discours;

- selon les modèles présentés pour l'analyse, savoir définir les influences nationales et culturelles sur la convenance de l'expression et de l'acquisition de l'adéquation communicative;

La méthodologie cognitive et linguisticoculturelle avec la plate-forme didactique, la théorie de la communication interculturelle, qui a pour la base des connaissances de branche de la variété des sciences connexes: la linguistique cognitive, la cognitologie, la théorie de la connaissance, la culture linguistique, la communication interculturelle, est la didactique moderne de la formation des cadres des langues étrangères, auxquels se rapportent aussi les spécialistes de la philologie étrangère.

1. Les acquisitions modernes de la linguistique cognitive dans l'argumentation de la conceptualisation du monde par l'homme, la compréhension de la langue et son rôle dans les processus cognitifs, l'interprétation des phénomènes de la catégorisation, de l'organisation de la mémoire et des structures des connaissances dans la conscience de l'homme, la définition des notions du signe de langue et la signification de langue, des problèmes de la sémantique et etc., permettent aux sciences connexes avec la science cognitive, ayant l'objet

d'étude commun pour tout, mais complexe (la réflexion - la langue - la communication), d'utiliser les résultats de recherche de la science cognitive dans l'application pour la décision des problèmes cruciaux de la théorie de l'enseignement des langues étrangères. Dans les buts de l'argumentation scientifique de la méthodologie moderne de l'enseignement des langues étrangères, les résultats des sciences cognitives sont la source principale, définissant la base et la direction du développement de la théorie moderne de l'enseignement des langues étrangères.

2. La conception moderne principale de la théorie "interculturelle et communicative" de l'enseignement des langues étrangères, fondée sur la méthodologie cognitive et linguisticoculturelle, et qui est à la base de la philosophie moderne humanitaire de l'enseignement, est la plate-forme commune théorique, reflétant l'intégrité de l'objet de l'étude scientifique et de l'étude didactique.

Le but et le résultat final de l'enseignement des langues étrangères - la compétence interculturelle et communicative de l'individu, formé comme «le sujet de la communication interculturelle», témoigne de la légalité :

- du choix et de l'élaboration cognitive et linguisticoculturelle de la méthodologie de la théorie de l'enseignement des langues étrangères;

- de la mise en relief «de la culture linguistique» à titre de la catégorie de base et méthodologiquement signifiante, synthétisant à un tout commun et organique «la langue - la culture - la personnalité»;

- du choix de la théorie de "la communication interculturelle" comme de la conception moderne et socialement conditionnée de l'enseignement des langues étrangères, cimentée dans le système par l'ensemble des principes méthodologiques, d'une façon intégrée et complexe, qui se réalisent dans le cadre du système méthodique du même nom par le système des notions méthodiques et des catégories, des technologies, des aspects du contenu de la langue étrangère et ainsi de suite;

- du choix de la méthodologie de la théorie de l'enseignement des langues étrangères de la théorie de la connaissance du domaine concret scientifique comme la philosophie anthropologique et humanitaire de l'enseignement dans le devenir de la personnalité "du sujet de la communication interculturelle".

3. L'acquisition du niveau de la personnalité "du sujet de la communication interculturelle" est:

- un niveau qualitatif accessible au maximum dans les conditions de l'absence du milieu linguistique et socioculturel;

- une réflexion de la présence des éléments de la «socialisation secondaire» formée et de la présence du composant cognitif, social et mental dans la conscience du sujet comme du processus de la **«resocialisation»** de la personnalité;

- un paramètre de la capacité de la personnalité à réaliser adéquatement la communication interculturelle, en réagissant souplement à la variabilité des situations de communication, en manifestant de plus la fixation solide des composants socio – et linguisticoculturels de la compétence interculturelle, la culture communicative et comportementale, correspondant aux normes du *socium* linguistique.

Donc, par la personnalité «du sujet de la communication interculturelle» il est rationnel de comprendre une personnalité, ayant un haut niveau de connaissances des bases cognitives et communicatives de la communication interculturelle, reflétant la présence «de la conscience cognitive secondaire» du sujet et assurant la capacité de la personnalité à réagir adéquatement à toutes les situations de vie de l'autre *socium*. Spontanément dans l'arrière de nos têtes, fonctionne l'idée que le but ultime de l'apprentissage d'une langue est de la pratiquer comme un natif. Or c'est absurde.

La nouvelle conception de l'enseignement/apprentissage des langues étrangères repose sur l'acquisition des compétences et par niveau à atteindre dans chacune de ces compétences.

L'expression complète de l'essence de la méthodologie moderne de la théorie de l'enseignement des langues étrangères est assurée par l'ensemble des principes méthodologiques (cognitifs, conceptuels, communicatifs, linguistiques et culturels, socioculturels, développants de réflexe).

L'importance du principe cognitif et méthodologique est prédéterminée par ce que le but final accessible de l'enseignement des langues étrangères dans les conditions modernes de la formation "du sujet de la communication interculturelle" peut être atteint seulement dans le résultat de la formation «de la conscience cognitive secondaire», «de la resocialisation» de la personnalité avec un degré divers de l'accessibilité.

Le principe communicatif suppose la maîtrise de tout l'ensemble de la conduite communicative comme l'ensemble des normes et des traditions du savoir-vivre du peuple de telle ou telle communauté linguisticoculturelle.

Le principe socioculturel est orienté sur la formation des connaissances du sujet bi-culturel de la communication, il est fondé sur l'étude comparative des données du *socium* natif et étranger, ce qui assure la couche de la réorganisation substantielle, technologique, mentale, sociale, fonctionnelle et communicative du processus d'enseignement.

Le principe lingvo-culturel méthodologique a deux base de direction: 1) dans l'acquisition de la langue maternelle et de la culture dans l'ontogenèse comme le processus inconscient et 2) dans l'apprentissage de l'autre langue et l'autre culture dans le dialogue des cultures, se reflète comme le processus consent de la formation "d'un autre monde de langue", qui "s'impose" sur la conscience primaire et la structure de la connaissance en forme de composants mentaux. Dans l'aspect d'activité cognitif on atteint cela à l'aide de la formation ciblée de nouveaux ensembles cognitifs et linguo-culturels, s'insérant dans le mécanisme cognitif général dans la mesure de l'acquisition de la langue et de la culture étrangère.

Le principe développant de réflexe réalise l'idée de la concentration sur la personnalité, le développement de ses possibilités potentielles et de la stratégie personnelle de la connaissance et de l'autodéveloppement, argumente la spécificité d'activité cognitif du processus de l'assimilation de la nouvelle culture linguistique par le sujet de l'activité d'enseignement, permet de diriger le processus du devenir «du sujet de la communication interculturelle» d'une manière orientée vers un but précis.

Les bases susmentionnées de la méthodologie moderne et la théorie de l'enseignement des langues étrangères dans l'école supérieure sont déterminées par la révision capitale des bases de la formation professionnelle des spécialistes en philologie étrangère.

En conséquence, l'objet d'étude du travail de recherche sur «La méthodologie moderne et la théorie de l'enseignement des langues étrangères dans l'école supérieure» est l'ensemble intégré mentionné plus haut, dont les composantes sont la méthodologie cognitive et linguisticoculturelle comme l'aspect de la théorie de la connaissance et sa théorie réalisant - la théorie de la communication interculturelle.

La diffusion de la nouvelle conception de l'enseignement/ apprentissage des langues étrangères dans le domaine de français deuxième langue étrangère.

Cette méthodologie a ouvert un nouvel angle de vision sur l'enseignement, qui dérive d'une perspective neuve sur la nature de la langue et son apprentissage, et qui a des répercussions sur l'établissement des objectifs, les contenus et les démarches.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. Кунанбаева С.С. Современное иноязычное образование: Методология и теории. Алматы, 2005.
2. Gohard-Radenkovic A. Plurilinguisme, interculturalité et didactique des langues étrangères dans un contexte bilin-gue // transversales/Peter lang. Berne, 2005.
3. Бим И.Л. Концепция обучения второму иностранному языку. Обнинск: Титул, 2001.
4. Национальная система иноязычного образования: новые стратегические ориентиры: Мат-лы респ. науч.-практ. конф. Алматы: КазУМОиМЯ им. Абылай хана, 2008.
5. Кунанбаева С.С., Дүйсекова К.К., Чакликова А.Т., Иванова А.М., Кармысова М.К. Концепция языкового образования Республики Казахстан. Алматы, 2010. Произведение науки. Свидетельство о гос. регистрации прав на объект авторского права № 1565, от 15 октября 2010.

#### REFERENCES

1. Kunanbaeva S.S. Sovremennoe inoiazychnoe obrazovanie: Metodologiya i teorii. Almaty, 2005.
2. Gohard-Radenkovic A. Peter lang, Berne. 2005.
3. Bim I.L. Kontseptsiiia obucheniiia vtoromu inostrannomu iazyku, 2001.

4. Natsional'naia sistema inoiazychnogo obrazovaniia: novye strategicheskie orientiry: Materialy resublikanskoy nauchno-prakicheskoy konferentsii, 2008.

5. Kunanbaeva S.S., Duisekova K.K., Chaklikova A.T., Ivanova A.M., Karmysova M.K. Kontseptsiiia iazykovogo obrazovaniia Respubliki Kazakhstan Almaty, 2010. Proizvedenie nauki. Svidetel'stvo o gos. registratsii prav na ob'ekt avtorskogo prava №1565, 15 oktiabria 2010.

#### Резюме

Макалада С. С. Кунанбаевың «Осы заманы шетел тілін оқыту: әдіснамасы мен теориялары» атты монографиясында шетел тілін оқытуудың жана әдіснамасы туралы, сондай-ақ «ҚР-да шетел тілін оқыту тұғырна-масында бейнелентен «когнитивті» лингвомәдениеттану туралы баяндалған.

#### Résumé

Речь идет о новой методологии иноязычного образования, изложенной в монографии С. С. Кунанбаевой «Современное иноязычное образование: методология и теории» и отраженной в «Концепции иноязычного образования в РК» и определяемой как «когнитивно-лингвокультурологическая».

#### Summary

A new methodological concept of teaching foreign languages is presented, which has been stated in monography «Present day foreign languages education: methods and theories» byf S. S. Kunanbaeva and reflected in the «Concept of foreign languages education in the RK» and specified as «cognitive-lingvoculturological».

ОСМАНЛЫ ИСМИХАН МАГАММАД

## К СЕМАНТИКЕ ИМЕНИ «Огуз – каган»

Институт литературы им. Низами,  
Национальной академии наук Азербайджана

Анализируется этимология имени Огуз-кагана. По мнению автора слово «огуз» состоит из двух компонентов. Первый компонент этого словосочетания «ог» – является практимой нынешней тюркской глагольной формы «тог/dog» – и имеет значение «создавать(ся), порождать(ся), рождать(ся)». Второй компонент *uz* в словосочетании «огуз» в языках тюркских народов имеет значения: *искусный, опытный, умелый, способный, ловкий, умный, мудрый, красивый, чудесный* и т.д. Учитывая вышеуказанное и описание внешнего вида Огуз кагана при рождении, автор статьи считает, что слова «огуз» как антропоним, в том числе имя Огуз-кагана, имеет значение «рожденный человек, красивый, чудесный, искусный, умный, способный», т.е. в переносном смысле «чудесно рожденный».

**Ключевые слова:** имянаречие, Огуз-каган, Огуз-наме, чудесный, рождение.

В тюркологии выяснение этимологии и установление точного значения антропонима «Огуз» приобретает исключительную актуальность, решение которой имеет важное значение. Этот вопрос не раз дискутировался и не раз привлекал к себе внимание исследователей в азербайджанской и зарубежной историко-филологической литературе и Интерес к этому вопросу не угасает до наших дней. Однако, к сожалению, до сих пор еще не получил удовлетворительного разрешения. Несмотря на то, что к настоящему времени имеются многочисленные работы тюркологов, специально посвященные определению значения антропонима «Огуз», среди них не имеется единого мнения, и в тюркологии существуют отличные друг от друга несколько этимологий этого слова.

Исследование о происхождении слова в науке велось в основном в двух направлениях; некоторые исследователи попытались уточнить значение этнонима *огуз*, предполагая при этом первичность названия этнонима, чем названия антропонима. Другая группа исследователей считала Огуз-кагана эпонимом огузского этнонима и занималась выяснением значения имени *Огуз – кагана*, исходя из этого сообщения. Однако, можем констатировать, что в обоих направлениях до настоящего времени нет значительного успеха, а дискуссии ведутся и ныне.

Относящийся к первой группе известный тюрколог А. Н. Кононов связывает происхождение имени Огуз-кагана с названием этнонима «огуз» и излагает свое мнение так: ««Легенды об Огуз-кагане», известная по рукописи (около

1300 г.) Национальной библиотеки в Париже, сложилась, по всей вероятности, в ту пору, когда уже было забыто истинное значение этого слова – термина (*oğuz* «племена»). Племенной термин – этноним превращается в собственное имя легендарного предка – родоначальника племени; этому имени подыскивается подходящее по звучанию и приписываемому значению слово, которое указывает на необычность происхождения носителей этого термина – племенной аристократии, т.е. произошла персонификации этнонима» (1, с. 84). Высказанное А. Н. Кононовым мнение позже было поддержано известным тюркологом Н. А. Баскаковым, объявившим Огуз-кагана легендарным предком, родоначальником племени «огуз» (2, с. 89).

Интерес представляет мнение известного тюрколога С. Г. Кляшторного, подытоживающего мнение второй группы ученых и высказывавших противоположное мнению А. Н. Кононова. По мнению С. Г. Кляшторного «...имя «Огуз», происходившее, согласно древнетюркским легендам, от имени героя – эпонима Огуз-кагана. Более архаичной формой имени *огуз* является слово *огур*» (3, с. 60). Данная версия, по сути взятая С. Г. Кляшторным из Рашид-ад-дина и Абу-л-Гази Бахадурхана – авторов мусульманских «Огуз-наме», скорее всего, является поздней попыткой огузов осмыслить свой этноним от имени Огуз-кагана, хотя в самих «Огуз – наме» об этом нет никаких упоминаний. И, кроме того, насколько известно – у тюрков в древности не было традиций имянаречения племени по имени правителя. Однако считаем последнее мнение С. Г. Кляшторного очень любопытным и, как

нам кажется, основательно, его заявление о том, что архаичной формой имени «огуз» является слово «огур», и по нашему мнению это относится только к названию этнонима «огуз». Но отнесение этого термина к имени Огуз-кагана, не может быть принято, так как ни в одних письменных источниках не встречается имя Огуз-кагана, как Огур-каган\*.

Считаем, что в древности слово «огур» в качестве названия этнонима и слова «огуз» в качестве антропонима, несомненно, одновременно были в употреблении среди тюрков и слово «огуз» как антропоним является более древним, чем слово «огуз», обозначающее название этнонима, так как оно возникло от слова «огур».

Как видно из приведенных примеров, исследователи сближали слова на основании звукового сходства в названиях этнонима и в собственных именах. Мы считаем, что между собой различные по смыслу слова являются омонимами, и из этих соображений считаем целесообразным исследовать слово «оғыз» отдельно, и как антропоним, и как этноним.

Относительно этимологии имени Оғыз - каҗана учёные также не пришли к единому мнению. Господствующая в настоящее время и общепризнанная многими тюркологами этимология антропонима Оғыз усматривает сходство с тюркским словом «oguz» – «племя, объединение племен». Другие видят в нем тотемное происхождение с тюркским словом «oküz» – «бык».

Стоит отметить, что и в классическом «Огуз-наме», где описывается церемония ими наречения Огуз-кагана приводится этимология его имени. Рассказ о рождении и наречении имени Огуза известен в основном в мусульманской версии «Огуз-наме» и был широко распространен среди тюрков и попал в последующие письменные источники. Сколько бы ни было странным, являясь самым древним эпическим произведением тюрков из циклов «Огуз-наме», в уйгурской версии «Легенда об Огуз-кагане» не описываются события наречения имени Огуз, несмотря на первое упоминание имени Огуза в нем. В третьем листе

рукописи эпоса он называется – Оғыз-каҗапом [4, л.3-а; 5, с. 24].

В мусульманской версии в «Огуз-наме» Рашид ад-дина описывается, что наречение имени происходило, когда Огуз достиг годичного возраста в торжественно устроенным *töe* – пире. В нем это событие отмечается так: «Через год ребёнок, подобно пророку Исе (Иисусу) раскрыл уста и промолвил: «Я родился в царственном шатре (*баргях*), поэтому меня должны назвать Огузом! » (6, с. 26).

Гасан Махмудоглы Байати (XV в.) из Табриза в своей «Огуз – наме» под названием «Джами – Джем айин» («Җами – Ъем айин») приводит свою версию ими наречения Огуза. Эту книгу он написал (начало 1482 г.), по его выражению „из одного экземпляра «Огуз-наме», находящегося под рукой», по просьбе Джем Султане, с которым он познакомился, когда совершил паломничество в Мекку. В этой книге он указывает ими наречение Огуза так: «Так как он был видимым на этом правдивом пути (признал единство Всевышнего) в детстве – по смыслу любимой (*vâli*) – это имя дано ему. По причине того, что он признался в единстве Всевышнего, отец его разгневался на него и сражался с ним. [Во время битвы] один из воинов Огуза убил его. Это дело случилось во времена пророка Авраама (*Ibraqîm*) – мир ему!» (7, с.382-383; 8, с.28).

В «Родословной туркменов» Абу-л-Гази Бахадур-хана это событие подробно излагается так: «Когда мальчику минул год, Кара-хан созвал иль и устроил великий *töy*. В день той Кара-хан велел принести ребенка к пирующим и, обратившись к своим бекам, сказал: «Этому сыну нашему исполнился год, какое же имя вы дадите ему?». Но прежде чем беки дали ответ, ребенок сказал: «Мое имя – Огуз». Стар и млад, пришедшие на пир, все были поражены словами ребенка и сказали: «Этот ребенок сам назвал свое имя; найдется ли имя лучше этого?!». Ему дали имя Огуз; и еще сказали: «Никогда и никто не слыхивал и не видывал, чтобы годовалое дитя такие речи говорило» (1, с. 40-41). Как видно из этих примеров, Огуз чудесным образом сам себя в годовалом

\*По указанию А. Зеки Велиди Тогана в ряд рукописей «Огуз-наме» Рашид-ад-дина, а именно в парижской рукописи и в рукописи, составленной для библиотеки Улуг-бека, имя Огуза написано как Огур. По В. З. Тогана это описка. На самом деле в рукописях, составленных при жизни Рашид-ад-дина и ныне хранящихся в Топкапы Сарайы Турции, имя Огуза написано как Огуз. См: A. Zeki Velidi Togan. Oğuz destanı. Reşideddin Oğuznamesi. Tercüme ve Tahlili. İstanbul, 1972, seh. 82, 127.

возрасте нарек именем. Заметим, что из всех известных нам эпических памятников это не единственный случай, когда герой сам дает себе имя. Аналогией такого события в древнетюркской традиции встречается в якутской олонхо, притом, среди якутских олонхо – это также единственный случай. Эр Соготох – имя одного из наиболее популярных богатырей якутского эпоса. В олонхо «Эрис халлаан уола Эр Соготох» («Сын жесткого неба Эр Соготох»), написанном в 1940 г. фольклористом А. А. Саввиным со слов Г. Ф. Никулина, герой Эр Соготох дает сам себе имя «Эрис халлаан уола Эр Соготох» («Сын жесткого неба Муж Одинокий») [9, с. 62].

Приведенная этимология из классических «Огуз-наме» показывает, что уже в древности интересовались значением имени *Oğuz* – каҗана, однако эти значение его имени являются ничем иным, как народной этимологией.

В этой статье сделана попытка дать своё объяснение происхождению и этимологии имени *Oğuz* - каҗана, на основе учтенных к настоящему времени данных письменных источников, особенно уйгурской версии – «Легенды об Огуз-кагане», при этом не останавливаясь на многочисленных толкованиях этимологии антропонима «*Oğuz*» в исследованиях ученых.

Нам представляется, что исследователи в разрешении этимологии имени «*Oğuz*» практически не обратили внимания на один, с первого взгляда малозначительный факт и не придали ему должного значения или упоминали вскользь. Думаем, что загадка имени Огуз-кагана находится в уйгурском списке «Легенда об Огуз-кагане», где описывается его необыкновенное рождение. Поэтому, считаем, ценную информацию может дать нам образ самого Огуз-кагана. Подобного рода решение вопроса, основанное на письменных источниках, то есть попытки выяснения самого значения имени на основании первоисточника, составляют столь обычное явление, что наше объяснение едва ли вызовет возражение.

Как известно, все исследователи, занимающиеся этимологией имени Огуз-кагана и поддерживающие тотемное происхождение слова, выражали своё мнение на основании рукописи уйгурской версии «Легенды об Огуз – кагане», хранящиеся в Парижской Национальной библиотеке, где подробно описывается его

рождение и детство на первом листе (1а и 1в) рукописи так: «Болсунүл, деб дедиләр. Ануң аядаусу ошбу туур. Таки мундан сој севинч таптىлар. Кенә қынлардән бир қын Ай каҗапнүү кюзүң жарыб бодади, еркак оүүл тоңурді. Ошул оүүлнүү юйлۇقى շираү кюк ерди, аյзәт аташ кизил ерди, кюзләри ал, саclarи, каşlarи кара ердиләр ерди. Jakši häpsikilärdän кюрцклцэрәк ерди. Oşul oýul анаسىنىң кюоңзىنىң оүүзини исеб мундун (ЫЫ) артىýрак исмәди, јиг ет аш сирмә тиләди, тили(кә) келә баşлади – Да будет он, – сказали. Его изображение – вот это... Затем обрели радость. В один из дней озарились глаза Ай-Каган, и она родила сына. Лицо ребенка было голубым, рот – огненно – красным, глаза – алыми, а волосы и брови черные были. Он был красивее прекрасных ангелов. Из груди своей матери этот ребенок выкусил молоко и (ЫЫ) больше не пил: мяса сырого, пищи, вина хотел... и заговорил» (4, 1а - 1в; 5, с. 22-23).

Как правило, ни одно название не попадает в эпическую номенклатуру случайно; каждое из них может представлять отражение какого-то факта: религиозного, мифологического и историко-культурного значения. Думаем, эпос слагался тогда, когда мифотворчество еще не миновало. Поэтому имя и детство Огуз-кагана окружено мифами. Мифологическая часть в начале повествования в данном случае служит фоном и для изображения Огуза и удовлетворительного разъяснения тайны этого имени. Само слово также по своей грамматической структуре и фонетическому облику является древним и относится к мифотворческому периоду. Это не случайно, и по нашему мнению, представляет собой весьма прозрачную лингвомифологическую мозаику, слово семантически должно отражать отзвук мифологического сознания древнетюркского общества.

Исходя из этого соображения, рассматривая палеонтологически термин «*Oğuz*», мы также считаем, что оно – очень древнее образование, сохраняясь в этой форме на разных этапах истории, представляет собой не аморфные образования, а наоборот, является двухэлементным словом, который состоит из двух полнозначных или автосемантических лексических единиц; *oğ* и *uz*. Первый компонент этого словосочетания «*oğ*» – является праформой нынешней тюркской глагольной формы «*toğ/doğ*» – и имеет значение «создавать(ся), порождать(ся), рождать(ся)» (10, с.416; 16, с.51).

Эта основа находится в прямой связи со старотюркским словом *oγ* «мать» (13, с.175-176; 17, с.405); к этой же основе восходят гомогенные слова *oγul* и *oγfan* – «потомство», «сын» (10, с.415-417; 11, с.95-100; 12, с.116; 13, с.175-176) и *oγis* – «сородич» (10, с.416; 12, с.103; 18, с.264; 13, с.176), *oγur* «плод», «зачаток» (10, с.416) и корни этого понятия уходят, по-видимому, в глубокую древность (1, с.84). А. Демирчи-заде не исключает возможности происхождения *oγfan* (*oγul* + аффикс уменьшительности) из *doyγul-an* (19, с.40).

Второй компонент *uz* в словосочетании «*oγuz*» имеет множество значений. Известный тюркский грамматик XI века М.Кашгари в своем энциклопедическом словаре «Дивану лугат ат-турк» этимологию термина *uz* дает в одном примере: *uz kişi – eli uz, eli işe yaraşıklı, udumlu kişi* (20, I, с.46), т.е. как „искусный человек” (14, с.620). В языках тюркских народов это слово имеет много значений: *искусный, опытный, умелый, способный, ловкий, умный, мудрый, красивый, чудесный, красноречивый, знающий и т. д* (10, с.569). В словаре Ибн-Мукаинны его значение указаны как: *мастер, искусный, знающей свое дело* (21, с.146), а в «*Tarama Sözlüğü*» – *соответствующий, подходящий, истинный, сообразный и втором значении: искусный, опытный, внимательный* (22, с.797).

Исходя из вышеуказанного, можно прийти к мнению, что слова «*oγuz*» как антропоним состоит из двух тюркских компонентов и имеет значение « рожденный человек, красивый, чудесный, искусный, умный, способный», то есть в переносном смысле оно обозначает «чудесно рожденного». Это предположение находит убедительное подтверждение в описании его внешнего вида при рождении и в детстве. Причем часто имена тюрок являлись своего рода описанием особенностей характера, внешности и обстоятельств рождения. И в уйгурской версии «Легенды об Огуз – кагане» в облике Огуз-кагана еще ощутимы черты мифологического персонажа и имя его «еще не является собственным именем в точном смысле этого слова: оно носит обобщающий, собирательный характер» (23, с. 72). Такие имянаречения герою характерны в традициях фольклорного творчества тюркоязычных народов. В якутском эпосе герои имеют типовые имена: Эр-Соготох («Муж-Одинокий»), Нюргун-

Боотур («Славный богатырь») и Мюлдью-Бёгё («Мюлдью-Силач») и т.д., в которых в собирательных названиях этих героев объединены персонажи общими чертами (23, с. 73).

Нам представляется, что имя Оγуз-каγана как Огуз оставался в памяти народа с этим именем до конца жизни. А по традиции тюрки прежде не носили одного и того же имени. Как пишет Л. В. Гумилев, «имя тюрка всегда указывало на его положение в обществе. Мальчиком он носил кличку, юношей – чин, мужем – титул. А если это был хан, то титул его менялся согласно удельно-лестничной системе» (24, с. 102). А в древнетюркском обычай избранный каган в источниках упоминаются обычно с каганским титулом, даже «древнетюркские runические надписи упоминают исключительно их официальные титулы и никогда не называют их имен или титулов, которые они носили до восшествия на престол в сочетании с титулом «каган»» (25, с. 286). Однако с Оγуз-каγапом это не случилось, даже когда он стал каганом. Ни в каком источнике не известны его другие имена.

Итак, представленные семантические значения имени Оγуз – каγана как «чудесно рожденного» соответствуют описанию его чудесного рождения и деятельности как кагана, человека искусного, опытного, умелого, способного, умного и мудрого.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кононов А.Н. Родословная туркмен. Сочинение Абу-л-Гази хана хивинского. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. 192 с.
2. Баскаков Н.А. К этимологии *oguz*, *oguz-qaran* // Советская тюркология. Баку, 1982. № 1. С. 88-90.
3. Кляшторный С.Г., Савинов Д.Г. Степные империи Евразии. Филологический факультет СПбГУ. СПб., 2005. 346 с.
4. Paris, Bibliothekue Nationale, Департамент дес Манусырите, Supplement turc., 1001. P. 15.889, 21v.
5. Щербак А.М.. Огуз-наме. Мухаббат-наме. Памятники древнеуйгурской и староузбекской письменности. М.: Изд-во восточной литературы, 1959. 172 с.
6. Фазлаллах Рашид ад-Дин. Огуз-наме / Перевод с персидского, предисловие, комментарии, примечания и указатели Р. М. Шукюровой. Баку: Элм, 1987. 128 с.
7. Hasan b. Mahmud-i Bayat. Cam - i Cem - ayin (nşr. Kirzioğlu Fahretdin). Osmanlı Tarihleri, I, İstanbul, Türkiye yayinevi, 1949. S. 372-403.
8. Həsən Mahmud oğlu Bayati. Cami-Cəm ayin. Azərbaycan türkçəsinə çügünlaşdırın, nəşrə hazırlayan, ön sözün və göstəricilərin müəllifi İsmixan Osmanlı. Bakı: Mütərcim, 2011. 68 s.
9. Емельянов Н.В. Сюжеты олонхо о родоначальниках племени. М.: Наука, 1990. 208 с.

10. Севортиян Э.В. Этимологический словарь тюркских языков (общетюркские и межтюркские основы на гласные). М.: Наука, 1974. 767 с.
11. Бернштам А.Н. К семантике термине огул «сын» // Язык и мышление. М.; Л.: Изд-во. АН СССР. 1940. Т. IX. С. 95-100.
12. Бернштам А.Н. Социально-экономический строй орхено-енисейских тюрок VI-VIII веков. Тр. Института востоковедения. М.; Л., 1946. 207 с.
13. Кононов А.Н. К этимологии слова огул «сын» // Филология и история монгольских народов. Памяти академика Б. Я. Владимицова. М.: Изд-во. восточной литературы, 1958. С. 175-176.
14. Древнетюркский словарь. Редакторы: В. М. Наделяев, Д. М. Насилов, Э. Р. Тенишев, А. М. Щербак. Л.: Наука, 1969. 676 с.
15. Mehmed Neşri. Kitab-i Cihan-nüma, I cilt, 2-ci baskı. Yayınlayanlar: F. R.Unat ve M. A. Köyumen. Ankara, Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1987. 419 s.
16. Сагалаев А.М., Октябрьская И.В. Традиционное мировоззрение тюрок южной Сибири. Знак и ритуал. М.: Наука, 1990. 208 с.
17. Малов С.Е. Памятники древнетюркской письменности. Тексты и исследования. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 452 с.
18. Толстов С.П. Древний Хорезм. Опыт историко-археологического исследования. М.: Изд-во. МГУ, 1948. 352 с.
19. Dəmirçizadə Ə. 50 söz. Bakı: Gənclik, 1968. 104 s.
20. Kaşgari M. Divanü luğat-it-türk. T. I. Ankara: İzd. B. Atalaia, 1992. 530 c.
21. Seyid Əhməd Cəmaləddin İbn Mühənnə. Hilyətül-insan və həlbətül-lisan. Bakı: Kitab aləmi, 2008. 160 s.
22. Tanıklarıyle Tarama sözlüğü. Çilt IV. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1957. 924 s.
23. Неклюдов С.Ю. Закономерности стадиальной эволюции эпоса Центральной Азии и Южной Сибири // Mongolica. Памяти акад. В. Я. Владимицова. М.: Наука, 1986. С. 66-79.
24. Гумилев Л. В. Древние тюроки. М.: ACT, 2008. 575 с.
25. Mori M. Begiu-kagan и Potsziui // Turgologica. К семидесятилетию акад. А. Н. Кононова. Л.: Наука, 1976. С. 284-290.
8. Həsən Mahmud oğlu Bayati. Cami-Cəm ayin. Azərbaycan türkçəsinə uyğunlaşdırın, nəşrə hazırlayan, önsözün və göstəricilərin müəllifi İsmixan Osmanlı, Bakı, Mütərcim, 2011, 68 p.
9. N. V. Emel'ianov. Izdatelstvo Nauka, 1990, 208 p. (in Russ.).
10. E. V. Sevortian. Etimologicheskii slovar' tiurkskikh iazykov (obshchetiurkskie i mezhtiurkskie osnovy na glasnye). 1974, 767 p. (in Russ.).
11. A. N. Bernshtam. Iazyk i myshlenie, Izdatelstvo AN SSSR, IX, 1940, 95-100 (in Russ.).
12. A. N. Bernshtam. Trudy Instituta vostokovedeniia, 1946, 207 p. (in Russ.).
13. A.N.Kononov. Filologiya i istoriia mongol'skikh narodov. Izdatelstvo vostochnoi literatury, 1958, 175-176 (in Russ.).
14. V. M. Nadeliaev, D. M. Nasilov, E. R. Tenishev, A. M. Shcherbak, Drevneturkii slovar', 1969, 676 p. (in Russ.).
15. Mehmed Neşri. Kitab-i Cihan-nüma, I cilt, 2-ci baskı. Yayınlayanlar: F.R.Unat ve M. A. Köyumen. Ankara, Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1987, 419s.
16. A. M. Sagalaev, I. V. Oktiabr'skaia. Traditsionnoe mirovozzrenie tiurkov iuzhnoi Sibiri. Znak i ritual. Nauka, 1990, 208 p. (in Russ.).
17. S. E. Malov. Pamiatniki drevneturkskoi pis'mennosti. Teksty i issledovaniia. Izdatelstv AN SSSR, 1951, 452 p. (in Russ.).
18. S. P. Tolstov. Drevniy Khorezm. Izdatelstvo. MGU, 1948, 352 p. (in Russ.).
19. Ə. Dəmirçizadə. 50 söz. Bakı, Gənclik, 1968, 104 p.
20. M. Kaşgari. Divanü luğat-it-türk. Izd. B. Atalaia, t. I, Ankara, 1992, 530 s.
21. Seyid Əhməd Cəmaləddin İbn Mühənnə. Hilyətül-insan və həlbətül-lisan. Bakı, Kitab aləmi, 2008, 160s.
22. Tanıklarıyle Tarama sözlüğü. Çilt IV, Ankara, Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1957, 924s.
23. S. Iu. Nekliudov. Mongolica.. Nauka, 1986, 66-79 (in Russ.).
24. L. V. Gumilev. Drevnie tiurki. M., AST, 2008, 575 p. (in Russ.).
25. M. Mori. Begiu-kagan i Potsziui .Nauka, 1976, 284-290 (in Russ.).

## REFERENCES

1. A. N. Kononov. Sochinenie Abu-l-Gazi khana khivinskogo. Izd-vo AN SSSR, 1958, 192 p.(in Russ.).
2. N. A. Baskakov. Sovetskaia turkologija, 1982, 1, 88-90 (in Russ.).
3. S.G. Kliashtornyj, D.G. Savinov. Steppnye imperii Evrazii, 2005, 346 p. (in Russ.).
4. Paris, Bibliothekue Nationale, Departement des Manus"rits, Supplement turc., 1001, R. 15.889, 21.
5. A. M. Sherbak. Oguz-name. Mukhabbat-name. Pamiatniki drevneugurskoi i starouzbekskoi pis'mennosti. Izdatelstvo vostochnoi literatury, 1959, 172 p. (in Russ.).
6. Fazlallah Rashid ad-Din. Oguz-name. Izdatelstvo Elm, 1987, 128 p. (in Russ.).
7. Hasan b. Mahmud-i Bayat. Cam - i Cem - ayin (nşr. Kirzioğlu Fahretdin). Osmanlı Tarihleri, I, İstanbul, Türkiye yayinevi, 1949, 372-403.

## Summary

The author analysed the etymology of name Оγуз-каҗан. To the author's mind, the word «օշու» includes two components. The first one, i.e. «օշ» is an ancient form of the verb «տօշ» doր in the modern Turkish language and means «create», «to come into being» and «be born». As to the second component, i.e. «օչ» it means in the languages of the Turkic people «skilful, clever, wise, eloquent, pretty and so on». According to the aforementioned facts, the author substantiates the significances of the word «օշու» that include «skilful, clever, wise, eloquent, a man born pretty» as the anthroponome, including in a sense of «miraculous born» figuratively, taking into account the unusual births referred in the sources of Оγуз-каҗан based on the historical and linguistic sources.

**Key words:** naming, Oghuz-kaghan. Oghuzname, miracle, to be born.

## *Юбилейные даты*

---

### **Краткий очерк научной, производственной и педагогической деятельности академика Национальной академии наук Республики Казахстан ПРАЛИЕВА Калдыбая Джайлововича**



Лауреат Государственной премии в области науки, техники и образования Республики Казахстан, академик НАН РК, доктор химических наук, профессор Калдыбай Джайловович Пралиев является крупным ученым страны в области органической химии и химии лекарственных веществ. Основным научным направлением исследований К. Д. Пралиева является разработка методов тонкого органического синтеза, изучение стереохимии и конформационный анализ моно- и бициклических кетопиперидинов, 3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-онов и некоторых природных алкалоидов, разработка путей рационального использования синтетических возможностей этих аминокетонов, алкалоидов и их производных для синтеза труднодоступных веществ и аналогов природных соединений, установление зависимости между тонкой химической структурой и биологической активностью с целью выявления и создания новых безвредных и высокоэффективных отечественных лекарственных средств.

К. Д. Пралиев родился 29 июня 1941 года в селе Карабулак Сайрамского района Южно-Казахстанской области. В 1965 году с отличием окончил химический факультет Казахского государственного университета им. С. М. Кирова, в 1970 г. защитил кандидатскую, а в 1991 г. –

докторскую диссертации. В 1992 г. получил звание профессора. С 2004 г. – академик Национальной академии наук Республики Казахстан.

Будучи еще студентом, с 1964 г. К. Д. Пралиев связал свою трудовую и научную деятельность с АО «Институт химических наук им. А. Б. Бектурова», лабораторией химии синтетических и природных лекарственных веществ. Здесь он приступил к теоретическим и экспериментальным исследованиям в области органической химии и за 47 лет работы прошел путь от рядового лаборанта до заместителя Генерального директора института по научной работе. К. Д. Пралиев возглавляет лабораторию химии синтетических и природных лекарственных веществ.

Под руководством академика НАН РК К. Д. Пралиева синтезировано несколько тысяч новых пиперидинсодержащих соединений, установлено их пространственное строение. Среди синтезированных соединений найдены высокоэффективные анальгетики, анестетики, антиритмики, спазмолитики, иммуностимуляторы и иммуномодуляторы, антибактериальные средства, туберкулостатики и др. К последним крупным достижениям школы академика НАН РК К. Д. Пралиева относится выявление веществ, обладающих мощной анальгетической и антагонистической к опиатам активностью ненаркотического действия.

Ряд крупных научных проектов осуществляется в тесном и плодотворном научном сотрудничестве с учеными ведущих научных центров США (университеты гг. Оклахомы, Нью-Йорка, Медицинский научный центр г. Сиракузы), Европы (университеты г. Гента, Бельгия, г. Кардиффа, Великобритания), России (ГосНИИОХТ г. Москвы, НИХФИ г. Новокузнецка, НИОХ г. Новосибирска), Беларуси (Гродненский государственный медицинский университет) в рамках грантов Международных научных фондов, таких как МНТЦ, CRDF и INTAS.

Крупный вклад академика НАН РК К. Д. Пралиева в теорию и практику тонкого органического синтеза и химию лекарственных веществ, получивший международное признание, нашел свое отражение в около 1000 научных публикациях, в том числе, двух монографиях, 270 охранных документов на предмет изобретений, из которых 20 патентов РК и РФ и 8 патентов ведущих зарубежных стран.

Стоит особо отметить активную инновационную деятельность академика НАН РК К. Д. Пралиева, направленную на внедрение в медицинскую практику стран СНГ новых высокоэффективных и оригинальных лекарственных средств. Масштабные НИР по разработке лекарственных препаратов на основе 4-оксопиперидинов привели к установлению основных принципов создания новых обезболивающих веществ. Итогом этих работ является создание К. Д. Пралиевым с сотрудниками совместно со специалистами Новокузнецкого НИХФИ синтетического заменителя морфина – ПРОСИДОЛа. Цефедрин и ПРОСИДОЛ включены в официальные издания государственных реестров жизненно-важных лекарственных средств РФ и РК, а также Энциклопедию лекарств.

Под общим руководством К. Д. Пралиева совместными усилиями ученых и специалистов ИХН, Казахского национального медицинского университета и Новокузнецкого НИХФИ создан препарат КАЗКАИН, представляющий особый интерес для практической медицины, в том числе военно-полевой медицины и медицины катастроф в качестве местно-анестезирующего и антиаритмического средства. Этот препарат успешно прошел первую фазу клинических испытаний в четырех ведущих клиниках Москвы и Московской области.

К. Д. Пралиев всегда в центре общественной и научно-организационной деятельности не только ИХН, но и всей страны. На протяжении многих лет он – заместитель председателя научного Совета ИХН, Председатель или заместитель председателя Диссертационного Совета ИХН, член Бюро Отделения химико-технологических наук НАН РК, член различных НТС и редакционных коллегий различных научных журналов, член Республиканского Совета фундаментальных исследований. В настоящее время К. Д. Пралиев – член Президиума Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК и Президиума НАН РК.

Им создана научная школа органиков-синтетиков, активно и успешно работающая в науке, образовании и бизнесе. Среди его учеников – 8 докторов и 34 кандидата наук.

Страна по достоинству оценила выдающиеся заслуги в науке, научно-организационной и общественной деятельности академика НАН РК К. Д. Пралиева. Он является лауреатом премии Совета Министров КазССР (1986 г.) в области науки и техники, премии имени академика К. И. Сатпаева (2000 г.) и Государственной премии Республики Казахстан в области науки, техники и образования (2003 г.). Он награжден медалью «Қазақстан Республикасының тәуелсіздігіне 10 жыл» (2001 г.), нагрудным знаком «За заслуги в развитии науки Республики Казахстан» (2002 г.).

29 июня 2011 года Калдыбай Джайлловичу Пралиеву исполняется 70 лет. От имени Президиума Национальной академии наук Республики Казахстан и всех коллег сердечно поздравляем со славным юбилеем Калдыбая Джайлловича Пралиева, желаем ему крепкого здоровья, счастья и дальнейших успехов в работе на благо процветания науки Казахстана!

## *Хроника*

---

*27 мая 2011 года в Алматы состоялся форум «Развитие науки – будущее страны», в котором приняли участие более 200 академиков и ученых страны. На открытии форума с приветственным словом и основным докладом выступил министр образования и науки Республики Казахстан Бакытжан Турсынович Жумагулов.*

Президент страны Н. А. Назарбаев поставил перед учеными Казахстана серьезную задачу – встать в форватаре индустриально-инновационного развития страны. Благодаря поддержке Главы государства, сегодня казахстанские ученые имеют все условия для решения этой задачи. Недавно был принят новый закон «О науке», вносятся изменения в законодательство страны, создана новая модель управления отечественной наукой.

В широком обсуждении актуальных вопросов развития современной науки участвовали депутаты Парламента Казахстана, члены Национальных научных советов, представители научных организаций и высших учебных заведений республики, представители национальных академий ближнего зарубежья, СМИ.

Символично, что форум проходил в стенах только что открывшегося после ремонта и реконструкции здания Академии наук. Такой роскошный подарок сделал ученым Казахстана Глава государства к 20-летию Независимости республики. Теперь «храм науки» возвращается к академическому сообществу в обновленном виде как «Фылым ордасы» – крупнейший центр научной мысли современного Казахстана.

Деятельность «Фылым ордасы», созданного при Комитете науки МОН РК, будет направлена на содействие развитию науки, технического прогресса и использованию их достижений в практике.

тической деятельности. Работа будет ориентирована на создание условий для консолидации научного потенциала Республики Казахстан, сохранение и приумножение национального историко-культурного и научного наследия, его дальнейшего изучения и всесторонней пропаганды. Здесь также будут оказывать информационные и методические услуги для ученых, научно-исследовательских учреждений, неправительственных организаций, занятых научными исследованиями.

Участники форума посетили большую выставку подведомственных организаций Министерства образования и науки Республики Казахстан. Экспозиция выставки наглядно отражает современное состояние и перспективы развития научно-исследовательской деятельности в Казахстане.

С приветственным словом к участникам форума обратились аким г. Алматы Ахметжан Есимов, президент Национальной академии наук Мурат Журинов, видные ученые республики.

В рамках форума на Общем собрании Национальной академии наук Республики Казахстан состоялось награждение академиков НАН РК «Большой золотой медалью НАН РК»: Абдильдина М. М., Байтулина И. О., Дюсенбекова З. Д., Зиманова С. З., Кирабаева С. С., Медеубекова К. У., Надирова Н. К., Отебаева М. О., Пономаревой Е. И., Рахимбаева И. Р., Сыдыкова Ж. С., Тулепбаева Б. А.

*Пресс-служба МОН РК*

## НАШИ АВТОРЫ

- Асанова С. Е. – к.б.н., Институт микробиологии и вирусологии, г. Алматы
- Байтулин И. О. – академик Национальной академии наук Республики Казахстан, Институт ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы
- Бекенов А. Б. – Институт зоологии, г. Алматы
- Булгакова О. В. – Евразийский национальный университет имени Гумилева, г. Астана
- Берсимбай Р. И. – академик Национальной академии наук Республики Казахстан, Евразийский национальный университет имени Гумилева, г. Астана
- Даулбаева К. Д. – к.б.н., Институт микробиологии и вирусологии, г. Алматы
- Джолдасбеков С. У. – д.т.н., проф., Институт механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова, г. Алматы
- Дуйсекова К. К. – д.ф.н., проф. КазУМОиМЯ им. Абылай хана, г. Алматы
- Есентемирова А. К. – PhD докторант, Евразийский национальный университет имени Гумилева, г. Астана
- Жуматов К. Х. – д.б.н., проф., Институт микробиологии и вирусологии, г. Алматы
- Ишмухаметова Н. Г. – к.б.н., Институт микробиологии и вирусологии, г. Алматы
- Карамендин К. О. – к.в.н., Институт микробиологии и вирусологии, г. Алматы
- Кыдырманов А. И. – к.б.н., Институт микробиологии и вирусологии, г. Алматы
- Мелдебеков А. М. – академик Национальной академии наук Республики Казахстан, Институт зоологии, г. Алматы
- Османлы Исмихан
- Магаммад оглы
- Ракишев Б. Р.
- Сарбасов Д.
- Сарсенгельдин М. М.
- Саятов М. Х.
- Темирбеков Е. С.
- Харин С. Н.
- Шайкенов Т.

## OUR AUTHORS

- Asanova S. Ye. – candidate of biological science, Institute of microbiology and virology, Almaty
- Baitullin I. O. – an academician of the National academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Institute of botany and phytointroduction, Almaty
- Bekenov A. B. – Institute of zoology, Almaty
- Bulgakova O. V. – the Eurasian national university named after Gumilev, Astana
- Bersimbaj R. I. – an academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, the Eurasian national university named after Gumilev, Astana
- Daulbaeva K. D. – candidate of biological science, Institute of microbiology and virology, Almaty
- Dzholdasbekov S. U. – doctor of technical sciences, prof., Institute of mechanics and machine science named after U. A. Dzholdasbekov, Almaty
- Duissekova K. K. – doctor of philology sciences, prof., Kazakh University of international relations and world languages named after Abylai khan, Almaty
- Essentemirova A. K. – PhD, the Eurasian national university named after Gumilev, Astana
- Zhumatov K. H. – doctor of biological science, prof., Institute of microbiology and virology, Almaty
- Ishmukhametova N. G. – candidate of biological science, Institute of microbiology and virology, Almaty
- Karamendin K. O. – candidate of veterinary science, Institute of microbiology and virology, Almaty
- Kydyrmanov A. I. – candidate of biological science, Institute of microbiology and virology, Almaty
- Meldebekov A. M. – an academician of the National academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Institute of zoology, Almaty
- Osmanly Ismihan
- Magammad oglly
- Rakishev B. R.
- Sarbassov D.
- Sarsengeldin M. M
- Sayatov M. Kh.
- Temirbekov E. S.
- Kharin S. N.
- Shaikenov T.

## МАЗМҰНЫ

### **Ғылыми мақалалар мен шолулар**

<i>Харин С.Н., Сәрсенгелдин М.М.</i> Координат өсіне жана спайтын қозғалысты шекара саласындағы жылууткізгіштік тендеуінің аналитикалық шешімі.....	3
<i>Есентемірова А.К.</i> Толығымен үзіліссіз операторлардың түбірлі векторлары толықтығының қажетті және жеткілікті шарттары.....	9
<i>Жолдасбеков С.Ә., Темірбеков Е.С.</i> Жол тегістегіштердегі діріл қоздыргышының соккысыз жұру жолы.....	11
<i>Жолдасбеков С.Ә., Темірбеков Е.С.</i> Контуры өзгеретін алты буынды механизмдер. Беріліс күші мен қозғалысы...	15
<i>Рақышев Б.Р.</i> Кен шікізатын пайдалану кешенділігін көтеру – мемлекеттің манызды мәселесі.....	20
<i>Мелдебеков А.М., Бекенов А.Б.</i> Ақбекеннің жаппай жиі өлім-жітімге ұшырауы тек пастереллез ауруынан ба?....	27
<i>Байтулин И. О.</i> Жамбыл облысында Байжансай-Билікөл үлттық паркін үйімдастыру туралы мәселеге.....	31
<i>Саятов М.Х., Жұматов К.Х., Қыдырманов А.И., Қарамедин К.Ә., Ишмұхаметова Н.Ф., Асанова С.Е., Дауылбаева К.</i> Қазақстанның жабайы құстарынан бөлініп алынған грипп А вирусының H3N6 және H3N8 типтартмактары изоляттарының беткейлік және ішкі протеин гендерін филогенетикалық талдау.....	35
<i>Булгакова О.В., Шайкенов Т., Сарбасов Д., Берсімбай Р.І.</i> Функциональды mTOR кешенін бөлу.....	42
<i>Дүйсекова К.К.</i> Қазақстанда шетел тілін оқытудың жаңа әдіснамалық тұғырнамасы.....	47
<i>Османлы Исмихан Магаммад.</i> «Оғуз – кагап» атауы семантикасына.....	51
<b>Қазақстан Республикасы Үлттық ғылым академиясының академигі ПІРӘЛИЕВ Қалдыбай Жайлоуұлының ғылыми, өндірістік және педагогикалық қызметтері туралы қыскаша очерк.....</b>	56

### **Мерейтойлар**

<b>Хроника</b>	
<b>«Ғылымның дамуы – ел болашағы» форумы.....</b>	58
<b>Біздің авторлар.....</b>	59

## СОДЕРЖАНИЕ

### Научные статьи и обзоры

<i>Харин С.Н., Сарсенгельдин М.М.</i> Аналитическое решение уравнения теплопроводности в области с подвижной границей, не касающейся осей координат.....	3
<i>Есентемирова А.К.</i> Критерий полноты корневых векторов вполне непрерывных операторов.....	9
<i>Джолдасбеков С.У., Темирбеков Е.С.</i> Безударная беговая дорожка вибровозбудителя дорожных катков.....	11
<i>Джолдасбеков С.У., Темирбеков Е.С.</i> Шестизвенные механизмы с изменяемым контуром. Передача сил и движения...	15
<i>Ракишев Б.Р.</i> Повышение комплексности использования рудного сырья – важная государственная задача.....	20
<i>Мелдебеков А.М., Бекенов А.Б.</i> Действительно ли массовая гибель сайгаков произошла только от болезни пастереллёза?... <td>27</td>	27
<i>Байтүлин И.О.</i> К вопросу об организации Байжансай-Билийкульского национального парка в Жамбылской области... <td>31</td>	31
<i>Саятов М.Х., Жуматов К.Х., Кыдырыманов А.И., Карамендин К.О., Ишмухаметова Н.Г., Асанова С.Е., Даулбаева К.Д.</i> Филогенетический анализ генов поверхностных и внутренних белков вирусов гриппа А, подтипов H3N6 и H3N8, выделенных от диких птиц в Республике Казахстан.....	35
<i>Булгакова О.В., Шайкенов Т., Сарбасов Д., Берсімбай Р.І.</i> Выделение функциональных комплексов mTOR.....	42
<i>Дүйсекова К.К.</i> Новая методологическая концепция обучения иностранным языкам в Казахстане.....	47
<i>Османлы Исмихан Магаммад.</i> К семантике имени «Огиз – каган».....	51

### Юбилейные даты

Краткий очерк научной, производственной и педагогической деятельности академика Национальной академии наук Республики Казахстан ПРАЛИЕВА Калдыбая Джайлововича.....	56
---	----

### Хроника

Форум «Развитие науки – будущее страны».....	58
Наши авторы.....	59

## CONTENT

### Scientific papers and reviews

<i>Kharin S.N., Sarsengeldin M.M.</i> Analytical solution of heat conduction equation in a domain with moving boundary, not tangent to axes of coordinates.....	3
<i>Yesentemirova A.K.</i> Completeness criterion of root vectors of a completely continuous operator.....	9
<i>Dzholdasbekov S.U., Temirbekov E.S.</i> Treadmill without the impact mechanism for generating the forces of inertia rollers... <td>11</td>	11
<i>Dzholdasbekov S.U., Temirbekov E.S.</i> Six-link mechanisms with the variable contour. Consideration of the forces and motion... <td>15</td>	15
<i>Rakishev B.R.</i> Increase of multipurpose utilization of crude ore is an important state task.....	20
<i>Meldebekov A.M., Bekenov A.B.</i> Was the mass mortality of saiga really caused only by pasteurellosis disease?.....	27
<i>Baitullin I.O.</i> On the question of organization of the Baizhansai-Biliykulsky National Park in Zhambyl oblast.....	31
<i>Sayatov M.H., Zhumatov K.H., Kydyrmanov A.I., Karamendin K.O., Ishmukhametova N.G., Asanova S.Ye., Daulbayeva K.D.</i> Phylogenetic analysis of surface and internal protein genes of influenza A H3N6 and H3N8 subtype viruses separated from wild birds in Kazakhstan.....	35
<i>Bulgakova O.V., Shaikenov T., Sarbassov D., Bersimbai P.I.</i> Isolation of the functional mTOR complexes.....	42
<i>Duissekova K.K.</i> The new methodological concept of teaching foreign languages in Kazakhstan.....	47
<i>Osmanly Ismihan Magammad oglly.</i> On the semantics of name «Oruz- karan».....	51

### Anniversaries

To the 70th anniversary of the RK National Academy of Sciences' member K. Zh. Praliev's birth.....	56
---	----

### Chronicle

The forum «Science development is a future of Kazakhstan».....	58
Our authors.....	60

## **ПРАВИЛА для авторов журналов НАН РК**

В журналах публикуются научные статьи и заметки, экспресс-сообщения о результатах исследований в различных областях естественно-технических и общественных наук.

Журналы публикуют сообщения академиков НАН РК, а также статьи других ученых, представленные действительными членами НАН РК (академиками НАН РК), несущими ответственность за достоверность и значимость научных результатов и актуальность научного содержания рекомендуемых работ.

Представленные для опубликования материалы должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Содержать результаты оригинальных научных исследований по актуальным проблемам в области физики, математики, механики, информатики, биологии, медицины, геологии, химии, экологии, общественных и гуманитарных наук, ранее не опубликованные и не предназначенные к публикации в других изданиях. Статья сопровождается разрешением на опубликование от учреждения, в котором выполнено исследование и представлением от академика НАН РК.

2. Статья представляется в одном экземпляре. Размер статьи не должен превышать 5-7 машинописных страниц (статьи обзорного характера – до 15 стр.), включая аннотацию в начале статьи перед основным текстом, которая должна отражать цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы (аннотация не менее 1/3 стр. через 1 компьютерный интервал, 12 пт), таблицы, рисунки, список литературы (12 пт через 1 компьютерный интервал), напечатанных в редакторе Word 2003, шрифтом Times New Roman 14 пт, с пробелом между строк 1,5 компьютерных интервала, поля – верхнее и нижнее 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см. Количество рисунков – не более пяти. В начале статьи вверху слева следует указать индекс УДК. Далее посередине страницы прописными буквами (курсивом) – инициалы и фамилии авторов, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи; затем посередине строчными буквами – название организации(ий), в которой выполнена работа, и город. Последняя страница подписывается всеми авторами. Прилагается электронный вариант на CD-диске.

3. Статьи публикуются на русском, казахском, английском языках. К статье необходимо приложить на отдельной странице Ф.И.О. авторов, название статьи, наименование организации, город, аннотации на двух языках (на казахском и английском, или русском и английском, или казахском и русском), а также сведения об авторах (уч. степень и звание, адрес, место работы, тел., факс, e-mail).

4. Ссылки на литературные источники даются цифрами в прямых скобках по мере упоминания. Список литературы оформляется следующим образом:

1. Адамов А.А. Процессы протаивания грунта // Доклады НАН РК. 2007. №1. С. 16-19.
2. Чудновский А.Ф. Теплообмен в дисперсных средах. М.: Гостехиздат, 1994. 444 с.
5. В случае переработки статьи по просьбе редакционной коллегии журнала датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта. Если статья отклонена, редакция сохраняет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения.

### **ВНИМАНИЕ!!!**

#### **С 1 июля 2011 года вводятся следующие дополнения к Правилам:**

После списка литературы приводится список литературы в романском алфавите (References) для SCOPUS и других БАЗ ДАННЫХ полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите (латиница).

В References не используются разделительные знаки («//» и «–»). Название источника и выходные данные отделяются от авторов типом шрифта, чаще всего курсивом, точкой или запятой.

Структура библиографической ссылки: авторы (транслитерация), название источника (транслитерация), выходные данные, указание на язык статьи в скобках.

*Пример ссылки на статью из российского переводного журнала:*  
Gromov S.P., Fedorova O.A., Ushakov E.N., Stanislavskii O.B., Lednev I.K., Alfimov M.V. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **1991**, *317*, 1134-1139 (in Russ.).

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу, используя различные системы. Программа очень простая, ее легко использовать для готовых ссылок. К примеру, выбрав вариант системы Библиотеки Конгресса США (LC), мы получаем изображение всех буквенных соответствий. Вставляем в специальное поле весь текст библиографии на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит».

Преобразуем транслитерированную ссылку:

- 1) убираем транслитерацию заглавия статьи;
- 2) убираем специальные разделители между полями (“//”, “–”);
- 3) выделяем курсивом название источника;
- 4) выделяем год полужирным шрифтом;
- 5) указываем язык статьи (in Russ.).

Просьба к авторам статей представлять весь материал в одном документе (одном файле) и точно следовать Правилам при оформлении начала статьи: посередине страницы прописными буквами (курсивом) – фамилии и инициалы авторов, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи; затем посередине строчными буквами – название организации (ий), в которой выполнена работа, и город. Затем следует аннотация и далее текст статьи.

Точно в такой же последовательности следует представлять резюме на двух других языках в том же файле только на отдельной странице (Ф.И.О. авторов, название статьи, наименование организации, город, резюме). Далее в том же файле на отдельной странице представляются сведения об авторах.

Редакторы: *M. С. Ахметова,  
Ж. М. Нургожина, Б. Е. Лиманова*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 05.07.2011.  
Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
4,2 п.л. Тираж 300. Заказ 3.