

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2016 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
**БАЯНДАМАЛАРЫ**

**ДОКЛАДЫ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**REPORTS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.  
PUBLISHED SINCE 1944



Бас редакторы  
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

**Адекенов С.М.** проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)  
**Боос Э.Г.** проф., академик (Қазақстан)  
**Величкин В.И.** проф., корр.-мүшесі (Ресей)  
**Вольдемар Вуйцик** проф. (Польша)  
**Гончарук В.В.** проф., академик (Украина)  
**Гордиенко А.И.** проф., академик (Белорус)  
**Дука Г.** проф., академик (Молдова)  
**Илолов М.И.** проф., академик (Тәжікстан),  
**Леска Богуслава** проф. (Польша),  
**Локшин В.Н.** проф. чл.-корр. (Қазақстан)  
**Нараев В.Н.** проф. (Ресей)  
**Неклюдов И.М.** проф., академик (Украина)  
**Нур Изура Удзир** проф. (Малайзия)  
**Перни Стефано** проф. (Ұлыбритания)  
**Потапов В.А.** проф. (Украина)  
**Прокопович Полина** проф. (Ұлыбритания)  
**Омбаев А.М.** проф. (Қазақстан)  
**Өтелбаев М.О.** проф., академик (Қазақстан)  
**Садыбеков М.А.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Сатаев М.И.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Северский И.В.** проф., академик (Қазақстан)  
**Сикорски Марек** проф., (Польша)  
**Рамазанов Т.С.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Харин С.Н.** проф., академик (Қазақстан)  
**Чечин Л.М.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Харун Парлар** проф. (Германия)  
**Энджун Гао** проф. (Қытай)  
**Эркебаев А.Э.** проф., академик (Қырғыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)  
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.  
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://наука-нанрк.kz>, reports-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор  
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

**Адекенов С.М.** проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)  
**Боос Э.Г.** проф., академик (Казахстан)  
**Величкин В.И.** проф., чл.-корр. (Россия)  
**Вольдемар Вуйцик** проф. (Польша)  
**Гончарук В.В.** проф., академик (Украина)  
**Гордиенко А.И.** проф., академик (Беларусь)  
**Дука Г.** проф., академик (Молдова)  
**Илолов М.И.** проф., академик (Таджикистан),  
**Леска Богуслава** проф. (Польша),  
**Локшин В.Н.** проф. чл.-корр. (Казахстан)  
**Нараев В.Н.** проф. (Россия)  
**Неклюдов И.М.** проф., академик (Украина)  
**Нур Изура Удзир** проф. (Малайзия)  
**Перни Стефано** проф. (Великобритания)  
**Потапов В.А.** проф. (Украина)  
**Прокопович Полина** проф. (Великобритания)  
**Омбаев А.М.** проф. (Казахстан)  
**Отелбаев М.О.** проф., академик (Казахстан)  
**Садыбеков М.А.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Сатаев М.И.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Северский И.В.** проф., академик (Казахстан)  
**Сикорски Марек** проф., (Польша)  
**Рамазанов Т.С.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Харин С.Н.** проф., академик (Казахстан)  
**Чечин Л.М.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Харун Парлар** проф. (Германия)  
**Энджун Гао** проф. (Китай)  
**Эркебаев А.Э.** проф., академик (Кыргызстан)

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

---

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

**E d i t o r i n c h i e f**doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov****E d i t o r i a l b o a r d :****Adekenov S.M.** prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)**Boos E.G.** prof., academician (Kazakhstan)**Velichkin V.I.** prof., corr. member (Russia)**Voitsik Valdemar** prof. (Poland)**Goncharuk V.V.** prof., academician (Ukraine)**Gordiyenko A.I.** prof., academician (Belarus)**Duka G.** prof., academician (Moldova)**Ilolov M.I.** prof., academician (Tadjikistan),**Leska Boguslava** prof. (Poland),**Lokshin V.N.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Narayev V.N.** prof. (Russia)**Nekludov I.M.** prof., academician (Ukraine)**Nur Izura Udzir** prof. (Malaysia)**Perni Stephano** prof. (Great Britain)**Potapov V.A.** prof. (Ukraine)**Prokopovich Polina** prof. (Great Britain)**Ombayev A.M.** prof. (Kazakhstan)**Otelbayv M.O.** prof., academician (Kazakhstan)**Sadybekov M.A.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Satayev M.I.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Severskyi I.V.** prof., academician (Kazakhstan)**Sikorski Marek** prof., (Poland)**Ramazanov T.S.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief**Kharin S.N.** prof., academician (Kazakhstan)**Chechin L.M.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Kharun Parlar** prof. (Germany)**Endzhun Gao** prof. (China)**Erkebayev A.Ye.** prof., academician (Kyrgyzstan)**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.****ISSN 2224-5227****ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

<sup>1,2</sup>B.T. Shukirgaliyev, <sup>1,2</sup>T.P. Panamarev, <sup>4</sup>A.Zh. Naurzbaeva, <sup>1,4</sup>M.T. Kalambay,  
<sup>1</sup>M.A. Makukov, <sup>1</sup>E.Y. Vilkoviskij, <sup>3,1</sup>Ch.T. Omarov, <sup>2,5,6</sup>P.P. Berczik, <sup>2</sup>A. Just, <sup>2,5,7</sup>R. Spurzem

<sup>1</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Astronomisches Rechen-Institut, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Germany;

<sup>3</sup>National Center of Space Research and Technology, Kazakhstan;

<sup>4</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan;

<sup>5</sup>National Astronomical Observatories of China and Key Laboratory for Computational Astrophysics, China;

<sup>6</sup>Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine;

<sup>7</sup>Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics at Peking University, China

[bekdaulet.s@gmail.com](mailto:bekdaulet.s@gmail.com), [mukhagaly@gmail.com](mailto:mukhagaly@gmail.com)

## EFFECT OF GAS ACCRETION DISC PROFILE ON ORBITAL PARAMETERS OF THE ACCRETED STARS

**Abstract.** The results of studies of the effect of the gas disk and its profile on the dynamics of active galactic nuclei are presented. The study was conducted with a numerical model of galactic nucleus based on phiGRAPE+GPU comprising three subsystems – a central supermassive black hole, gaseous accretion disc, and compact stellar cluster. The evolution of the compact stellar cluster is modeled with direct integration (N-body simulation), while the black hole and gaseous disc are represented phenomenologically: the black hole is introduced as an external potential (fixed in space but variable in time due to black hole mass growth), and the gaseous disc is introduced as spatial time-independent density distribution. We examined and compared with each other orbital parameters of accreting stars for model of the galactic nucleus with gas disc of constant and variable thickness, as well as without gas. It was found that in the presence of a gaseous disk almost half of the accreted particles interact strongly with the gas and are captured by the disc before accretion, while more than 85% of particles are affected to some extent by the disc prior to accretion. This suggests that interaction of the stellar cluster with the gas disk in the galactic nucleus might lead to the formation of stellar disk in the central part of the nucleus.

**Key words:** active galactic nuclei (AGN), supermassive black hole (SMBH), accretion gas disk (AGD), computational astrophysics, N-body simulations.

The physical nature of active galactic nuclei (AGN) our day is far from a complete understanding, that is why the development of AGN theory still remains one of the most urgent problems of astrophysics. According to modern concepts, activity of galactic nuclei is due to the accretion of matter onto supermassive (up to several trillion solar masses) black holes, which are, apparently, in all the centers of galaxies [1]. Released in the course of this accretion the gravitational energy is the source that lies at the heart of an extremely powerful radiation observed from the AGN.

Active galactic nuclei can be seen as consisting of three subsystems: the central supermassive black hole (SMBH), the accretion gas disk (AGD), which is formed due to the conservation of angular momentum of accreting matter, and compact spherically symmetric stellar clusters [2].

In previous studies [3-6] by means of numerical simulation we have been investigated the interaction of star cluster with an accretion disk and its impact on the dynamics and evolution of active galactic nuclei. Indeed, dissipative effects from the gas disk leads to loss of energy of stars in the central cluster and, under certain conditions, to the accretion of some stars onto the black hole.

In these studies, we used two phenomenological gas disk model. The first gas disk had Keplerian rotation, constant height and was defined in a constant in time density distribution:

$$\rho(R, z) = \frac{2-\alpha}{2\pi\sqrt{2\pi}} \frac{M_d}{hR_d^3} \left(\frac{R}{R_d}\right)^{-\alpha} \exp\left[-\beta_s \left(\frac{R}{R_d}\right)^s\right] \exp\left(-\frac{z^2}{2h^2R_d^2}\right), \quad (1)$$

where  $\alpha = 3/4$  (corresponds to the outer boundary of the disk according to the Novikov-Thome model [6]),  $R^2 = x^2 + y^2$ ,  $R_d$  - disk radius,  $\beta_s = \left[\Gamma\left(1 + \frac{2-\alpha}{s}\right)\right]$  ( $\Gamma(x)$  - gamma function,  $s$  was taken to 4, then  $\beta_s = 0.70$ ),  $M_d$  - disk mass,  $h$  defines the half-thickness of disk:  $h_z = hR_d$ .

The second, a more realistic model of the gas disk is a modification of the first model with the introduction of a linear increase of the half-thickness of disk in the domestic sector. This modification was based on the physical properties of the inner accretion disk, which are described by the Shakura-Syunyaev approach [8].

$$h_z = hR_d \left(\frac{R}{R_{crit}}\right). \quad (2)$$

The transition point from linear half-thickness to the constant was determined by equating the expression for the velocity of sound in the case of self-gravity of disk  $c_s^2 = 4\pi Gh_z \Sigma$ , and in case of its absence  $c_s^2 = 2h_z^2 GM_{bh} R^{-3}$ . Then  $R_{crit} = 0.0257314$  in the dimensionless system of units N-body [8], which we use everywhere in the future.

Accretion disk properties were recorded with reduced mass  $\mu_d$  with analytical density distribution according to equation (1) with the values of the parameters  $\alpha = 3/4$  and  $s = 4$  and  $h = 10^{-3}$ . There was an implication of Keplerian rotation of the disc in the potential of a supermassive black hole, neglecting the gravitational influence of the disc and pressure gradients inside the disc [3]. Read more about the gas disk models - [5].

The black hole was also defined phenomenologically as a Newtonian potential. Star cluster was modeled by direct integration of interaction of individual stars with each other (N-body simulations), as well as with the gas disk and black hole. If the star falls in a region with radius of less than  $R_{accr}$  (accretion radius), then it is considered as accreted - its mass is added to the mass of the black hole and the star itself is removed from the system. As the source code phiGRAPE+GPU [10] it was used for the numerical simulation, which uses parallel computation technologies (CUDA and MPI). This code was added to our module, describing dissipative interaction of stars with gas. Evolution of the system begins with the status given by Plummer model. A more detailed description of the numerical model can be found in [3,4,6].

In [5] there was a comparison of the results obtained using two gas disk models, i.e. we investigated the influence of the disk profile on the process of accretion of stars in the black hole (see. the dotted line in Fig. 2). There were considered stars that are accreting due to the effect of the gas disk, that is, stars with small eccentricity (it was believed that the stars, accreting when  $e \approx 1$ , that is, in orbits close to hyperbolic, fall into the capture area of the black hole as a result of random spans). It was found that in the first model accreting when rotated in one direction with disk the stars form on the diagram "eccentricity - orbit inclination angle to the plane of the disc" a close group with nearly circular orbits lying substantially in the disc plane and the counter-rotating stars have any inclination values and eccentricity when accretion. In the disk model with a variable thickness the co-and counter-rotating stars accrete at all angles of inclination of the orbit, but about 70% of all captured SMBH stars at the time of capture were very close to a circular orbit and were in the plane of the disk. Furthermore, in the second disk model impulse momentum is transferred to the black hole in a larger amount than in the first.

This paper presents the results of further studies of the effect of the gas disk on the dynamics of active galactic nuclei, namely, discussing the orbital parameters of accreting stars, which were captured by SMBH for two relaxation time ( $t=2t_{rel}$ ), since initial time, for the three models: with "old" (with constant thickness) and the "new" (with variable thickness) gas disks, and also without the disc. In all launches rating system was 32 thousand, accretion radius was assumed to be  $0.0003R_d$ .

**Results and discussion**

Results of the study of orbit eccentricity of accreting stars are shown in Figures 1-3. Figure 1 shows the cumulative distribution of the particles on the eccentricities of their orbits at the time of accretion for the three models, the ordinate axis represents the ratio of the number of stars, accreting eccentric, less than given to the number of accreted stars.

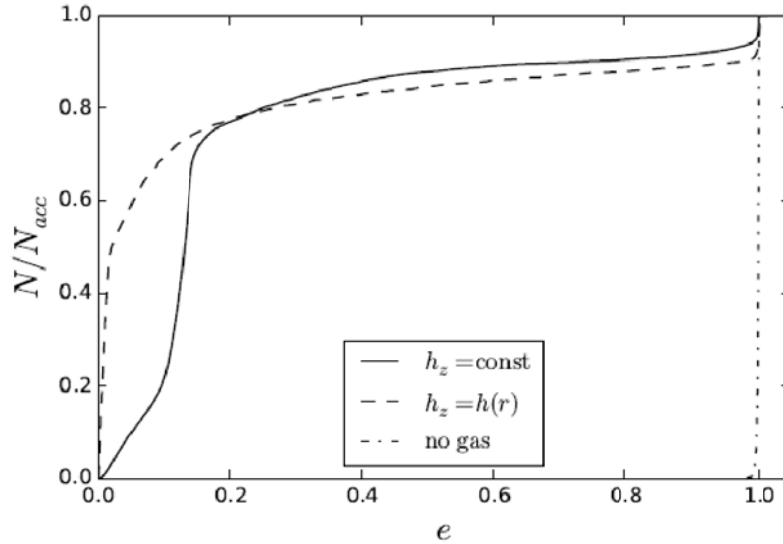


Figure 1 - The cumulative distribution of the particles on the eccentricities of their orbits at accretion time for the model without gas disk (dot-and-dash line), model with a disc of constant thickness (solid line) and model with disk of variable thickness (dashed line). On the vertical axis it is presented the ratio of the number of stars that accrete with an eccentricity of less than given, to all the accreted stars

Figures 2-3 show bar graphs of eccentricities of the orbits of accreted stars. To enable a more detailed analysis, the histogram are given in linear and logarithmic form, and separately there is a graph for the model without the gas disk with smaller intervals of the partition area of the eccentricity values. As can be seen from the figures, in the absence of the gas disk stars accrete in orbits close to hyperbolic, i.e., fall into the capture area of the black hole as a result of random spans. Gas disk greatly affects the distribution of eccentricities of accreted particles: in the model with the "new" disk about 50% of stars accrete in nearly circular orbits, in the model with the "old" disk the particles mainly accrete in more elongated orbits.

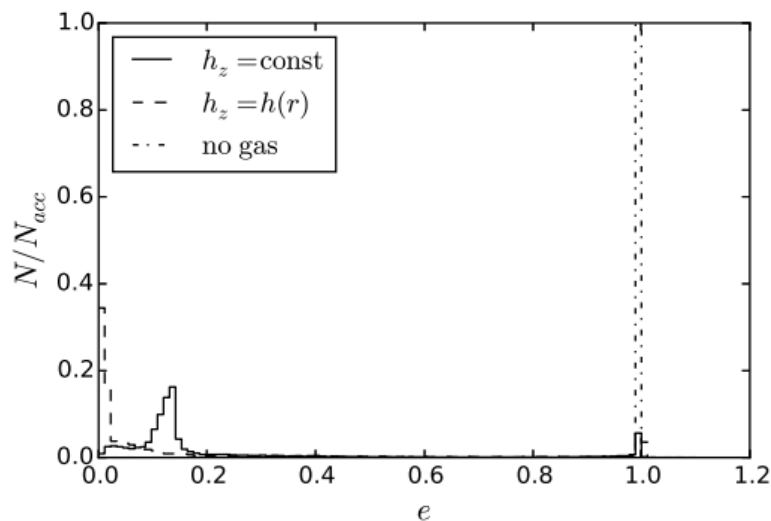


Figure 2 - Distribution of the eccentricities of the orbits of stars at the time of accretion for the three models in the linear (A) and logarithmic (B) scales. Designations are the same as in Figure 1.

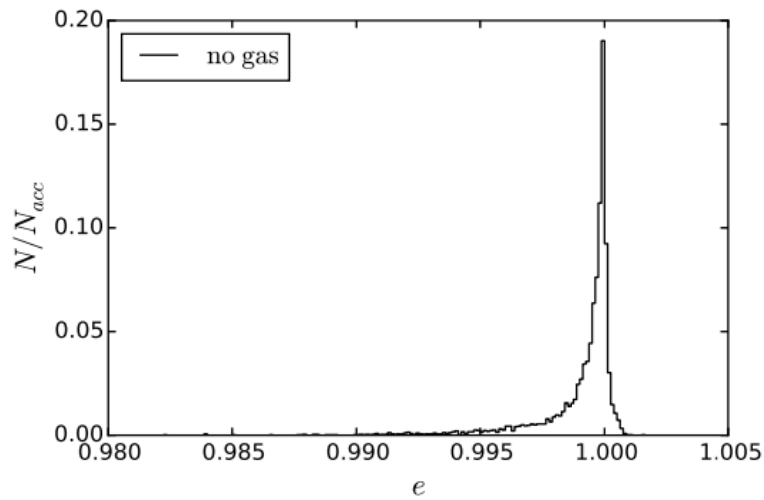


Figure 3 - Distribution of the eccentricities of the orbits of stars at the time of accretion for model without gas disk with a smaller than in Figure 2 the intervals partition area of the eccentricity values.

Figure 4 shows the cumulative distribution of the particles on the orbits inclination angles to the plane of the gas disk at the time of accretion. It can be seen that by using the "old" disc model the inclination angles of almost 50% of the accreted particles occupy an area between 00 and 100, in addition, almost half of the accreted particles, while in the reverse rotation of the disk. When using the "new" model of the disk about 45% of stars accretes onto the black hole rotating in the disk plane and in the same direction with it, the share of the counter-rotating at the time of accretion of particles is smaller than for the disc model with a constant thickness. This is because the thickness of the disc in the "old" model is larger than the radius of accretion which leads to inhibition of many stars with a reverse rotation in center of a disc, including stars nearly perpendicular to the disk plane. In the case of the improved disk model, dense gas around the central black hole is almost exclusively in the plane of the equator, which allows a lot of stars in the central part of the time to the evolved to the direction of rotation of the disc.

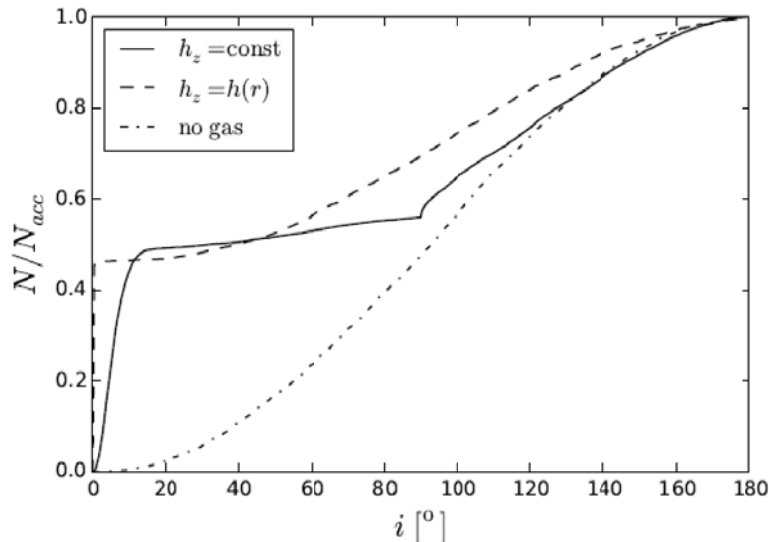


Figure 4 - The cumulative particle distribution on the angles of inclination to the orbit plane of the gas disk at time of accretion for the three models. Designations are the same as in Figure 1.

Figures 5 and 6 show the distribution of the accreted particles on the plane eccentricity - orbit inclination angle for the "old" and "new" disk models, respectively. There are clearly visible particles that were captured before the gas disk accretion: a flat cloud in the area  $\sim 0.10 \div \sim 100$  to drive at constant thickness, and cloud in the area  $< 10$  for disc of variable thickness. This cloud in Figure 6 corresponds to the 45% of particle of figure 4 which accreted, revolving in the disk plane.



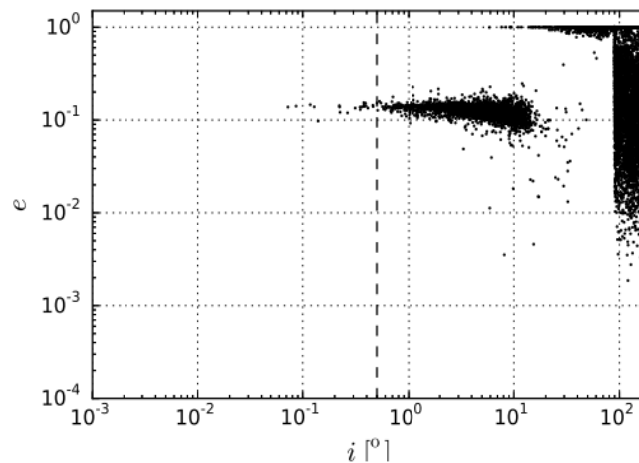


Figure 5 - Distribution of the accreted particles in the plane of the orbit inclination angle - eccentricity for model with gas disk of constant thickness. Each point represents a single particle. The dotted line corresponds to the inclination angle of the orbit equal to opening angle in the model of accretion disk with variable thickness.

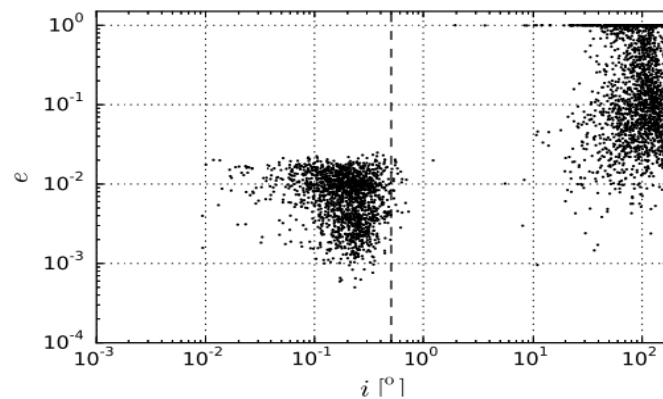


Figure 6 - Distribution of accreted particles in the plane of the orbit inclination angle - eccentricity for model with gas disk of variable thickness. Designations are the same as in Figure 5.

We also analyzed the distribution of the lengths of the semi-major axis of the particles orbits at time of accretion. Figure 7 shows the cumulative distribution of the particles on values of semi-major axes of their orbits, and in Figures 8-10 - the distribution of particles in the diagram length of semi-major axis - orbit inclination angle for the three models.

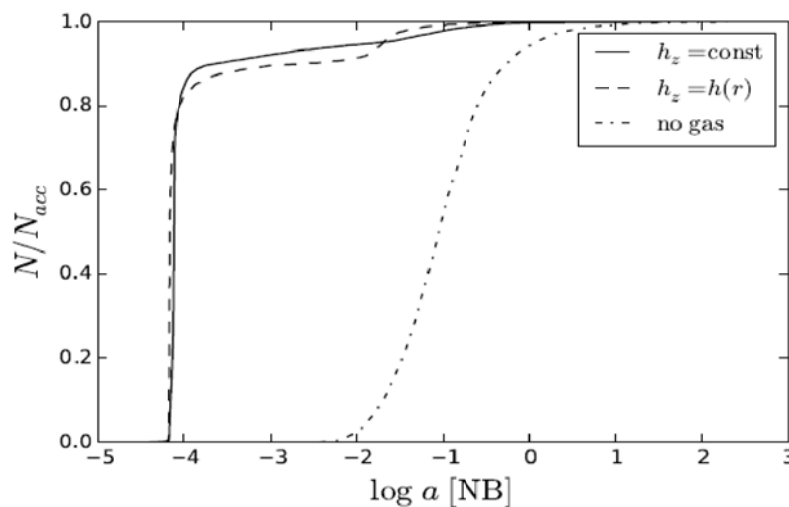


Figure 7 - Cumulative distribution of the particles according to the values of semi-major axes of their orbits. Designations are the same as in Figure 1

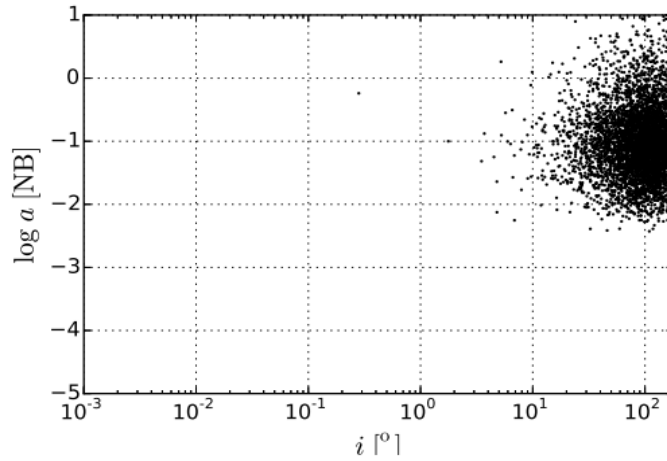


Figure 8 - Distribution of particles in the diagram length of semi-major axis - angle of inclination of the orbit for the model without the gas disk

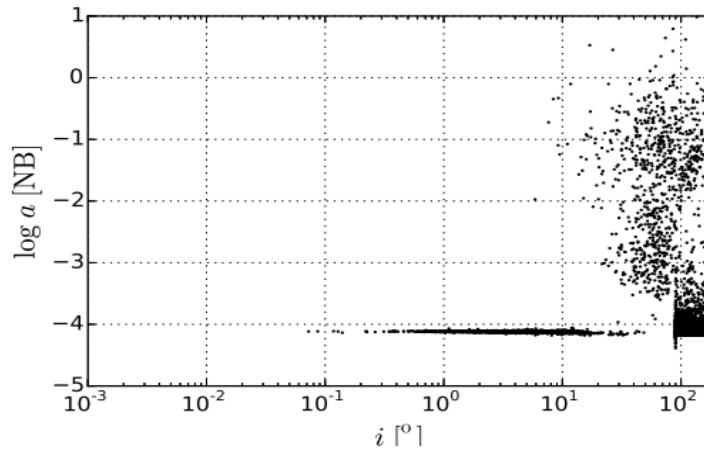


Figure 9 - Distribution of particles in the diagram the length of semi-major axis - the angle of inclination of the orbit to the plane of the accretion disk for model with disk of constant thickness

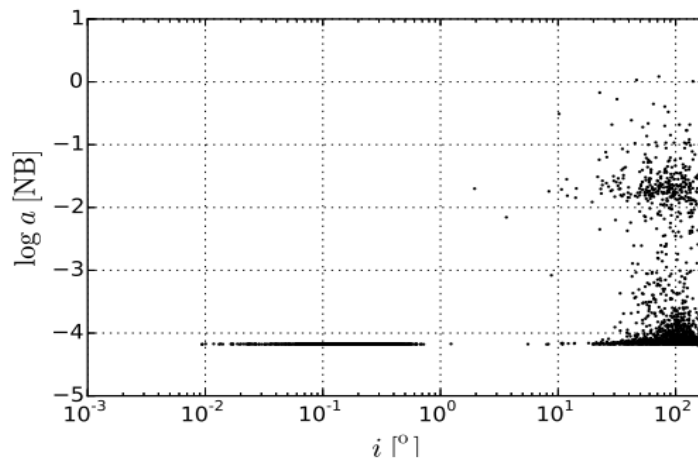


Figure 10 - Distribution of particles in the diagram the length of semi-major axis - angle of inclination of the orbit to the plane of the accretion disk for model with disk of variable thickness

In figure 8, which presents diagram for the model without the gas disk, we see particles accreted according to the theory of the loss cone [11]. The diagrams for the other two models, we can also see these particles accreted without interaction with gas disk, but there is also a "particle disk", ie particles captured by disc before accretion are represented in these diagrams as thin "clouds" in their lower part.

### Conclusions

Analysis of the results allows to formulate a conclusion that in the presence of the gas disk, almost half of the accreted particles worked was closely with the gas and was captured by the disk before accretion. The proportion of particles accreted on the loss cone theory (without the effect of the disc), for model with gas disk is very small - 5.10%. The fact that more than 85% of the particles before accretion has undergone a greater or lesser degree of influence on the part of the disc leads to the idea that the interaction of the stellar cluster with gas disk in the galactic nuclei may contribute to stellar accretion disk in the central part of the nucleus and make the star cluster is axially symmetric. The results of further research will be published in our next work. Preliminary results can be found in [12].

The work was performed as part of the International project of cooperation and academic exchange between Germany and Kazakhstan 'STARDISK - Simulating Dense Star-Gas Systems in Galactic Nuclei using special hardware' (I / 81 396, financed by the Volkswagen Foundation, Germany) and Targeted Funding Program (program code - №0073-10/ПЦФ-15-МОИ). The calculations have been used specially equipped GPU accelerators, supercomputers laohu (the Center of Information and Computing at National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, China, Sciences, financed by the Ministry of Finance of PRC, grant ZDYZ2008-2), titan, hydra, kepler (Astronomisches Rechen -Institut, University of Heidelberg, Germany, funded by grants I/80041-043 and I/84678/84680 of the Volkswagen Foundation and grants 823.219-439/30 and /36 of the Ministry of Science, Research and the Arts of Baden-Württemberg, Germany) and tesla, grape (V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, STARDISK project funded).

We are grateful to the Volkswagen Foundation for financial support and the Chinese Academy of Sciences and the National Astronomical Observatory of China for its support through the project 'Silk Road Project'.

Bertsik P. thanks the National Academy of Sciences of Ukraine for support through the GRID/GPU project of the compute cluster of the Main Astronomical Observatory. Also Bertsik P., Yust A. and Shpurtsem R. thank the Volkswagen Foundation for support under Trilateral Partnerships grant No. 90411.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kormendy J., Ho L.C. Coevolution (or not) of supermassive black holes and host galaxies. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **2013**, 51, 511–653.
- [2] Seth, A., Agüeros, M., Lee, D., Basu-Zych, A. The coincidence of nuclear star clusters and active galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2008**, 678, 116-130.
- [3] Just, A., Yurin, D., Makukov, M., Berczik, P., Omarov, Ch., Spurzem, R., Vilkoviskij, E.Y. Enhanced accretion rates of stars on supermassive black holes by star-disk interactions in galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2012**, 758, 51.
- [4] Vilkoviskij E., Makukov M., Omarov Ch., Panamarev T., Spurzem R., Berczik P., Just A. Numerical simulations of AGN evolution. *Astronomical and Astrophysical Transactions*. **2013**, 28, 151-160.
- [5] Шукиргалиев, Б.Т., Панамарев, Т.П., Абдрахманов, С.Г., Макуков, М.А., Омаров, Ч.Т. Влияние профиля аккреционного диска на динамику активных ядер галактик. *Известия НАН РК. Серия физико-математическая*, **2015**, 5, 5-11.
- [6] Kennedy, G.F., Meiron, Y., Shukirgaliyev, B., Panamarev, T., Berczik, P., Just, A., Spurzem, R. Star–disc interaction in galactic nuclei: orbits and rates of accreted stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **2016**, 260, 240–255.
- [7] Novikov I. D., Thorne K. S. Astrophysics of black holes. In: *Black holes*, 1973, 343-450.
- [8] Shakura N.I., Sunyaev R.A. Black holes in binary systems. Observational appearance. *Astronomy and Astrophysics*, **1973**, 24, 337-347.
- [9] Aarseth, S. J. Gravitational N-Body Simulations: Tools and Algorithms. Cambridge University Press, **2003**, P. 431.
- [10] Harfst, S., Gualandris, A., Merritt, D., Spurzem, R., Zwart, S. P., Berczik, P. Performance analysis of direct N-body algorithms on special-purpose supercomputers. *New Astronomy*, **2007**, 12, 357-377.
- [11] Frank, J., Rees, M. J. Effects of massive central black holes on dense stellar systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **1976**, 176, 633-647.
- [12] Shukirgaliyev B.T. The effect of gaseous accretion disk on dynamics of the stellar cluster in AGN. *Star Clusters and Black Holes in Galaxies across Cosmic Time, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 2016, 312, 113-117.

REFERENCES

- [1] Kormendy J., Ho L.C. Coevolution (or not) of supermassive black holes and host galaxies. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **2013**, 51, 511–653.
- [2] Seth, A., Agüeros, M., Lee, D., Basu-Zych, A. The coincidence of nuclear star clusters and active galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2008**, 678, 116-130.
- [3] Just, A., Yurin, D., Makukov, M., Berczik, P., Omarov, Ch., Spurzem, R., Vilkoviskij, E.Y. Enhanced accretion rates of stars on supermassive black holes by star-disk interactions in galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2012**, 758, 51.
- [4] Vilkoviskij E., Makukov M., Omarov Ch., Panamarev T., Spurzem R., Berczik P., Just A. Numerical simulations of AGN evolution. *Astronomical and Astrophysical Transactions*. **2013**, 28, 151-160.
- [5] Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Abdrakhmanov S.G., Makukov M.A., Omarov Ch.T., Effect of accretion disc profile on the dynamics of active galactic nuclei. [Vliyaniya profilya akkrecionnogo diska na dinamiku aktivnih yader galaktik]. *Izvestia NAN RK. Seria physico-matematicheskaya*, **2015**, 5, 5-11.
- [6] Kennedy, G.F., Meiron, Y., Shukirgaliyev, B., Panamarev, T., Berczik, P., Just, A., Spurzem, R. Star–disc interaction in galactic nuclei: orbits and rates of accreted stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **2016**, 260, 240–255.
- [7] Novikov I. D., Thorne K. S. Astrophysics of black holes. In: *Black holes*, 1973, 343-450.
- [8] Shakura N.I., Sunyaev R.A. Black holes in binary systems. Observational appearance. *Astronomy and Astrophysics*, **1973**, 24, 337-347.
- [9] Aarseth, S. J. Gravitational N-Body Simulations: Tools and Algorithms. Cambridge University Press, **2003**, P. 431.
- [10] Harfst, S., Gualandris, A., Merritt, D., Spurzem, R., Zwart, S. P., Berczik, P. Performance analysis of direct N-body algorithms on special-purpose supercomputers. *New Astronomy*, **2007**, 12, 357-377.
- [11] Frank, J., Rees, M. J. Effects of massive central black holes on dense stellar systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **1976**, 176, 633-647.
- [12] Shukirgaliyev B.T. The effect of gaseous accretion disk on dynamics of the stellar cluster in AGN. *Star Clusters and Black Holes in Galaxies across Cosmic Time, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 2016, 312, 113-117.

<sup>1,2</sup>Б.Т. Шукиргалиев, <sup>1,2</sup>Т.П. Панамарев, <sup>4</sup>А.Ж. Наурызбаева, <sup>1,4</sup>М.Т. Қаламбай, <sup>1</sup>М.А. Макуков, <sup>1</sup>Ә.Я. Вильковиский, <sup>3,1</sup>Ч.Т. Омаров, <sup>2,5,6</sup>П.П. Берцик, <sup>2</sup>А. Юст, <sup>2,5,7</sup>Р. Шпурцем

<sup>1</sup> В.Г. Фесенков атындағы астрофизикалық институт, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup> Astronomisches Rechen-Institut, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Germany;

<sup>3</sup> Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы, Алматы, Қазақстан;

<sup>4</sup> Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>5</sup> National Astronomical Observatories of China and Key Laboratory for Computational Astrophysics, China;

<sup>6</sup> Бас Астрономиялық Обсерватория, Украина Ұлттық Ғылыми Академиясы, Украина;

<sup>7</sup> Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics at Peking University, China

### АККРЕЦИЯЛЫҚ ГАЗДЫ ДИСК ПІШІНІНІҢ АККРЕЦИЯЛАНУШЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ОРБИТАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫНА ӘСЕРІ

**Түйіндемe.** Осы жұмыста газды диск және оның пішінінің галактикаларының динамикасына әсерін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеулер  $\text{phiGRAPE}+\text{GPU}$  кодының негізінде іске асырылған белсенді ядролы галактика үлгісі үш құраушыдан – орталық аса үлкен массалы қара құрдымнан, аккрециялық газ дискісі және ықшам жұлдыздық кластерден құралған деп жүргізілді. Жұлдыздық кластер эволюциясы тікелей әдіспен (N-body simulations) интегралданады, ал қара құрдым мен газды диск феноменологиялық түрде берілген – қара құрдым сыртқы (кеңістікте қозғалмайтын, алайда қара құрдым массасының өсуі салдарынан өзгертін) потенциал түрінде, ал газды диск уақыт бойынша өзгермейтін газ тығыздығының кеңістікте таралуымен берілген. Қалыңдығы тұрақты және өзгермелі, және де диск жоқ болғандағы галактика ядроларының моделдері үшін аккрецияланушы жұлдыздардың сипаттамаларын өзара салыстыру қарастырылды. Газды диск бар болған жағдайда аккрецияланған бөлшектердің жартысы дерлік газбен тығыз байланысады және аккрецияға дейін дискпен қарпылады, аккрецияға дейін 85% бөлшектер диск тарапынан қандай да болсын әсерге ұшырайды. Бұл галактика ядроларындағы жұлдыздық жүйе мен газды дисктің әсерлесу нәтижесінде ядроның орталық бөлігінде жұлдыздық аккрециялық диск пайда болады деген ойға алып келеді.

**Тірек сөздер:** Галактикалардың белсенді ядролары (ГБЯ), аса массалы қара құрдым (АМҚК), аккрециялы газды диск (АГД), есептеуіш астрофизика, N-дене есебі.

УДК 524.47-54

<sup>1,2</sup>Б.Т. Шукиргалиев, <sup>1,2</sup>Т.П. Панамарев, <sup>4</sup>А.Ж. Наурзбаева, <sup>1,4</sup>М.Т. Қаламбай,  
<sup>1</sup>М.А. Макуков, <sup>1</sup>Э.Я. Вильковиский, <sup>3,1</sup>Ч.Т. Омаров, <sup>2,5,6</sup>П.П. Берцик, <sup>2</sup>А. Юст, <sup>2,5,7</sup>Р. Шпурцем

<sup>1</sup>Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Казахстан;

<sup>2</sup>Astronomisches Rechen-Institut, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Germany;

<sup>3</sup>Национальный центр космических исследований и технологии, Казахстан;

<sup>4</sup>Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби, Казахстан;

<sup>5</sup>National Astronomical Observatories of China and Key Laboratory for Computational Astrophysics, China;

<sup>6</sup>Главная Астрономическая Обсерватория, Национальной Академии Наук Украины, Украина;

<sup>7</sup>Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics at Peking University, China

### ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛЯ АККРЕЦИОННОГО ГАЗОВОГО ДИСКА НА ОРБИТАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АККРЕЦИРУЕМЫХ ЗВЕЗД

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования влияния газового диска и его профиля на динамику активных ядер галактик. Исследование проводилось на основе реализованной с помощью кода phiGRAPE+GPU численной модели галактического ядра, состоящей из трех подсистем – центральной сверхмассивной черной дыры, аккреционного газового диска и компактного звездного кластера. Эволюция звездного кластера интегрируется прямым методом (N-body simulations), а черная дыра и газовый диск заданы феноменологически – черная дыра задана в виде внешнего потенциала (неподвижного в пространстве, но изменяемого со временем вследствие роста массы черной дыры), а газовый диск задан в виде пространственного распределения плотности, не зависящего от времени. Рассматривались и сравнивались между собой орбитальные параметры аккрецирующих звезд для моделей ядра галактики с газовым диском постоянной и переменной толщины, а также без диска. Выявлено, что в присутствии газового диска почти половина аккрецированных частиц тесно взаимодействует с газом и захватывается диском перед аккрецией, более 85% частиц до аккреции претерпевает то или иное влияние со стороны диска. Это наводит на мысль, что взаимодействие звездного кластера с газовым диском в галактическом ядре может привести к возникновению звездного аккреционного диска в центральной части ядра.

**Ключевые слова:** активные ядро галактик (АЯГ), сверхмассивная черная дыра (СМЧД), аккреционный газовый диск (АГД), вычислительная астрофизика, задача N тел.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 14 – 19

Zh.Sh. Zhantayev<sup>1</sup>, K.S. Kuratov<sup>1,2,3</sup>, A.M. Seytimbetov<sup>2</sup>, A.T. Mailybayev<sup>1,2</sup>,  
N.Sh. Alimgazinova<sup>1,2</sup>, A.B. Manapbayeva<sup>2</sup>, A.K. Kuratova<sup>1,2</sup>, N.T. Iztleuov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Center of Space Researches and Technologies, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

e-mail: [kenes\\_kuratov@mail.ru](mailto:kenes_kuratov@mail.ru), [Nazgul.Alimgazinova@kaznu.kz](mailto:Nazgul.Alimgazinova@kaznu.kz)

## TWO-MATRIX PHOTOMETER CONTROL SYSTEM

**Abstract:** In this paper astronomical two-matrix photometer is described. It differs from common one CCD camera photometers with application of the second CCD camera. It enables to carry out the light inputs measurements of studied star and standard star simultaneously. The second camera application enables to significantly increase measurements accuracy and to decrease of one star observation time at least twice. The increase of measurements accuracy is reached by carrying out simultaneous observations, and errors caused by the Earth atmosphere fluctuation are the same for both studied star and standard star. Time decrease is reached by carrying out both stars' observation simultaneously.

In this paper photometer's optical mechanics scheme is given. The motion mechanism of receiving and recording block with micrometer screw rotated by stepping motor is described. It is demonstrated that exact coordinates of matrix position attached to clutch on micrometer screw are shoot by absolute magnetic encoder.

The applied electronic equipment of two-matrix photometer control system is described. The algorithm of photometer operation control installed on 1-meter Tien-Shan Astronomical Observatory telescope is presented.

**Keywords:** star, telescope, photometer, CCD-matrix, optical mechanics scheme, control system.

**Introduction.** During the astronomical photometry observations it is important to measure the studied stars and standard stars at the same time. But standard star is at far distance from the studied star, even by using CCD-camera with maximum dimensions (50x50 mm), it does not come in view of the radiation detector (matrix). All known photometers (e.g. [1]) use a matrix. Therefore we have to observe stars separately. Separate measurement, firstly, leads to deterioration the measurement accuracy due to all possible time fluctuations in the Earth's atmosphere, and secondly, increases the costs for photometry observation time for each of the studied object. These disadvantages can be eliminated only by simultaneous measurement of the studied stars and standard stars, and then the effects of atmospheric fluctuations will be the same on both stars.

In addition, astrophysics has urgent tasks that are impossible or difficult to solve with existing photometers. For example, during astrological and seismological observations of faint objects, searching for extrasolar planets and other problems, where changes (fluctuations) in stellar brightness are low and fluctuations in the Earth's atmosphere do not allow the measurement or heavily distort them. In order to detect such changes in stellar brightness, series of observations using a complex mathematical analysis (e.g. Fourier analysis) are carried out. However, many of these problems cannot be solved by using one-matrix photometers and simply cannot be solved. In the one-matrix photometers these fluctuations in brightness "sink" in the noise of atmospheric fluctuations.

Thus, the development of two-matrix photometer and its introduction into astronomical observation will enable to:

1. significantly increase the accuracy of photometric measurements by simultaneous observations of the studied stars and standard star;
2. halve the time of observation, and thus improve the effectiveness of observing time on telescope more than twice;
3. solve a number of tasks that impossible to produce using a photometer-matrix and expand the range of the studied objects.

### 1. The equipment structure and control algorithms

In order to create two-matrix astronomical photometer, it was necessary to develop, manufacture and debugging of its optical and mechanical assembly, electronics control and software.

Two 1-meter telescopes of Tien-Shan Astronomical Observatory (TSHAO) have Ritchey-Chrétien system, which allows creating a large undistorted field in the focus of the telescope, and provides additional benefits for the two-matrix photometer application.

One of the CCDs (main) is set on the main optical axis of the telescope. It helps to measure the studied star. Light input from the standard star with the help of the diagonal mirror is "displayed" on the side surface of the photometer with rotation of 90 degrees. The assembly of single optical unit consists of diagonal mirror, filters and CCD-matrix is assembled is movable in the focal plane of the telescope in one of the coordinates. Moving on the second coordinate is carried out by rotating the photometer on telescope wheel. This is because the standard stars may be located at different distances and angles from the studied star. By moving the second CCD-matrix in two directions, we can almost always bring coordinates on standard star.

Optical scheme of the main channel of the photometer (for observations of studied star) with CCD-camera Apogee U10 is given in Figure 1.

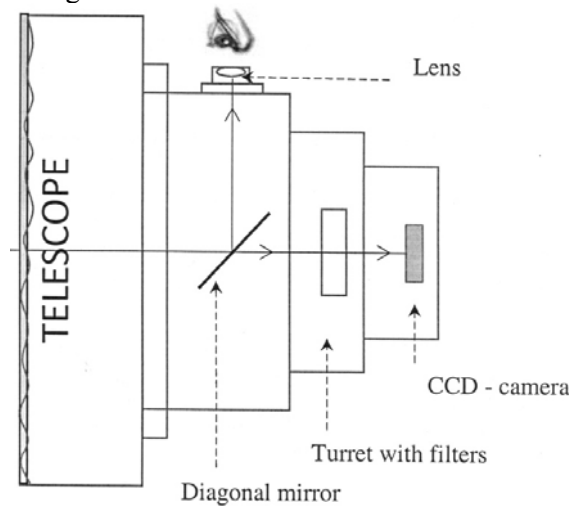


Figure 1 – Optical scheme of main channel of photometer

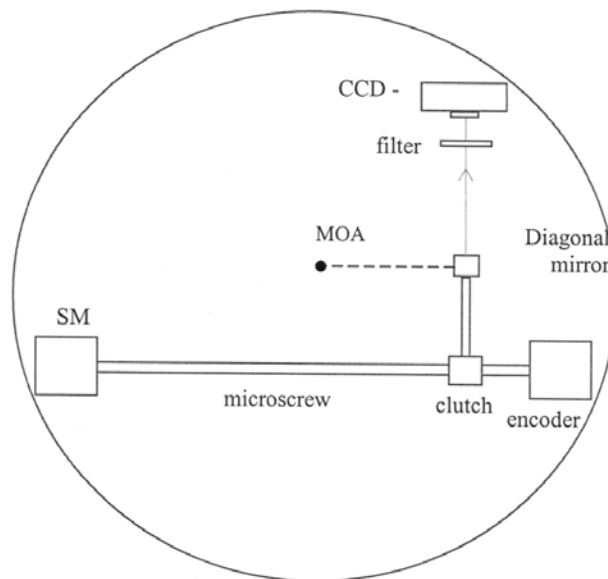


Figure 2 – Optical and mechanical scheme of the second channel of photometer

In the second channel we can use a simple matrix without refrigeration. As brightness of standard

star is always higher, it is possible to use less sensitive, small and lightweight CCD receivers. Small size and weight are significant, because the optical unit with matrix has to move within photometer. The principle of operation of transfer mechanism of the second channel matrix is as follows: with the help of the microscrews which have a worm gear and rotate by the stepping motor (SM), we move the optical unit with diagonal mirror, filters and CCD-matrix in one direction till 14 cm with the possibility of intersection with the main optical axis (MOA) of the telescope. During crossing of telescope MOA, it is possible to test both matrixes and identify instrumental corrections. The exact coordinates of the position of the optical unit are determined by absolute magnetic encoder, which is connected to the microscrew.

## 2. Electronic equipment of control system of two-matrix photometer

Figure 3 shows structural scheme of control system of two-matrix photometer.

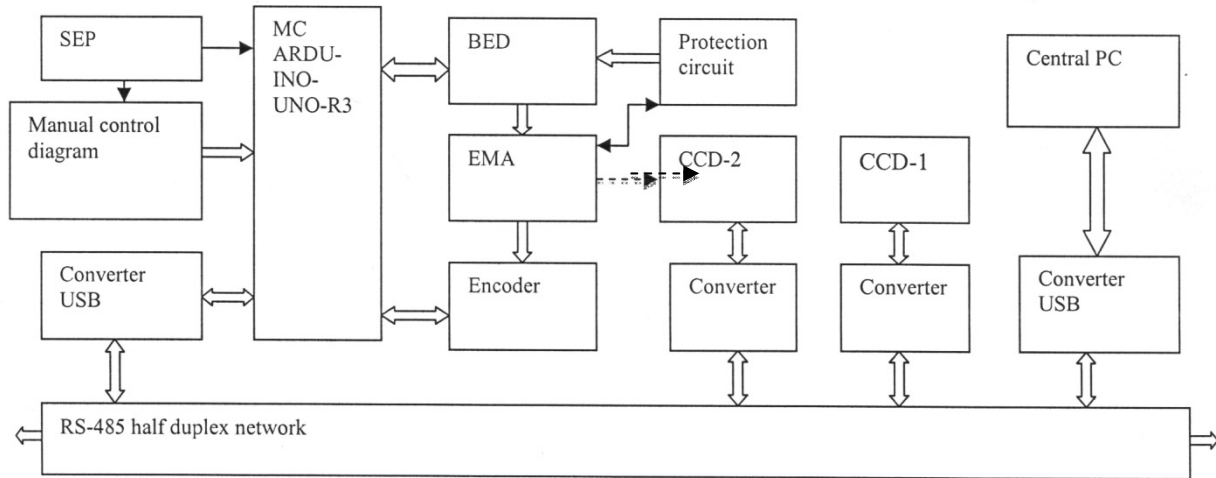


Figure 3 – Structure of control system of two-matrix photometer

The structure of the hardware of two-matrix photometer includes the following components:

1. The central control element is the type of microcontroller platform ARDUINO UNO [2], which is called microcontroller (MC). Module Arduino Uno is a device based on ATmega328 microcontroller. The microcontroller ATmega16U2 provides signals of transceiver with computer USB-port, and when connected to a PC allows Arduino to define as a virtual COM-port. Upgrade of 16U2 chip uses standard USB-COM driver that is why installation of external drivers are not required. On the Windows platform only the appropriate .inf-file is necessary.

2. Electromechanical assembly (EMA) consists of 25cm long microscrew, which moves the optical unit, which comprises the diagonal mirror, turrets with filters and two CCD-matrixes. Moving is carried out by stepper motor (SM), which rotates microscrew and moves the optical unit with the second matrix with accuracy of 0.05  $\mu\text{m}$ . SM management [3] is carried out by the driver A3967 EasyDriver V4.4. Driver management is carried out by a controller Arduino, with the help of special programmes.

3. As all electronic assemblies of the telescope are connected by distributed network and are located at a considerable distance, all the assemblies are connected by converters RS-485 [4]. We chose RS-485, as it may lead to 32 receivers with data speed specification till 10 Mbaud/sec over a distance of 1200 m.

4. In control system of two-matrix photometer we applied angle sensor of microscrews (encoder) for the correct positioning of the system and control the movement of the optical unit with the second matrix. As the angle sensor we used absolute magnetic encoder Baumer Electric CH-8501, which unique feature is data storage of angle sensor in the fall or failure of voltage, or when the computer restarts. If the shaft encoder has been turned at a certain angle, then when a voltage occurs, the encoder immediately will issue new, the actual angular position of the shaft and the actual turnover number. Due to this process, we will not have to produce the movement of mechanical parts of the machine to the start position, which is a huge advantage of absolute encoders.

5. The protection circuit includes a mechanism of limit switches at both boundaries of optical unit



moving on microscrews which prevents mechanical breakdown and produces a signal MC on achieving moving boundaries.

6. Manual control diagram allows conducting the button reset to the initial position, sets the command to move and select of motion direction in the test mode.

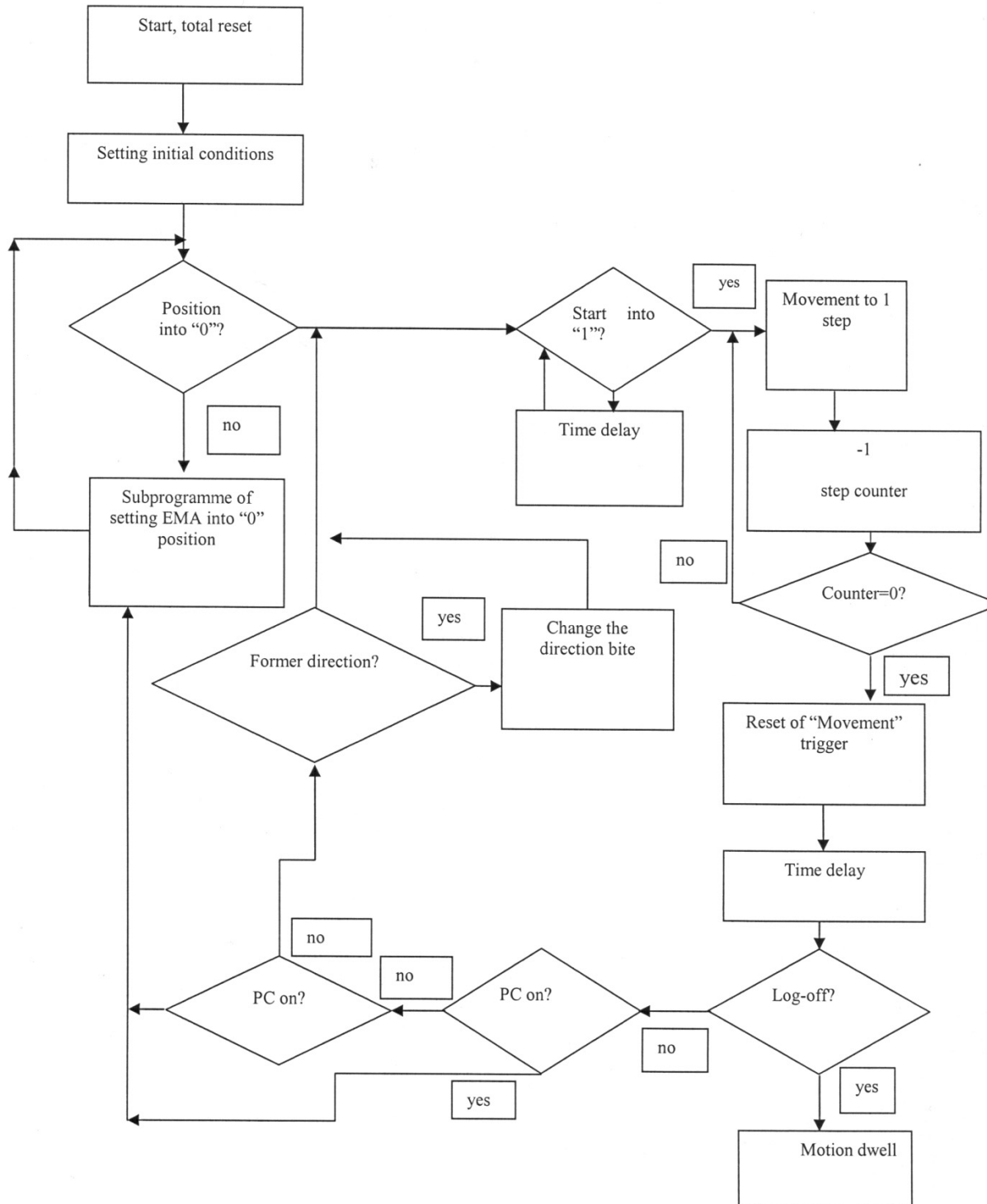


Figure 4 – The control algorithm of the movement of the diagonal from MC

### 3. The control algorithm of the movement of the diagonal mirror from MC

The development of software is based on the Arduino development environment [5], and contains the following main elements, such as a text editor for code writing, an area for displaying messages, text console, instrument panel with traditional buttons and the main menu. This software allows the computer to communicate with the Arduino for data transmission and for code firmware in the controller.

Figure 4 shows a flowchart of the control algorithm of movement of the diagonal mirror from MC. The value of encoder code and limit switches is used for feedback, the movement of the optical unit of the second matrix is carried out in discrete steps, which are interspersed with long periods of removal of the photometric information about stellar objects. Motion control depends on the trigger values "Movement" and "Direction", and the discrete step is split into discrete microsteps, which number is defined by software down counter and determined by the necessary accuracy of movement.

### Conclusion

Designed two-matrix photometer is an astronomical measuring instrument used for photometric observations. A distinctive feature of the device is that it can conduct simultaneous measurements of the light input of the studied star and standard star, with an increase in the measurement accuracy and decrease in time expenditure.

The use of two-matrix photometer is beneficial for astronomy, to study natural and artificial celestial objects.

### REFERENCES

- [1] Liutyi V. M., Abdullaev B. I., Alekperov I. A., Giul'maliev N. I., Mikailov Kh. M., Rustamov B. N. *I. Reconciliation CCD photometer with Zeiss optics 600*, Azerbaijani astronomical journal, **2009**. Vol. 3-4, pp. 36-41. (in Russ.).
- [2] Petin V.A. *Projects using Arduino controller*, SPb: BKhV-Peterburg, **2015**, 464 p. (in Russ.).
- [3] Kenio T. *Stepper motors and microprocessor control systems*, Per.s angl. M.: Energoatomizdat, **1987**, 200 p. (in Russ.).
- [4] *RS-485 interface and description of connection*, [www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf](http://www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf). (in Russ.).
- [5] Sommer U. *Programming microcontroller board Arduino/Freduino*, SPb. BKhV-Peterburg, **2015**, 256 p. (in Russ.).

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лютый В. М., Абдуллаев Б. И., Алекперов И. А., Гюльмалиев Н. И., Микайлов Х. М., Рустамов Б. Н. *I. Согласования ПЗС-фотометра с оптикой Цейсс-600 // Azerbaijani astronomical journal. – 2009. – № 3-4. – С. 36-41.*
- [2] Петин В.А. *Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб: БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.*
- [3] Кенио Т. *Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. Пер.с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.*
- [4] *Интерфейс RS-485: описание, подключение. – [www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf](http://www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf)*
- [5] *Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. – СПб. БХВ-Петербург, 2015. – 256 с.*

**Ж.Ш. Жантаев<sup>1</sup>, К.С. Куратов<sup>1,2,3</sup>, А.М. Сейтимбетов<sup>2</sup>, А.Т. Майлыбаев<sup>1,2</sup>,  
Н.Ш. Алимгазинова<sup>1,2</sup>, А.Б. Манапбаева<sup>2</sup>, А.К. Куратова<sup>1,2</sup>, Н.Т. Изтлеуов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup> В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институты, Алматы, Қазақстан

### ЕКІ МАТРИЦАЛЫ ФОТОМЕТРДІҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

**Аннотация.** Бұл мақалада астрономиялық екі матрицалы фотометр бейнеленген. Бір CCD камералы қарапайым фотометрден айырмашылығы, мұнда екінші CCD камера қолданылады. Осы кезде бір уақытта зерттелетін жұлдыздың және стандартты жұлдыздың жарық ағындарына өлшеулер жүргізеді. Екінші камераны қолдану айтарлықтай дәрежеде өлшеу дәлдігін жоғарылатуға мүмкіндік береді және бір жұлдызды бақылау кезінде екі есе уақыт шығынын азайтады. Бірінші жағдай бақылаулар бір уақытта жүргізілгендіктен, зерттелініп отырған жұлдызбен стандартты жұлдыз үшін Жер атмосферасындағы флукуация әсерінен болатын қателіктер бірдей болады. Екі жұлдызды бір уақытта бақылау кезінде ғана уақыт шығындарын азайту мүмкіндігіне жетуге болады.

Мақалада фотометрдің оптика-механикалық схемасы келтірілген. Қабылдау-тіркеуші блоктың орын ауыстыру механизмі келтірілген. Оның негізі ретінде қадамдық қозғалтқыштан айналатын микрометрлік

винт алынады. Микрометрлік винттегі муфтаға бекітілген матрица орналасуының нақты координаталары абсолютті магниттік энкодермен түсіріледі.

Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесінің қолданылатын электронды аппаратурасы бейнеленген. Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясындағы 1-метрлік телескопқа орнатылған фотометрдің басқару жұмысының алгоритмі келтірілген.

**Түйін сөздер:** жұлдыз, телескоп, фотометр, CCD-матрица, оптика-механикалық схема, басқару жүйесі.

УДК 520.3

**Ж.Ш. Жантаев<sup>1</sup>, К.С. Куратов<sup>1,2,3</sup>, А.М. Сейтимбетов<sup>2</sup>, А.Т. Майлыбаев<sup>1,2</sup>,  
Н.Ш. Алимгазина<sup>1,2</sup>, А.Б. Манапбаева<sup>2</sup>, А.К. Куратова<sup>1,2</sup>, Н.Т. Изтлеуов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный центр космических исследований и технологий, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАТРИЧНЫМ ФОТОМЕТРОМ

**Аннотация:** В данной статье описывается астрономический двухматричный фотометр. От обычных фотометров с одной CCD камерой отличается тем, что применяется вторая CCD камера. Это позволяет одновременно проводить измерения световых потоков от исследуемой звезды и звезды-стандарта. Применение второй камеры позволяет существенно увеличить точность измерений и как минимум в два раза уменьшить затраты времени на наблюдение одной звезды. Первое достигается за счет того, что наблюдения проводятся одновременно и ошибки, обусловленные флуктуацией в Земной атмосфере одинаковы для исследуемой звезды и звезды-стандарта. Уменьшение затраты времени достигается за счет проведения одновременных наблюдений обеих звезд.

В статье приводится опико-механическая схема фотометра. Описан механизм перемещения приемно-регистрирующего блока, за основу которого взят микрометрический винт, вращающийся от шагового двигателя. Показано, что точные координаты положения матрицы, прикрепленной к муфте на микрометрическом винте снимаются абсолютным магнитным энкодером.

Описана используемая электронная аппаратура системы управления двухматричным фотометром. Представлен алгоритм управления работой фотометра, установленного на 1-метровом телескопе Тянь-Шаньской астрономической обсерватории.

**Ключевые слова:** звезда, телескоп, фотометр, CCD-матрица, опико-механическая схема, система управления

N. Burtebayev<sup>1</sup>, Zh.K. Kerimkulov<sup>1</sup>, Y.S. Mukhamejanov<sup>2</sup>,  
D.K. Alimov<sup>2</sup>, A.S. Demyanova<sup>3</sup>, A.N. Danilov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh national university named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>NRC Kurchatov Institute, Moscow, Russia

e-mail: [y.mukhamejanov@gmail.com](mailto:y.mukhamejanov@gmail.com)

## STUDY OF SCATTERING OF ALPHA PARTICLES FROM <sup>11</sup>B NUCLEI AT 50 AND 65 MEV

**Abstract.** From the point of view of studying excited neutron halo states of light nuclei the states of <sup>11</sup>B nucleus is of particular interest, where both cluster configuration such as (2 $\alpha$  + t) and the shell model structure can co-exist. Indeed, several studies have suggested that low-lying states <sup>11</sup>B, generally have a shell structure, while the cluster structure can be observed in the states with negative parity above or near the clusters breakup threshold.

Study of nuclear reaction is of a special interest as it could provide us with useful information about the nuclear structure, potential parameters, deformation, and transition probabilities. The  $\alpha$ -nucleus interaction is an essential tool for the understanding of nuclear structure and nuclear reactions. The concept of the  $\alpha$ -particle mean field has been widely used to unify the bound and scattering  $\alpha$ -particle states in a similar way to use of the nuclear mean field to calculate the properties of bound single particle states and also the scattering of unbound nucleons by nuclei.

Processes of elastic scattering of <sup>4</sup>He ions from <sup>11</sup>B nuclei at energies 50 and 65 MeV were studied in this work. Analysis of elastic scattering was made within optical model. Imaginary part had the shape of phenomenological surface Woods-Saxon potential. The calculated theoretical cross sections are in good agreement with experimental data.

The theoretical significance of the study lies in the fact that the issue of the prevalence of light isotopes in the universe and the existence of the neutron halo remains open to this day. The practical significance of the research is to obtain new experimental data on nuclear reactions necessary for the evaluation of use of light nuclei, which will complement the existing base of nuclear data with new data on the cross sections of nuclear reactions and structure of light nuclei useful for the expansion of understanding of the nature of nuclear interactions at low and medium energies.

**Keywords:** elastic scattering, optical model, FRESCO, optical parameters.

**Introduction.** From the point of view of studying excited neutron halo states of light nuclei the states of <sup>11</sup>B nucleus is of particular interest, where both cluster configuration such as (2 $\alpha$  + t) and the shell model structure can co-exist. Indeed, several studies have suggested that low-lying states <sup>11</sup>B, generally have a shell structure, while the cluster structure can be observed in the states with negative parity above or near the clusters breakup threshold [1-4].

The nuclear scattering of alpha particles in a number of studies [5-16] has established itself as an extremely important tool to obtain information about nuclear structure. However, the parameters of the optical potential of interaction between the particles with light nuclei at low and medium energies, derived from analysis of the angular distributions of the differential cross sections of elastic scattering in the optical model (OM), are subject to ambiguities and require reliable estimates.

In order to obtain reliable information about the potential of nuclear interaction, obtained in the cyclotron of the Institute of Nuclear Physics, the experimental data on the scattering of <sup>4</sup>He ions with an energy of 50.5 MeV [17] and in the cyclotron of the University of Jyväskylä at the energy of the incident particles of 65 MeV [18] on the <sup>11</sup>B nuclei were analyzed in the standard optical model with the potential in the parameterized form and finding its parameters by comparing the theoretical and experimental cross sections.

In this study, we carried out a comparative analysis of the elastic scattering of <sup>4</sup>He ions with <sup>11</sup>B nuclei in the optical model frameworks.

**Methods and experiment results.** The experimental angular distributions of the elastic scattering of

$^4\text{He}$  ions on  $^{11}\text{B}$  nuclei were measured on extracted beams isochronous cyclotron U-150M of the Institute of Nuclear Physics (Almaty, Kazakhstan) at  $E_\alpha = 50$  MeV and cyclotron K130 of the University of Jyväskylä (Jyväskylä, Finland) at  $E_\alpha = 65$  MeV.

The experiment used the self-supporting target of thin metal foil of 320 g/cm<sup>2</sup> thick. For registration and identification of reaction products it was used  $\Delta E$ -E technique. We use the telescope of silicon semiconductor detectors. Typical spectrum of scattered alpha particles on nuclei  $^{11}\text{B}$  at 50.5 MeV is shown in Figure 1.

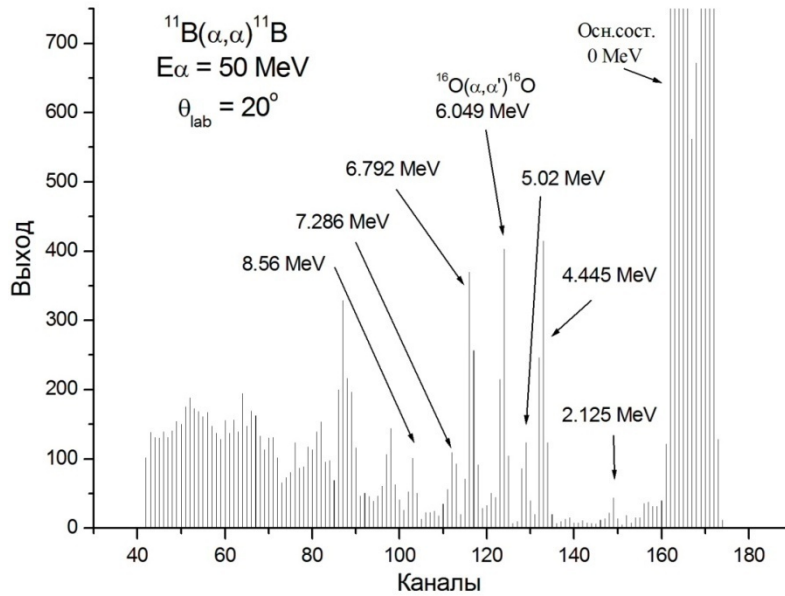


Figure 1 - Typical spectrum of the scattered helium ions on carbon nuclei at  $E = 50.5$  MeV

The thicknesses of the targets was defined by a linear accelerator UKP-2-1 of the Institute of Nuclear Physics. To determine the target thickness there were measured yield curves of the reaction  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$  in the vicinity of the resonance  $E_p = 992$  keV [19] with the use of aluminum foil and spraying the target. The shift of this resonance in the reaction  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$ , due to the loss of energy by protons during the passage of the film  $^{11}\text{B}$ , was 62.0 keV, which corresponds to the thickness of the target of 320 g/cm<sup>2</sup> (Figure 2). This method allowed us to determine the thickness of the target to a precision of no more than 5%.

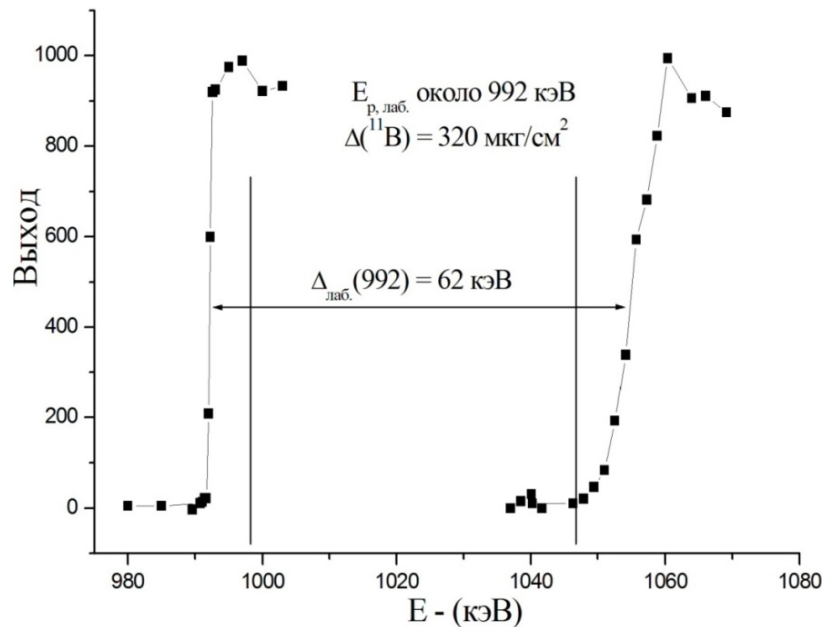


Figure 2 - Determination of the target thickness from the shift of the resonance of reaction  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$   
**Analysis of experimental data on the optical model of the nucleus.** The data on elastic scattering

were analyzed by the standard optical model of the nucleus, in which the influence of inelastic channels is accounted with phenomenological introduction of the imaginary absorbing part in the interaction potential between the colliding nuclei. Under this model, the elastic scattering is described by a complex interaction potential with radial dependence in the form of a Woods-Saxon:

$$U(r) = -Vf(x_V) - i[Wf(x_W)] + V_C(r), \quad (1.1)$$

where  $f(x_i) = (1 + \exp(x_i))^{-1}$ ,  $x_i = (r - R_i) / a_i$ ,  $R_i = r_i A^{1/3}$ ,  $a_i = r_i A^{1/3}$ ,

$V_C(R)$  - the potential of a uniformly charged sphere of radius  $R = 1,28 A^{1/3}$  fm. taking into account the compact size of the incident particle, while analyzing the data at high energies we confined with volume type of absorption capacity for the imaginary part.

The parameters of the phenomenological optical potentials (OP) were chosen so as to achieve the best agreement between the theoretical and the experimental angular distributions. Theoretical calculations were made on the FRESKO program [20]. Automatically find the optimal parameters of OP was made by minimizing the value of  $\chi^2/N$ . To limit discrete ambiguity in the OP parameters there were used the recommendations given in the Nolte work [21] for  $\alpha$ -partial dispersion. The indicators of radial interaction potential parameters obtained in this work of global depending OP parameters:  $r_V = 1,205$  fm and  $r_W = 1,65$  fm were recorded, and the theory fit the experiment was carried out by varying the remaining 4 OP parameters ( $V_R, W_V, a_R$  и  $a_W$ ).

The OP values are reported in Table 1. Also it was calculated volume integrals for the real part ( $J_V$ ) and imaginary part ( $J_W$ ) of optical potential at given energy.

Table 1 - Optical potential parameters

	$E_b$ , МэВ	$V_R$ , МэВ	$r_0$ , фМ	$a_R$ , фМ	$W_V$ , МэВ	$r_W$ , фМ	$a_W$ , фМ	$J_V$ , МэВ·фМ <sup>3</sup>	$J_W$ , МэВ·фМ <sup>3</sup>
${}^4\text{He}+{}^{11}\text{B}$	50.5	135	1,205	0,785	16,41	1,65	0,661	396,5	107,7
	65.0	127	1,205	0,8	19,41	1,65	0,761	380,5	131,5

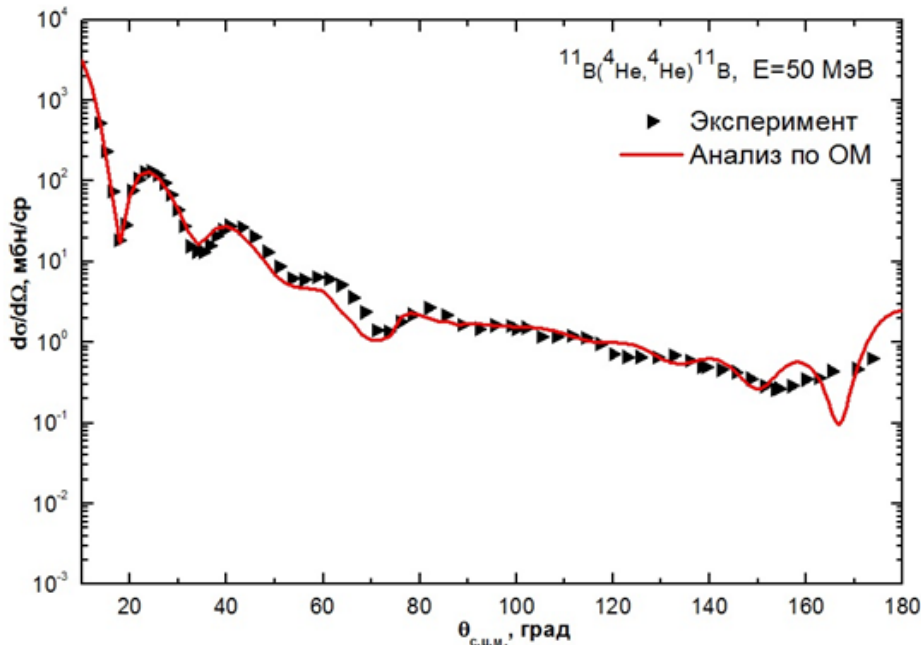


Figure 3 - The angular distributions of the elastic scattering of alpha particles on the nuclei 11B at energy of 50.5 MeV. Symbols - experimental data on elastic scattering; solid curve - calculation of the OM

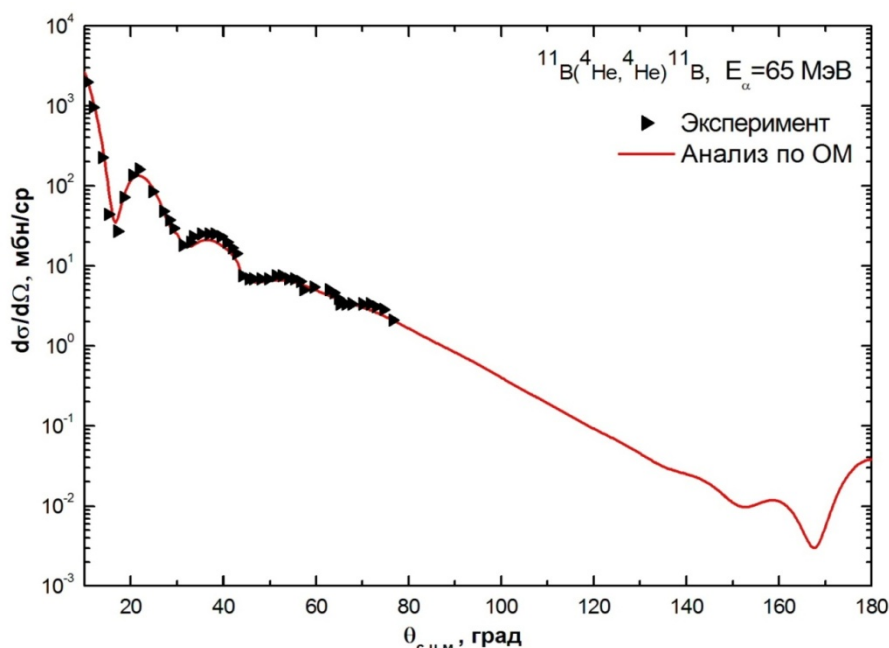


Figure 4 - The angular distributions of the elastic scattering of alpha particles in the nuclei  $^{11}\text{B}$  at 65 MeV. Symbols - experimental data on elastic scattering; solid curve - calculation of the OM

Conclusion. Optimal physically reasonable values of the optical parameters of the potential were defined. These capabilities will be useful in the study of differential cross sections for reactions involving the nuclei.

This work was supported by a grant from the MES RK №1460 GF4.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Navrátil P., Ormand W.E. Ab initio shell model with a genuine three-nucleon force for the p-shell nuclei. *Phys. Rev. C* 68, 034305 (2003)
- [2] Nishioka H., Saito S., Yasuno M. Structure study of  $2\alpha + t$  system by the orthogonality condition model. *Prog. Theor. Phys.* 62, 424 (1979)
- [3] Kanada-En'yo Y. Negative parity states of  $^{11}\text{B}$  and  $^{11}\text{C}$  and the similarity with  $^{12}\text{C}$ . *Phys. Rev. C* 75, 024302 (2007)
- [4] Yamada T., Funaki Y.:  $\alpha + \alpha + t$  cluster structures and  $^{12}\text{C}(0+2)$ -analog states in  $^{11}\text{B}$ . *Phys. Rev. C* 82, 064315 (2010)
- [5] A. A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and W. Trzaska. Effect of neutron halos on excited states of nuclei. *Phys. Rev. C* 84, 054601 (2011)
- [6] A.A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, W. Trzaska, Observation of abnormally large radii of nuclei in excited states in the vicinity of neutron thresholds. *Physisc of Atomic Nuclei*, 2011, 74, No.11, 1548-1561
- [7] A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, S.A. Goncharov, N. Burtebaev, J. Burtebaeva, N. Saduev, T.L. Belyaeva, H. Suzuki, A. Ozawa, Y. Abe, S. Fukuoka, Y. Ishibashi, S. Ito, T. Komatsubara, T. Moriguchi, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, K. Okumura, H. Ooishi, K. Yokoyama and S. Kubono. Spectroscopy of  $^9\text{Be}$  and observation of neutron halo structure in the states of positive parity rotational band. *EPJ Web of Conferences* 66, 02026 (2014)
- [8] T. L. Belyaeva, R. Perez-Torres, A. A. Ogloblin, A. S. Demyanova, S. N. Ershov, and S. A. Goncharov, Determination of neutron halo radii in the first excited states of  $^{13}\text{C}$  and  $^{11}\text{Be}$  with the asymptotic normalization coefficients method. *Phys. Rev. C* 90(2014)
- [9] A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and A. A Ogloblin, Determination of nuclear radii for unstable states in  $^{12}\text{C}$  with diffraction inelastic scattering. *Phys. Rev. C* 80, 054603 (2009)
- [10] T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, A. A. Ogloblin, and R. Perez-Torres, Large-angle  $\alpha$ -particle scattering on  $^{12}\text{C}$  and search for signatures of  $\alpha$ -particle Bose condensation. *Phys. Rev. C* 82, 064618(2010)
- [11] A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova and S. A. Goncharov. Radius of  $^{12}\text{C}$  in the excited  $22^+$  Hoyle state. *Eur. Phys. Jour. A* 2013 49 No.46
- [12] A.A. Ogloblin, A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska and S.V. Khlebnikov. Rotational band in  $^{12}\text{C}$  based on the Hoyle state. *EPJ Web of Conferences* 66, 02074 (2014)
- [13] A.N. Danilov, A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, S.V. Khlebnikov, N. Burtebaev, T. Zholdybayev, N. Saduev, P. Heikkinen, R. Julin and G.P. Tyurin. Cluster states in  $^{11}\text{B}$ . *EPJ Web of Conferences* 66, 03007 (2014)
- [14] S.A. Goncharov, A.S. Demyanova, Yu.A. Gloukhov, A.N. Danilov, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, Yu.G. Sobolev, W.

Trzaska, G.P. Turyrin and S.V. Khlebnikov. Study of the structure of the Hoyle state by refractive  $\alpha$ -scattering .EPJ Web of Conferences 66, 03034 (2014)

[15] A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, N. Burtebaev, P. Drobyshev, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, P. Heikkinen, R. Julin, S.V. Khlebnikov, V.A. Maslov, N. Nassurlla, Yu.E. Penionzhkevich, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, G.P. Tyurin and V.I. Zhrebchevskii, Spectroscopy of exotic states of  $^{13}\text{C}$ . EPJ Web of Conferences 66, 02027 (2014)

[16] A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, A.N. Danilov, A.S. Demyanova and S.A. Goncharov. Nuclear Threshold States: Yesterday, Today, Tomorrow. AIP Conference Proceedings Vol 1224 (2010)

[17] N. Burtebaev, M. K. Baktybaev, B. A. Duisebaev, R. J. Peterson, S. B. Sakuta. Scattering of  $\alpha$  particles on  $^{11}\text{B}$  nuclei at energies 40 and 50 MeV. Physics of Atomic Nuclei, 2005, Volume 68, Issue 8, pp 1303–1313.

[18] A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. V. Dmitriev, A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, S. A. Goncharov, Yu. B. Gurov, V. A. Maslov, Yu. G. Sobolev, W. Trzaska, S. V. Khlebnikov, P. Heikkinen, R. Julin, G. P. Tyurin, N. Burtebaev, T. Zholdybayev. Study of elastic and inelastic  $^{11}\text{B} + \alpha$  scattering and search for cluster states of enlarged radius in  $^{11}\text{B}$ // 2015, Volume 78, Issue 6, pp 777–793.

[19] Bulter J.W. Table of  $(p,\gamma)$  resonances by proton energy:  $E = 0.163 - 3.0$  MeV. U.S. Naval Research Laboratory. NRL Report. – 1959. – P. 5282-5299

[20] I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. Comput. Phys. Rep. 7 (1988)

[21] Nolte M., Machner H. and Bojowald J. Global optical potential for  $\alpha$  particles with energies above 80 MeV. Physical Review C. – 1987. – Vol.36. – P.1312.

## REFERENCES

[1] Navrátil P., Ormand W.E. Ab initio shell model with a genuine three-nucleon force for the p-shell nuclei. Phys. Rev. C 68, 034305 (2003)

[2] Nishioka H., Saito S., Yasuno M. Structure study of  $2\alpha + t$  system by the orthogonality condition model. Prog. Theor. Phys. 62, 424 (1979)

[3] Kanada-En'yo Y. Negative parity states of  $^{11}\text{B}$  and  $^{11}\text{C}$  and the similarity with  $^{12}\text{C}$ . Phys. Rev. C 75, 024302 (2007)

[4] Yamada T., Funaki Y.:  $\alpha + \alpha + t$  cluster structures and  $12\text{C}(0+2)$ -analog states in  $^{11}\text{B}$ . Phys. Rev. C 82, 064315 (2010)

[5] A. A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and W. Trzaska. Effect of neutron halos on excited states of nuclei. Phys. Rev. C 84, 054601 (2011)

[6] A.A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, W. Trzaska, Observation of abnormally large radii of nuclei in excited states in the vicinity of neutron thresholds. Phys. Rev. C 83, No.11, 1548-1561

[7] A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, S.A. Goncharov, N. Burtebaev, J. Burtebaeva, N. Saduev, T.L. Belyaeva, H. Suzuki, A. Ozawa, Y. Abe, S. Fukuoka, Y. Ishibashi, S. Ito, T. Komatsubara, T. Moriguchi, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, K. Okumura, H. Ooishi, K. Yokoyama and S. Kubono. Spectroscopy of  $^9\text{Be}$  and observation of neutron halo structure in the states of positive parity rotational band. EPJ Web of Conferences 66, 02026 (2014)

[8] T. L. Belyaeva, R. Perez-Torres, A. A. Ogloblin, A. S. Demyanova, S. N. Ershov, and S. A. Goncharov, Determination of neutron halo radii in the first excited states of  $^{13}\text{C}$  and  $^{11}\text{Be}$  with the asymptotic normalization coefficients method. Phys. Rev. C 90(2014)

[9] A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and A. A. Ogloblin, Determination of nuclear radii for unstable states in  $^{12}\text{C}$  with diffraction inelastic scattering. Phys. Rev. C 80, 054603 (2009)

[10] T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, A. A. Ogloblin, and R. Perez-Torres, Large-angle  $\alpha$ -particle scattering on  $^{12}\text{C}$  and search for signatures of  $\alpha$ -particle Bose condensation. Phys. Rev. C 82, 064618(2010)

[11] A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova and S. A. Goncharov. Radius of  $^{12}\text{C}$  in the excited  $22+$  Hoyle state. Eur. Phys. Jour. A 2013 49 No.46

[12] A.A. Ogloblin, A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska and S.V. Khlebnikov. Rotational band in  $^{12}\text{C}$  based on the Hoyle state. EPJ Web of Conferences 66, 02074 (2014)

[13] A.N. Danilov, A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, S.V. Khlebnikov, N. Burtebaev, T. Zholdybayev, N. Saduev, P. Heikkinen, R. Julin and G.P. Tyurin. Cluster states in  $^{11}\text{B}$ . EPJ Web of Conferences 66, 03007 (2014)

[14] S.A. Goncharov, A.S. Demyanova, Yu.A. Gloukhov, A.N. Danilov, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, G.P. Turyrin and S.V. Khlebnikov. Study of the structure of the Hoyle state by refractive  $\alpha$ -scattering .EPJ Web of Conferences 66, 03034 (2014)

[15] A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, N. Burtebaev, P. Drobyshev, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, P. Heikkinen, R. Julin, S.V. Khlebnikov, V.A. Maslov, N. Nassurlla, Yu.E. Penionzhkevich, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, G.P. Tyurin and V.I. Zhrebchevskii, Spectroscopy of exotic states of  $^{13}\text{C}$ . EPJ Web of Conferences 66, 02027 (2014)

[16] A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, A.N. Danilov, A.S. Demyanova and S.A. Goncharov. Nuclear Threshold States: Yesterday, Today, Tomorrow. AIP Conference Proceedings Vol 1224 (2010)

[17] N. Burtebaev, M. K. Baktybaev, B. A. Duisebaev, R. J. Peterson, S. B. Sakuta. Scattering of  $\alpha$  particles on  $^{11}\text{B}$  nuclei at energies 40 and 50 MeV. Physics of Atomic Nuclei, 2005, Volume 68, Issue 8, pp 1303–1313.

[18] A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. V. Dmitriev, A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, S. A. Goncharov, Yu. B. Gurov, V. A. Maslov, Yu. G. Sobolev, W. Trzaska, S. V. Khlebnikov, P. Heikkinen, R. Julin, G. P. Tyurin, N. Burtebaev, T. Zholdybayev. Study of elastic and inelastic  $^{11}\text{B} + \alpha$  scattering and search for cluster states of enlarged radius in  $^{11}\text{B}$ // 2015, Volume 78, Issue 6, pp 777–793.

[19] Bulter J.W. Table of  $(p,\gamma)$  resonances by proton energy:  $E = 0.163 - 3.0$  MeV. U.S. Naval Research Laboratory. NRL



Report. – 1959. – P. 5282-5299

[20] I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. Comput. Phys. Rep. 7 (1988)

[21] Nolte M., Machner H. and Bojowald J. Global optical potential for  $\alpha$  particles with energies above 80 MeV. Physical Review C. – 1987. – Vol.36. – P.1312.

УДК 539.171

**Н. Буртебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>,  
Д.К. Алимов<sup>2</sup>, А.С. Демьянова<sup>3</sup>, А.Н. Данилов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>НИЦ Курчатовский Институт, Москва, Россия

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАССЕЙЯНИЯ АЛЬФА-ЧАСТИЦ НА ЯДРАХ <sup>11</sup>В ПРИ ЭНЕРГИЯХ 50 И 65 МЭВ.

**Аннотация.** Изучение ядерных реакций представляет особый интерес, поскольку оно может предоставить полезную информацию о структуре ядра, параметрах потенциалов, деформации и вероятностях переходов. Взаимодействие  $\alpha$ -частиц с ядрами является важным инструментом для понимания структуры ядра и ядерных реакций. Концепция среднего поля  $\alpha$ -частицы широко используется для объединения состояний связанных и рассеиваемых  $\alpha$ -частиц аналогичным образом с использованием ядерного среднего поля для расчета свойств связанных состояний одной частицы, а также рассеяние несвязанных нуклонов на ядрах.

В данной работе исследованы процессы упругого рассеяния альфа-частиц при энергиях 50 и 65 МэВ. Анализ упругого рассеяния был проведен в рамках оптической модели. В расчетах для действительной части комплексного ядерного потенциала были использованы как микроскопические потенциалы двойной свертки, так и феноменологические потенциалы. Мнимая часть имела форму феноменологического поверхностного Вудс-Саксонского потенциала. Теоретически рассчитанные сечения хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что вопрос распространенности изотопов легких ядер во Вселенной и существования нейтронного гало остаются открытыми по сей день. Практическая значимость исследования состоит в получении новых экспериментальных данных по ядерным реакциям необходимых для проведения оценки наработки легких ядер, которые дополнят существующую базу ядерных данных новыми данными по сечениям ядерных реакций и структуре легких ядер, полезных для расширения понимания природы ядерных взаимодействий в области низких и средних энергий.

**Ключевые слова:** упругое рассеяние, оптическая модель, FRESKO, оптические потенциалы.

**Н. Буртебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>,  
Д.К. Алимов<sup>2</sup>, А.С. Демьянова<sup>3</sup>, А.Н. Данилов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ядролық Физика Институты, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>ҰЗО Курчатов Институты, Мәскеу, Ресей

### 50 ЖӘНЕ 65 МЭВ ЭНЕРГИЯДАҒЫ АЛЬФА-БӨЛШЕКТЕРДІҢ <sup>11</sup>ВЯДРОЛАРЫНДА ШАШЫРАУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Осы жұмыста 50 және 65 МэВ энергияларда <sup>4</sup>Не иондарының <sup>11</sup>В ядроларынан серпімді шашырау процесстері зерттелген. Серпімді шашырау оптикалық модель аясында талданды. Потенциалдың жорамал бөлігі үшін Вудс-Саксон потенциалының беттік феноменологиялық түрі қолданылды. Теориялық есептелген қималар, тәжірибелік мәліметтермен жақсы үйлеседі.

**Тірек сөздер:** серпімді шашырау, оптикалық модель, фолдинг потенциал, нормалау коэффициенттері, FRESKO.

**Сведения об авторах:**

**Буртебаев Насурлла** - профессор, д.ф.м.н., зам. директора института ядерной физики, Алматы, Казахстан, e-mail: [nburtebayev@yandex.ru](mailto:nburtebayev@yandex.ru)

**Мухамеджанов Ержан** - e-mail: [y.mukhamejanov@gmail.com](mailto:y.mukhamejanov@gmail.com)

Zh. Omar, N.Zh. Takibayev, V.O. Kurmangalieva

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
[jadyra-07@mail.ru](mailto:jadyra-07@mail.ru)

## PHONON-PHONON INTERACTION IN THE CRYSTAL LATTICE OF NEUTRON STAR

**Abstract.** The aim of this paper is to calculate the oscillation frequency of the phonons in the crystal lattice of neutron stars. Also, we calculated density of states of phonon and density of local phonon of impurity atoms. The frequency of the atoms and impurities is compared. We have built graphics on the basis of the frequency depending on their densities.

**Keywords:** phonon, neutron star, impurity, crystal lattice, frequency.

### Introduction

Compact stars have extremely high-density and astronomical objects which appear after evolution of normal stars. Consequently, compact body means that their excess hydrogen energy expended, and converted to another reactions [1]. The difference between normal and high-density stars are little size and density. The supernova stars are smaller than the normal stars [2].

A neutron star is a type of compact star. Neutron stars are the smallest and densest stars in the Universe. With a radius of only about 11-11.5 km (7 miles), they can, however, have a mass of about twice that of the Sun. They can result from the gravitational collapse of a massive star that produces a supernova. Neutron stars are composed almost entirely of neutrons, which are subatomic particles with no net electrical charge and with slightly larger mass than protons.

The outer layer of a neutron star has a complex structure which depends strongly on the nuclear density. In the inner crust of the star, due to the high density and pressure, a large fraction of neutrons occupies unbound states. Nuclei which are still present are therefore immersed in a neutron gas. The structure of this part of the star has been the subject of a considerable theoretical effort.

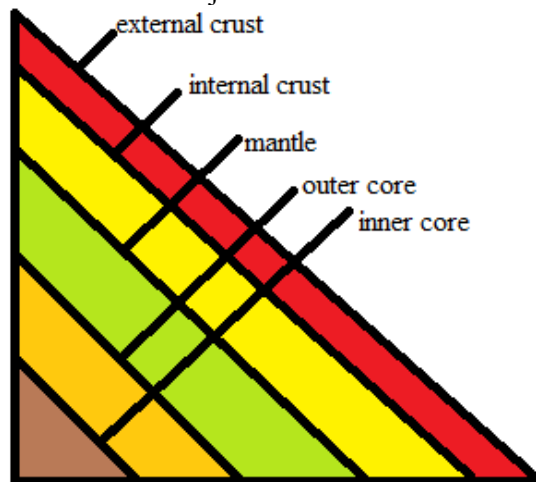
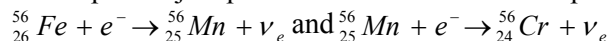


Figure 1 – Structure of neutron star

Here, in crystal lattice of compact object passes reaction of electron capture:



Electron capture is a process in which the proton-rich nucleus of neutral atom absorbs an inner atomic electron.

In physics, a phonon is a collective excitation in a periodic, elastic arrangement of atoms or molecules in condensed matter, like solids and some liquids. Often designated a quasiparticle, it represents an excited state in the quantum mechanical quantization of the modes of vibrations of elastic structures of interacting particles.

Phonons play a major role in many of the physical properties of condensed matter, like thermal conductivity and electrical conductivity. The study of phonons is an important part of condensed matter physics.

Phonon is elementary particle which transfer oscillations in the crystal cell [3]. In this regard, the phonon participate in all processes of the crystal lattice (energy, transport pressure). Therefore, to calculate the frequency of fluctuations phonons and oscillations are very important [4].

The equations in this section do not use axioms of quantum mechanics but instead use relations for which there exists a direct correspondence in classical mechanics.

For example: a rigid regular, crystalline (not amorphous), lattice is composed of  $N$  particles. These particles may be atoms or molecules.  $N$  is a large number, say  $\sim 10^{23}$ , or on the order of Avogadro's number for a typical sample of a solid. Since the lattice is rigid, the atoms must be exerting forces on one another to keep each atom near its equilibrium position. These forces may be Van der Waals forces, covalent bonds, electrostatic attractions, and others, all of which are ultimately due to the electric force. Magnetic and gravitational forces are generally negligible. The forces between each pair of atoms may be characterized by a potential energy function  $V$  that depends on the distance of separation of the atoms. The potential energy of the entire lattice is the sum of all pair wise potential energies:

$$\sum_{i \neq j} V(r_i - r_j)$$

where  $r_i$  is the position of the  $i$ th atom, and  $V$  is the potential energy between two atoms.

### Analysis of results

$$R = \left( \frac{3}{4\pi} \cdot M_A \right)^{1/3} \quad (1)$$

The potential energy of nucleus:

$$U(r) = -\frac{3 \cdot Z^2 \cdot e^2}{2 \cdot R} + \frac{Z^2 \cdot e^2}{2 \cdot R^3} \cdot r^2 \quad (2)$$

Next, we consider the reaction of electron capture. In this case we have to calculate with back way, because with right way we can not solve analogical results:

$$\omega^2 = \frac{4C_1}{M} \sin^2 \frac{Ka}{2} \quad (3)$$

Here,  $K$ -vector of oscillation,  $K = \pm\pi / a$ ;  $C$ -force constant. This constant we define:

$$C = \left( \frac{d^2U}{dR^2} \right)_{R_0} \quad (4)$$

In this case,

$$C = \left( \frac{d^2 U}{dr^2} \right)_{r=R} = \frac{Z^2 \cdot e^2}{R^3} \quad (5)$$

On (3)- form we substitute (5) and K, we get:

$$\omega_{A,\max} = 2 \sqrt{\frac{Z^2 e^2}{R^3 M_A}} \quad (6)$$

If we compare this expression with Kirzhnis calculation:

$$\omega_{\max} = 2 \sqrt{\frac{\beta_1}{m}} \quad (7)$$

Here,  $\beta_1 = \frac{Z^2 e^2}{R^3}$ ,  $R = d / 2$ ,  $d$  - distance of nucleus.

Next, we can do

$$C = \beta_1 = \frac{Z^2 e^2}{R^3} \quad (8)$$

Now, we define the distance between two nucleus:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad V = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (9)$$

$$d = a = 2R$$

$$\rho = \frac{M}{\frac{4\pi}{3} \left(\frac{a}{2}\right)^3} = 8 \cdot \frac{3M}{4\pi a^3}$$

$$d^3 = a^3 = \frac{6M}{\rho\pi}$$

$$R^3 = \frac{d^3}{8} = \frac{6M}{8\rho\pi} \quad (10)$$

This formula-connection between distance and density. Next, on (4.8) form we substitute (10) and (8):

$$\omega_{\max} = \frac{4Ze}{M} \sqrt{\frac{\pi\rho}{3}} \quad (11)$$

$$\omega_{\max} \left( \frac{\beta_z}{m} \right) = \omega_{\max}(\rho) \quad (12)$$

(12) we get graph. Here,  $\rho = (10^6 \pm 10^{14}) \text{g/sm}^3$

Next, we write the expression for impurity atoms. For impurity atoms we denote coordinates as a  $\xi_n = \xi_0$ , force constant  $\beta_1$ .

For impurity atoms equation of motion:

$$M^* \frac{\partial \xi_0^2}{\partial t^2} = \beta_1 (\xi_1 + \xi_{-1} - 2\xi_0) \quad (13)$$

But, for neighbour atoms:

$$m \frac{\partial \xi_1^2}{\partial t^2} = \beta_1 (\xi_2 + \xi_0 - 2\xi_1) \quad (14)$$

Using the expression we can define  $\omega_{\max}$  for impurity atoms, when  $n = 0$ :

$$\xi_n = \xi (-1)^n \exp(i\omega_{\max}^* t) \exp(-\alpha |n| a) \quad (15)$$

For local oscillation we consider 2 parameters  $\omega_{\max}^*$  and  $\alpha$ :

(13)→(15)

$$(\omega_{\max}^*)^2 = 2 \frac{\beta_1}{M^*} [1 + \exp(-\alpha a)] \quad (16)$$

Next, (13)→(14):

$$(\omega_{\max}^*)^2 = \frac{\beta_1}{m} [2 + \exp(-\alpha a) + \exp(\alpha a)] \quad (17)$$

$$\omega_{\max}^2 = 4 \frac{\beta_1}{m} \quad (18)$$

Here,  $\beta_1 = \frac{Z^2 e^2}{R^2}$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \left| V = \frac{4}{3} \pi R^3 \right| = \frac{3m}{4\pi R^3} \quad (19)$$

Here, we define the  $R^3$ :

$$R^3 = \frac{3m}{4\pi\rho} \quad (20)$$

$$\beta_1 = \frac{Z^2 e^2}{3M} 4\pi\rho \quad (21)$$

(21)→(18)

$$(\omega_{\max}^*)^2 = \frac{4}{m} \frac{Z^2 e^2}{3M} 4\pi\rho = \frac{16}{3} \pi \frac{Z^2 e^2}{mM} \rho$$

In our case we consider the impurity atoms, that is why  $Z+1$ ;

$$\beta_1^* = \frac{(Z+1)^2 e^2}{3M} 4\pi\rho \quad (22)$$

$$\omega^* = \sqrt{\frac{16}{3} \pi \frac{Z^2 e^2}{mM} \rho} = \frac{4}{M} (Z+1) e \sqrt{\frac{\pi\rho}{3}} \quad (23)$$

For finding the  $\omega_{max}$ , (23) expression we have to do transformation:

$$(\omega_{max}^*)^2 = 2 \frac{\beta_1}{M^*} [1 + \exp(-\alpha a)] \rightarrow |\exp(-\alpha a) = x| \rightarrow \frac{1+x}{M} 2\beta_1^* \rightarrow 2(1+x) \frac{Z+1}{M} \quad (24)$$

We equate the (23) and (24) and find the x:

$$x = \frac{\frac{ZM}{2} - \frac{M}{Z+1}}{\frac{M}{Z+1}} = 2 \frac{Z+1}{Z} - 1 = 1 + 2 \frac{1}{Z} \quad (25)$$

(25) → (24):

$$(\omega_{max}^*)^2 = -4 \frac{(Z+1)^2}{ZM} \quad (26)$$

Using the expression (26) we find the maximum point of quazilocal oscillation.  
Using the expression (27):

$$\omega_{max}^* \left( \frac{\beta_1}{m} \right) = \omega_{max}^* (\rho) \quad (27)$$

draw a graph.

The red line is not impurity, the blue line is with impurity:

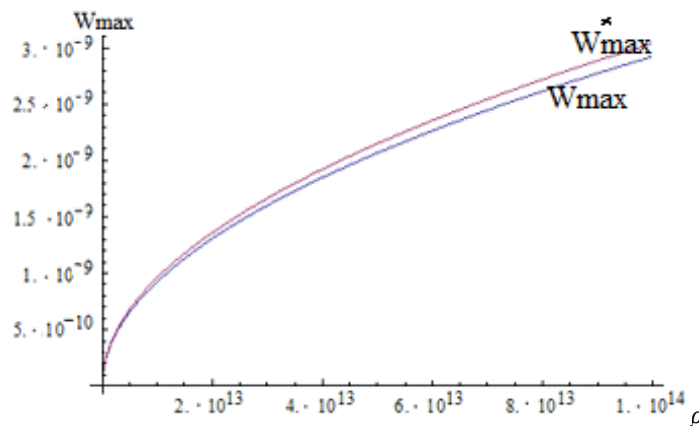


Figure 16 – For Ch

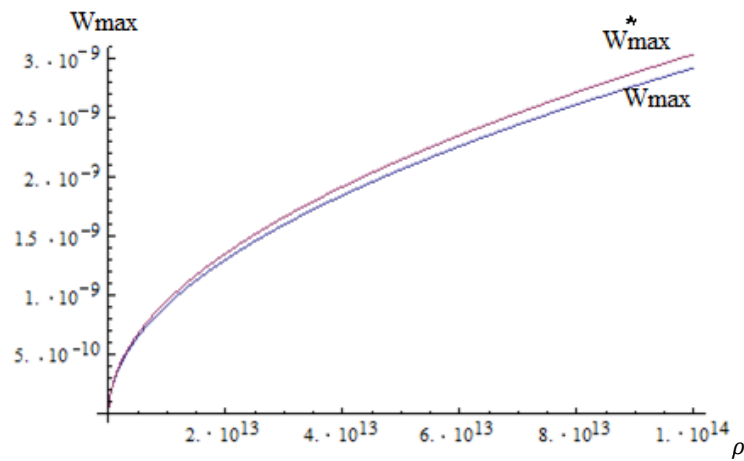


Figure 17 – For Mn

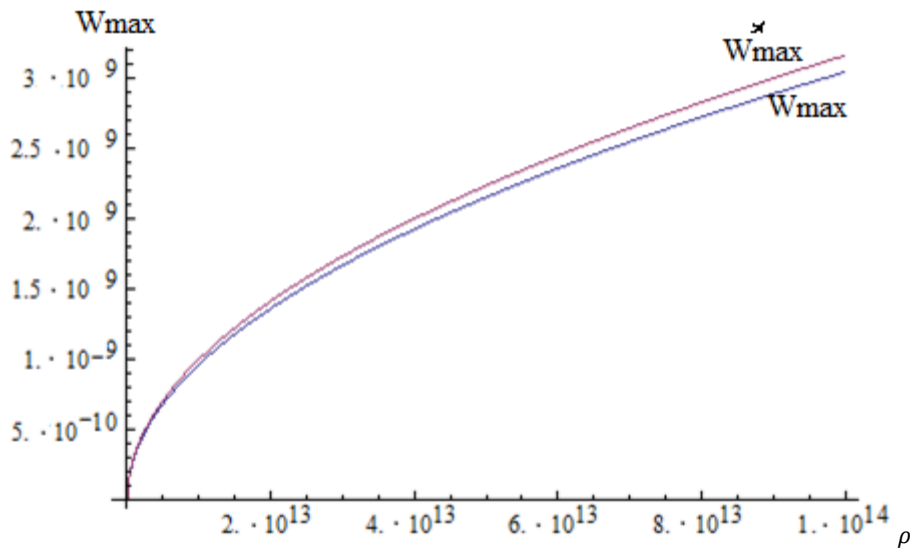


Figure 18 – For Fe

For finding the maximal frequency:

$$\frac{\omega_{\max}^*}{\omega_{\max}} = \frac{4 \frac{(Z+1)^2}{ZM}}{\frac{4}{M} (Z+1) e \sqrt{\frac{\pi\rho}{2}}} = \frac{Z+1}{Ze} \sqrt{\frac{3}{\pi\rho}} \tag{28}$$

$$\frac{\omega_{\max}^*}{\omega_{\max}} = \frac{4 \frac{(Z+1)^2}{ZM}}{\frac{4}{M} Ze \sqrt{\frac{\pi\rho}{2}}} = \frac{(Z+1)^2}{Z^2 e} \sqrt{\frac{3}{\pi\rho}} \tag{29}$$

Using the (28) and (29) we draw the graph. These graphs show us the frequency, when oscillation of phonons were maximum:

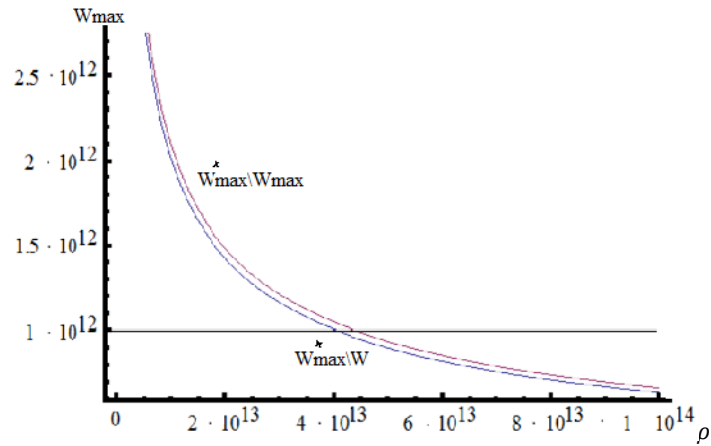


Figure 19– For Ch

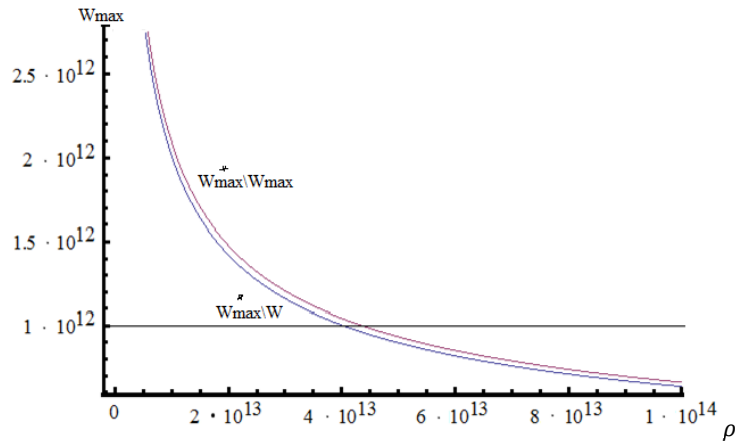


Figure 20 – Mn

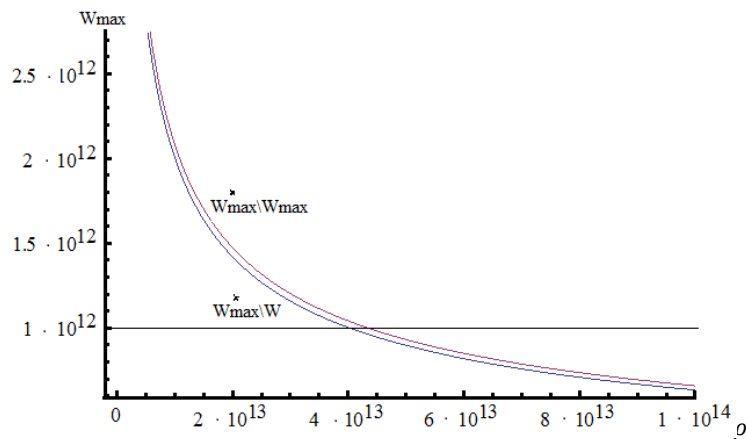


Figure 21 – Fe

### Conclusion

This research work is calculated by frequencies and efficient way. That is, if we solve calculations directly, calculation will be difficult. In this case, we were chosen as an effective way to back. The results of the calculations shown and compared in figures as phonons frequencies.

During the calculations of the research work, the results were as follows: the density of compact objects is  $\rho = (10^6 \pm 10^{14}) \text{g/sm}^3$ , so we choose on the extent of this frequency. Because neutron stars



have a greater density  $\rho$ , that is why phonon effects are very important phenomena. Influence of phonons spread in several directions:

1. Phonons description changes in the crystal cell of different depths (layers). In this case, the frequency changes slowly;

2.  $\rho = \rho(z)$  dependence:  $A(Z+1, N)+e \rightarrow A(Z, N+1)+\nu_e$

Here, value of the frequencies to be changed rather than the from the first position. In other words,  $\rho$  is the critical value of the crystalline lattice and quickly varies depending on the depth.

#### REFERENCES

- [1] S. L. Shapiro., S. A. Tyukolski "Black holes, white dwarfs and neutron Star."
- [2] Shapiro S.L., Tyukolski S.A., The black holes, white dwarfs and neutron star // Part 2, Mir, 1985.
- [3] Brandt N.B., Kulbaçhinski V.A., «Quasi-particles of condensed matter of physics ».
- [4] Takibayev N.ZH. Neutron resonance and Нейтронные резонансы и structural effects of radiation of pulsars//- Almaty 2011, april 18-20., 13- С. 16-21.
- [5] PopovS., Prochorov M. Stars: Life after die. Vek 2, 2006 С- 64.
- [6] Baade W., Zwicky F. Supernova and Cosmic Rays // Phys.Rew.- 1934.- Vol. 45.-P. 138.
- [7] Shkolovsky I.S. Stars: birth, life and die. 3, - 1984.- С. 384.
- [8] Awcroft N., MerminN. Physics of solid matter. -M.: Mir, 1979.
- [9] <http://nuclphys.sinp.msu.ru>
- [10] [http:// wikipedia.org](http://wikipedia.org)
- [11] [wsyachina.narod.ru](http://wsyachina.narod.ru)
- [12] [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru)
- [13] Muhin K.N. Experimental nuclear physics. Physics of particles. 5- басылым. 1993.
- [14] [people.overdockers.ru](http://people.overdockers.ru)
- [15] [www.sibsauktf.ru](http://www.sibsauktf.ru)
- [16] <http://galspace.spb.ru>
- [17] [http:// elementary.ru](http://elementary.ru)
- [18] [www.astrotime.ru](http://www.astrotime.ru)
- [19] [vo.astro.spbu.ru](http://vo.astro.spbu.ru)
- [20] [www.krugosvet.ru](http://www.krugosvet.ru)
- [21] [physics.harmonic.ru](http://physics.harmonic.ru)
- [22] [www.effects.ru](http://www.effects.ru)
- [23] [www.ngpedia.ru](http://www.ngpedia.ru)
- [24] Nasirova D.M. Two-particle effects in the radiation superdense stars. Алматы 2013
- [25] <http://cosmoportal.net>

**Ж.О. Омар, Н.Ж. Такибаев, В.О. Құрманғалиева**

<sup>1</sup>Әл- Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

#### НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ КРИСТАЛДЫҚ ТОРЛАРЫНДАҒЫ ФОНОН-ФОНОНДЫ ӘСЕРЛЕСУЛЕР

**Аннотация:** Бұл жұмыстың негізгі мақсаты, нейтронды жұлдыздардың кристалдық торларындағы фонондардың тербеліс жиіліктерін есептеу болып табылады. Сонымен қатар, фонон күйлерінің тығыздықтары мен қоспа атомдардың локальды фонондарының тығыздықтарын есептедік, таза күйдегі атом мен қоспа атомдарының жиіліктерін салыстырдық. Жиіліктің тығыздыққа байланысы негізінде график тұрғыздық.

**Тірек сөздер:** фонон, нейтронды жұлдыз, қоспалар, кристалдық торлар, жиілік және т.б.

**Ж.О. Омар, Н.Ж. Такибаев, В.О. Құрманғалиева**

<sup>1</sup>Казахский Национальный Университет имени ал- Фараби, Алматы, Казахстан

#### ФОНОН- ФОНОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

**Аннотация:** Основа этой работы является, расчет частот колебания фононов в кристаллической решетке нейтронных звезд. Сделан расчет по плотностям фононных состояний и плотности атомов локальных фононов, сравнивали частоты атомов в чистом виде и в примесях. На основе зависимости частот от их плотности мы построили график.

**Ключевые слова:** фонон, нейтронные звезды, примеси, кристаллическая решетка, частота и т.д.

O. Kh. Poleshchuk<sup>1</sup>, A. V. Fateev<sup>1</sup>, G.M. Adyrbekova<sup>2</sup>,  
M. N. Ermakhanov<sup>2</sup>, P.A. Saidakhmetov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

poleshch@tspu.edu.ru, adyrbekova.gulmira@mail.ru, myrza1964@mail.ru, timpf\_ukgu@mail.ru

## ANALYSIS OF THE CHEMICAL BOND IN THE METALLOCENE USING DENSITY FUNCTIONAL THEORY

**Abstract.** In this work the optimization of metallocene molecular geometry by two different functional density methods has been carried out. Obtained structural and spectral data have been compared with experimental values. The donor-acceptor and dative interactions in the formation of metallocenes have been studied on the basis of the natural valence orbitals method. The ionicity and covalency of bonds between the metal atoms and carbon have been determined with use of energy partitioning analysis.

**Keywords:** density functional theory, metallocenes, donor-acceptor and dative interaction, covalence of bond.

### Introduction.

Metallocenes are organic compounds formed mainly by transition metal and cyclopentadiene [1, 2]. The molecules of metallocenes have the form of "sandwich": a metal ion having an oxidation + 2 is situated between two parallel cyclopentadienyl rings at an equal distance from them. In various metallocenes metal-ligand bond may have either covalent or ionic character. The relative positions of the cyclopentadienyl ring depend on the compounds and form a prismatic or antiprismatic configuration.

A perennial metallocenes study showed that they have a wide practical applicability. In this case both practical and theoretical interest directly represent molecular complexes based on ferrocene, derivatives thereof, allowing to obtain chelate compounds, a number of heterometallic derivatives. Along with the metallocene containing polymer, they are used as semiconducting materials in electronics, catalysts in organic synthesis and the etc. Systems containing several metals within a single molecule are of interest and a model for the development of the general theory of exchange interactions. There is information, that chelate transition metal complexes containing ferrocene moiety were catalysts for polymerization of styrene along with other chelates based on  $\pi$ -complex.

The aim of this work is to investigate the nature of chemical bonds in molecules metallocene using quantum chemical density functional calculations.

### Materials and methods.

All calculations were performed using GAUSSIAN'03 standard software package [3]. For carrying out the theoretical research, there was used quantum-chemical density functional method (DFT, Density Functional Theory). Calculations performed by the hybrid density functional B3LYP, with the exchange functionality Beke (B3) [4] and correlation functional of Lee, Yang and Couple (LYP) [5]. For all atoms used as a fully electronic basis set 6-31G (d). The structure of the calculations were fully optimized, no imaginary vibrational frequencies confirmed their stationary character. Furthermore, optimization of metallocene the gas phase was performed using the Amsterdam Density Functional (ADF) [6], which uses Slater functions. We used bp86/TZ2P+ method, which usually yields better results than the B3LYP/6-31G(d).

### Results and discussion.

*Comparison of geometric parameters*

We calculated a large number of metallocene molecules with metals in the oxidation state +2. Optimized structures have D<sub>5d</sub> symmetry and are in the eclipsed conformation, which is consistent with literature data.

We compared the experimental values of lengths of C-C and C - Fe bonds, obtained by gas-phase electron diffraction [7, 8] with calculated by both methods (Table. 1).

The table 1 shows that the structure which optimized at ADF, giving the C-Fe bond length lower than the experimental value at 0,016 E. In the same time structure, resulting in the program Gaussian gives bond length 2,052 E, which corresponds to the experimental value. Besides Gaussian shows all carbon-carbon bonds identical (1,428), while giving ADF spread 1,421-1,434 E, which is inconsistent with the experimental data.

Table 1 – Experimental and calculated by the B3LYP/6-31G(d) and bp86/ TZ2P+ C-C and C-Fe bond lengths in ferrocene, E

	Experiment	ADF bp86/TZ2P+		Gaussian B3LYP/6-31G(d)		
	Fe(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	Cp	Fe(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S = 0	Cp	Fe(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S = 0	Fe(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S = 2
C–C	1,42 ± 0,01	1,383–1,434	1,421–1,434	1,414	1,428	1,421–1,429
C–Fe	2,06 ± 0,01	–	2,044	–	2,052	2,232–2,370
C–H	–	1,092	1,086	1,09	1,082	1,083

It is known that iron atom may be in high- and low-spin state. The calculated energy gap between high- and low-spin states of ferrocene is 19 kcal/mol. According to the literature, this difference greater than 40 kcal/mol. In the high- spin ferrocene symmetry rings are broken, they go out of parallel planes. Thus the Fe-C bond lengths increase and significantly distorted. They were also calculated metallocenes comprising not only the transition metal but and non-transition elements. The calculated by two methods experimental bond lengths are given in the Table 2.

Table 2 – Lengths of metal-carbon bonds and carbon-carbon

The metallocene	Bond	experiment	Gaussian	ADF
Pb(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	Pb–C	2,778	2,777	2,770
	C–C	1,430	1,419	1,415
Sn(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	Sn–C	2,706	2,727	2,646
	C–C	1,431	1,419	1,420
Be(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	Be–C	1,93	2,05	2,04
	C–C		1,418	1,415
Ni(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	Ni–C	2,196	2,132	
	C–C	1,430	1,408	
Co(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	Co–C	2,119	2,130	
	C–C	1,429	1,421	
Ti(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Ti–C	2,372	2,394	2,384
	C–C	1,397	1,407	1,407
Mn(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	Mn–C	2,383	2,256	2,056
	C–C	1,429	1,426	1,429
Cr(Bz) <sub>2</sub>	Cr–C	2,150	2,155	2,107
	C–C	1,423	1,418	1,415
Cr(Bz)(CO) <sub>3</sub>	Cr–C	2,208	2,229	2,172
	C–C	1,417	1,413	1,412

For all metallocene observed good the correlation between the experimental and calculated in the programs of Gaussian and ADF bond lengths of the metal - ring (Fig 1, 2.).

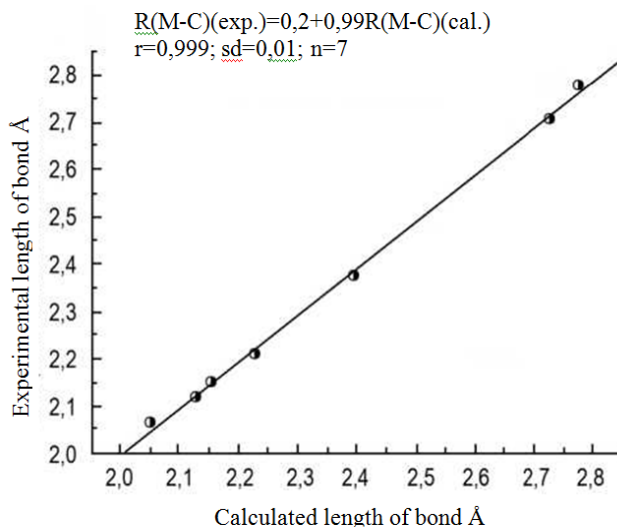


Figure 1 – The relationship between the experimental and calculated by B3LYP/6-31G(d) bond lengths in the metallocene

C-C distances in cyclopentadienyl are approximately the same in all complexes. The difference between C-C bond length from cyclopentadienyl to metallocenes about 0,014 Å. This suggests that part of the  $\pi$ -electron density passes from C-C bonds to the C-Fe and the multiplicity of bond decreases.

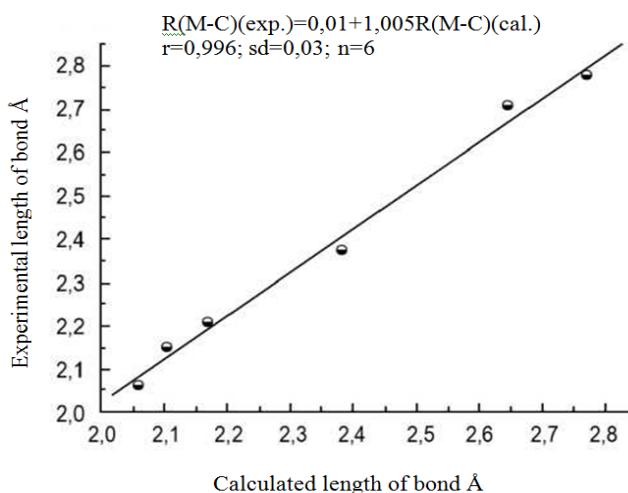


Figure 2 – The relationship between the experimental and calculated by BP86/TZ2P+ bond lengths in the metallocene

Along with changes in bond lengths should change also the effective charges on atoms as a result of electron density transfer from the ligand to the metal and conversely. We have analyzed seven different types of charges in a molecule of ferrocene (Table. 3). We used three Gaussian calculated schemes and four - from ADF. We can see from Table. 3 that the the Mulliken charges from Gaussian have similar values all carbon and hydrogen atoms, respectively, and the charge on the Fe atom is 0.556, which correlates reasonably well with the experimental results.

All experimental methods are predicting charge on the iron atom in the range of 0.6 - 1.4 e. The same regularity can also be seen with the natural charges (NBO calculation) for Fe atom charge is 1.023.

The scheme of charge distribution by Voronoi, Hershfield and multiplicity charges show different charges on the hydrogen atoms and, most importantly, carbon atoms, which can not but cause concern. Moreover, the charge on the iron atom in these schemes close to zero (-0.037, 0.049, 0.096 respectively), which do not correspond to experiment.

Table 3 – The charges on the atoms in ferrocene, calculated in the program ADF and Gaussian

Atom	Gaussian			ADF			
	Mulliken atomic charges	APT	NBO Natural charge	Mulliken atomic charges	Hirshfeld charge analysis	Voronoi charges	Multiplet charges
C	-0,205	0,042	-0,358	0,280–0,283	-0,057 – – 0,065	-0,070 – – 0,077	-0,207 – – 0,256
H	0,149	0,029	0,256	-0,292 – – 0,310	0,056–0,057	0,075–0,079	0,218–0,232
Fe	0,557	-0,714	1,023	0,225	0,049	-0,037	0,096

### NMR spectra

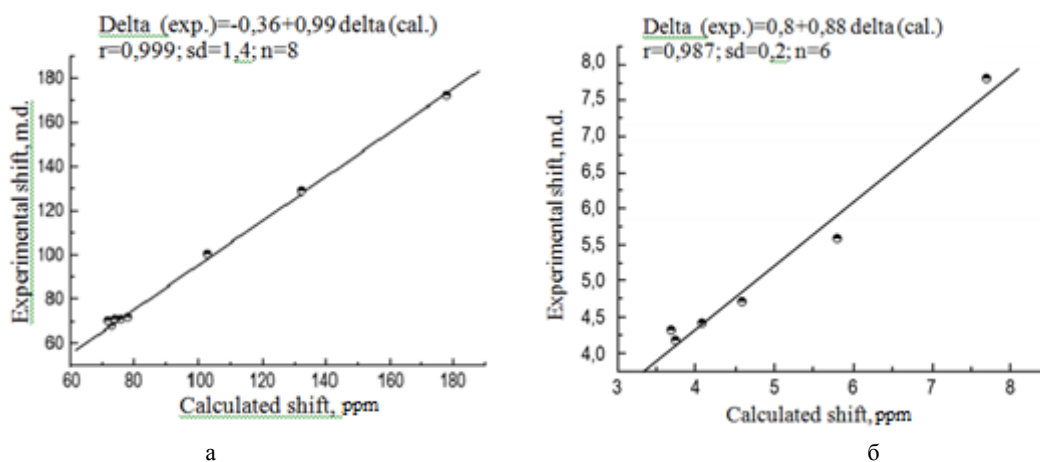
Changing the effective charge on the carbon and hydrogen atoms in the ligands affects the chemical shifts in the NMR spectroscopy.

Table. 4 shows the experimental [9] and calculated in Gaussian's program chemical shifts such ligands as cyclopentadienyl and benzene in the free state and in complexes with iron (ferrocene and ferrocene carboxylic acid).

Table 4 – The chemical shifts in the NMR spectrum

Molecule	Experimental Shift <sup>13</sup> C	Calculated Shift <sup>13</sup> C	Experimental Shift <sup>1</sup> H	Calculated Shift <sup>1</sup> H
Cyclopentadienyl anion	100	103,2; 103,0; 102,9	5,57	5,7; 5,8; 6,0
Ferrocene	67,85	72,6; 73,1	4,15	3,66; 3,76; 3,81
ferrocene carboxylic acid	171,9; 71,7; 70,9; 69,8; 69,4	178; 78; 76; 74; 72	12,2; 4,7; 4,4; 4,3	4,6; 4,1; 3,7
Benzene	128,5	132,6	7,8	7,7
Cr(Bz) <sub>2</sub>		80,2; 79,4; 80,5		4,1; 4,2; 4,3

It can be seen that the interaction of the organic ligand with a metal ion leads to significant reductions of the shear of carbon atoms and protons, while the difference between the experimental and calculated values are close to each other (Fig. 3). Such changes of the chemical shifts associated with a shift of the electron density from carbon and hydrogen atoms.

Figure 3 – The relation between the experimental and calculated chemical shifts in the NMR spectra of (a - <sup>13</sup>C, b - <sup>1</sup>H)

### Comparison of the IR spectra

Using an optimized geometry, we calculated IR spectrum of ferrocene. Most of the 57 frequencies

have zero or very low intensity in the spectrum do not appear. All are grouped into five peaks, since some frequencies are very close and merge on the spectrum. Fig. 4 shows calculated IR spectrum of ferrocene with five peaks clearly visible, which agrees well with the experimental spectrum (Fig. 5).

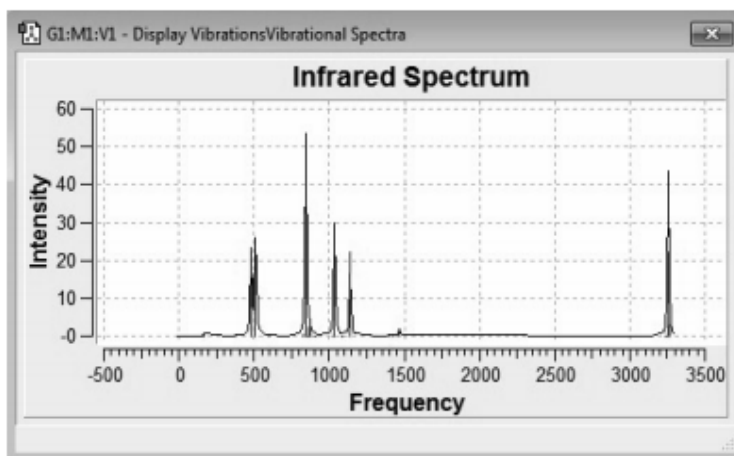


Figure 4 – Calculated by B3LYP / 6-31G \* IR ferrocene,  $\text{cm}^{-1}$

With Gaussian Viewer program we conducted a frequency assignment. All results are presented in Table. 5.

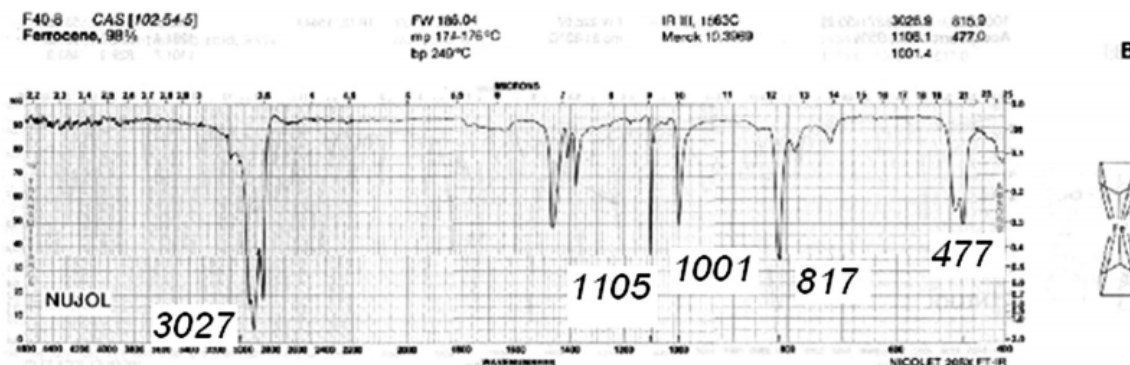


Figure 5 – Experimental IR ferrocene (nonlinear range) [10]

The first peak  $\nu = 477 \text{ cm}^{-1}$  corresponds to the movement of the iron atom on the symmetry axis between rings. Close there to peak  $\nu = 511 \text{ cm}^{-1}$  corresponds to the movement of the iron atom in a plane parallel to the rings. In the experimental spectrum are two peaks in this area with a maximum at  $477 \text{ cm}^{-1}$ . In the IR spectrum dibenzenechromium these vibration frequencies are  $452$  and  $488 \text{ cm}^{-1}$ .

In forming a complex of ferrocene in the cyclopentadienyl fragments only two frequencies are reduced - breathing vibration of the ring and valence vibration of C-C bonds at  $17$  and  $32 \text{ cm}^{-1}$ , respectively. Decreasing of the frequency corresponding to the bond, indicating it's weakening and increases its length. Indeed, the length carbon-carbon bond increased to  $0,014 \text{ \AA}$ . It can be assumed that part of the  $\pi$ -electron density shifted to free orbitals of the iron atom. That is realized donor-acceptor ( $\text{Fe} \leftarrow \text{C}_2\text{H}_4$ ) interaction. On the other hand, is not excluded the transfer of the electrons of lone electron pairs of iron atoms to the  $\pi^*$ -orbital of the cyclopentadienyl, which also weakens the C-C bond. For a deeper understanding of the relationship of nature in the metallocene is necessary to analyze the redistribution of electron density the formation of their initial compounds.

#### *Analysis of chemical bonds in the molecules ferrocene and dibenzenechromium*

Calculation of natural orbital bonds (NBO) [11] showed that the ferrocene has 3 three-center bonds between carbon and iron: one bonding (Figure 6) and two antibonding. In the formation of bonding

molecular orbitals take part non-hybrid carbon 2p orbitals and the d-orbitals of the iron atom. The occupancy of bonding orbital is 1.5 e, and non-bonding are 1.2 and 0.2 e. It is not difficult to assume that such interactions may be 5 or even 10. And the symmetric geometry indicates the equivalence of these interactions.

All interaction between the orbitals in the framework theory of excitation of second-order can be divided into several groups. The first group is responsible for the donor-acceptor interaction:  $\pi(\text{C-C}) \rightarrow \text{LP}, \text{LP}^*(\text{Fe})$ . The total energy is equal to the disturbance 331 kcal/mol. Taking into account the three-center bond C-Fe-C donation energy rises to 371 kcal/mol. It is clear that the bond is formed not between concrete atoms ring and iron, and between the  $\pi$ -bond (C=C fragment) and iron atom. Since the Fe-C<sub>2</sub> fragment represents isosceles triangle, then this bond should be regarded as a predominantly three-center.

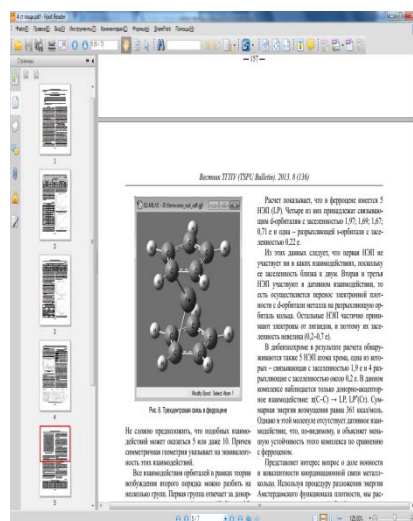


Figure 6 – The three-center bonds in ferrocene

The second group is a dative reacting  $\text{LP}(\text{Fe}) \rightarrow \pi^*(\text{C-C})$  with the total perturbation energy 129 kcal/mol, which is about three times less than the donor-acceptor interaction. Thus, the calculation shows that in a molecule of ferrocene dominant interaction exceeds dative.

Our calculations show that in ferrocene are 5 electron lone pairs (LP). Four of them belong to the bonding d-orbitals with occupancy about 1.97; 1.69; 1.67; 0.71 e and one - antibonding s-orbital with occupancy 0.22 e.

From these data it follows that the first LP not involved in any interactions as its occupancy is close to two. The second and third LP involved in dative interaction, that it has carried out the transfer of electron density from the metal d-orbitals to the antibonding orbital. Other LP partially accept electrons from the ligand and therefore their occupancy is small (0.2-0.7 e).

As a result of the calculation dibenzenechromium also found 5 LP of the chromium atom, one of which – bonding with occupancy 1.9 e and 4 non-bonding with occupancy about 0.2 e. This complex shows only the donor-acceptor interaction:  $\pi(\text{C-C}) \rightarrow \text{LP}, \text{LP}^*(\text{Cr})$ . The total perturbation energy is 361 kcal/mol. However, in this molecule missing dative interaction that appears explains to be less stable this complex the compared to ferrocene.

The question of the proportion of ionic and covalent character and coordination to the metal ring is of interest. Using the procedure of decomposition energy from ADF, we calculated the following contributions (tab. 6).

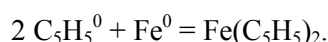
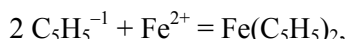
$$E_{\text{tot}} = E_{\text{orb}} + E_{\text{elstat}} + E_{\text{Pauli}},$$

where  $E_{\text{orb}}$  – energy contribution charge interaction between all the orbitals of the system;  $E_{\text{Pauli}}$  – the contribution that characterizes the energy of repulsion of fragments;  $E_{\text{elstat}}$  – an investment that includes the electrostatic attraction of the molecule fragments.

Table 6 – Analysis of the decomposition of the energy, kcal/mol

Energy	Ferrocene	Cr <sup>-1</sup>	Fe <sup>2+</sup>	ΔE	Dibenzolhrom	Benzene	Cr <sup>0</sup>	ΔE
E <sub>орб</sub>	-12628	-5896	542	-1388	-15243	-7381	35	-446
E <sub>эл-стат</sub>	-2817	-1092	0	-633	-3297	-1346	0	-605
E <sub>Павли</sub>	12331	5573	0	1185	14814	6969	0	876
E <sub>общ</sub>	-3115	-1415	542	-827	-3726	-1758	35	-210

According to the law of Hess, we can calculate the change in the contribution of each energy contribution upon complex formation. This change of the energy will apply to the new bond Fe atom with rings. Scheme ferrocene molecules forming reaction can occur both by ionic and radical mechanisms:



According to the first mechanism from Table 6, orbital energy (covalent bonds) exceeds the electrostatic energy (ionicity of the bond), with the proportion of covalent bond is 69%.

For dibenzenechromium molecules ( $2\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cr}^0 = \text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2$ ) the calculation leads to other relationships between the orbital and covalent interactions. It can be seen that the change in the electrostatic energy is greater than the orbital, and the proportion of covalent bond is only 42%.

Table 7 shows the average energy bonds with the iron atom, taken from the literature.

Table 7 – Average energy values of some chemical bonds with the Fe atom

	E <sub>average</sub> , kJ/mol
Fe-O	926
Fe-S	797
Fe-C	376

Using the calculated total energy by ionic mechanism, the total energy of all bonds between the cyclopentadienyl rings and an iron atom is 827 kcal/mol (tab. 6). Dividing this value by the number of bonds (provided that all atoms are bonding, they should be ten) we obtain 82.7 kcal/mol or 346 kJ/mol. That is, the bonding energy between each carbon atom and the iron atom is close to the average, which means that all bonds are full. A detailed calculation in program Gaussian over the Gibbs free energy change it gives the value of 703 kcal/mol. In considering of the radical mechanism the ADF program gives the total energy of 232 kcal/mol, and change of the Gibbs free energy was found 199 kcal/mol. These results agree with the experimental values (635 kcal/mol for ionic process and 158 kcal/mol for the radical [12, 13]).

Dibenzenechromium molecule is somewhat less stable. Considering that there exist 12 equal bonds, the bonding energy between chromium and carbon atoms was 73 kJ/mol, which is less energy π-bond.

### Conclusions

Optimize the structure a series of metallocenes. It is shown that the ferrocene is symmetry D<sub>5d</sub> and is located in the eclipsed conformation (gas phase). Similar structures are designed for other metals.

It is shown that the calculated length of metal-carbon bonds and carbon-carbon frequency in the IR spectrum, chemical shifts of <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR ferrocene and its acid in good agreement with experimental data.

It is shown that for the ferrocene donor-acceptor interaction π(C-C)→LP, LP\*(Fe) about three times exceeds the dative interaction LP(Fe)→π\*(C-C). For dibenzenechromium chemical bond is described only the donor-acceptor interaction of π(C-C)→LP, LP\*(Cr), but dative interaction is absent.

Decomposition of the energy in the complexes of ferrocene and dibenzenechromium showed that the contribution of Fe-C covalent bond is 69%, in Cr-C - 42%. The energy of each of the ten bonds in ferrocene is 346 kJ/mol, and the energy of each of the 12 bonds in dibenzenechromium is 73 kJ/mol, indicating a much lower stability of the complex.



## REFERENCES

- [1] Fischer E., Werner G.  $\pi$ -metal complexes, *M.: Mir*, **1968**, 235 p.
- [2] Pawson AP Chemistry organometallics, *M.: Mir*, **1970**, 350 p.
- [3] Gaussian 03, Revision B.03, Frisch M. J., Trucks G. W., Schlegel H. B., Scuseria G. E., Robb M. A., Cheeseman J. R., Montgomery J. A., Vreven T., Kudin K. N., Burant J. C., Millam J. M., Iyengar S. S., Tomasi J., Barone V., Mennucci B., Cossi M., Scalmani G., Rega N., Petersson G. A., Nakatsuji H., Hada M., Ehara M., Toyota K., Fukuda R., Hasegawa J., Ishida M., Nakajima T., Honda Y., Kitao O., Nakai, Klene M., Li X., Knox J. E., Hratchian H. P., Cross J. B., Adamo C., Jaramillo J., Gomperts R., Stratmann H. E., Yazyev O., Austin A. J., Cammi R., Pomelli C., Ochterski J. W., Ayala P. Y., Morokuma, G. A. Voth, Salvador P., Dannenberg J. J., Zakrzewski V. G., Dapprich S., DaStrain K. C., Farkas O., Malick D. K., Rabuck A. D., Raghavachari K., Foresman J. B., Ortiz J. V., Cui Q., Baboul A. G., Clifford S., Cioslowski J., Stefanov B. B., Liu G., Liashenko A., Piskorz P., Komaromi, Martin R. L., Fox D. J., Keith T., Al-Laham M. A., Peng C. Y., Nanayakkara A., Challacombe M., Gill P. M. W., Johnson B., Chen W., Wong M. W., Gonzalez C. and Pople J. A. *Gaussian, Inc., Pittsburgh PA*, **2003**.
- [4] Becke A. D. *J. Chem. Phys.* **1993**, Vol. 98, P. 5648.
- [5] Lee C., Yang W., Parr R.G. *Phys. Rev. (B)*, **1988**, Vol. 37, P. 785.
- [6] ADF2005.01; SCM. *Theoretical Chemistry*. Vrije Universitat: Amsterdam, The Netherlands, URL: <http://www.scm.com/>
- [7] Vilkov L.V., Mastryukov V.S., Sadova N.I. Determination of the geometric structure of free molecules. L.: *Chemistry*, **1978**, 224 p.
- [8] Batsanov S.S. Structural Chemistry. Facts and dependence. *M.: Dialog, Moscow State University*, **2000**, 2929p.
- [9] URL: <http://www.anchem.ru/forum/read.asp>
- [10] URL: <http://webbook.nist.gov/chemistry>

**О.Х. Полещук<sup>1</sup>, А.В. Фатеев<sup>1</sup>, Г.М. Адырбекова<sup>2</sup>, М.Н. Ермаханов<sup>2</sup>, П.А. Саидахметов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Томск ұлттық зерттеу политехникалық университеті, Томск, Ресей

<sup>2</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы

### ТЫҒЫЗДЫҚ ФУНКЦИОНАЛ ТЕОРИЯСЫНЫҢ ӘДІСТЕРІМЕН МЕТАЛЛОЦЕНДЕРДЕГІ ХИМИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫСТЫҢ ТАЛДАУЫ

**Аннотация.** Жұмыста тығыздықтың екі түрлі функционалдарымен металлоцелдер молекулаларының геометриясын оптималдауы жүргізілген. Алынған құрылымдық және спектралды мәліметтер бар тәжірибелік мәндермен салыстырылды. Табиғи валентті орбитальдар тәсілімен есептеу негізінде металлоцелдердің түзілуі кезіндегі донорлы-акцепторлы және дативті әрекеттесулердің шамасы туралы қорытынды жасалды. Энергияның ыдырау жолымен металл және көміртегі атомдар арасындағы иондылық және коваленттілік мәндері алынды.

**Түйін сөздер:** тығыздық функционалының теориясы, металлоцелдер, донор-акцепторлы және дативті әрекеттесулер, байланыстың коваленттілігі.

УДК 541.1+530.145

**О. Х. Полещук<sup>1</sup>, А. В. Фатеев<sup>1</sup>, Г.М. Адырбекова<sup>2</sup>, М.Н. Ермаханов<sup>2</sup>, П.А. Саидахметов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, РК

### АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В МЕТАЛЛОЦЕНАХ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ

**Аннотация.** В работе проведена оптимизация геометрии молекул металлоценов двумя различными функционалами плотности. Полученные структурные и спектральные данные сопоставлены с имеющимися экспериментальными значениями. На основании расчета методом натуральных валентных орбиталей сделан вывод о величине донорно-акцепторного и дативного взаимодействий при образовании металлоценов. С использованием процедуры разложения энергии получены значения ионности и ковалентности связи между атомами металла и углерода.

**Ключевые слова:** теория функционала плотности, металлоцены, донорно-акцепторное и дативное взаимодействие, ковалентность связи.

V.P. Malyshev, Y.S. Zubrina, A.M. Makasheva

Zh. Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan  
[eia\\_hmi@mail.ru](mailto:eia_hmi@mail.ru)

## INTERCONNECTION OF HEAT AND MECHANICAL ENERGY IN THE DESTRUCTION OF MATERIALS

**Abstract.** The destruction of solid materials is possible only due to heat exposure at the melting temperature. However, at low temperatures, the destruction may be achieved by mechanical energy impact which is supplemented to the thermal energy of the mill charge. The latter is described by the Boltzmann distribution, which may be applied to a solid state. In the framework of this distribution we can determine the probability of overcoming any energy barrier, taking into account thermal energy of the chaotic motion of particles.

On this basis, a formula to calculate the probability of destruction of matter by the summing action of thermal and mechanical energy was obtained. This ensures the relative decrease in the  $E_a$  activation barrier.

**Keywords:** thermal energy, mechanical energy, interconnection, destruction, Boltzmann distribution, probability theory, activation factor, grinding.

### Introduction

It is known, that the destruction of solid materials is possible without mechanical interaction only due to thermal energy at the melting temperature. The same effect can be achieved by supplementing the existing heat energy material by mechanical impact at lower temperatures. This can be proved by means of Boltzmann distribution (energy spectrum) on the kinetic energy of the random motion of particles, and it is applicable to the solid state, as shown in the book of M.A. Leontovich [1].

Equal distribution of particles on kinetic energy of chaotic (thermal) motion depending on the temperature was established by Boltzmann in the following form [2]

$$P_i = N_i / N = \exp(-\varepsilon_i / kT) / \sum_{i=1}^m \exp(-\varepsilon_i / kT), \quad (1)$$

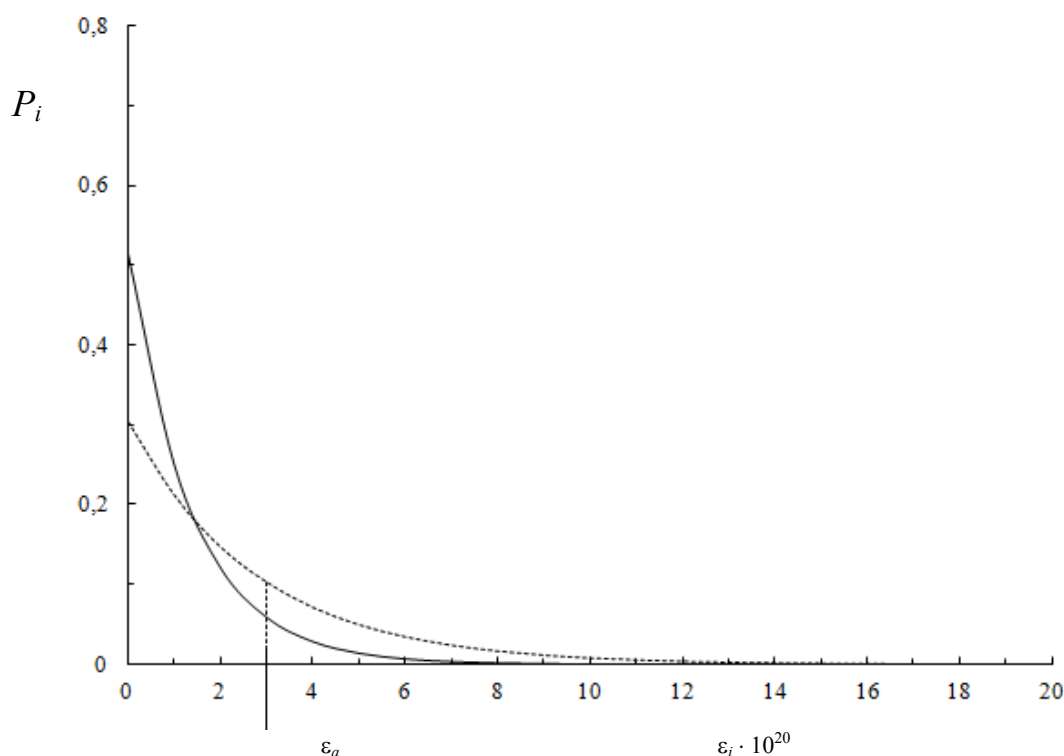
where  $P_i$  and  $N_i$  – fraction and number of particles with energy,  $\varepsilon_i$ ;  $N$  – total number of particles;  $k$  – Boltzmann's constant (named by Max Planck [2]);  $m$  – the number of considering energy levels. Magnitude  $P_i$  can be interpreted as probability detection of energy particles  $\varepsilon_i$ .

One of the properties of this distribution is the inhibition on the greater population of the future level of energy in comparison with the previous condition on

$P_{i+1} \leq P_i$ . Another feature is to increase the levels of uneven settlement with increasing temperature. Thus, during 0 K, the first level is full, and during  $T \rightarrow \infty$  full settlement of all levels of uniformity can be reached  $P_i = 1/m$  и  $m = N$  [3-5]. Such distribution for two arbitrary temperatures is given on Figure 1.

It has non-increasing character, in other words, the following condition is preserved  $P_{i+1} \leq P_i$ . With the rise of the temperature, distribution becomes more even (at  $T \rightarrow \infty$  distribution becomes almost horizontal and coincides with the x axis). In all cases, the following condition is preserved

$$\sum_{i=1}^{m \leq N} P_i = 1. \quad (2)$$



$P_i$  – fraction of particles, which have energy  $\varepsilon_i \pm \Delta\varepsilon/2$ , J;  $\Delta\varepsilon$  – variability interval  $\varepsilon_i$  (in this case  $\Delta\varepsilon = 10^{-20}$  J);  $\varepsilon_i$  – average energy of particle on  $i$  energy level, J. Solid line for temperature 1000 K, dotted line for 2000 K.  $\varepsilon_a$  – potential barrier

Figure 1 – Boltzmann distribution (energy spectrum)

In turn, the restriction  $m \leq N$  is determined by the number of considering energy levels cannot exceed the number of holders of this feature of their distinctiveness, in other words, the number of particles [5].

In order to determine the fraction of particles which have energy more or less than potential barrier  $\varepsilon_a$ , it is necessary to sum the distribution of probabilities  $P_i$  which is higher that barrier  $\varepsilon_a$ :

$$P_a = \sum_a^m \exp(-\varepsilon_i/kT) / \sum_1^m \exp(-\varepsilon_i/kT), \quad (3)$$

where  $a$  – the number of energy levels corresponding to the activation energy. In order to provide certainty of number  $a$ , a whole-number value based on the following ratio should be set

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_a / a, \quad (4)$$

where  $\Delta\varepsilon$  – regular energy interval – variation step  $\varepsilon_i$ .

For a more exact expression  $P_a$ , we have to switch from the discrete energy distribution to continuous one, or, to switch from summation to integration. First of all, the numerator and denominator of the fraction (3) are multiplied by  $\Delta\varepsilon$  and this factor is put under the summation sign:

$$P_a = \sum_a^m \Delta\varepsilon \exp(-\varepsilon_i/kT) / \sum_1^m \Delta\varepsilon \exp(-\varepsilon_i/kT). \quad (5)$$

when  $m \rightarrow \infty$  and  $\Delta\varepsilon \rightarrow d\varepsilon$ , the transition into integral form is provided

$$P_a = \int_{\varepsilon_a}^{\infty} \exp(-\varepsilon/kT) d\varepsilon \bigg/ \int_0^{\infty} \exp(-\varepsilon/kT) d\varepsilon. \quad (6)$$

This expression reveals the geometric meaning of the function  $P_a$  (see Fig. 1): it is equal to the area under the curve  $P = f(\varepsilon)$  (this area is the integral of this function) on the right side from  $\varepsilon_a$  to the area under the whole curve. It is obvious from Fig. 1 that with the rise of temperature, the area under the curve on the right side from  $\varepsilon_a$  increases, on the left side decreases, that is why the fraction of over barrier particles must increase.

From mathematical point of view, this result is obtained after taking integrals. Thus, primitive function for indefinite integral  $\int \exp[-\varepsilon/(kT)] d\varepsilon$  is following

$$F = -kT \exp[-\varepsilon/(kT)] + const. \quad (7)$$

When taking improper integrals in (6) the integration constant is reduced, so integral in the numerator is

$$\int_{\varepsilon_a}^{\infty} \exp[-\varepsilon/(kT)] d\varepsilon = \left[ -kT \exp[-\varepsilon/(kT)] \right]_{\varepsilon_a}^{\infty} = kT \exp[-\varepsilon_a/(kT)]. \quad (8)$$

The integral in the denominator is

$$\int_0^{\infty} \exp[-\varepsilon/(kT)] d\varepsilon = \left[ -kT \exp[-\varepsilon/(kT)] \right]_0^{\infty} = kT. \quad (9)$$

In general, desired expression is

$$P_a = \exp[-\varepsilon_a/(kT)], \quad (10)$$

resulting the need to increase the fraction of over barrier particles with increasing temperature.

This expression is used as a constituent of a constant velocity even in the Arrhenius equation approximation, and then in terms of more stringent expressions of formal kinetics [6]. No less important is the integral (9), because it makes sense for average integral thermal energy of the particle at a temperature  $T$ , with directly comparison of energy barrier  $\varepsilon_a$  in formula (10). In terms of moles, this formula has the form of

$$P_a = \exp[-E_a/(RT)], \quad (11)$$

of which  $RT$  acquires a meaning of average integral heat energy mole of a substance at a temperature  $T$ .

Generally, according to the theorem of the average value of function, its actual, mathematically strict value can be determined as the average integral [7]. Therefore, we will call the  $RT$  value as average thermal energy.

Detailed consideration of the energy behavior of individual particles in the framework of the Boltzmann distribution can be understood as the microscopic approach; taking into account the average thermal energy as a macroscopic one. Apparently, in this connection of the two extremes, lies enduring value of such representation of complex systems and the possibility to solve specific problems [8], which comprise the issue of adequate displaying the impact of mechanical energy to the destruction of materials.

**Interpretation of collapsibility of materials under the summing action of thermal and mechanical energy**

In our opinion, the main reason for failure of solution for this problem, considered in this paper [9], is excessive direct comparison of mechanical energy  $E_{mec}$  with bound energy of particles  $E_b$ , which consists of the subtraction of the first from the second one, for various options for activation destruction

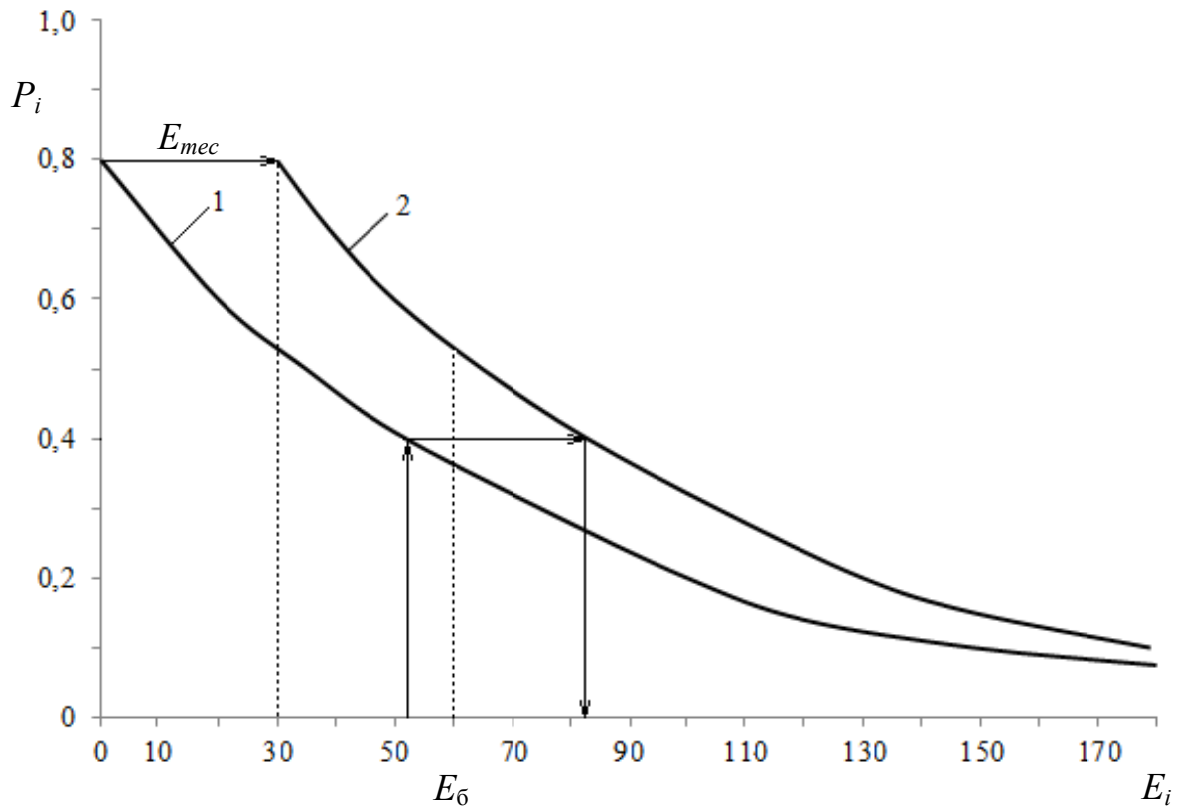
$$P_a = \exp\left(-\frac{E_b - E_{mec}}{RT}\right). \tag{12}$$

Here, during increasing of mechanical energy, the probability of destruction of structure increases, however  $E_{mec} > E_b$ , which in real terms of destruction may be the norm, but values might be senseless  $P_a > 1$ . In addition, during such expression of activation factor, thermal and mechanical energy are opposed to each other.

Apparently, considering way of expression of activation energy is taken from the molecular kinetics, which aim is the reduction of activation energy through the use of catalysts.

Meanwhile, during impact of mechanical energy on substance, it is added to the system of thermal energy rather than subtracted from the energy of the particles which may be due to overall impact of thermal and mechanical energy to the substance.

In terms of non-equilibrium addition of mechanical energy, this can be represented as a shift of all energy distribution to the same value for all particles of mechanical energy due to the elastic properties of crystal (Fig. 2).



$E_i$  – energy of particles;  $E_b$  – barrier energy, equal to energy of destruction activation  $E_a$ ;  
 $E_{mec}$  – mechanical energy;  $P_i$  – fraction of particles with  $E_i$  energy before impact (1)  
 with energy  $E_i + E_{mec}$  in moment of mechanical impact (2).

Figure 2 – Shift of particles energy by Boltzmann distribution during mechanical impact (per mole). The arrows indicate an instantaneous increase in arbitrary particle energy

We cannot exclude a partial relaxation of the system, accompanied by raise of temperature. The probability to destruct some energy barrier  $E_b$  will increase not by absolute, but by relative lowering of the

barrier due to the increase of the total energy of all the particles, resulting over barrier particles (indicated by the arrows movement).

Thus, according to physical reasons, the destruction probability should be expressed as counteracting result of heat and mechanical energy amount to activation barrier energy of substance destruction:

$$P_a = \exp\left(-\frac{E_a}{RT + E_{mec}}\right). \quad (13)$$

Here, unlike (12), the appearance of senseless results is excluded for any  $RT$  and  $E_{mec}$ , and the provision is guaranteed  $0 \leq P_a \leq 1$ , while  $E_{mec} \gg RT$  the role of thermal energy becomes insignificant.

Since the dimension  $RT$ , like  $E_a$ , is expressed by specific molar value (J/mol), it is necessary to bring the dimensions and mechanical energy. It's enough to take into account the number of moles in depleting substance and include the value of the mechanical energy to this number:

$$P_a = \exp\left(-\frac{E_a}{RT + \frac{E_{mec}M}{m}}\right), \quad (14)$$

where  $m$  – mass of depleting substance, kg;  $M$  – its molar mass, kg/mol;  $E$  – applying mechanical energy, J.

In fact, all the calculations are valid for any type of influencing energy – sound, radiant (especially, laser), but the most common is the blow energy. We show this in the example of the application of the formula (14) in the new theory of ore reduction, more adequately reflects the probabilistic nature of the process [10-16].

### The role of the activation factor in the probabilistic theory of reduction

In this theory, the reduction speed is considered as a production of the probabilities of successive events of joint presence of grinding and grinded bodies in the extent of their randomized mixture (concentration factor,  $P_{conc}$ ), their spatial compatibility – contact (steric factor,  $P_{st}$ ), the direct impact of the grinding bodies in the mill material (activation factor  $P_a$ ) at periodic sustainability of these events (frequency factor,  $Z$ ,  $c^{-1}$ ):

$$V = Z \cdot P_{конц} \cdot P_{cm} \cdot P_a. \quad (15)$$

All factors are revealed through specifications on mills, physical constants and operational parameters of grinding process, and also through the blow energy of ball hitting the grain. Thus, the disclosure activation factor (14) leads to the formula

$$P_a = \exp\left[-\frac{E_a}{RT + MgD(\gamma_{uu}/\gamma_3)(d_{uu}/d_j)^3}\right], \quad (16)$$

where  $E_a$  - activation energy, adopted for model calculations in equal heat of quartz fusion (the main rock-forming mineral ore) 9170 J/mole;  $R$  – universal gas constant, equal to 8,31441 J/(mole·K);  $T$  – absolute temperature, equal to room temperature, 298 K;  $M$  – molecular weight of quartz, 0,0601 kg/mole;  $g$  – gravitation acceleration, 9,807 m/sec<sup>2</sup>;  $D$  – bottom diameter of mill, for model calculations taken from industrial mill characteristics equal to 3,36 m;  $\gamma_{uu}$  and  $\gamma_3$  - density of material and ore,

accordingly 7874 and 2650 kg/m<sup>3</sup>;  $d_b$  – ball diameter, equal to 0,06 m in average;  $d_j$  – size of grains of  $j$  fraction.

The impact energy is taken into account through the equivalent to its potential energy of the ball, weight  $m_{ub}$ , during fall from a height  $h = D$  [14] by the formula

$$E_{mec} = m_b g h. \tag{17}$$

Therefore, it follows from the formula (16) that with decreasing of grain size and increasing of the ball diameter, the destructibility of grains sharply rises. However, this counteracts by the steric (shield factor), which according to geometric ratio of the ball and the grain gets expression

$$P_{cr} = 4 \left[ \frac{d_j}{d_{ub}} - \left( \frac{d_j}{d_{ub}} \right)^2 \right]. \tag{18}$$

Here, in contrast, the magnitude of this factor of balls is reduced during the same change in the grain size. Their combined effect is illustrated in Figure 3.

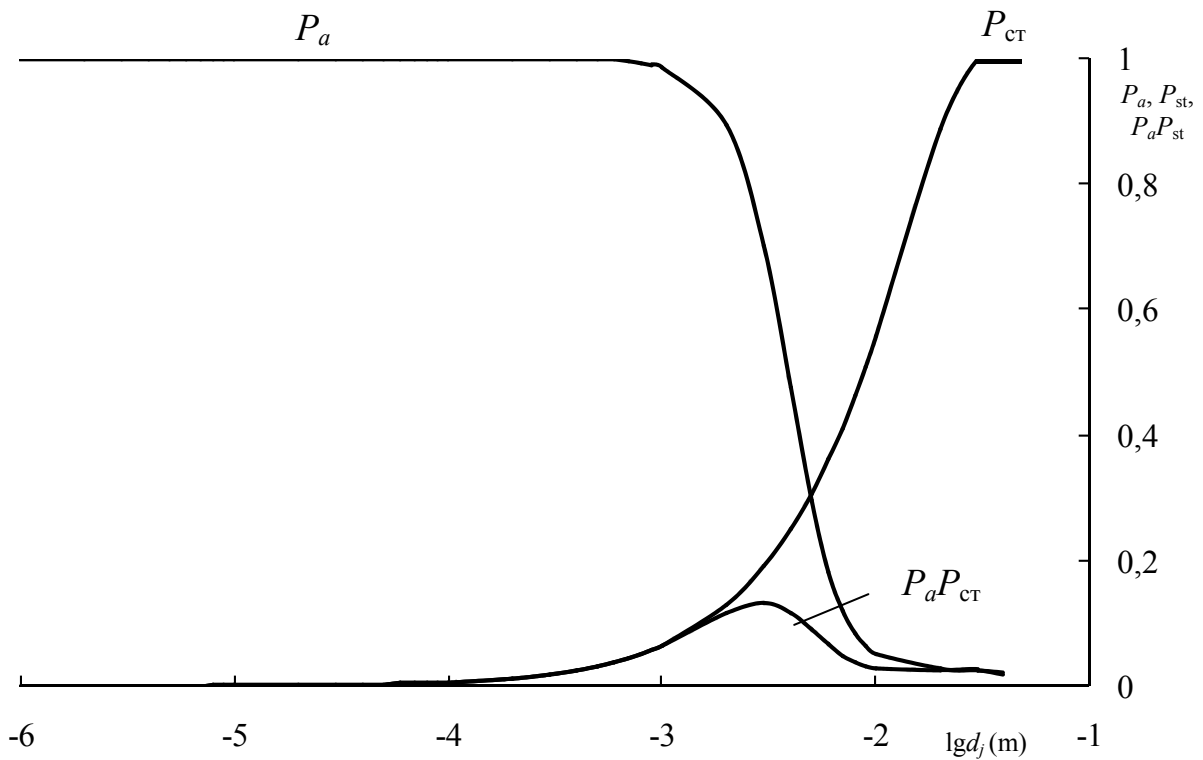


Figure 3 – The dependence of activation and steric factors and their joint effect in each cycle of collisions from the grain size

The findings prove the dominance of the steric factor in the total destruction of all insignificant small classes ranging from 10<sup>-6</sup> to 10<sup>-4</sup> with all the destructive power of the direct impact of the ball to the grain. A significant increase in degradability by unfastening of steric factor begins only with 10<sup>-3</sup> m, but the weakening and activation leads to the formation of degradability on the level of 13.3% for the grain size of 3 mm. Outside this zone, the energy of ball falling spent literally wasted either due to misses in the fine grains from the "dead" (screened) area, or because of a lack of power hitting to break the larger grains.

For the first time in the framework of probability of grinding theory, the extremely low energy

efficiency of the process that requires a minimum 90% of the costs of mining and metallurgical cycle is explained. The result can be considered as further evidence of the enduring value of the statistical distribution (energy spectrum) of Boltzmann, still preserving its topicality for various fields of science and practice [10].

## Conclusion

Boltzmann distribution enables to determine the probability of overcoming any energy barrier by the thermal energy of chaotic motion of particles. This effect can be supplemented by taking into account the applied mechanical energy through summing it to heat. In this case the resulting formula is a probability of a substance destruction at a total impact of heat ( $RT$ ) and mechanical ( $E_{mec}$ ) energy

$$P_a = \exp\left(-\frac{E_a}{RT + E_{mec}}\right)$$

and provides a relative decrease in the activation barrier  $E_a$ . This activation factor is used in the probabilistic theory of materials grinding, and the reason of low energy efficiency of this high input process is revealed.

## REFERENCES

- [1] Malyshev V.P. One World. Spontaneity. Controllability. Freedom. Parasitism. M.: Nauchnyj mir, **2012**, 216 p. (in Russ.).
- [2] Bol'cman L. Selected works. The molecular-kinetic theory of gases. Thermodynamics. Statistical mechanics. Radiation Theory. General questions of physics. M.: Nauka, **1984**, 590 p. (in Russ.).
- [3] Malyshev V.P. Fundamentals of thermodynamics of matter at an infinitely high temperature. Alma-Ata: Nauka, **1986**, 64 p. (in Russ.).
- [4] Nurmagambetova A.M., Malyshev V.P., Mamjachenkov S.V. *Vestnik UGTU-UPI*, **2004**, 5(35), 215-218. (in Russ.).
- [5] Malyshev V.P. Probabilistic and deterministic mapping. Almaty: Fylym, **1994**, 376 p. (in Russ.).
- [6] Jemanujel' N.M., Knorre D.G. Chemical Kinetics Course. Textbook for chemical faculties. Ed. 3rd, revised and additional. M.: Vysshaja shkola, **1974**, 400 p. (in Russ.).
- [7] Bronshtejn M.N., Semendjaev K.A. Handbook of mathematics for engineers and technical colleges students. 13th ed., revised. M.: Nauka, **1987**, 544 p. (in Russ.).
- [8] Chertin'jani K. The theory and applying of the Boltzmann equation. Trans. from English. M.: Mir, **1978**, 496 p. (in Russ.).
- [9] Hodakov G.S. Physics of grinding. M.: Nauka, **1972**, 240 p. (in Russ.).
- [10] Malyshev V.P. *Obogashhenie rud*, **1995**, 4-5, 4-14. (in Russ.).
- [11] Malyshev V.P., Turdukozhayeva (Makasheva) A.M., Kajkenov D.A. *Obogashhenie rud*, **2012**, 4, 29-35. (in Russ.).
- [12] Malyshev V.P. *Jenciklopedija inzhenera-himika*, **2013**, 9, 54-59; 10, 56-60; 11, 44-52. (in Russ.).
- [13] V.P. Malyshev, A.M. Turdukozhayeva. *Journal of Materials Science and Engineering A*, **2013**, 2, 131-144. (in Eng.)
- [14] Malyshev V.P., Turdukozhayeva A.M., Ospanov E.A., Sarkenov B. Evaporation and boiling simple substances. M.: Nauchnyj mir, **2010**, 304 p. (in Russ.).
- [15] Zhuhovickij A.A., Shvareman L.A. Physical chemistry: textbook for high schools - 4th ed., revised and additional. M.: Metallurgija, **1987**, 688 p. (in Russ.).
- [16] Malyshev V.P., Makasheva A.M., Zubrina Ju.S. *Obogashhenie rud*, **2016**, 1, 22-26. (in Russ.).

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Малышев В.П. Единый мир. Стихийность. Управляемость. Свобода. Паразитизм. – М.: Научный мир, 2012. – 216 с.
- [2] Больцман Л. Избранные труды. Молекулярно-кинетическая теория газов. Термодинамика. Статистическая механика. Теория излучения. Общие вопросы физики. – М.: Наука, 1984. – 590 с.
- [3] Малышев В.П. Основы термодинамики вещества при бесконечно высокой температуре. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 64 с.
- [4] Нурмагамбетова А.М., Малышев В.П., Мамяченков С.В. Энергетические аспекты распределения Больцмана // *Вестник УГТУ-УПИ*. – 2004. – № 5(35). – С. 215-218.
- [5] Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное отображение. – Алматы: Фылым, 1994. – 376 с.
- [6] Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. Учебник для химических факультетов. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1974. – 400 с.



- [7] Бронштейн М.Н., Семедьяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, 1987. – 544 с.
- [8] Чергиньяни К. Теория и приложения уравнения Больцмана. Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 496 с.
- [9] Ходаков Г.С. Физика измельчения. – М.: Наука, 1972. – 240 с.
- [10] Малышев В.П. Новый аспект в теории измельчения руд и управления этим процессом // Обогащение руд. – 1995. – № 4-5. – С. 4-14.
- [11] Малышев В.П., Турдукожаева (Макашева) А.М., Кайкенов Д.А. Развитие теории измельчения руд на основе молекулярной теории соударений и формальной кинетики последовательных реакций // Обогащение руд. – 2012. – № 4. – С. 29-35.
- [12] Малышев В.П. Молекулярный шарм и гремящее торнадо барабанных шаровых мельниц // Энциклопедия инженера-химика. – 2013. – № 9. – С. 54-59; – № 10. – С. 56-60; – № 11. – С. 44-52.
- [13] V.P. Malyshev, A.M. Turdukozhaeva. What Thunder There and is not Heard When Using Ball Mills? // Journal of Materials Science and Engineering A. – 2013. – V. 3. – № 2. – P. 131-144.
- [14] Малышев В.П., Турдукожаева А.М., Оспанов Е.А., Саркенов Б. Испаряемость и кипение простых веществ. – М.: Научный мир, 2010. – 304 с.
- [15] Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия: Учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1987. – 688 с.
- [16] Малышев В.П., Макашева А.М., Зубрина Ю.С. Влияние взаимного противодействия стерического и активационного факторов на эффективность процесса измельчения // Обогащение руд. – 2016. №1. – с. 22-26.

**В.П. Малышев, Ю.С. Зубрина, А.М. Макашева**

Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы

### **МАТЕРИАЛДАРДЫҢ БҮЛІНУІ КЕЗІНДЕГІ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУЛЫҚ ЭНЕРГИЯНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ**

**Аннотация.** Тек еру температурасындағы жылу әсері есебінен қатты материалдардың бүлінуі мүмкін. Алайда төмен температурада бүліну механикалық өзара байланыс энергиясының көмегімен жетуі мүмкін, және де ол ұсақталған материалдың жылулық энергиясына толықтырылады. Қатты күйге қолдануға болатын Больцманның таратуы ең соңғы болып жазылады. Осы бөлудің аясында бөлшектердің ретсіз қозғалуындағы жылулық энергияны ескере отырып, кез келген энергетикалық кедергіден өту ықтималдығын анықтауға болады.

Осы негізде заттектердің бүліну ықтималдылығын есептеу үшін формула шығарылған, ол жылулық және механикалық энергияның жалпы әсер етуін ескереді, осылайша  $E_a$  активация кедергісінің салыстырмалы төмендеуін қамтамасыз етеді.

**Түйін сөздер:** жылулық энергия, механикалық энергия, өзара байланыс, бүліну, Больцманның таратуы, ықтималдық теория, активациялық фактор, ұсақтау.

УДК 622.8

**В.П. Малышев, Ю.С. Зубрина, А.М. Макашева**

Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева, Караганда, Казахстан

### **ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕПЛОВОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗРУШЕНИИ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** Разрушение твердых материалов возможно за счет только теплового воздействия при температуре плавления. Но при низких температурах разрушение может быть достигнуто с помощью энергии механического воздействия, которое дополняется к тепловой энергии измельчаемого материала. Последняя описывается распределением Больцмана, которое вполне можно применить к твердому состоянию. В рамках этого распределения можно определить вероятность преодоления любого энергетического барьера, учитывая тепловую энергию хаотического движения частиц.

На этой основе выведена формула для расчета вероятности разрушения вещества по суммарному воздействию тепловой и механической энергии. Тем самым обеспечивается относительное понижение барьера активации  $E_a$ .

**Ключевые слова:** тепловая энергия, механическая энергия, взаимосвязь, разрушение, распределение Больцмана, вероятностная теория, активационный фактор, измельчение.

M.Z. Bitimbayev<sup>1</sup>, Y.P. Morozov<sup>2</sup>, I.H. Khamidullin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Kazakhmys Corporation" LLP, JSC "MMC "Kazakhaltyn";

<sup>2</sup> FGBOU VO «Ural State Mining University" (Yekaterinburg, Russia)

mbitimbayev@mail.ru

## STUDY OF GOLD ACCUMULATION REGULARITIES IN CLOSED GRINDING CYCLES

**Abstract.** The peculiarity of gold ore processing is the accumulation of gold during grinding cycles of the circulating equipment. It has been shown that the use of roll grinders and advanced mode of hydrocyclone operation can effectively recycle high gold grades, resulting in extraction of rich gold concentrate.

**Key words:** water-shredding concentration, mechanism, grinding and classification units, indicators of gold concentration.

Currently, the mining industry has an acute problem of increasing the extraction of useful components from gold ores and industrial materials. For the extraction of precious metals the most applicable are gravitational methods of enrichment. Also attention is drawn to the problem of extracting gold fine particles and plate-shaped particles that are poorly retrieved by existing technologies. In its decision there are new tasks of the theory of enrichment processes, improvements in technology and hardware equipment of ore dressing processes and technogenic raw materials.

The peculiarity of gold ore processing is the accumulation of gold in the circulating products of closed grinding cycles. Depending on the size of gold particles in the ore the concentration degree of gold in the closed grinding cycle in industrial environment by grinding the ore in ball mills is in the range from 2 to 8 or more [1]. The larger the gold in the ore, the higher the degree of concentration in the circulating product.

The accumulation of gold in the circulating products of grinding cycles is explained by the reason that sufficiently large gold particles are poorly broken and do not go into the sink of classifying apparatus as long as their particle size is reduced to a size at which, in accordance with a separation characteristics of classifying unit there is a possibility of access to the drain.

Process of accumulation of gold in the circulating products depends on the efficiency of classification of classifying equipment. Thus, hydrocyclones classification efficiency is 55-60%. Therefore, 20-30% of the particles larger than the size of the division are lost with drain hydrocyclone.

To ensure maximum performance of gold accumulation in circulation-grinding concentration it is necessary to reduce the overgrinding of gold particles and to provide high efficiency of classification.

Grinding of gold particles is significantly reduced when using the grinding method of crushing in the roll mill or by impact in a centrifugal impact mills.

To improve the effectiveness of classification we proposed in the circulation-grinding concentration to set the mode of hydro-cyclone, in which gold particles with a given size can not go down the hydrocyclone drain [1, 2, 3]. For given conditions it is determined the hydrocyclone separation characteristics when working in open loop. An example of such a separation characteristics is shown in Fig. 1.

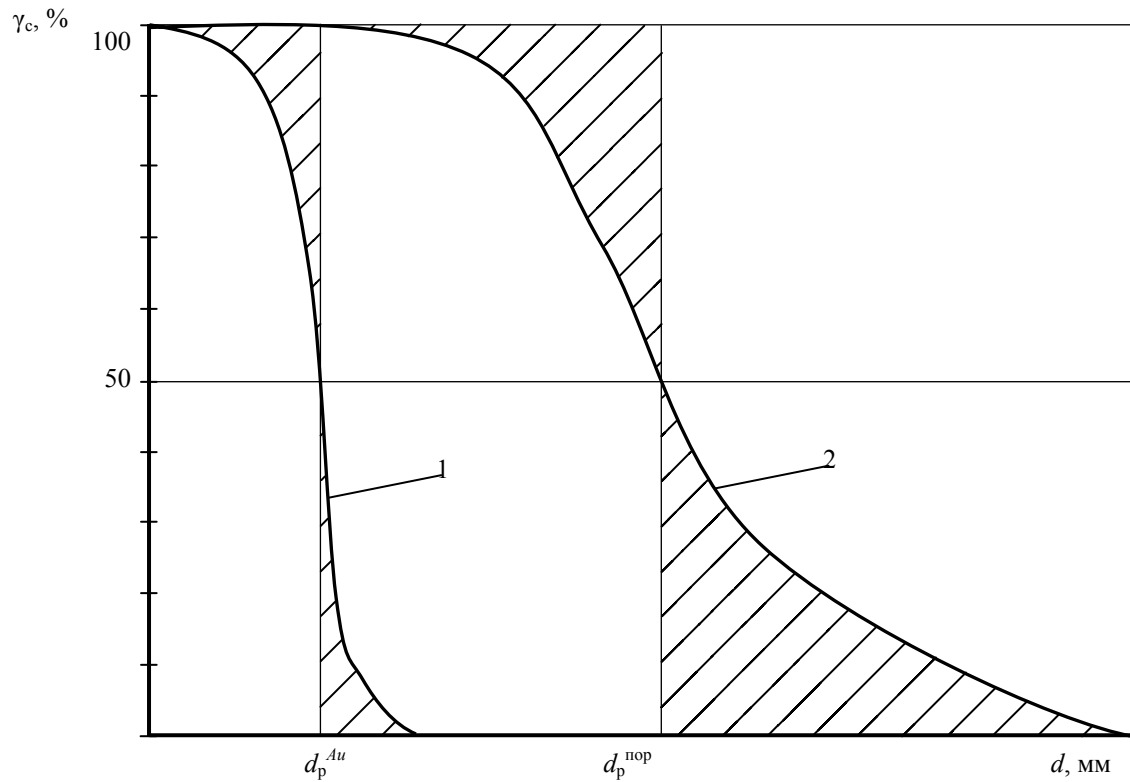


Figure 1 - The separation characteristics on gold (1) and on rock (2) when hydrocyclone operating in open loop:  
 $\gamma_{cл}$  – access to the drain;  $d$  – particle fineness;  $d_p^{Au}$  – fineness separation on gold;  $d_p^{nop}$  – fineness separation on rock

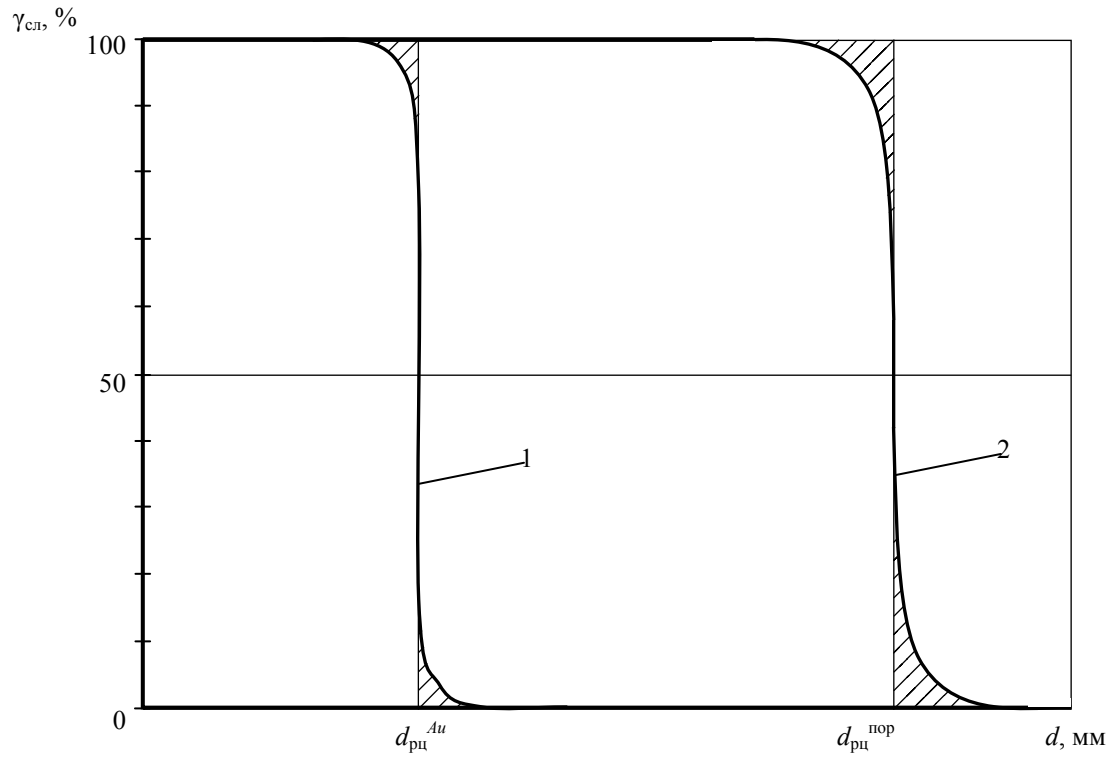


Figure 1 - The separation characteristics on gold (1) and on rock (2) when hydrocyclone operating in the circulating concentration mode:  
 $\gamma_{cл}$  – access to the drain;  $d$  – particle fineness;  $d_{пг}^{Au}$  – fineness separation on gold;  $d_{пг}^{nop}$  – fineness separation on rock

On the resulting of separation characteristics shaded areas show the interlocking of drain and sand. To avoid loss of particles in a given size to the drain of hydrocyclone its operation mode should be such that the fineness separation on gold is equal  $d_{\text{pu}}^{\text{Au}}$ . Then separation characteristics is close to the ideal, which is shown in Fig. 2.

To ensure minimum losses in the drain of gold with fineness more  $d_{\text{pu}}^{\text{Au}}$  it is necessary to select hydrocyclone and set its mode of operation in which  $d_{\text{p}}^{\text{Au}} \approx 0,5d_{\text{pu}}^{\text{Au}}$ .

We have studied circular-grinding concentration using a roll grinder IV-100, designed in accordance with [4]. Installing the circulation module consists of a hydrocyclone, cumulative sump, pump. In the installation it is used the hydrocyclone with diameter of 100 mm and a cone angle of 32 °. The diameter of the loading tube of hydrocyclone is 19 mm, sand tube - 5 mm. The capacity of the cumulative sump is 15 liters. For power supply it is used the centrifugal pump BC-0.4-20-U11 "Agidel", capacity of up to 3 m<sup>3</sup>/h through the water [5].

Circulating-grinding concentration was subjected to gold-material enrichment product with a mass fraction of 0.16% gold, 82% of size class plus 0.1 mm.

Source material in amounts of 10 Kg was subjected to the circulation-grinding concentration with hydrocyclone drain selection of samples for every two minutes. These discrete drainage samples and ending sands were subjected to fire assay. Results of studies after mathematical treatment are shown in Table. 1 and Fig. 3.

Table 1 - Results of the circulation-grinding concentration of gold-bearing product

Duration of concentration, min.	Name of product	Enrichment indicators		
		Output, %	Mass fraction of gold, %	Gold extraction, %
2	Sands of hydrocyclone 1	70,90	0,22	99,70
4	Sands of hydrocyclone 2	40,70	0,39	99,40
6	Sands of hydrocyclone 3	15,10	1,05	99,15
8	Sands of hydrocyclone 4	9,40	1,68	98,91
10	Sands of hydrocyclone 5	5,10	3,1	98,69
12	Sands of hydrocyclone 6	2,46	6,4	98,49
14	Sands of hydrocyclone 7	0,99	15,8	98,30
16	Sands of hydrocyclone 8	0,61	25,74	98,12
18	Sands of hydrocyclone 9	0,33	47,49	97,94
20	Sands of hydrocyclone 10	0,18	86,93	97,80
	Source material	100,00	0,16	100,00

It was established that the circulation-grinding concentration, implementing the proposed technical solutions, can effectively enrich the rich gold-bearing products to give placer gold product with a mass fraction of gold more than 86% when the gold extraction in it of 97.88%.

In general, the circulation-grinding concentration is an effective method of gold concentration in the circulating product of grinding cycle and can be recommended in the final stages of finishing gold-bearing products in the preparation of commercial products for the refining of gold.

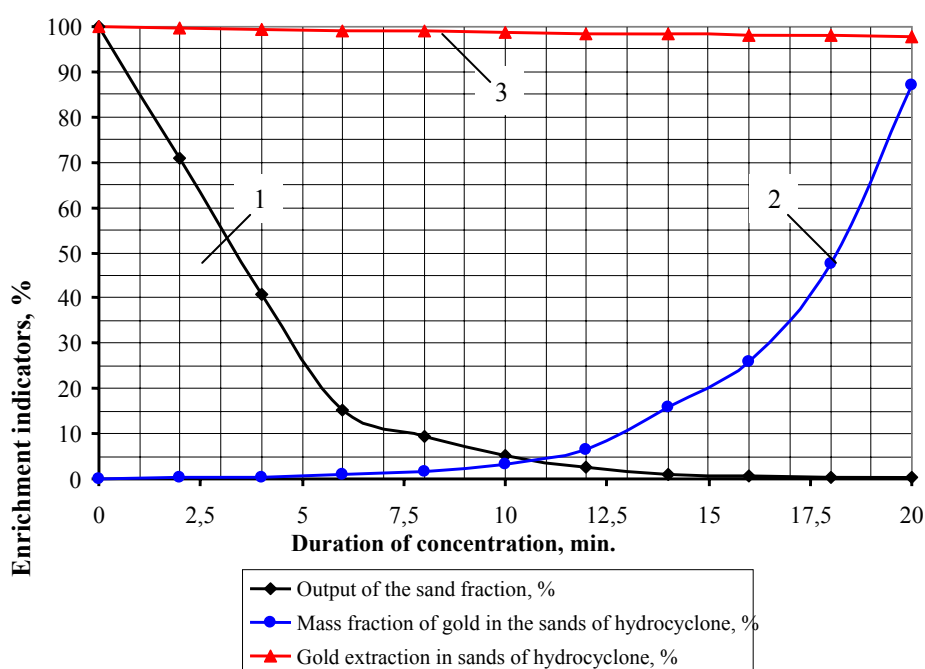


Figure 3 - Dependence of output of sand fraction (1), mass fraction of gold (2) and extraction of gold (3) on the duration of concentration

## REFERENCES

- [1] Morozov Ju.P. Teoreticheskoe obosnovanie i razrabotka novyh metodov i apparatov izvlechenija tonkodispersnyh blagorodnyh metallov iz rud tehnogenogo syr'ja. Diss... dokt. tehn. nauk. Ekaterinburg. – 2001. – 397 s.
- [2] Hamidulin I.H. Razvitie processa cirkuljacionnoj koncentracii. Magisterskaja dissertacija. Ekaterinburg. 2006. – 73 str.
- [3] Morozov Ju.P., Hamidulin I.H., Falej E.A., Cherkasov V.Ju. Nakopitel'nye tehnologii gravitacionnogo izvlechenija zolota pri obogashhenii sul'fidnyh rud // Izvestija vuzov. Gornyj zhurnal. 2013. № 7. S. 102-106.
- [4] Patent № 2132233 (RF). Valkovij izmel'chitel' /Morozov Ju.P., Afanas'ev A.I., Timofeev N.I. i dr. //Zajavl. 20.10.97. - № 97117203/03. Opubl. 27.06.99. – Bjull. № 18.
- [5] Hamidulin I.H., Komlev S.G., Morozov Ju.P. Obogashhenie tehnogenykh produktov cirkuljacionnoj koncentraciej // Izv. vuzov. Gornyj zhurnal. 2015. № 7. S. 106–109.
- [6] Avtorskoe svidetel'stvo № 54220 (RK). Ustanovka dlja izvlechenija zolota iz upornykh sul'fidnyh rud / Bitimbaev M.Zh., Dzhumabaev E.I., Mejramkulov M.H.
- [7] Bitimbaev M.Zh., Chernecov G.E. i dr. Teoreticheskaja osnova primeneniya ul'trazvuka dlja intensivizacii vyshhelachivaniya, sorbcii i desorbicii metallov // Sbornik trudov IGD im. D.A. Kunaeva, t.67. – Almaty, 2008.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Морозов Ю.П. Теоретическое обоснование и разработка новых методов и аппаратов извлечения тонкодисперсных благородных металлов из руд техногенного сырья. Дисс... докт. техн. наук. Екатеринбург. – 2001. – 397 с.
- [2] Хамидулин И.Х. Развитие процесса циркуляционной концентрации. Магистерская диссертация. Екатеринбург. – 2006. – 73 стр.
- [3] Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х., Фалей Е.А., Черкасов В.Ю. Накопительные технологии гравитационного извлечения золота при обогащении сульфидных руд // Известия вузов. Горный журнал. 2013. № 7. С. 102-106.
- [4] Патент № 2132233 (РФ). Валковый измельчитель /Морозов Ю.П., Афанасьев А.И., Тимофеев Н.И. и др. //Заявл. 20.10.97. - № 97117203/03. Оpubл. 27.06.99. – Бюлл. № 18.
- [5] Хамидулин И.Х., Комлев С.Г., Морозов Ю.П. Обогащение техногенных продуктов циркуляционной концентрацией // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 7. С. 106–109.
- [6] Авторское свидетельство № 54220 (РК). Установка для извлечения золота из упорных сульфидных руд / Битимбаев М.Ж., Джумабаев Е.И., Мейрамкулов М.Х.

[7] Битимбаев М.Ж., Чернецов Г.Е. и др. Теоретическая основа применения ультразвука для интенсификации выщелачивания, сорбции и десорбции металлов // Сборник трудов ИГД им. Д.А. Кунаева, т.67. – Алматы, 2008.

**М.Ж. Бітімбаев, Ю.П. Морозов, И.Х.Хамидулин**

### **ЖАБЫҚ ҰСАҚТАУ ЦИКЛДА АЛТЫННЫҢ ЖИНАЛУЫНЫҢ ЗАҢДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Алтын кендерді өндеудің ерекше айырмашылығы алтынның ұсақтауда айналатын цикл кезінде өнімде жиналып қалуы. Валдық ұсақтау кезінде және жұмыс режимін жетілдірген кезде гидроциклонның жұмысы тиімді түрде алтын кенді өнімді қайта өңдеп, алтын кенді шлихтарды аффинажға өте жоғарғы ұсақтауда алтынды жинайтындығы көрсетілген.

**Түйін сөздер:** циркуляциялы-ұсақтау концентрациясы, механизм, ұсақтау және ласификациялау құрылғылары.

**М.Ж. Битимбаев<sup>1</sup>, Ю.П. Морозов<sup>2</sup>, И.Х. Хамидулин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Эксперт ТОО «Корпорация Казахмыс», член совета директоров АО «ГМК Казахалтын»;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЗОЛОТА В ЗАМКНУТЫХ ЦИКЛАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Особенностью переработки золотосодержащих руд является накопление золота в циркулирующих продуктах циклов измельчения. Показано, что использование измельчения в валковом измельчителе и использование усовершенствованного режима работы гидроциклона позволяет эффективно перерабатывать богатые золотосодержащие продукты с получением золотосодержащих шлихов для аффинажа при высоком извлечении в них золота.

**Ключевые слова:** циркуляционно-измельчительная концентрация, механизм, аппараты измельчения и классификации, показатели концентрации золота.

#### **Сведения об авторах:**

Бітімбаев М.Ж. – «Корпорация Казахмыс» ЖШС expertі, «ГМК «Казахалтын» АҚ Директорлар кеңесінің мүшесі;  
Морозов Ю.П. – ФГБОУ ВО «Орал мемлекеттік тау-кен университеті» (Екатеринбург қ-сы, Ресей), байыту кафедрасының профессоры;

Хамидулин И.Х. – ФГБОУ ВО «Орал мемлекеттік тау-кен университеті», инженер.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 55 – 62

**M.Z. Bitimbayev, V.S. Shemyakin, S.V. Skopov**<sup>1</sup>Expert of "Kazakhmys Corporation" LLP, JSC "MMC "Kazakhaltyn"<sup>2</sup> JSC "Scientific-Production Company "Technogen", Yekaterinburg  
[mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru), [shemiyakin@mail.ru](mailto:shemiyakin@mail.ru), [sws54@mail.ru](mailto:sws54@mail.ru)**X-RAY RADIOMETRIC ENRICHMENT OF COPPER  
AND COPPER ZINC ORES OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** The quality of copper and copper-zinc ores in Kazakhstan is deteriorating from year to year. There were studies and pilot-scale tests on the different fields samples conducted in order to assess the fundamental possibility of using the X-ray radiometric separation for pre-enrichment of copper and copper-zinc ores in Kazakhstan. In preliminary studies the optimum material of X-ray tube anode was chosen, boundaries and analytical fields of X-ray characteristic registration of copper, zinc, iron and the scattered X-rays were determined, as well as the optimum of Pi analytical parameter (separation algorithm), which takes into account only copper and scattered radiation intensity values, was installed.

Pilot scale tests of copper and copper-zinc enrichment from different deposits in Kazakhstan were carried out on an industrial X-ray radiometric separator SRF2-300. It was determined that copper zinc ore of the Irtysh deposit and copper ore of the Shatyrcul Sayak deposit, as well as Jaman-Aibat and Zhezkazgan can be recommended for their enrichment on a stage of the raw materials ore preparation by X-ray radiometric separation method. The ores of these deposits have good contrast and good raw material prerequisites for their enrichment in a lumpy condition. X-ray radiometric separation method allows to obtain separation tailings which contains the major valuable components (Cu and Zn) below the cut-off grade. With the purpose to develop technological regulations and to design ore sorting complexes construction the basic technological pre-enrichment scheme has been developed.

**Keywords:** copper zinc and copper ore, X-ray radiometric separation, preliminary enrichment, X-ray emission spectra, the analytical parameter.

In the Republic of Kazakhstan more than 90 deposits of copper have been explored [1]. Extraction of copper ore in Kazakhstan is carried out by enterprises of LLP "Kazakhmys Corporation", LLP "Kazzinc", Aktobe Copper Company, "Maikainzoloto" and others. The share of the company "Kazakhmys Corporation" is about 85% of its copper in concentrate in Kazakhstan.

The main practical significance on copper and copper-zinc deposits is in sulphide ores. Oxidized ores have a very limited distribution. As a rule, the main ore minerals that compose the primary sulfide ores of copper-zinc deposits such as Irtyshskoe, Kosmurun and Akbastau are pyrite and chalcopyrite. In the upper levels there is sphalerite, galena, faded ore and melnicovite-pyrite. Gangue minerals are quartz, barite, chlorite, sericite and gypsum. Along with copper and zinc there are often in the ores gold, silver, cobalt, selenium, tellurium, molybdenum, and bismuth.

The mineral composition of sulfide ore of copper deposits such as Shatyrcul Sayak, Zhaman-Aibat and Zhezkazgan, is represented by chalcocite, bornite and chalcopyrite, to a lesser extent there are galena and sphalerite. Ore-bearing rocks are composed of assorted sandstones, gravelites, inter- and intraformational conglomerates, siltstones and mudstones. The main rock-forming minerals are chloritized feldspar, conventional feldspar, quartz, calcite, altered tuffs and microfelsites. Dilution of marketable copper or copper-zinc ore varies from 10 to 20%.

The quality of copper and copper-zinc ores in Kazakhstan is deteriorating with each passing year. In particular, the processing involved Zhezkazgansky ore deposits containing copper not more than 0.4-0.5%, which drastically reduces the efficiency of enrichment processes and increases production cost of copper. In this case, it may be the most promising methods of prior enrichment that allow at the initial stages of refining copper and copper-zinc ores to remove a significant amount of diluting breed and to improve the quality of the raw material supplied to the concentrators. One of these methods is the X-ray radiometric separation of rough material.

While the X-ray radiometric separation the analyzed thickness of material depends on the energy of the primary and secondary radiation (but the most by the characteristic X-ray of the analyzed elements) and is from 0.01 to 1.00 mm - only the surface layer works. Surface distribution is significant for minerals formed due to the circulation of ore-bearing solutions in cracks of rocks [2]. Sulfide minerals of copper and copper-zinc ores, mainly, have passed such formation process. These cracks are concentrated minerals, and at the same time, these cracks are the most weakened areas, which occurs when the splitting pillar mining. This feature defines the basic physical and methodical bases of the X-ray radiometric separation, as well as the technology requirements [3].

To assess the fundamental possibility of using the X-ray radiometric separation for pre-enrichment of copper and copper-zinc ores in Kazakhstan there were conducted research, test and pilot tests on samples of different deposits. Total weight of the samples was more than 50 tons. All received technological samples characterize the grade of commercial ores of its deposits. Fineness of initial samples (mostly) is not exceeding 300 mm. Selected material is representative of their fields, both in particle size, and on the chemical and mineralogical composition.

Ore preparation and preliminary studies on the X-ray radiometric separation were carried out under the program [4], which included:

- classification of received samples of copper or a copper-zinc ore by size classes with the release of grain size +300, -300+150, -150+100, -100+50, -50+30 and -30 mm (Fig. 1.);

Initial sample

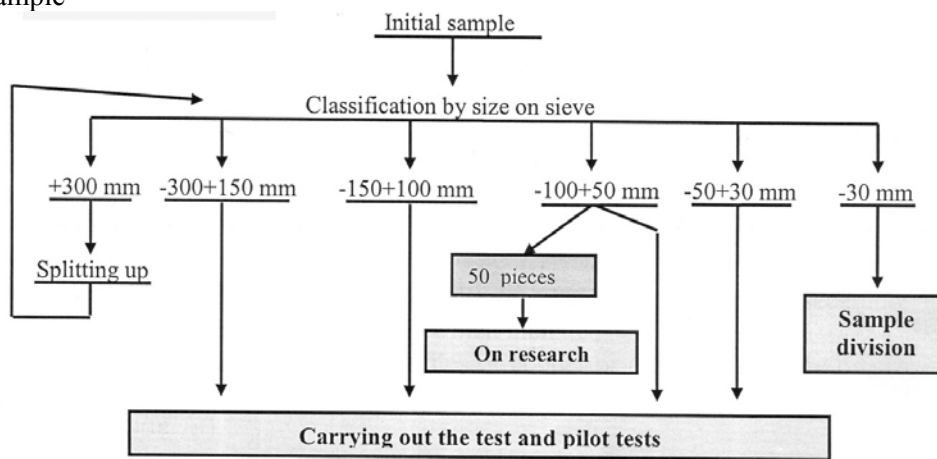


Figure 1 - Scheme of sample ore preparation of the copper or copper-zinc ores

- selection of the most representative samples of up to 50 pieces from engine class of each copper or copper-zinc ore with particle size of -100+50 mm to conduct preliminary studies on the X-ray radiometric separator SRF1-100;

- preliminary studies, including selection of algorithm and analytical areas of registration of the characteristic X-ray of copper, zinc and iron, as well as the scattered X-ray radiation, the definition of the algorithm values for the selected ore samples, the removal of the secondary characteristic spectra from the ore pieces and the determination of other separation parameters in accordance with technique.

The software separator contains two main modes of operation [5]:

- "Analysis" - mode, in which you can make spectra "removal" from samples for a long time 0,1-30,0 sec. without issuing a signal for actuators (verification, research mode);

- «separation" - direct mode of sorting using all the settings of the separator, with issuance signal to the actuators.

In preliminary studies in accordance with the method, the following main parameters of the separator are fitted in the "Analysis" mode:

- set the optimum x-ray tube anode material. Due to the fact that the secondary characteristic X-ray spectra of copper and molybdenum are much closer to each other (in Table of X-ray characteristics of the elements of the Mendeleev Periodic they are numbered 29 and 42 respectively), than the spectra of copper



and rhenium (which are located under the numbers 29 and 75, respectively), the X-ray radiometric separator SRF1-100 for research it has been set the X-ray tube with rhenium anode;

- defined boundaries and analytical registration areas selected of the characteristic X-ray of copper, zinc, iron, and the scattered X-rays. For targets made of iron, copper and zinc there were determined check points for finding the analytic areas. It has been found that the iron peak is located in the channel 64, the copper peak is in the channel 82, the zinc peak is in 88 and the lead peak is channel 96. In this case, the analytic area of registration of the characteristic X-rays was taken:

- for Iron - 56 - 70 channels;
- for Copper - 72 - 83 channels;
- for Zinc - 84 - 90 channels;
- for Lead - 93 - 98 channels;
- for the scattered radiation - 120 - 250 channels.

- made the choice of optimal analytical parameter Pi (separation algorithm). By characteristic X-ray spectra of pieces taken as the most typical samples and related to copper-zinc ore of one of the fields of Kazakhstan, there is quite clearly evident difference in intensity of spectra belonging Cu and Fe (Figs. 2 and 3).

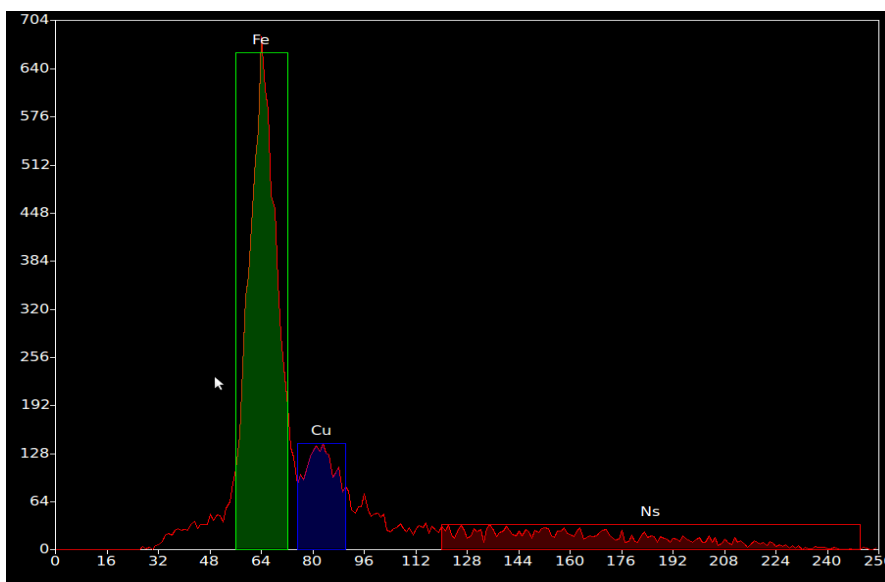


Figure 2 - Spectrum of a piece with a low copper content

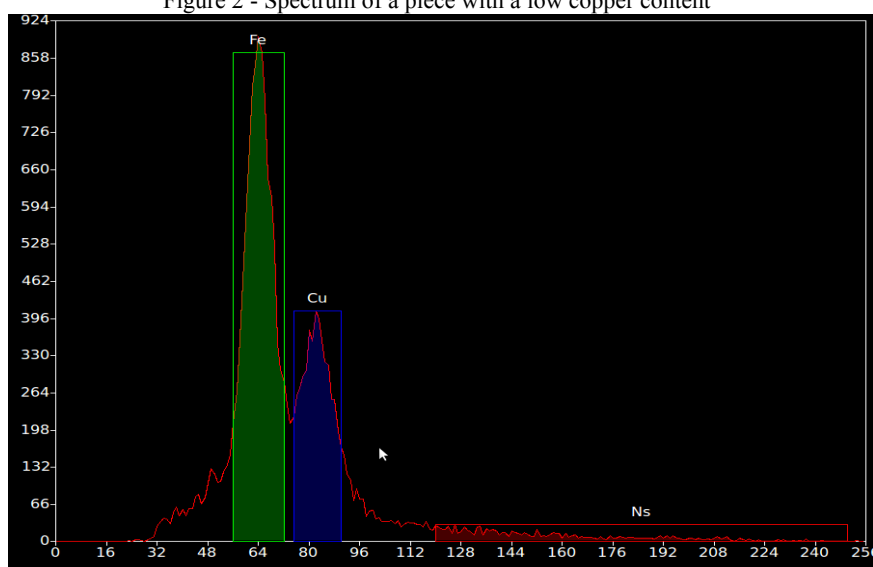


Figure 3 - Spectrum of a piece with high copper content

Spectra belonging zinc, are located next to the copper spectra and almost merge with them. There was no changing in the intensity of the X-ray spectra in the channel owned by lead, almost for all selected for research samples. Probably, this is due to its relatively low content in the ore.

When choosing an separation analytical option it has been considered several options, including:

- exploring the possibility of separating only the copper spectra:

$$P_{Cu} = \frac{N_{Cu}}{N_S}, U.$$

where:  $N_{Cu}$  – intensity of the secondary characteristic X-ray radiation of copper from ore test piece;  $N_S$  - intensity of the same piece of the scattered X-ray of the primary spectrum of X-rays source - a portable low-power X-ray emitter PRAM-50M with X-ray tube of properly-type BHV-10 (Re);

- examined the possibility of separating the spectra of copper and zinc:

$$P_{Cu,Zn} = \frac{N_{Cu} + k_1 N_{Zn}}{N_S}, U.$$

where:  $N_{Zn}$  - registered from piece of the intensity of the secondary characteristic X-ray of zinc;  $k_1$  - the spectral transmittance (in the research phase varied from 0.5 to 1.0 units.).

- studied the possibility of separating the spectra of copper, zinc and lead:

$$P_{Cu,Zn,Pb} = \frac{N_{Cu} + k_1 N_{Zn} + k_2 N_{Pb}}{N_S}, U.$$

where:  $N_{Pb}$  - registered from piece the intensity of the secondary characteristic X-ray of lead;  $k_2$  - the spectral transmittance (in the research phase varied from 0.5 to 1.0 units.).

As an example, Table. 1 shows the values of the algorithms of only ten most characteristic examples of copper-zinc ore of one of the Kazakhstan deposits.

Table 1 – Values of separation algorithms for options

N of sample	Values of algorithm, units.		
	$P_1 = \frac{N_{Cu}}{N_S}$	$P_2 = \frac{N_{Cu} + 0,5N_{Zn}}{N_S}$	$P_3 = \frac{N_{Cu} + 0,5N_{Cu} + 0,5N_{Pb}}{N_S}$
1	0,799	1,130	2,270
2	0,439	0,785	1,570
3	1,700	0,780	1,560
4	1,332	0,603	1,210
5	0,987	0,791	1,580
6	0,528	0,666	1,330
7	1,005	0,825	1,650
8	1,250	1,390	2,780
9	0,599	0,776	1,550
10	0,479	0,867	1,730

The analysis of presented in table 1 data, can recommend analytical parameter P1 as an separation algorithm for pre-enrichment of copper-zinc ore, which takes into account only the value of the intensities of copper and scattered radiation. In this case, the range of values  $P_1$  is nearly three times greater than the values of  $P_2$  and  $P_3$ . The characteristic radiation of lead has no significant impact on the process of separation and is ignored in the analytical parameter. Similarly, it was found that the optimal analytical parameter for the X-ray radiometric separation of copper ores is also  $P_{Cu}$ , which is defined as the ratio of the spectral  $N_{Cu}$ :  $N_S$ .

In order to determine the copper content in the ore pieces having different values of the analytical parameter  $P_{Cu} = N_{Cu}$ :  $N_S$ , additional studies have been conducted. For this purpose, among ten samples of ore shown in Table 1, six were selected as the most typical pieces that after sample division were sent to chemical analysis to determine their content of copper (Table 2).

Table 2 – The results of the analysis of the most representative samples of copper-zinc ore

N of piece	$P_{Cu} = N_{Cu} : N_S, U.$ (determined on the separator SRF 1-100)	Content of Cu, %
1	0,439	0,025
2	0,528	0,164
3	1,005	0,774
4	1,250	0,908
5	1,332	1,539
6	1,700	2,806

The data presented in the Table 2 indicate quite clearly the next pattern - the higher the value of  $P_{Cu}$  of pieces of ore, the higher the copper content therein, and conversely, the lower the value of  $P_{Cu}$  of ore pieces, the lower the copper content. Therefore, as a separating sign for test and pilot tests of the enrichment of copper and copper-zinc ores it was selected ratio of the characteristic X-radiation of copper to the scattered radiation X-ray tube (method of spectral ratios).

Test and pilot testing of enrichment of copper and copper-zinc ores from different deposits in Kazakhstan were carried out on an industrial X-ray radiometric separator SRF2-300 (Fig. 4).



Figure 4 - Experimental-industrial sector with separators SRF2-300 and SRF1-100

In testing process there were received 11 samples of copper and copper-zinc ores from seven deposits of the "Kazakhmys Corporation". During the study it was found that  $P_{Cu}$  value of the most characteristic pieces of almost all samples received from different deposits varies within a wide range (Table 3).

Table 3 – Values of division algorithm  $P_{Cu}$  for various copper and copper-zinc deposits in Kazakhstan

Ore type	Deposit	$P_{Cu}$ value, U.
copper-zinc	Irtyskoe	0,53 - 3,55
	Kosmurun	1,33 - 4,27
copper	Shatyrcul	0,43 - 2,94
	Sayak	0,38 - 3,17
	Zhaman-Aibat	0,56 - 3,28
	Zhezkazgan	0,41 - 2,09

Such range of hesitation of  $P_{Cu}$  analytical parameters of separate pieces suggests good potential use of X-ray radiometric separation as a separation method for the bulk of copper and copper-zinc deposits in Kazakhstan. However, it is worth noting that if the copper-zinc ore of the Irtysk deposit in its composition

has pieces with a sufficiently low  $P_{CU}$  values (about 0.5-0.6 units.), which suggests the presence of a significant number of pieces of waste rock and pieces with low content of copper in the ore, then the copper-zinc ore of the Kosmurun deposit contains pieces with  $P_{CU}$  value not less than 1.3 units, indicating a virtual absence of fragments of waste material and pieces with low content of copper. Therefore, the copper-zinc ore of the Irtysh deposit can separate into a disposal area a significant amount of separation tailings with a low content of copper, while the use of the X-ray radiometric separation to enrich the copper-zinc ore of the Kosmurun deposits is problematic due to the probably low yield of separation tails.

Obviously, for enrichment it is enough the rich copper ore deposits such as Shatyrcul, Sayak and Zhaman-Aibat with a wide range of  $P_{CU}$  values and a large number of pieces with small values of analytical parameter ( $P_{CU}$  from 0.4 to 0.6 units) the X-ray radiometric method of separation can be quite effective, ie, It will provide a significant amount of tailings and enriched product with a high copper content.

The values of analytical parameter of of copper ore pieces of the Zhezkazgan deposit ( $PCU$  varies from 0.41 to 2.09 units) suggest the possibility of obtaining a sufficiently high number of tailings with a low content of copper, as well as the allocation of the enriched product of not very high quality.

Table 4 presents the results of pilot tests on the enrichment of copper and copper-zinc ores of some deposits of "Kazakhmys Corporation".

Table 4 – Summary results of pilot tests

Deposit	Separation product	Output, %	Content, %		Extraction, %	
			Cu	Zn	Cu	Zn
Irtyshkoe	Enriched product	74,1	2,05	3,18	95,5	97,5
	Separation tails	25,9	0,28	0,24	4,5	2,5
	Initial ore	100,0	1,59	2,42	100,0	100,0
Shatyrcul	Enriched product	72,0	1,90	-	95,7	-
	Separation tails	28,0	0,22	-	4,3	-
	Initial ore	100,0	1,43	-	100,0	-
Sayak	Enriched product	63,2	3,08	-	95,9	-
	Separation tails	36,8	0,23	-	4,1	-
	Initial ore	100,0	2,03	-	100,0	-
Zhaman-Aibat	Enriched product	73,7	1,94	-	96,5	-
	Separation tails	26,2	0,20	-	3,5	-
	Initial ore	100,0	1,48	-	100,0	-
Zhezkazgan	Enriched product	68,0	0,78	-	91,7	-
	Separation tails	32,0	0,15	-	8,3	-
	Initial ore	100,0	0,57	-	100,0	-

In our opinion, the copper-zinc ore of the Irtyshskoe deposit and copper ore of the Shatyrcul, Sayak, Zhaman-Aibat and Zhezkazgan deposits can be recommended for their enrichment at the raw ore preparation stage by the X-ray radiometric separation. The ores of these deposits have good contrast and raw material prerequisites for their enrichment in a lump state. X-ray radiometric separation method of separation allows to obtain tailings containing major components of (Cu and Zn) below the cut-off grade.

On the basis of pilot tests for the enrichment of copper-zinc and copper ores of "Kazakhmys Corporation" deposits with the use of the X-ray radiometric separation method for the development of technological procedures and design of construction of the ore sorting systems we recommend the essential technological pre-enrichment scheme at the stage of ore preparation of mineral raw materials (Fig. 5).

For copper and copper-zinc ore of each individual deposit at stage of the implementation of technological regulations there will be the choice of equipment, determination of its quantity, also carrying out a preliminary assessment of capital and operating costs.

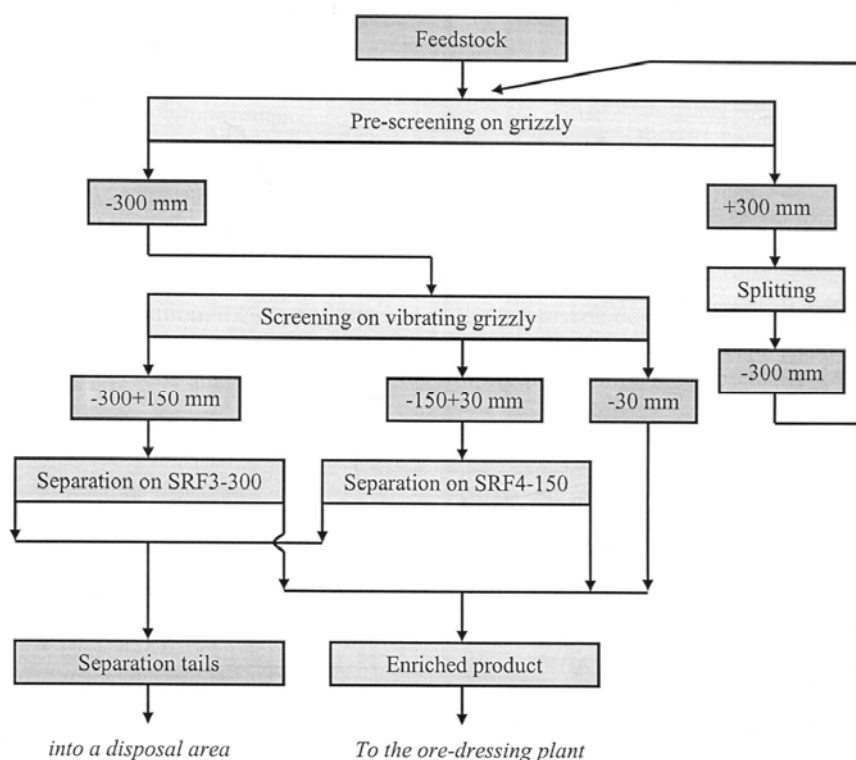


Figure 5 - the essential technological enrichment scheme

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Авдонин В. В. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов / В. В. Авдонин, Г. В. Ручкин, Н. Н. Шатагин, Т. И. Лыгина, М. Е. Мельников М.: Фонд «Мир». 2007. 540 с.
- [2] Мокроусов В. А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд / В.А. Мокроусов, В. А. Лилеев - М.: Недра. 1979. 192 с.
- [3] Татарников А.П. Ядерно-физические методы обогащения полезных ископаемых – М: Атомиздат. 1974. -114 с.
- [4] Шемякин В.С. Теория и практика рентгенорадиометрического обогащения: научная монография / В.С. Шемякин, Е.Ф. Цыпин, Ю.О. Федоров и др. - Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2013. 253 с.
- [5] Шемякин В.С. Основы рентгенорадиометрического обогащения полезных ископаемых: научная монография / В.С.Шемякин, Ю.О.Федоров, М.Ю.Федоров, А.В.Шемякин, А.Ю.Федоров, С.В.Скопов – г. Екатеринбург: Изд-во «форт Диалог-Исеть». 2015. 250 с.
- [6] Инновационный Патент № 23419(РК), Способ безреагентного извлечения металлов / Битимбаев М.Ж., Рогов Е.И. и др.

## REFERENCES

- [1] Avdonin V. V. Poiski i razvedka mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh: Uchebnyk dlja vuzov / V. V. Avdonin, G. V. Ruchkin, N. N. Shatagin, T. I. Lygina, M. E. Mel'nikov M.: Fond «Mir». 2007. 540 с.
- [2] Mokrousov V. A. Radiometricheskoe obogashhenie neradioaktivnykh rud / V.A. Mokrousov, V. A. Lileev - M.: Nedra. 1979. 192 s.
- [3] Tatarnikov A.P. Jaderno-fizicheskie metody obogashhenija poleznykh iskopaemykh – M: Atomizdat. 1974. -114 s.
- [4] Shemjakin V.S. Teorija i praktika rentgenoradiometricheskogo obogashhenija: nauchnaja monografija / V.S. Shemjakin, E.F. Cypin, Ju.O. Fedorov i dr. - Ekaterinburg: Izd-vo «Fort Dialog-Iset'», 2013. 253 s.
- [5] Shemjakin V.S. Osnovy rentgenoradiometricheskogo obogashhenija poleznykh iskopaemykh: nauchnaja monografija / V.S.Shemjakin, Ju.O.Fedorov, M.Ju.Fedorov, A.V.Shemjakin, A.Ju.Fedorov, S.V.Skopov – g. Ekaterinburg: Izd-vo «fort Dialog-Iset'». 2015. 250 s.
- [6] Innovacionnyj Patent № 23419(RK), Sposob bezreagentnogo izvlechenija metallov / Bitimbaev M.Zh., Rogov E.I. i dr.
- [7] Avdonin V. V. Poiski i razvedka mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh: Uchebnyk dlja vuzov / V. V. Avdonin, G. V. Ruchkin, N. N. Shatagin, T. I. Lygina, M. E. Mel'nikov M.: Fond «Mir». 2007. 540 с.
- [8] Mokrousov V. A. Radiometricheskoe obogashhenie neradioaktivnykh rud / V.A. Mokrousov, V. A. Lileev - M.: Nedra. 1979. 192 s.
- [9] Tatarnikov A.P. Jaderno-fizicheskie metody obogashhenija poleznykh iskopaemykh – M: Atomizdat. 1974. -114 s.
- [10] Shemjakin V.S. Teorija i praktika rentgenoradiometricheskogo obogashhenija: nauchnaja monografija / V.S. Shemjakin, E.F. Cypin, Ju.O. Fedorov i dr. - Ekaterinburg: Izd-vo «Fort Dialog-Iset'», 2013. 253 s.

[11] Shemjakin V.S. Osnovy rentgenoradiometricheskogo obogashhenija poleznyh iskopaemyh: nauchnaja monografija / V.S.Shemjakin, Ju.O.Fedorov, M.Ju.Fedorov, A.V.Shemjakin, A.Ju.Fedorov, S.V.Skopov – g. Ekaterinburg: Izd-vo «fort Dialog-Iset». 2015. 250 s.

[12] Innovacionnyj Patent № 23419(RK), Sposob bezreagentnogo izvlechenija metallov / Bitimbaev M.Zh., Rogov E.I. i dr.

**М.Ж. Бітімбаев<sup>1</sup>, В.С. Шемякин<sup>2</sup>, С.В. Скопов<sup>2</sup>**

1 «Корпорация Казахмыс» ЖШС experti, «ГМК «Казахалтын»,  
2 «Научно-производственная компания «Техноген», Екатеринбург к. Ресей

### **ҚАЗАҚСТАННЫҢ МЫС ЖӘНЕ МЫС-МЫРЫШТЫ КЕНДЕРІН РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЯЛЫҚ БАЙЫТУ**

**Аннотация.** Қазақстанда мыс және мыс-мырышты кендердің сапасы жылдан-жылға төмендеп келеді. Рентгенорадиометриялық сепарацияны қолдану мақсатында Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін алдын-ала байыту үшін әр - түрлі кенорындарында зерттеулер, тестілеу және тәжірибе-өндірістік сынақтар жүргізілді. Алдын-ала зерттеулер кезінде анодтың рентгендік трубкасы тиімді материал ретінде таңдалынып алынды, мыстың-мырыштың, темірдің және шашырыған рентген сәулесінің сипаттамасы және шекарасы анықталды, мыстың ғана белсенділігін анықтайтын сәуле, сонымен қатар  $P_i$  (бөлу алгоритмі) – аналитикалық тиімді параметр анықталды.

Мыс және мыс-мырышты кендерін байыту сынақтары бойынша тестілеу және тәжірибе-өндірістік жұмыстар Қазақстанның әр-түрлі кен орындарында өндірістік СРФ2-300 Рентгенорадиометриялық сепараторында жүргізілді. Шатырқұл, Саяк, Жаман-Айбат және Жезқазған мыс кен орындары және Ертіс мыс-мырыш кен орны шикізатты кен өндеуге дайындауда Рентгенорадиометриялық сепараторлық тәсілмен байытылуға болатындығы анықталды. Аталған кен орындарының кендері жақсы шикізат қорымен байытылған, оларды байыту үшін ыңғайлы ірі кесек түрде. Рентгенорадиометриялық сепарация тәсілі негізгі құнды компонент (Cu және Zn) бортық құрамынан төмен сепарацияның қалдықтарын алуға мүмкіндік береді. Технологиялық регламентті жасау үшін және кен іріктеу кешенінің құрылысын жобалауда алдын-ала байытудың принципті технологиялық схемасы жасалды.

**Түйін сөздер:** мыс және мыс-мырышты кен, рентгенорадиометриялық сепарация, алдын-ала байыту, сипатталған рентгендік сәуле, спектрлар, аналитикалық параметр.

УДК 622.722

**М.Ж. Битимбаев<sup>1</sup>, В.С. Шемякин<sup>2</sup>, С.В. Скопов<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>) ТОО «Корпорация Казахмыс», Қазақстан; (<sup>2</sup>) ЗАО «НПК «Техноген», Россия)

### **РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОБОГАЩЕНИЕ МЕДНЫХ И МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД КАЗАХСТАНА**

**Аннотация.** Качество медных и медно-цинковых руд Казахстана с каждым годом ухудшается. С целью оценки принципиальной возможности применения рентгенорадиометрической сепарации для предварительного обогащения медных и медно-цинковых руд Казахстана были проведены исследования, тестовые и опытно-промышленные испытания на пробах различных месторождений. На стадии предварительных исследований был выбран оптимальный материал анода рентгеновской трубки, определены границы и аналитические области регистрации характеристического рентгеновского излучения меди, цинка, железа и рассеянного рентгеновского излучения, а также установлен оптимальный аналитический параметр  $P_i$  (алгоритма разделения), учитывающий значения интенсивностей только меди и рассеянного излучения

Тестовые и опытно-промышленные испытания по обогащению медных и медно-цинковых руд различных месторождений Казахстана проводили на промышленном рентгенорадиометрическом сепараторе СРФ2-300. Было установлено, что медно-цинковая руда месторождения Иртышское и медная руда месторождений Шатырқұл, Саяк, Жаман-Айбат и Жезқазған могут быть рекомендованы для их обогащения на стадии рудоподготовки сырья методом рентгенорадиометрической сепарации. Руды данных месторождений контрастны и обладают хорошими сырьевыми предпосылками для их обогащения в крупнокусковом состоянии. Метод рентгенорадиометрической сепарации позволяет получить хвосты сепарации с содержанием основных ценных компонентов (Cu и Zn) ниже бортового содержания. Для разработки технологических регламентов и проектирования строительства рудосортировочных комплексов разработана принципиальная технологическая схема предварительного обогащения.

**Ключевые слова:** медно-цинковая и медная руда, рентгенорадиометрическая сепарация, предварительное обогащение, характеристическое рентгеновское излучение, спектры, аналитический параметр.

#### **Сведения об авторах:**

Битимбаев Марат Жакупович – доктор технических наук, профессор, Эксперт ТОО «Корпорация Казахмыс», член Совета директоров АО «ГМК «Казахалтын», E-mail: [mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru);

Шемякин Владимир Сергеевич – Генеральный директор ЗАО «Научно-производственная компания «Техноген», г. Екатеринбург, доктор технических наук, профессор, E-mail: [shemiyakin@mail.ru](mailto:shemiyakin@mail.ru)

Скопов Сергей Вениаминович – кандидат технических наук, Исполнительный директор ЗАО «Научно-производственная компания «Техноген», г. Екатеринбург, E-mail: [sws54@mail.ru](mailto:sws54@mail.ru)

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 63 – 69

**A.V. Nitsenko, S.A. Trebukhov, A.K. Kasymzhanova, A.S. Shendyapin**«Center of Earth Sciences, Metallurgy and Ore Beneficiation» JSC, Almaty, the Republic of Kazakhstan  
<sup>1</sup>[alina.nitsenko@gmail.com](mailto:alina.nitsenko@gmail.com)**DETERMINATION OF ARSENIC DIFFUSION COEFFICIENT  
UNDER REDUCED PRESSURE**

**Abstract.** Arsenic is one of the admixture elements subject to prior removal out of metallurgical raw materials because of its negative effect on technology and environment. One of the most effective ways to its extract is a thermal treatment in vacuum. It is necessary to have knowledge of the physical laws of mass transfer and information about the kinetic coefficients for calculation and design of apparatus for raw materials processing. In consideration of the published papers on gas dynamics of sublimation processes, the lack of information about arsenic diffusion has been ascertained.

In this paper arsenic vapor diffusion in different conditions through argon and quartz layer has been experimentally studied. The study was conducted by a stationary flow by a vertical vacuum system with continuous weighing of sample under isothermal conditions. As a result of this work, numerical values of the diffusion coefficient of arsenic vapor through argon layer and quartz powder have been obtained. It is found that in both embodiments of the filter (argon or quartz) diffusion coefficient increases with increasing temperature and decreasing pressure. Furthermore, the more the size of the filter grain increases, the more total pore space raises, boosting in the diffusion coefficient. In the process of comparing the experimental and previously calculated data, we can conclude on the applicability of the selected method of calculation and determination of the diffusion coefficient.

**Keywords:** arsenic, quartz, diffusion, temperature, low pressure.

**Introduction.** Arsenic is found in nature mainly in the form of various compounds, sometimes in the native state. For example, in arsenides it connected mainly with iron, nickel and cobalt, more rarely with copper and platinum. In sulfosalts (thiosalts) it connected with copper, lead, silver and thallium. In arsenate it associates with the sodium, magnesium, calcium, barium, bismuth, aluminum, zinc, lead, nickel, cobalt, manganese, iron, copper, uranium [1-4].

In the form of impurities, the arsenic is a part of other sulphides which is due to the property of trivalent arsenic ion to form different chemical compounds. In addition, many elements can be detected in the arsenic minerals and thiosalts as impurities [2, 3, 5-7]. Perhaps because of this property arsenic often presents in the mineral raw materials and accumulates in the middlings.

Arsenic impurity is a toxic and difficult to recover, because it aggravates the obtaining a commercial product, increases the loss of nonferrous metal products with dump waste product and greatly pollutes the environment. Therefore, recovery of arsenic in the form of non-toxic products is a pressing and complex problem, which solution has been paid a lot of attention.

There are many different hydraulic, pyro and combined circuits of processing arsenic -containing materials, including pre- dearsenication stage [8-13], but they are characterized by multiple stages, high cost, as well as the yield of arsenic in the form of toxic waste, requiring expensive special disposal.

One of the potential areas of environmental management and protection is the use of a vacuum pyroselection for preliminary arsenic extraction from various raw materials [10, 14-16], its advantage is the possibility of a high degree of arsenic extraction in a single stage to obtaining the non-toxic fumes.

In order to control and optimize process parameters, improvement, modeling and evaluation of equipment, especially under reduced pressure, it is necessary to have data about the thermal behavior of the extracted substance and the kinetic principles of the processes in porous bodies.

In metallurgical processes, sublimation and evaporation of substances usually derive from mixtures with inert components; the limiting stage in this process is the diffusion of volatile components through porous materials. The total speed of the process is limited by kinetics or of inner diffusion [17].

There are limited literature sources on the impact of porosity, composition and structure of the dispersion medium to kinetic principles of dissolution and evaporation processes of substances in a vacuum; the data on the behavior of arsenic and its compounds during heating with or without porous bodies in the available literature has not been found.

Previously, [18] we have found that arsenic begins to sublime at temperatures of 300-400 °C in the pressure range of 6,65-91,77 kPa and a significant increase in its rate of sublimation refers to temperatures above 500 °C. Based on the data about dependence of the arsenic sublimation speed on the temperature of different values of residual pressure in the system, the temperature dependence of the vapor pressure of arsenic, described by the equation:  $\lg P \text{ (kPa)} = -6418,2 / T + 9,4148$  was obtained.

The evaluation of effective coefficient of arsenic diffusion in a neutral environment in the temperature range 200-600 °C and 1,33-91,77 kPa pressure by two techniques, such as the Chapman-Enskog and Wilke-Lee was carried out in the research [19]. During comparison of the calculated data with empirical one, the conclusion on the applicability of selected methods for the calculation the coefficient of arsenic diffusion in argon was made, and the Chapman-Enskog equation is more appropriate than the method of Wilke-Lee. The values of the diffusion coefficient obtained by the Chapman-Enskog method, under the chosen conditions are in the range of  $17,71 \cdot 10^{-4}$  до  $394,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  values.

This paper presents the results of an experimental study of the dependence of the diffusion arsenic coefficient on the main factors (temperature, pressure, height and size of grains of the filter). The effective diffusion coefficient was determined by gas layer without a filter and through porous material layer.

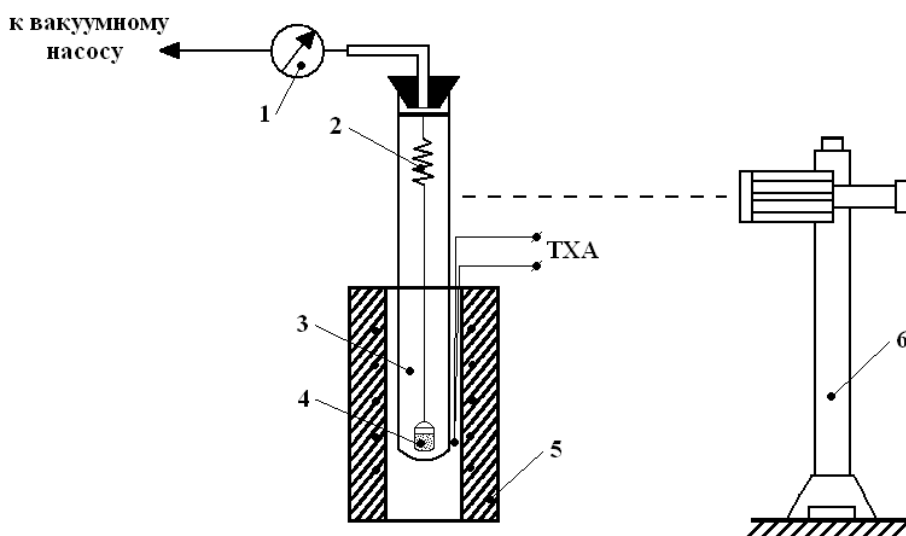
**Materials.** The argon (State standard 10157-79, 99,993% Ar) and the porous material – quartz were used as a neutral medium.

Quartz powder was prepared by grinding of fused quartz and sizing according to four grain-size classes.

Metal arsenic was obtained by sublimation of arsenic pyrite concentrate at a temperature of 700 °C in a vacuum of 0.04 kPa and by resublimation of condensate at 500 °C. The total content of impurities in sublimations – 0,3%, in other words, preparation comprised 99.7% arsenic.

**Research methods.** The study was conducted with the help of stationary flow method on a vertical vacuum system with continuous weighing of test charge in isothermal conditions (Figure 1).

Method of stationary flow is based on the steaming of exploring substance with constant speed through a layer of gas, material or mixture of components, determination the vapor concentration in the lower and upper parts of the layer, calculation of evaporation (sublimation) speed, and the effective diffusion coefficient.



1 – vacuum gauge; 2 – spring with thread; 3 – quartz reaction vessel;  
4 – quartz crucible with test charge; 5 – electric heater; 6 – cathetometer KM-8.

Figure 1 – Vertical vacuum system with continuous weighing of test charge



The diffusion stage may limit the speed of the entire process only at a significant excess of ambient pressure on equilibrium pressure of vapor of researching substances. During processing of the methodology for conducting experiments on the sublimation of arsenic under the quartz filter to select the conditions of the experiments, there was found that at high speed of arsenic sublimation, powder quartz is blown out of the crucible through arsenic vapor flow. Most probably, this is due to the drop of pressure at the filter layer that arises in sublimation (evaporation) of the substance to the impermeable surface. [20] Therefore, conditions warning subtraction of material from the filter, which speed of sublimation of arsenic is enough to register were empirically chosen.

The sequence of operations comprised following steps: a test charge was placed in the quartz crucible 4 (sectional area – 0.5 cm<sup>2</sup>), which is suspended to a spring scale 2. Quartz retort 3 with crucible was washed several times with argon and placed into a electric heater (heated to a predetermined temperature) 5, and the pressure in the system was slowly created. Since the achievement of the set pressure with cathetometer 6 we recorded weight of test change over time. After soaking, the retort was removed from the heater and cooled. The quartz crucible was removed from the retort, the remaining test charge sample residue was weighed.

The equation used to calculate the effective diffusion coefficient, is following:

$$\frac{\Delta C}{V} = R + h \frac{1}{D_{ef}},$$

where:  $\Delta C$  – the difference between the concentrations of arsenic vapor above and below the layer, kg/m<sup>3</sup>, is determined on the basis of the previously found values of the saturation vapor pressure of the diffusing substance at the test temperature;  $V$  – evaporation speed of the diffusing material kg/m<sup>2</sup>·s, is determined by the weight loss of the material at each time point;  $R$  – coefficient that determines the resistance of the external mass exchange. c/m;  $h$  – layer height of the inert material over the diffusing substance, m;  $D_{ef}$  – diffusion coefficient, m<sup>2</sup>/s.

The value of  $\Delta C$ , considering the vapor pressure near the surface of the sublimation equal to the saturation pressure, and in the gas-vapor mixture was determined from known data [21] on the pressure of arsenic vapor. Necessary evaporation speed was calculated as an average over a relatively long experience time. The distance between the arsenic surface and cut of the crucible which was varied by changing the height of the crucible at a constant weight of test charge sample of arsenic was considered as the height of the gas layer.

Through dependence diagram  $\Delta C/V$  from  $h$ , we received direct, which angular coefficient expresses the value of  $1/D_{ef}$ , and the segment on the y-axis expresses the value of  $R$ .

It should be noted that a certain diffusion coefficient includes the value of the Stefan flow.

**Results and their discussion.** In order to evaluate the impact on the porous filter on arsenic sublimation speed, at first we conducted experiments without a filter, by measuring speed of the arsenic sublimation from crucibles of different heights. Conditions, results and results of the theoretical calculation according to the equation by the Chapman-Enskog are given in Table 1 [19].

As seen from Table 1, the speed and extent of arsenic sublimation increases with decreasing of height of the gas layer, increasing the process temperature and decreasing pressure in the system. During comparison of the theoretical and experimental data, it is found that the experimental values of the diffusion coefficient are lower than the calculated values, which is probably due to the use of the approximate values in the calculation. Furthermore, the magnitude of error affects the factor that during sublimation gas layer above the test charge increases, which slows down the process and reduces the magnitude of the diffusion coefficient.

Table 1 – Influence of layer height on the arsenic sublimation speed through a layer of argon

Conditions		Sublimation rate As, %	Sublimation speed As, $V \cdot 10^{-5}$ , $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$	Height of gas layer, m	Diffusion coefficient, $D \cdot 10^{-5}$ , $\text{m}^2/\text{s}$			
temperature, $^{\circ}\text{C}$	pressure, kPa				experiment	calculation [19]		
420	100	33,71	0,44	7	5,05	8,06		
		17,71	0,32	12				
		11,14	0,22	17				
		6,57	0,16	22				
440		100	35,43	0,46	7	5,78	8,49	
			28,57	0,37	12			
			21,14	0,28	17			
			14,57	0,24	22			
460			100	64,68	0,82	7	7,07	8,92
				57,43	0,74	12		
				45,14	0,59	17		
				32,00	0,47	22		
480	100			100,0	1,43	7	7,74	9,37
				95,43	1,24	12		
				73,14	0,92	17		
				65,14	0,84	22		
460		300		28,86	0,37	7	2,63	2,98
				24,29	0,29	12		
				17,71	0,22	17		
				14,86	0,19	22		
		690	690	20,00	0,26	7	0,71	1,23
				12,86	0,17	12		
				7,71	0,10	17		
				6,00	0,08	22		

Table 2 shows the conditions and results of experiments carried out in the presence of quartz filter and the results of theoretical calculations of the diffusion coefficient through the porous filling in with or without regard to Stefan flow. As it seen, the experimental values of the diffusion coefficient of arsenic vapor are close to the theoretical data.

Table 2 – Influence of layer height on the arsenic sublimation speed through a quartz filter (grain-size class -0,2+0,16 mm)

Conditions		Sublimation rate As, %	Sublimation speed As, $V \cdot 10^{-5}$ , $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$	Filter height, m	Diffusion coefficient, $D \cdot 10^{-5}$ , $\text{m}^2/\text{s}$				
temperature, $^{\circ}\text{C}$	pressure, kPa				experiment	calculation			
						corrected	uncorrected		
420	100	9,14	0,16	3	2,18	2,60	1,68		
		8,57	0,15	8					
		5,14	0,09	13					
		1,71	0,07	18					
440		100	20,0	0,32	3	2,45	2,88	1,79	
			18,86	0,25	8				
			10,29	0,17	13				
			8,0	0,13	18				
460			100	48,29	0,72	3	3,01	3,33	1,86
				27,14	0,4	8			
				22,86	0,35	13			
				15,71	0,27	18			
480	100			85,71	1,11	3	3,47	4,30	1,95
				65,14	0,84	8			
				45,14	0,58	13			
				36,0	0,5	18			
460		300		22,86	0,38	3	0,78	0,96	0,62
				12,0	0,15	8			
				9,43	0,12	13			
				6,57	0,09	18			
		690	690	4,86	0,06	3	0,41	0,41	0,27
				2,86	0,04	8			
				2,86	0,04	13			
				2,29	0,03	18			

Установлено, что при диффузии через фильтр кварцевого песка коэффициент диффузии увеличивается с повышением температуры и понижением давления в системе.

Зависимость коэффициента диффузии мышьяка через кварцевую засыпку от крупности фильтра приведена на рисунке 2. Как видно, с ростом размера зёрен материала фильтра коэффициент диффузии мышьяка возрастает, что связано с увеличением размера пор, а, следовательно, и с увеличением общей площади пустот для прохода паров (живого сечения).

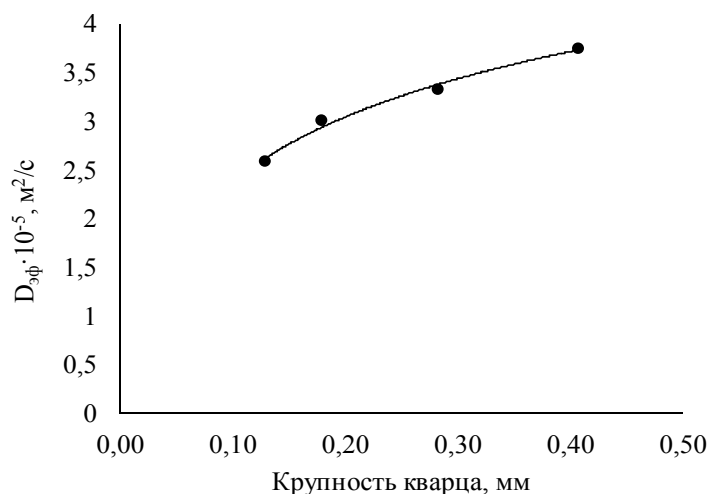


Figure 2 – Influence of grain-size of quartz sand on the diffusion coefficient of arsenic through it

**Conclusion.** Thus, as a result of this work, numerical values of the diffusion coefficient of arsenic vapor through argon layer and quartz powder were obtained. It was found that in both embodiments of the filter (argon or quartz), diffusion coefficient increases with increasing temperature and decreasing pressure. Furthermore, during increasing of the grain-size of the filter, the total pore space increases, resulting in an increase in the diffusion coefficient.

Good agreement between the experimental and calculated data enables to make a conclusion about the applicability of the selected method of calculation and determination of the diffusion coefficient. The slight discrepancy in the data relates to the use in the calculation of the diffusion coefficient of approximate values of some parameters.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горная энциклопедия: в 5 т. / под ред. Е. А. Козловского. – М.: Сов.энцикл., 1991. – Т. 5. – 451 с.
- [2] Бетехтин А. Г. Минералогия. – М.: Госгеолтехиздат, 1950. – 956 с.
- [3] Годовиков А. А. Минералогия. – М.: Недра, 1975. – 520 с.
- [4] Ручик А. С. Методы химического анализа мышьяковых руд и продуктов их переработки. – М.: Госхимиздат, 1958. – 110 с.
- [5] Исабаев С. М., Пашинкин А. С., Мильке Э. Г., Жамбеков М. И. Физико-химические основы сульфидирования мышьяксодержащих соединений. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1986. – 184 с.
- [6] Костов И. Минералогия. – М.: Мир, 1971. – 584 с.
- [7] Минералогические таблицы: Справочник. – М.: Недра, 1981. – 399 с.
- [8] Турыгин В. В., Смирнов М. К., Сметанин А. В., Жуков Э. Г., Федоров В. А., Томилов А. П. Получение мышьяка из промышленных отходов цветных металлов электрохимическим методом // Неорганические материалы. – 2008. – Т. 44, № 9. – с. 1065-1073.
- [9] Медиханов Д. Г., Алипбергенов М. К., Исабаев С. М., Кузгибекова Х. М. Теория и практика удаления мышьяка при производстве меди. – Караганда: Карагандинская полиграфия, 2003. – 240 с.
- [10] Храпунов В. Е., Исакова Р. А. Переработка упорных золотомышьяковых концентратов с применением вакуума. – Алматы: Гылым, 2002. – 266 с.
- [11] Попов В. А., Серегин П. С., Румянцев Д. В., Цемехман Л. Ш. Разработка технологии обжига мышьяковистых золотосодержащих концентратов с выделением мышьяка в низкотоксичный продукт с получением годного для

дальнейшей переработки огарка. // Сб. докладов 7 Междунар. конгресса «Цветные металлы и минералы». – Красноярск (Россия), 2015. – С. 98-105.

[12] Гуляшинов П. А., Палеев П. Л., Гуляшинов А. Н. Удаление мышьяка при обжиге скородитсодержащей руды в атмосфере водяного пара // Вестник ВСГУТУ. – 2015. – т. 55, № 4. – С. 26-30.

[13] Копылов Н. И., Каминский Ю. Д., Очуроол А. П. Комбинированный способ удаления мышьяка из отвалов // Химическая технология. – 2011. – Т. 12, № 8. – С. 498-500.

[14] Исакова Р. А., Храпунов В. Е., Володин В. Н. Вакуумные технологии переработки полиметаллического сырья и рафинирования металлов: разработки и перспективы // Цветные металлы. – 2012. – № 10. – С. 69-74.

[15] Исакова Р. А., Нестеров В. Н., Челохсаев Л. С. Основы вакуумной пироселекции полиметаллического сырья. – Алма-Ата: Наука, 1973. – 255 с.

[16] Пат. 87048 Украйна. Агрегат для видалення миш'яку із залізвуглецевого розплаву під вакуумом /П. С. Харлашин, М. О. Илляшов, Ю. О. Гуков, Е. О. Юшков, В. М. Сафонов; опубл. 18.10.2009, Бюл. № 18 – 5 с.

[17] Жуховицкий А. А. Физико-химические основы металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1973. 390 с.

[18] Ниценко А. В., Храпунов В. Е., Исакова Р. А., Требухов С. А. Термическое поведение мышьяка при пониженном давлении // Комплексное использование минерального сырья. – 2012. – № 4. – С. 73-80.

[19] Ниценко А. В. Расчетная оценка коэффициента диффузии пара мышьяка в нейтральной среде // Комплексное использование минерального сырья. – 2015. – № 4. – С. 47-53.

[20] Ивановский М. Н., Сорокин В. П., Субботин В. Н. Испарение и конденсация металлов. – М.: Атомиздат, 1976. – 216 с.

[21] Несмеянов А. Н. Давление пара химических элементов. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 396 с.

## REFERENCES

- [1] Mining encyclopedia: v 5 t. / pod red. E. A. Kozlovskogo. M.: Sov.jencikl., **1991**. 5. 451 p. (in Russ).
- [2] Betekhtin A. G. Mineralogy. M.: Gosgeoltekhizdat, **1950**. 956 p. (in Russ).
- [3] Godovikov A. A. Mineralogy. M.: Nedra, **1975**. 520 p. (in Russ).
- [4] Ruchik A. S. Methods for chemical analysis of arsenic ores and their products. M.: Goshimizdat, **1958**. 110 p. (in Russ).
- [5] Isabaev S. M., Pashinkin A. S., Mil'ke Eh. G., Zhambekov M. I. Physical and chemical bases of arsenic compounds sulfidizing. Alma-Ata: Nauka KazSSR, **1986**. 184 p. (in Russ).
- [6] Kostov I. Mineralogy. M.: Mir, **1971**. 584 p. (in Russ).
- [7] Reference book: Mineralogical tables. M.: Nedra, **1981**. 399 p. (in Russ).
- [8] Turygin V. V., Smirnov M. K., Smetanin A. V., Zhukov Eh. G., Fedorov V. A., Tomilov A. P. *Inorganic materials*, **2008**, 44, 9, 1065-1073 (in Russ).
- [9] Medihanov D. G., Alipbergenov M. K., Isabaev S. M., Kuzgibekova H. M. Theory and practice of removing arsenic from copper production. Karaganda: Karagandinskaya poligrafija, **2003**. 240 p. (in Russ).
- [10] Khrapunov V. E., Isakova R. A. Processing of refractory gold-arsenic concentrates with vacuum. Almaty: Gylym, **2002**. 266 с. (in Russ).
- [11] Popov V. A., Seregin P. S., Rumyanцев D. V., Tsemekhman L. Sh. Development of sintering technology gold-arsenic concentrates with arsenic release into the slightly toxic product to give of suitable for further processing cinder. *7<sup>th</sup> International Congress «Non-ferrous metals & Minerals»*, **2015**, p. 98-105. (in Russ).
- [12] Gulyashinov P. A., Paleev P. L., Gulyashinov A. N. *Messenger of the VSGUTU*, **2015**, 55, 4, 26-30. (in Russ).
- [13] Kopylov N. I., Kaminskij Yu. D., Ochurool A. P. *Chemical technology*, **2011**, 12, 8, 498-500. (in Russ).
- [14] Isakova R. A., Khrapunov V. E., Volodin V. N. *Non-ferrous metals*, **2012**, 10, 69-74. (in Russ).
- [15] Isakova R. A., Nesterov V. N., Chelokhsaev L. S. Fundamentals of vacuum processing of complex ore materials. Alma-Ata: Nauka, **1973**, 255 p. (in Russ).
- [16] Pat. 87048 Ukraine. Aggregate for removing arsenic from iron-carbon melt under vacuum /P. S. Kharlashin, M. O. Ilyashov, Yu. O. Gukov, E. O. Yushkov, V. M. Safonov; publ. 18.10.2009, Bull. № 18 – 5 p. (in Ukr.)
- [17] Zhukhovickij A. A. Physical and chemical bases of metallurgical processes. M.: Metallurgiya, **1973**, 390 p. (in Russ).
- [18] Nitsenko A. V., Khrapunov V. E., Isakova R. A., Trebukhov S. A. *Complex Use of Mineral Resources*, **2012**, 4, 73-80. (in Russ).
- [19] Nitsenko A. V. *Complex Use of Mineral Resources*, **2015**, 4, 47-53. (in Russ).
- [20] Ivanovskij M. N., Sorokin V. P., Subbotin V. N. Evaporation and condensation of metals. M.: Atomizdat, **1976**, 216 p. (in Russ).
- [21] Nesmeyanov A. N. The vapor pressure of the chemical elements. M.: Izd-vo AN SSSR, **1961**, 396 p. (in Russ).

**А.В. Ниценко, С.А. Требухов, А.К. Қасымжанова, А.С. Шендяпин**

АҚ «Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы»,  
Алматы, Қазақстан Республикасы

### **ТӨМЕНДЕТІЛГЕН ҚЫСЫМ КЕЗІНДЕГІ МЫШЬЯКТЫҢ ДИФФУЗИЯ КОЭФФИЦИЕНТІН АНЫҚТАУ**

**Аннотация.** Мышьяк қоспалы элементтердің бірі болып келеді, ол металлургиялық шикізаттан алдын ала жоюды талап етеді, өйткені оның бар болғаны технология мен қоршаған ортаға теріс әсер етеді. Оны бөліп алудың ұтымды әсерінің бірі вакуумда термиялық қайта өңдеу болып табылады. Шикізатты қайта өңдейтін аппаратты жобалау және есептеу үшін масса алмасудың физикалық заңдылықтары жайлы білімі және кинетикалық коэффициенттері жайлы мағлұматтары болу қажет. Сублимациялық үрдістердің газодинамикалық зерттеулерінің баспаға шыққандарын қарай отырып барлық айтылған орталардағы мышьяк диффузиясының жеткіліксіз зерттелген деген шешімге келдік.

Бұл жұмыста экспериментті мышьяк диффузия булары әр түрлі жағдайларда аргон және кварц қабаты арқылы зерттеледі. Зерттеу әдісі стационарлық ағын орнатылған тік вакуумдық үздіксіз өлшеумен изотермиялық ілме арқылы өткізіледі. Жүргізілген жұмыс нәтижесінде сандық диффузия коэффициентінің мәні мышьяк буларының қабаты аргон және ұнтақ кварц пен анықталды. Анықталғандай, екі нұсқалардағы сүзгілер (аргон мен кварц) температура арғынымен қысымның төмендеуімен диффузиялық коэффициенті өседі. Сонымен қатар, түйір көлемі ұлғайған жағдайда сүзгінің жалпы кеңістігін арттырады, бұл диффузия коэффициентіне әкеледі. Таңдалған есептемелер диффузия коэффициентін анықтау әдістерің қолдануға болады деген қорытынды жасаймыз.

**Түйін сөздер:** мышьяк, кварц, диффузия, температура, төмендетілген қысым.

УДК 669.778-982:539.378.3

**А. В. Ниценко, С. А. Требухов, А. К. Касымжанова, А. С. Шендяпин**

АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ МЫШЬЯКА ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ**

**Аннотация.** Мышьяк является одним из примесных элементов, подлежащих предварительному удалению из металлургического сырья, вследствие его негативного воздействия на технологию и окружающую среду. Одним из эффективных способов его извлечения является термическая обработка в вакууме. Для расчета и проектирования аппаратов по переработке сырья необходимы знания физических закономерностей массопереноса и информация о кинетических коэффициентах. При рассмотрении опубликованных исследований газодинамики сублимационных процессов установлена недостаточная изученность диффузии мышьяка.

В данной работе экспериментально исследована диффузия паров мышьяка в различных условиях через аргон и слой кварца. Исследование проведено методом стационарного потока на вертикальной вакуумной установке с непрерывным взвешиванием навески в изотермических условиях. В результате проведенной работы были получены численные значения коэффициента диффузии паров мышьяка через слой аргона и порошка кварца. Установлено, что в обоих вариантах фильтра (аргон или кварц) коэффициент диффузии увеличивается с повышением температуры и понижением давления. Кроме того, при увеличении размера зёрен фильтра возрастает общее поровое пространство, что ведет к увеличению коэффициента диффузии. При сопоставлении экспериментальных и рассчитанных ранее данных можно сделать вывод о применимости выбранных методов расчёта и определения коэффициента диффузии.

**Ключевые слова:** мышьяк, кварц, диффузия, температура, пониженное давление.

N. Kurmanov<sup>1</sup>, A. Rakhimbekova<sup>1</sup>, A. Baktymbet<sup>1</sup>, A. Makhatova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Narxos University, Almaty, Kazakhstan

e-mail: [n.a.kurman@mail.ru](mailto:n.a.kurman@mail.ru)

## DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITY IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN KAZAKHSTAN

**Abstract.** The formation of an innovative economy in Kazakhstan is a complexity of economic, social and political issues. An effective use of scientific research findings and developments in the real economy is the most important in terms of Kazakhstan's successful competitiveness, maintenance of high economic growth, improvement of quality of life and implementation of other innovative priorities. In these regard, innovation management and development is becoming more topical as the basis for developing Kazakh companies, by set of relevant technical, operational, organizational, marketing and financial operations.

The aim of this study is to identify characteristics and practical recommendations for the development and further improvement of management mechanisms related to the innovative activities of enterprises in Kazakhstan.

**Keywords:** innovation, innovation process, innovative activity, small and medium enterprises, the Republic of Kazakhstan.

### 1. Introduction

In Kazakhstan, innovation activity of all enterprises in the real sector of economy remains very low; innovative entrepreneurship does not define overall situation in SME business: in 2015, contribution to the economy by innovative SME made up to 1.4% [1].

A shift from export oriented economic model to innovative economics in Kazakhstan is necessary. Today, the State is significantly lagging behind than other developed countries according to innovation driven indices. The Republic of Kazakhstan can be competitive by shifting to a new model of economic growth. The State needs effective strategy for growth through innovation by implementing the development of commercial innovation activities.

From the moment of following industrial innovative development in 2003, Kazakhstan had reached a peak of the main innovation activity indicators in 2014. Positive growth was caused mainly by successful implementation of "The state program for accelerated industrial innovative development of the Republic of Kazakhstan" in 2014.

### 2. Methods

This research has been made to measure the variation of the economic development and innovation in Kazakhstan in terms of increasing global competition.

### 3. Results

#### 3.1 Innovative activity in Kazakhstan

In 2015, in relation to 2005, shares of innovation active enterprises had increased from 3,4% to 8,1% (Figure 1).

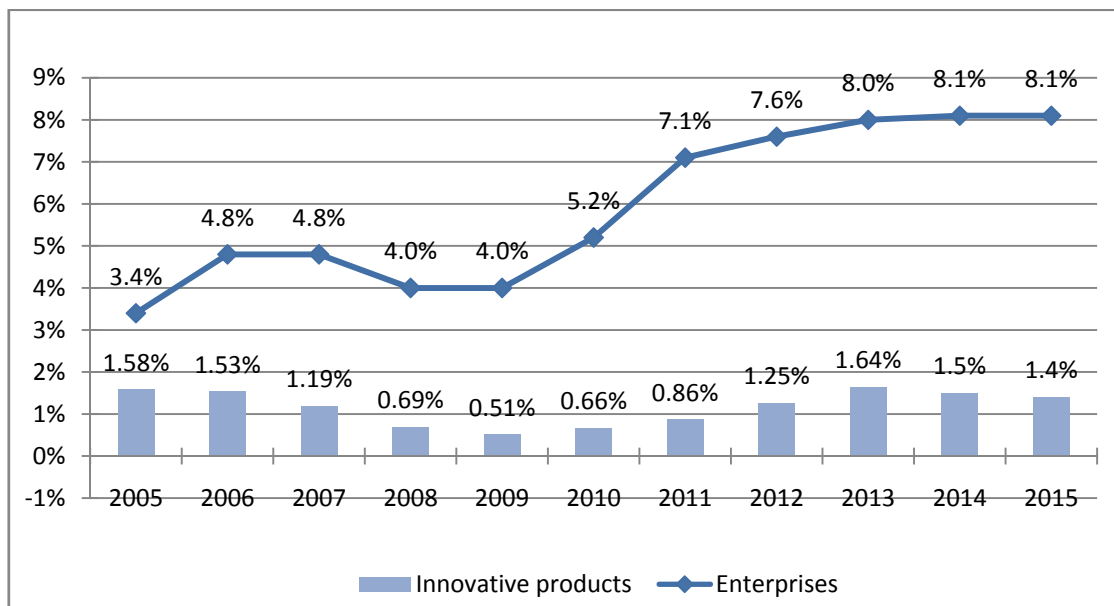


Figure 1 – Innovation activity of Kazakhstan enterprises (share of innovative products in GDP and share of innovation led enterprises among all enterprises)

Source: Committee on Statistics of MNE RK, <http://stat.gov.kz>

To draw comparison: in USA shares of innovation active enterprises make up to 50%; among the European Union countries Germany (79.3%), Sweden (60%), Finland (58%) have highest share. Medium share of innovation active enterprises in the European Union compiles around 53%. (Figure 2) [2].

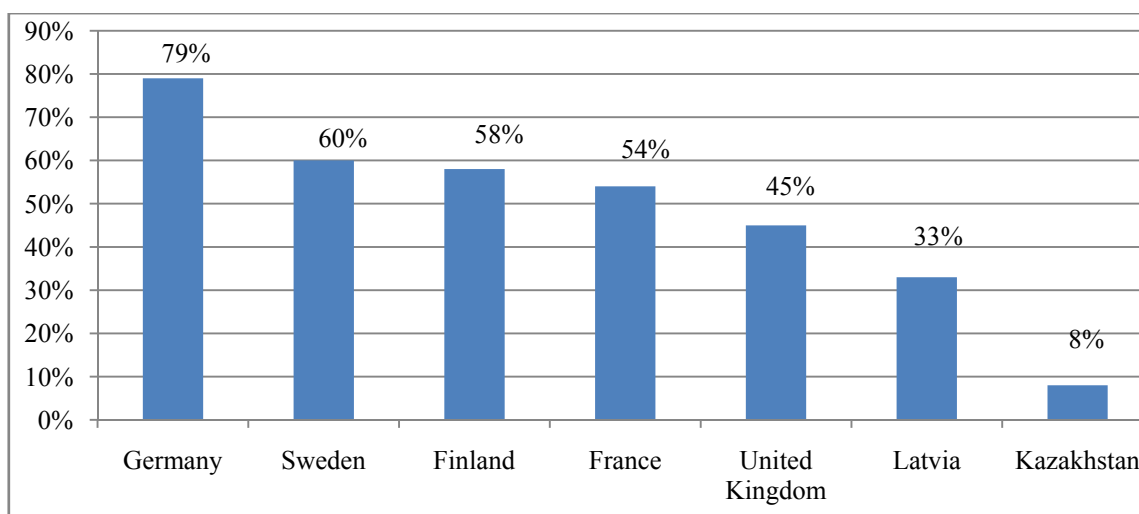


Figure 2 – Innovation activity of Kazakhstan partnerships and foreign countries

Source: National agency on technological development, <http://natd.gov.kz>

Research and development expenses are one of the main indicators of innovation activities. Leaders of this indicator are USA (415 billion USD), China (208,2 billion USD), Japan (146,5 billion USD), Germany (93,1 billion dollars) (Figure 3).

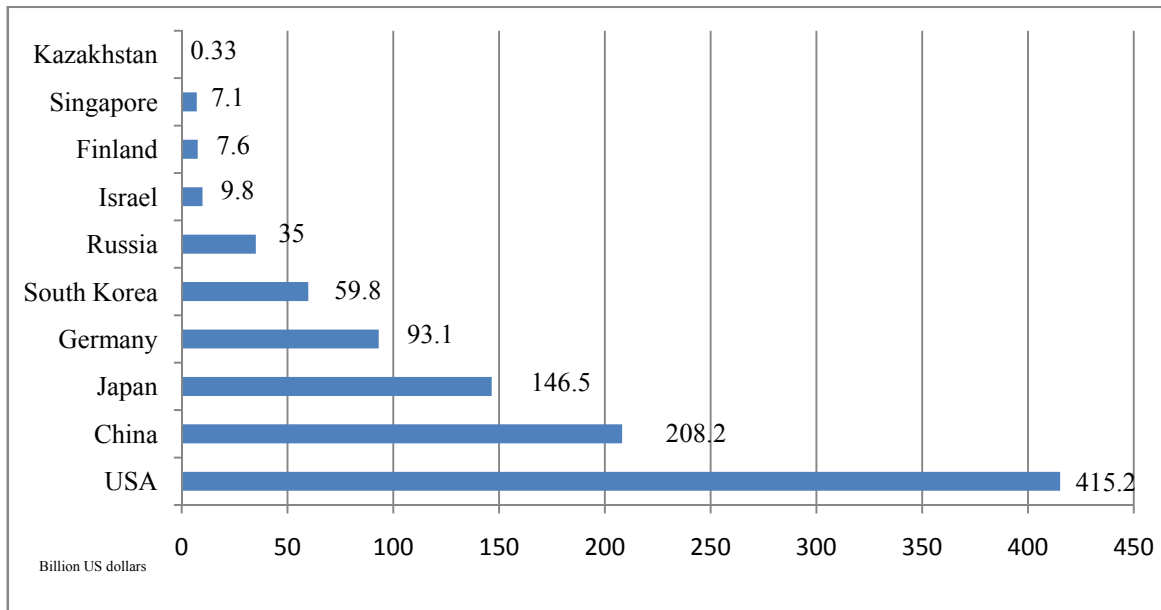


Figure 3 – Research and development expenses in billion USD  
Source: National agency on technological development, <http://natd.gov.kz>

It is necessary to mention the rapid growth of research and development expenses in China. Compared to 2008, this indicator has increased by 1,7 times. Kazakhstan is lagging behind technologically developed countries on the scale of research and development expenses. However, compared to 2011, growth of expenses on research and development in 2013 (61.7 billion KZT) was 42,5% [2].

The largest share of research and development expenses in GDP has been to Israel (4,38 % of GDP), South Korea (4,03 %), Finland (3,78 %), Japan (3,39 %).

It is necessary to mention, that according to European Strategy 2020, one of the five general target indicators is increasing expenses on research and development in the European Union (EU), up to 3% of GDP. In 2011 the average indicator in the EU was 1,94 %, which is higher than China (1,84 %). Among the other European countries, Finland has one of the highest indicators (3,78 %). Indicator of research and development expenses of GDP in Kazakhstan is still low – 0,17 %. However, it is necessary to mention that local science system is in the beginning of its development [2].

According to number of researches, performed by R&D, Kazakhstan is lagging behind many foreign countries (Figure 4).

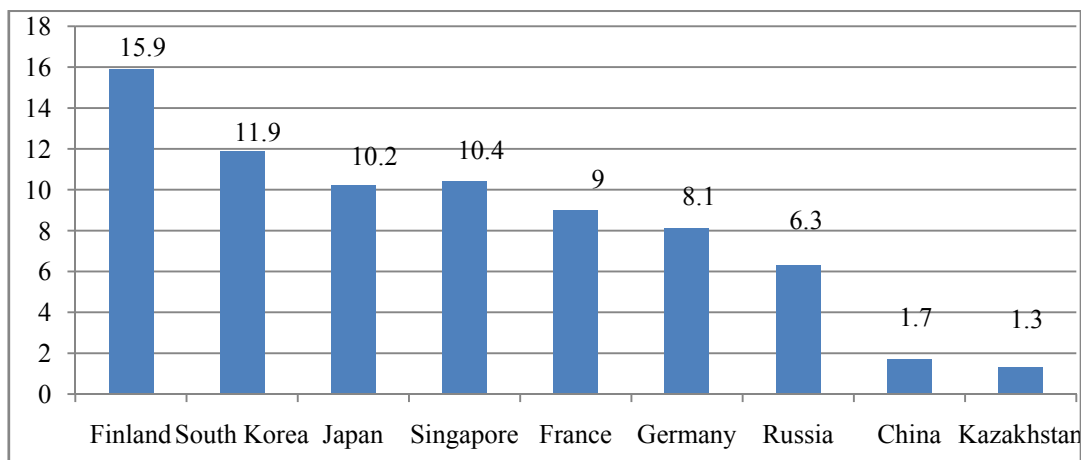


Figure 4 – Number of total researchers.  
Source: National agency on technological development, <http://natd.gov.kz>

Analyzing the number of total researches, we see that Finland exceeds Kazakhstan by 12,2 times,



South Korea by 9 times, Singapore by 8 times.

Nevertheless, according to local statistics data of 2013 this index has increased by 59.5% (up until 17,195 people) compared with 2008.

Therefore, innovation development in Kazakhstan is restrained by personnel deficiency, capable to manage innovation processes and projects. Despite positive statistics in the scientific sector, the staff in Kazakhstan requires effective state support and additional stimulation.

### 3.2 Managing innovation in Kazakh small and medium enterprises

In western European countries, 80% of expenditure is allocated for innovation, with more spent on research and development. Differences in approaches undertaken in Kazakhstan and other countries are given in Table 1. The Table shows the predominance of the state strategic planning and forecasting in Kazakhstan, compared to the more pragmatic foreign models.

Foreign countries	Kazakhstan
<b>The predominance of some conceptual approaches in the general strategy of development for 2001-2010</b>	
Main models implemented in foreign countries: development of human capital assets; innovative ventures; the introduction of corporate management; industrial development.	State strategic planning and forecasting; Kazakhstan-2030; FIID; “disruptive projects”; 40 corporate leaders, etc.
<b>Crisis bailout plan for 2008-2011</b>	
Financial stability, control of inflation.	The implementation of the SP FIID; “Business Road Map-2020”; economic growth stimulation; micromanagement in the real sector.
<b>Long-term strategy for the XXI century</b>	
Reindustrialization, the preparation for industrial revolution, etc.	SSP Kazakhstan-2020; Social modernization; Concept of Universal Labor Society, Kazakhstan 2050: Development strategy, etc.

Source: compiled by authors

It is seen from the comparison of approaches that the state, with its inherent functions, is an active subject of the modern market economy: economic, social, administrative, and other similar mechanisms.

1. State-owner: generates the sector of public enterprises and national companies, main duty is the management.
2. State-enterprise: participates in national and other high-risk projects, using existing assets, including public and private partnerships, and manages own or joint businesses;
3. State administrator: coordinates and controls the activities of all economic players, including own business, and public sector of the national economy;
4. State corporation: creates conditions for acceptable activities for all economic players, directing them to form the Universal Labor Society or a welfare group.

Subsequently, the Kazakhstan practice had confirmed the complexity of innovation development and identified inefficiencies in transitioning to an innovative economy. Accordingly, during 2009 – 2010 the Government adopted swift action to change this situation in terms of the most critical areas and points of application. A more thorough analysis of the causes and effects impeding economic development was conducted. The failure in the industrial sector was considered to be the main deterrent in transitioning to an innovative economic model. The reason for adopting a new state program of innovative development was based on rapid industrialization, which was originally based on implementing more effective ways for the state to regulate innovative processes.

To draw comparison: in USA shares of innovation active enterprises make up to 50%; among the European Union countries highest shares have Germany (79.3%), Sweden (60%), Finland (58%) [3].

**Based on the analysis of institutional changes in Kazakhstan, we have identified the main reasons for the reduced effectiveness of the innovation processes in Kazakhstan, and these are schematically shown in Table 2.**

Table 2 - Reasons for reducing the effectiveness of innovation processes in Kazakhstan

<b>Economic</b>	<b>Organizational</b>	<b>Legal</b>	<b>Infrastructural</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- low scientific technical and innovative potential;</li> <li>- lack of assets;</li> <li>- adverse terms of crediting;</li> <li>- high innovation cost;</li> <li>- low effective demand for innovation;</li> <li>- high economic risk for innovation; and</li> <li>- long-term payoff.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lack of interaction between science and production, between state and private sectors;</li> <li>- lack of new forms of development, cooperation, production of complex products;</li> <li>- low level of regional and world integration.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- incomplete legislative and normative basis for innovative activity, stimulation and regulation;</li> <li>- defense of rights for intellectual property;</li> <li>- patent legislation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- underdeveloped technology market;</li> <li>- underdeveloped information and communication market;</li> <li>- underdeveloped innovative infrastructure.</li> </ul>

Source: compiled by authors

### 3.3 Innovative enterprise financing

Economic diversification is a well-established activity of Kazakhstan. This is reflected in the task, set by the State Program of Forced Industrial and Innovative Development. This program provides the sustainable development of innovation. However, the next decade is expected to see a doubling of oil production, creating a challenging political task to reduce the country's dependence on primary commodities [4].

In the first stage, which started in 2010 after a preparatory phase, the state program focused on modernizing production facilities. The second stage of a new economic creation was aimed at developing new enterprises in Kazakhstan, involving companies that were world leaders in different sectors. The third stage involved the creation of a framework for the future economy through investments in aerospace, biotechnology, information technology, and alternative energy production (Table 3).

Table 3 – State Program of Forced Industrial and Innovative Development of the Kazakhstan (SPFIID)

Preparatory stage (2011-2012)	<b>Third stage: base formation for “future economy” (2012-2014)</b> Aerospace, biotechnology, information technology, and alternative energy production.
Preparatory stage (2010-2011)	<b>Second stage: new economy creation (high labor efficiency) (2011-2014)</b> The creation of new enterprises with the world's leading companies in certain sectors. Development of measures to stimulate the economy (SME development, reducing the share of oil and gas exports through the export of other commodities, and foreign investment).
Preparatory stage (2009)	<b>First stage: economy based modernization (material refining efficiency) (2010-2014)</b> The establishment and operation of scheduled national and regional investment projects. Development of industrial and regional development programs. Development of laws on industrial policy, SME.

Sources: compiled by authors

Currently, the complex instruments under the state influence aim to achieve the economic level of developed countries that are close to the technological frontier. Strategies must differ from the measures already implemented, to ensure similar effectiveness of more developed countries. This applies to the various tasks assigned to each of the three stages of the development strategy of Kazakhstan. The modernization of existing structures is mainly carried out at the expense of investments. It needs imports and effective use of industrial technologies, including the improvement of the workshop management, organizational innovation, and staff development [5].

Initially, booster strategies and measures for developing innovative potential of the economy should dominate in the context of Kazakhstan, which can draw on the second stage of SPFIID, and grow over time. The emphasis here is on creating an enabling environment for innovation that contributes to sustainable and gradual progress on several issues.

### 3.4 State financial institutions

The political stage of SPFIID provides guidelines and a legal framework to develop financial support for innovation within the country. This is a part of the Kazakhstan Strategic Development Plan until 2020.

There a number of institutions that are involved in financing and modernizing management operate in Kazakhstan. These include institutions that fund investments, attract infrastructure projects, and provide resources for innovation. The most important institutions in this area are discussed below.

*Development Bank of Kazakhstan (DBK)* was founded in 2001. It provides financial support to the private sector and government agencies by providing medium- and long-term loans at low interest rates. The Bank focuses on infrastructure projects and crediting industrial enterprises. It is owned by Samruk-Kazyna.

The purpose of the DBK is to promote sustainable economic growth by providing long-term funding and various financial services in non-extractive industries. Since its formation in 2001, the Bank has considered a total of 180 projects, total 10.4 billion dollars, 5.1 billion dollars of which were provided by the DBK.

From 2007 to 2011, the Bank's portfolio grew more than three times. The Bank's assets amounted to more than 6 billion dollars, about 2 billion dollars of which were singled out as loans. The subsidiary organization, DBK-Leasing, established in 2005, provides short-term and long-term lease financing and participates in the program "2020 Productivity". Their existing loan portfolio shows significant lending to primary industries, based on raw materials, such as oil refining, energy, metals, and non-metals production, which accounted for nearly two-thirds of the total loan portfolio at the end of the first half of 2011. Lending for transport and logistics also comprises a large amount and represents about 10% of the Bank's total portfolio.

The DBK plans to become a major source of long-term finance for infrastructure development, strategic investment projects, and export operations. It plays an important role in the implementation of SPFIID. With this state program, the Bank plans to increase the share of lending to the following industries: metal, transport, energy (electricity), chemical and petrochemical, telecommunications, and others.

*Damu Entrepreneurship Development Fund* was created in 1997 to provide financial and non-financial support to small and medium enterprises, and to stimulate demand for products and services of these companies. Damu is working at the regional and national levels. With 16 offices across the country, this subsidiary of Samruk-Kazyna tends to be a unifying channel of governmental measures that support entrepreneurship development and small and medium businesses with 13 financial and 11 non-financial programs. The fund also assists the business environment in general. Damu is currently a financial party of the "Business Road Map 2020", one of the SPFIID activity directions.

The purpose of *Investment Fund of Kazakhstan (IFK)*, established in 2003) is to ensure that the industrial and innovation policy in Kazakhstan are included in implementation, and investment projects and financial support is provided for private sector initiatives in non-oil sectors of the economy. The achievement of these goals is provided through direct equity participation in the invested companies.

The IFC invests in new and existing companies that are engaged in raw material processing and which use new technologies in the development of competitive products. As well, it provides services to other companies. The IFC is also co-financed and involved in the management of investment projects in the non-oil sectors of the economy. The fund participates in co-financing overseas investment projects that deal with initiating industrial cooperation between national and foreign companies.

Its current portfolio includes 28 investment projects amounting to 670 million dollars. The direct participation of IFC makes up 198 million dollars.

Over the past 10 years, Kazakhstan has adopted a number of measures to create an institutional infrastructure that supports innovation. One involved the creation of *National Agency for Technological Development (NATD)* in 2003, under the Ministry of Industry and New Technologies. The NATD activities include: operation of the Center for Engineering and Technology Transfer (CETT), direct investments in innovative companies, and support to R&D projects. The NATD is actively involved in promoting innovation through investment in equity share capital, redeeming domestic and foreign venture capital funds, supporting technology parks, and stimulating the development of an innovative culture.

*Fund of Science* was established in 2006. The fund is actively operating in the field of information and communication technology (ICT) and space technology, nanotechnology and new materials, biotechnology, renewable energy technology, and nuclear technology. The fund provides loans to scientists who plan to set up a company or sell their findings in the next 3-5 years. The funding ranges from about 50 thousand to 2 million dollars. Eleven projects are supported so far, and in mid-2011, three of them started redeeming the funds provided (Table 4).

All institutions are currently considering new opportunities to replenish their portfolio of tools. Damu, for example, is working on a guarantee mechanism to assist small and medium enterprises (SMEs) in obtaining financial support from the banking system and have plans to invest in equity share capital. NATD continues its activity on the development of business incubation in technology parks [2].

Table 4 – Review of main institutions and their financial instruments

Financial institutions	Participation in financing	Loans	Grants
Development Bank of Kazakhstan		Infrastructure development, pilot projects, industrial companies	
Entrepreneurship Development Fund (Damu)		Various programs, micro-finance, “Business Road Map 2020”, “2020 Productivity”, etc.	
Investment Fund of Kazakhstan	Various development projects		
National Agency for Technological Development	Investment projects to innovation companies, national and foreign venture funds		R&D grants for various aims: patenting, technology acquisition, project feasibility study, and R&D
Fund of Science		Commercialization	R&D grants

Sources: compiled by authors

Sectoral programs have been adopted for more effective actions, in all the 13 priority sectors: mining and metals, machinery, chemical, pharmaceutical, textile and construction, production of construction materials, oil and gas, transport infrastructure, agriculture, space activities, information and communication technologies, and tourism. This involves more than 100 new business support tools. Laws pertaining to the state support of industrial innovation, energy conservation and efficiency have been adopted. In addition, laws for creating special economic zones and reducing administrative barriers for business have been developed and adopted.

Along with the sectoral programs, there are special programs that support the project. These include 1) the forced modernization of the existing and creation of new productions through “2020 Productivity”; 2) a design-targeted, export development and promotion program with “2020 Export”; 3) support and encouragement for foreign direct investment with “Investor – 2020”; and 4) the development of entrepreneurship in the regions with “Business Road Map 2020.” Today, forced industrialization is an objective necessity for Kazakhstan. Through rational territorial organization of economic potential, the “Industrialization Map for 2010-2014” will allow the creation of new economic growth centers in the country and a balanced development of priority sectors [6].

### 3.5 The development of innovation support system of the enterprise

To ensure further innovative development of enterprises, the following is recommended.

**The development of an effective system for technology commercialization.** Commercialization of technologies should be linked directly to the practical application of scientific and technological activities, in order to introduce into the market either new or improved products, processes and services that have a positive economic effect.

A systematic approach to commercializing technology will give a significant impetus for a rapid introduction of scientific and technical activities in the economic cycle. This will eventually allow the state to create new jobs, to return to the budget through tax revenue, invest in research and development work and improve the overall competitiveness of Kazakhstan in the global technology market.

To create a normative legal base for the development of a system for intellectual property and commercialization in the Republic of Kazakhstan, the interests of all stakeholders in intellectual property and commercialization should be taken into account, to ensure investments are stable and secure. This measure will allow research institutions to participate in all forms of intellectual property and commercialization, and likewise for researchers working in public research institutions. As well, it will

allow them to manage and own a share of the stocks in an innovative company. This would reduce the risk of scientific unities creating their own intellectual-property based business.

In particular, according to the experience of European countries, state supports the use of the commercial potential of research institutes and universities, stimulates and motivates scientists and institutions to commercialize their knowledge and technology. The continuous transfer of knowledge from the public sector to the private should be developed. It is necessary to arrange measures to recognize domestic patents abroad, develop a system of intellectual property for implementation into the economic circulation, and develop a state system of intellectual property valuation [7].

It is also necessary to create a system of information exchange – **a state network of institutions for innovative development**, to support innovative projects at all stages. As a part of such system of information exchange, the mechanism of forwarding on information, which promises innovative projects among institutions of innovative development, should be established. An information exchange system should also be an effective tool of “linking” the research and development with the business, resulting in the formation of new companies based on the results of applied research.

**Development of national human resources and accumulation of competences in the field of technology commercialization.** To build competencies in the field of technology, a development priority would be to provide commercialization training to staff supporting the commercialization process and their primary beneficiaries.

The development of human resources is required for successful commercialization. Training, exchange of experience, and targeted outsourcing of professional advice will play a central role in creating a sustainable system of technology commercialization in Kazakhstan. In this regard, it is necessary to encourage local experts to participate in various programs that improve competence in the field of commercializing innovation and to visit foreign structures of technologies for best practice in commercialization.

**The stimulation of enterprise innovation activity.** The transition of Kazakhstan’s innovation system from a model driven, by the state to a sustainable system, driven by the private sector is necessary to reduce administrative barriers and tax incentives, provide access to finance, create innovation clusters, develop the business environment, and to create demand for innovation.

The reduction of administrative and technical barriers, together with improved access to finance will contribute to the emergence of a large number of innovative companies.

The openness of the domestic markets will lead to an increased access to global knowledge and technologies. In this case, the transfer of advanced knowledge and technologies could be implemented through the creation of an enabling environment and incentive tools, including the following important directions:

- involvement of foreign innovative companies of small and medium, creation of joint ventures among them;
- maximum use and attraction of scientific potential from fellow scientists who are successfully working in foreign research institutions;
- disclosure of foreign patents and licenses with the transfer of advanced technologies to improve the competence of local specialists [8].

In order to better promote Kazakhstan’s high-technology products in international markets, it is necessary to strengthen regular interaction among stakeholders (e.g. the export-oriented high-technology and innovative enterprises and companies; joint-stock company “National Agency for Technological Development”; JSC with their “Damu Entrepreneurship Development Fund”; and JSC with their “National Agency for Export and Investment”).

**The reduction of administrative barriers and tax incentives.** Today, Kazakhstan functions under the principle of tax legislation unity, which provides a single regime for all businesses, regardless of the innovative component of their products.

At the same time, innovative companies are in need of an unprecedented legal regime that will minimize administrative barriers.

In order to develop possible administrative and tax incentives for innovation, the following actions are needed:

- to explore the possibility of developing and implementing mechanisms for the promotion of enterprises that work in the legal field; and
- to consider the desirability of introducing a special tax regime to facilitate the conditions for innovative enterprises during the first five years of development [9].

**Financial inclusion.** Financial inclusion remains a key limiting factor for the development of entrepreneurship in Kazakhstan. This is due to the reluctance of the banking sector to financially risky innovative projects. In particular, these are projects, belonging to small and medium businesses, which, in most cases, can provide only limited resources to secure a loan.

In our opinion, for these purposes, it is necessary to work through the following measures:

- to increase the issuance of microcredits and small grants to promote pilot implementation of capacities and entrepreneurial initiatives;
- to develop financing of equity instruments and tools, aimed at financing the early stages of development of the company; and
- to develop corporate venture capital, by encouraging large companies, including foreign companies, to acquire shares in the new innovative companies [10, 11].

**The creation of innovative clusters** will increase the innovative activity of business entities, as well as lead to the emergence of synergies. For example, form clusters of participating companies, which are more likely to create new products than single enterprises. In this case, the activity of enterprises within the cluster can overlap and complement each other. The formation of innovation clusters, simultaneously, promotes interchange between related industries and fierce competition within industries.

**The formation of the demand for innovation.** When building an effective national innovation system, the attention should be focused on implementing measures that increase the demand for innovation. Most countries that are rapidly developing their innovative systems do not succeed, because of the poor demand for innovation.

As shown from international practice, central to the system of national innovation are businesses with their own capacity for carrying out research and development that enables them to innovate successfully [12].

Today, a weak demand is the key constraint to the promotion of innovation within the country. The formation of demand for innovation should be provided by the state through regulatory measures and incentives.

**The development of innovative infrastructure.** The activity of innovative infrastructure should focus on providing the necessary financial, methodological, and information support at all stages of the innovation process. It should also create and promote new projects that provide advanced scientific development, and introduce high-technology industries. The main elements of the innovative infrastructure are: a special economic zone, “Park of innovative technologies”; regional technological parks; venture capital funds; industrial design offices; and international technology transfer centers [13].

By interacting with each other, these elements of innovative infrastructure will provide an integrated system of support for innovation at all stages of implementation, and this will allow companies to:

- maximize capture of innovative subjects with tools supported by the state;
- establish an effective system of commercialization and promotion of innovation, based on national scientific research;
- establish a system of transfer, localization and distribution of the necessary foreign technologies [14, 15].

#### **4. Conclusion**

Integrative processes provide an opportunity for Kazakhstan to expand its markets and increase its capacity for innovation. Competitive pressure creates a huge incentive for Kazakhstan enterprises to innovate. To take full advantage of these opportunities, it is necessary to make effective policy measures to support further modernization and diversification of the economy.

The questions regarding innovative processes, management improvement, and innovative achievements are now becoming more relevant. They require the participation of the various layers of Kazakh society. At the same time, as evidenced by the latest Kazakhstan experience, the coordinating and controlling role of the state in this area is becoming increasingly important and serves as an inherent function.

## REFERENCES

- [1] Committee on Statistics of Ministry of National Economics of the RK (2016). The official statistical information. <http://stat.gov.kz>
- [2] National Agency for Technological Development (2013). Information-Analytical Report "On development trends of innovation in the Republic of Kazakhstan and in the world". [www.natd.gov.kz](http://www.natd.gov.kz) (in Russ.).
- [3] World Bank (2015). World Development Indicators. Washington, DC: The World Bank
- [4] Kurmanov, N., Kabdullina, G., Karbetova, Z., Tuzubekova, M., Doshan, A., & Karbetova, S. (2013). Motivation of employees' labor activity in oil and gas companies in Kazakhstan. World Applied Sciences Journal, 26(12), 1556-1561. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.26.12.13590
- [5] United Nations Economic Commission for Europe. (2012). Innovation performance review of Kazakhstan. Retrieved from. <http://www.unecce.org/publications/oes/welcome.html>.
- [6] Kurmanov, N., Yeleussov, A., Aliyev, U., & Tolysbayev, B. (2015). Developing Effective Educational Strategies in Kazakhstan. Mediterranean Journal of Social Sciences, 6(5), pp. 54-61. Doi:10.5901/mjss.2015.v6n5s1p54
- [7] Yeleussov, A., Kurmanov, N., & Tolysbayev, B. (2015). Education quality assurance strategy in Kazakhstan. Aktualni problemy ekonomiky (Actual Problems of Economics), 2, 142-150.
- [8] Smirnova, Y. V. (2013). The Innovation Infrastructure of Kazakhstan: Why did the Innovation. Quality Innovation: Knowledge, Theory, and Practices: Knowledge, Theory, and Practices, 322. DOI: 10.4018/978-1-4666-4769-5.ch015
- [9] Kurmanov, N. A., Zhumanova, B. K., & Kirichok, O. V. (2013). Business-Education in Kazakhstan: Opportunities and Development Strategy. World Applied Sciences Journal, 21(10), pp. 1495-1501. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.21.10.2952
- [10] Buesa M., Heijs J., Baumert T. The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge production function approach //Research Policy. – 2010. – Т. 39. – №. 6. – С. 722-735.
- [11] Parmanov N. Formation and development of institute of Intellectual Property rights protection in Kazakhstan //Global Journal on Technology. – 2013. – Т. 4. – №. 2.
- [12] Smirnova Y. V. The Innovation Infrastructure of Kazakhstan: Why did the Innovation //Quality Innovation: Knowledge, Theory, and Practices: Knowledge, Theory, and Practices. – 2013. – С. 322.
- [13] Dana, L. P. (1997). Change, entrepreneurship and innovation in the Republic of Kazakhstan. Entrepreneurship, Innovation, and Change, 6(2), 167-174.
- [14] Kussainov, T. A., Maitah, M., Kurmanov, N. A., H6jek, P., Tolysbaev, B. S., & Baidakov, A. K. (2015). Economic Analysis of the Impact of Changing Production Conditions on Wheat Productivity Level. Review of European Studies, 7(11), pp.125-131. doi:10.5539/res.v7n11p125
- [15] Radosevic, S., & Myrzakhmet, M. (2009). Between vision and reality: Promoting innovation through technoparks in an emerging economy. Technovation, 29(10), 645-656.

УДК 33:001.895

Н.А. Курманов, А.Е. Рахимбекова, А.С. Бактымбет, А.Б. Махатова

<sup>1</sup>Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, <sup>2</sup>Университет «Нархоз»

**РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО  
И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В КАЗАХСТАНЕ**

**Аннотация.** Формирование инновационной экономики в Казахстане осложнено экономическими, социальными и политическими вопросами. Эффективное использование результатов научных исследований и разработок в реальном секторе экономики является наиболее важным с точки зрения успешной конкурентоспособности Казахстана, обеспечение высоких темпов экономического роста, улучшение качества жизни, а также помощь в реализации других инновационных направлений. В этих условиях управление и развитие инноваций становится все более актуальной проблемой в качестве основы для разработки казахстанских компаний, путем определенного набора соответствующих технических, эксплуатационных, организационных, маркетинговых и финансовых операций. Целью данного исследования является выявление особенностей и практических рекомендаций по развитию и дальнейшему совершенствованию механизмов управления, связанных с инновационной деятельностью предприятий в Казахстане.

**Ключевые слова:** инновации, инновационный процесс, инновационная деятельность, малые и средние предприятия, Республика Казахстан.

Н.А. Курманов<sup>1</sup>, А.Е. Рахимбекова<sup>1</sup>, А.С. Бактымбет<sup>1</sup>, А.Б. Махатова<sup>2</sup><sup>1</sup>Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, <sup>2</sup>«Нархоз» университеті

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ КІШІ ЖӘНЕ ОРТА БИЗНЕСТІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ  
ҚЫЗМЕТІНІҢ ДАМУЫ**

**Аннотация.** Қазақстандағы инновациялық экономиканы құру экономикалық, әлеуметтік және саясаттық мәселелермен шиеленісіп тұр. Экономиканың нақты секторында ғылыми зерттеулердің нәтижелерін тиімділігін қолдану Қазақстанның бәсекеге қабілеттілігінің маңыздылығы болып табылады, экономикалық өсудің жоғарғы қарқының қамтамасыз етуге, сонымен қатар басқа да инновациялық бағыттарды жетілдіруге қажет. Осы шарттарды ескере отырып, инновацияларды дамыту және басқару қазіргі уақытта қазақстандық компаниялардың өзекті мәселелері болып тұр, сонымен қатар нақты техникалық, эксплуатациялық, ұйымдастырушылық, маркетингтік және қаржылық операциялардың жиынтығы болып табылады. Зерттеу жұмысының мақсаты Қазақстан кәсіпорындарының инновациялық қызметтерімен байланысты басқару механизмдерін одан әрі жетілдіруге тәжірибелік ұсыныстарды анықтау болып табылады.

**Түйін сөздер:** инновациялар, инновациялық процесс, инновациялық қызмет, кіші және орта кәсіпорындар, Қазақстан Республикасы.

**M.K. Kolbayev<sup>1</sup>, G.B. Nyurlikhina<sup>2</sup>, G.K. Tyurabayev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Zhansyugyurov Zhetysyu State University,

the Republic of Kazakhstan, Taldykorgan, e-mail: univer@zhgu.edu.kz;

<sup>2</sup>Abay Kazakh National Pedagogical University, the Republic of Kazakhstan, Almaty, e-mail: gnurlihina@mail.ru;

<sup>3</sup>Abay Kazakh National Pedagogical University, the Republic of Kazakhstan, Almaty

## **VENTURE FINANCING OF SMALL INNOVATIVE ENTREPRENEURSHIP**

**Abstract.** Small innovative enterprises (SIE) being a peculiar platform for commercialization of scientific developments and adoption of innovative activity results are the base for knowledge-based economy development. An important condition for SIE operation activation is venture financing mechanisms. This article describes the essence of venture financing, substantiates the reasonability of this instrument application for financing of innovative activity of small enterprises.

**Keywords:** venture financing, venture capital, investments, risk, small innovative enterprises.

### **Introduction.**

Small innovative enterprises are traditionally main facilities for venture investments due to its peculiar activity. In contrast to large companies, at initial stage, small innovative enterprises do not possess financial resources to implement its innovative projects. Commercial loans are impeded by such factors as high risks and non-coverage of loans.

An attempt to solve these problems in foreign countries led to adoption of fundamentally new financing mechanism – venture. Venture capital is mainly used for financing of activity of fast growing companies having an important role in ensuring of industry competitiveness in whole. That is why the countries having the developed market of venture financing (USA, Japan, Germany, Great Britain, and Netherlands) are the largest exporters of high technology products.

There are many definitions for “venture capital”. The National Venture Capital Association of the USA provides the following definition: “venture capital is financial capital provided by professionals to early-stage, rapidly growing companies with potential to become companies contributing significantly into economy” [1]. At the same time, the west-European theory does not consider venture capital as individual industry, but relates it to direct private capital and associates it with management buyout scheme or company buyout with borrowed assets [2]. If American venture investors aim to contribute funds into prospective breakthrough projects, their European colleagues finance the projects of more traditional branches. In the post-Soviet countries’ practice all direct private investments were related to venture capital. However, with time the situation has changed, and contributions invested into companies at its early development stage only have been related to venture capital.

The literature review [3-8] showed that there is no united definition for venture capital yet. In general, venture financing can be characterized as a special form of capital investment into facilities of innovative activity with high risk level with an eye to swift high incomes. However, in fact, as noted by Semenov A.S. and Kashirin A.I. “...these are fundamentally new economic relations in which the crucial role belongs to investors participation in projects management and business doing experience transfer” [9].

Large amount of definitions for “venture capital” are deduced to its functional task – “raising” of innovative business at its early stage of growing by providing investments for a long period in return for a share in this business [10]. Yoda Ye.V. states that the following components are necessary for existing of venture capital as an economic category: risk environment; high revenue rate; venture investment process [11].

Thus, risk investments into prospective high-yield facilities are inherent to venture financing. It is





initial stage and at the beginning of early growth stage these moments can be conditionally named as break-even point. "Valley of death" mentioned in the beginning of this paper finishes at this break-even point, as enterprises that reach this point are considered as successful.

Venture capitalists are very serious about the projects selection process, and, as rule, it consists of two stages:

1. Initial stage. Venture investor reviews a resume of investment proposal; usually its volume is from five to seven pages. At this stage the projects are screened;

2. Detailed analysis – thorough comprehensive analysis of a business plan, usually its volume is to be about 30 pages. At this stage a Project is either approved or declined. Thus, accurate business plan is very important for investor attraction.

As for financing sources, at the seed stage of an enterprise growth these are informal venture investments, own funds and angel investors funds. Very often financing is continued until an enterprise is established. An example is financing of works on creating of a prototype of innovative product and its patent protection, analysis of sales market or rendering of services, legislative provision of profitable franchising contracts and sale and purchase agreements, as well as on drawing of entrepreneurship activity plan, selection of managers and company establishing until the moment when it is possible to pass to the initial stage of growth.

Illustrative is the example of Google Inc. Company: two students from Stanford University have developed an idea and main algorithms of Google search service. Long time none of venture investors believed in their Project. In 1998 without any documents and company foundation they received funding in the amount of 100 thousand dollars from angel investor Bechtolsheim A. [13]. Next month they registered the Company and opened bank account, purchased necessary equipment, improved operation principles of the search service and attracted 25 million dollars from two venture funds. The pay-back period was 2 years. In 2001 they received their first revenue – 7 million US dollars, in 2005 it was 6 billion US dollars, in 2013 – 15.7 billion dollars [14]. This example is one of the successful investments in the history of venture funding development.

At the initial stage of an enterprise growth the products are planned, management staff is selected, the results of marketing research are received. Risk in this case is high, and investments hardly will be repaid in the nearest 5-10 years at least. Here, the main investors are venture funds.

Funding of the early stage is aimed at rendering of assistance to small enterprises possessing large potential growth. As rule, some of them are able to attract means of direct investment funds and commercial banks. Those that are not able to finance the growth by loan due to inability to guarantee its repay are funded by venture capitalists. Considering high degree of investment results predictability, the risk of investments in this case is a little lower than for investments at initial stage of growth, however it is still significant. Most often the companies that exist less than three years with no revenue are financed this way.

Funding of the later stage stipulates allocation of means for enterprises with existing industry, possessing large potential for expansion, for instance, due to start-up of a new production line or creation of distributive network at new territories. Such investments are much less risky than for previous cases, and payback period is much shorter (about 2-5 years). Here, bank loans and direct investments can be attracted. It is a rare case when venture capital is applied as an alternative to classic crediting. In this case funding of a definite operation is implemented as one-time act. Very often at the stage of expansion the enterprises issue securities.

At the height of activity the enterprise exits from venture structure by selling to a strategic investor, IPO placement. The enterprise establishers can also pay the invested funds to venture investors upon agreement of the sides. Here, it is worth to note that imperfection of venture financing in Kazakhstan is due to lack of definite organizational and legislative mechanisms of companies exit from venture structures.

The convincing world experience shows that venture investments are mainly directed on funding of SIE as namely this kind of enterprises show high income rate at very high risk. Rogova Ye.M. and Fiyaksel E.A. have analyzed the distribution of venture means among large and small enterprises of Europe that showed that about 70% of venture financed facilities have 20 – 90 employees, 20% - 100 to 199 employees, other 10% of venture means were concentrated in middle-sized and large enterprises [15]. What is the reason of these preferences? Possibly, this is stipulated by that peculiar activity of SIE that is

shown in income generation from investments by exit from financed companies. This procedure is realized by selling of venture investor shares a) at the stock market if a company came into the stock market via IPO; b) to another investor; c) to a large company for take-over; d) to management of a financing company. In the first case, large companies only have prospects to enter the market, but those do not need direct financing as other financing sources are available for them. Thus, venture investors prefer to invest funds into small innovative business that can rise due to high demand for innovative products.

However, there are some limitations for venture financing of SIE, namely:

1. Venture financing is featured by high risk level due to lack of any guarantees of startup company successful growth. According to some estimation, only 300 of 3 thousand prospect entrepreneurship ideas reach the investors, and only one of them is commercially successful [16, P.74]. And the most successful makes the investors up to 2000% of a profit. In the USA, in 2006, the average profitability of venture investments was 20.8% per annum, while the profitability of direct investments for the same period was 11.4% per annum. In EU the profitability of venture funds ranges from 13% to 25% [17]. In neighboring Russia, venture funds are not engaged in projects which profitability is less than 30% [12]. The requirement for high profitability is the main criterion in the process of projects selection.

2. Due to high profitability requirements, the SIE, at the initial stage of growth, experience investment limitations from venture capitalist. As far as it transits to another stage of growth, venture investments volumes can change proportionally. This tendency is typical for venture funds of developing markets.

3. Venture investors, usually, are not interested in projects having small volumes of investments.

4. Unwillingness of SIE founders to engage venture investors in company affairs due to fear to lose its idea, business. Venture capitalists readily participate in a company management, act as a guarantor in solving of complicated tasks, and render other organizational and counseling assistance. This is stipulated by its interest in successful implementation of project ideas and making of large profit. However, this fact deters many entrepreneurs and they reject venture financing.

The largest venture markets are the USA and Europe that have 88% of the total volume of venture capital and 87% of total amount of bargains (according to preliminary data for 2013) [18]. Prospective are also markets of Israel, India and China. Other regions (Middle East, except Israel, South America, Africa and other) are considered as relatively unattractive for venture capital. The dynamics of venture investments distribution among the regions is shown in Figure 2.

Thus, venture industry grows in the developed and rapidly developing countries. It is known that venture capital was a locomotive for Silicon Valley companies' growth. As of January 1, 2013 total volume of venture investments in the Silicon Valley from 2000 was 62.2 billion dollars [18]. Over the past few decades venture financing favored the creation of hundreds of thousands work positions, development of computer industry and biotechnologies, and growth of such giants as Google, Facebook, Intel, Skype. European countries, China, Israel and other countries followed the example. In 1990's, the volume of long-term venture financing accounted for 100 billion euro. West Europe only possesses about five hundred venture investment funds.

In the world, venture capital is concentrated in four main activity fields: information technologies, health care services, consumer sector, financial and business services.

Starting from 2000, the information technologies field is a leading sphere for venture investments in all existing venture markets except India where it takes second rank. It should be noted that the largest relative weight of venture transactions belongs to software solutions. Currently, this field is developed actively in the markets of China and Russia [19]. At the present time, Kazakhstan shows the tendency for increase of start-up amount in the field of information technologies. By the estimations of American experts those will be able to ensure profitability in the amount of 30% in the nearest time. At the same time, in the USA this indicator is 20% in average [20]. Despite insufficient development the information technologies market in Kazakhstan is quite prospective as demand for IT-projects exceeds supply significantly. In addition, Kazakhstan market is less particular as compared to the developed markets.

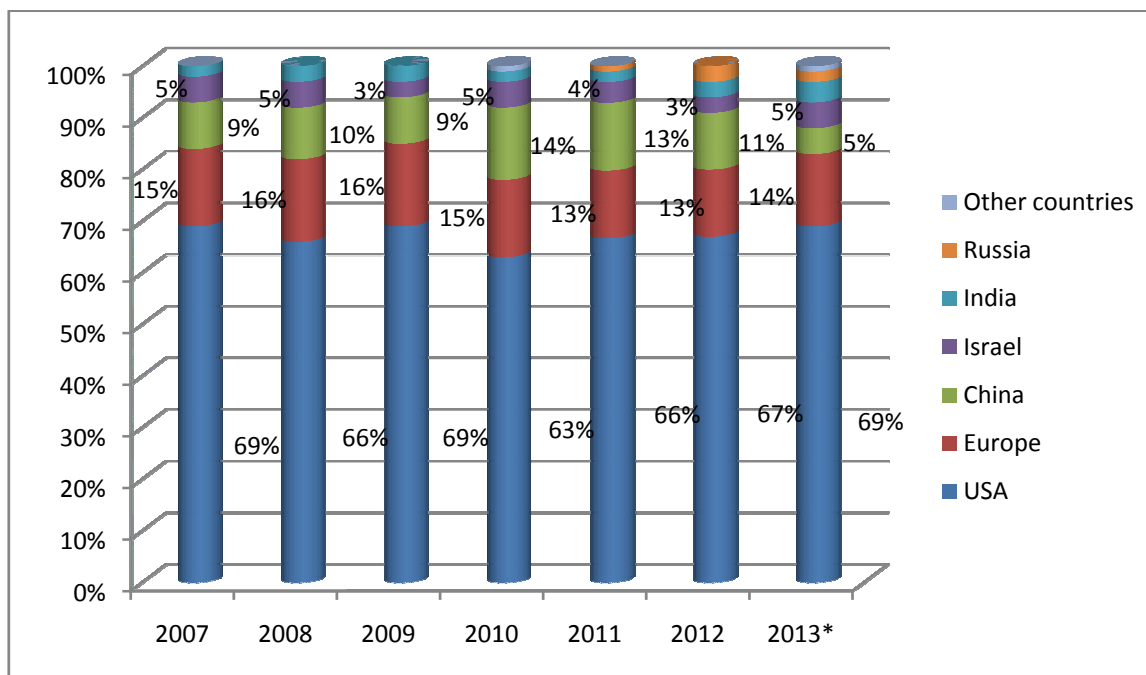


Figure 2 – Distribution of investment volume among the largest venture capital markets in 2007-2013\*.  
 Note – Compiled by authors basing on [18].  
 \*preliminary data

Another significant issue is low exit cost from the venture structure. Thus, venture investors of Kazakhstan should use the Eurasian Economic Union zone, in particular, Russia and Belorussia as prospective sale markets. By different forecasts, in Russia, the exit cost from the venture structure in this field will reach 30-50 million dollars in the nearest two years [20]. Despite toughening competitive struggle between venture funds in the field of information technologies in Russia, the national venture businessmen have strong opportunities to sell their companies namely in Russia.

Summarizing all mentioned above, it can be stated that venture capital is the most important instrument for financing of SIE activity as those are not able to get bank loans and other direct investments due to high risks and non-coverage of loans. Dual nature of venture capital functioning is featured by high risk level and supposes getting of high profits on the one hand, and by peculiar mechanism of financing on another hand. The mechanism of SIE venture financing itself supposes availability of venture capital during the period of innovative activity, and when it expires a venture capitalist exits from the structure by selling of the whole company or its share to a strategic investor, or by merging and takeover, or buys out himself, or places the shares in the stock market. Independently of the selected way of exit from the venture structure, the innovative cycle at the enterprise is finished and investment cycle is started.

There is also another feature of venture financing. As rule, at the beginning of the innovative activity, an innovative business-idea or project is formed along with a key management team. And to move forward from the starting point some funds are necessary. At this pre-starting stage receive of financial means from venture funds is impossible as the enterprise is not registered and its profitability is unclear for formal venture capitalists. In such cases the founders of future enterprise can invest their own funds, or attract informal venture capitalists – business angels as investors. Usually, financial means allocated by angel investors are not large, but enough to move to the next level of growth – starting stage when it becomes possible to attract financial means of venture funds. Also, depending on the development stage of SIE, the volumes of venture financing can increase proportionally. This tendency is peculiar especially for venture funds of developing markets. For developing countries, including Kazakhstan, there are also two main problems interfering venture business development, these are imperfection of innovative infrastructure and mentality features. The latter problem shows that national entrepreneurs do not want venture investor representatives to enter the company so that investors are not engaged in operational

affairs of the company. Venture capitalists in their turn are interested in business profitability and considering high risks they always want to favor the company growth and ready to render organizational assistance regarding company management.

The largest venture markets are the USA and Europe. The markets of China, Israel and India are considered as prospective. Recently, venture industry has been developing actively in Russia, especially in the field of information technologies. Despite abundance of venture funds in Russia, its projects profitability demands are overstated – not less than 30%. In Kazakhstan, there are no definite demands; however, these indicators are quite reachable in the nearest future.

The main current problem of venture business is the issue of company exit from venture structures. We propose the national venture business to look for “exit” opportunities in EAEU zone. This will allow venture investors to sell their companies at a higher price and accelerate the venture investment process that will result in financing of other innovative projects in Kazakhstan.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хагерти К. Стратегия глобализации американского стиля венчурного капитала. Интернет-источник: <http://www.rfca.ru>
- [2] Лирмян Р.А. Венчурное инвестирование в инновации: мировая и российская практика. М.: Изд. Дипломатической академии МИД РФ. 2007. – 140 с.
- [3] Бродский М.Н., Бродский Г.М. Право и экономика: инвестиционное консультирование. – СПб., 1999. – 496 с.
- [4] Венчурный менеджмент: учеб. пособие / Ткаченко Е.А., Фияксель Э.А., Рогова Е.М. М.: НИУ Высш. шк. экономики, 2011. – 440 с.
- [5] Глоссарий венчурного капитала. Российская ассоциация прямого и венчурного инвестирования // Электронная библиотека портала «Венчурная Россия» 2009 г. Интернет-источник: <http://www.allventure.ru/lib/>
- [6] Ивина Л.В., Воронцов В.А. Терминология венчурного финансирования: учеб. пособие. – М.: Академ. пр., 2002. – 256 с.
- [7] Костенко С.И. Совершенствование правового положения и экономического механизма субъекта Российской Федерации: опыт Санкт-Петербурга / Ин-т права РАЕН. СПб.: Союз, 2001.– №2. – С. 127.
- [8] Крутик А.Б., Никольская Е.Г. Инвестиции и экономический рост предпринимательства: учеб. пособие для вузов / СПбГУЭиФ. – СПб.: Лань, 2000. – 541 с.
- [9] Семенов А.С. и Каширин А. И. Венчурное финансирование инновационной деятельности / Инновации, 2006. – №1. – С. 29-37
- [10] Родионов И.И. Учебный курс по венчурному капиталу. Интернет-ресурс: <http://www.innovbusiness.ru/content>
- [11] Йода Е.В. Венчурное финансирование инновационной деятельности / Вестник тамбовского университета. Серия: гуманитарные науки, 2009. – №10 (78). – С.39-43
- [12] Зайцев А. Венчурное финансирование инновационных проектов высокотехнологичных предприятий / Российское предпринимательство, 2011. – № 5 (1). – С.30-34
- [13] Каширин А.И., Семенов А.С., Венчурное инвестирование в России. – М.: Вершина, 2007. – 320 с.
- [14] Создание компании Google Inc., или Дальше все будет «по-взрослому». Интернет-ресурс: <http://www.seoded.ru/istoriya/internet-history/istoriya-google/google-inc.html>
- [15] Рогова Е.М., Фияксель А.А. Венчурное финансирование инвестиций в малые инновационные предприятия: проблемы и перспективы / Известия СПбГЭУ, 2007. - №4. – С. 86-92
- [16] Александрова Е.Н. Стратегические направления и элементы российской инновационной политики в контексте развития современных тенденций мирового инновационного производства // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 2 – С.133-135
- [17] Metrick A. Venture capital and the finance of innovations – N.Y.: John Wiley & Sons, 2007.-235 p.
- [18] Интернет-ресурс: [www.dowjones.com](http://www.dowjones.com)
- [19] Исследование российского и мирового венчурного рынка за 2007-2013 годы. Отчет РАВИ, 2014. Интернет-источник: [www.rvca.ru](http://www.rvca.ru)
- [20] В РК венчурный фонд может рассчитывать на 30% годовых. Интервью с Кеттебековым С. Курсивъ от 17 марта 2015 г.

#### REFERENCES

- [1] Hagerti K. Strategiya globalizatsii amerikanskogo stilya venchurnogo kapitala. <http://www.rfca.ru>
- [2] Lirmyan R.A. Venchurnoe investirovanie v innovatsii: mirovaya i rossiyskaya praktika. M.: Izd. Diplomaticheskoy akademii MID RF. 2007. 140 p.
- [3] Brodskiy M.N., Brodskiy G.M. Pravo i ekonomika: investitsionnoe konsultirovanie. – SPb., 1999. 496 p.
- [4] Venchurnyy menedzhment: ucheb. posobie / Tkachenko E.A., Fiyaksel E.A., Rogova E.M. M.: NIU Vyssh. shk. ekonomiki, 2011. 440 p.
- [5] Glossary venchurnogo kapitala. Rossiyskaya assotsiatsiya pryamogo i venchurnogo investirovaniya // Elektronnaya biblioteka portala «Venchurnaya Rossiya» 2009. Internet-istochnik: <http://www.allventure.ru/lib/>
- [6] Ivina L.V., Vorontsov V.A. Terminologiya venchurnogo finansirovaniya: ucheb. posobie. M.: Akadem. pr., 2002. 256 p.

- [7] Kostenko S.I. Sovershenstvovanie pravovogo polozheniya i ekonomicheskogo mehanizma sub'ekta Rossiyskoy Federatsii: opyt Sankt-Peterburga / In-t prava RAEN. SPb.: Soyuz, **2001**. №2. P. 127.
- [8] Krutik A.B., Nikolskaya E.G. Investitsii i ekonomicheskiy rost predprinimatelstva: ucheb. posobie dlya vuzov / SPbGUEiF. SPb.: Lan, **2000**. 541 p.
- [9] Semenov A.S. i Kashirin A. I. Venchurnoe finansirovanie innovatsionnoy deyatel'nosti / Innovatsii, 2006. №1. P. 29-37
- [10] Rodionov I.I. Uchebnyy kurs po venchurnomu kapitalu. Internet-resurs: <http://www.innovbusiness.ru/content>
- [11] Yoda E.V. Venchurnoe finansirovanie innovatsionnoy deyatel'nosti / Vestnik tambovskogo universiteta. Seriya: gumanitarnyye nauki, **2009**. №10 (78). P.39-43
- [12] Zaytsev A. Venchurnoe finansirovanie innovatsionnykh proektov vyssokotekhnologichnykh predpriyatiy / Rossiyskoye predprinimatel'stvo, **2011**. – № 5 (1). – P.30-34
- [13] Kashirin A.I., Semenov A.S., Venchurnoe investirovanie v Rossii. – M.: Vershina, **2007**. – 320 p.
- [14] Sozdanie kompanii Google Inc., ili Dalshe vse budet «po-vzrosloму». Internet-resurs: <http://www.seod.ru/istoriya/internet-history/istoriya-google/google-inc.html>
- [15] Rogova E.M., Fiyaksel A.Ya. Venchurnoe finansirovanie investitsiy v малыe innovatsionnyye predpriyatiya: problemy i perspektivy / Izvestiya SpbGEU, **2007**. №4. P. 86-92
- [16] Aleksandrova E.N. Strategicheskie napravleniya i elementy rossiyskoy innovatsionnoy politiki v kontekste razvitiya sovremennykh tendentsiy mirovogo innovatsionnogo proizvodstva // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. **2008**. № 2 P.133-135
- [17] Metrick A. Venture capital and the finance of innovations N.Y.: John Wiley & Sons, **2007**. 235 p.
- [18] Internet-resurs: [www.dowjones.com](http://www.dowjones.com)
- [19] Issledovanie rossiyskogo i mirovogo venchurnogo ryinka za 2007-2013 gody. Otchet RAVI, **2014**. Internet-istochnik: [www.rvca.ru](http://www.rvca.ru)
- [20] V RK venchurnyy fond mozhet rasschityivat na 30% godovyih. Intervyu s Kettebekovym S. Kursiv' **2015**.

**М.К. Кольбаев<sup>1</sup>, Г.Б. Нурлихина<sup>2</sup>, Г.К. Турабаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, Қазақстан Республикасы, Талдықорған қ.

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

<sup>3</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

#### **ШАҒЫН ИННОВАЦИЯЛЫҚ КӘСІПКЕРЛІКТІ ВЕНЧУРЛЫҚ ҚАРЖЫЛАНДЫРУ**

**Аннотация.** Шағын инновациялық кәсіпорындар ғылыми эзірлемелерді коммерциаландыру және инновациялық қызмет нәтижелерін ендірудің ерекше сатысы бола отырып, ғылыми сыйымды экономиканы дамытудың негізі болып табылады. Шағын инновациялық кәсіпорындардың қызметін белсендірудің маңызды шарты қаржыландырудың венчурлық тетіктерінің болуы саналады. Берілген жұмыста венчурлық қаржыландырудың мәні ашылып, бұл құралды шағын кәсіпорындардың қызметін белсендендіруде қолданудың мақсаттылығы негізделеді.

**Тірек сөздер:** венчурлық қаржыландыру, венчурлық капитал, инвестициялар, тәуекел, шағын инновациялық кәсіпорындар.

УДК 338.22

**М. К. Kolbayev<sup>1</sup>, Г.Б. Нурлихина<sup>2</sup>, Г.К. Турабаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Жетысуский государственный университет им И. Жансугурова, Республика Казахстан, г. Талдықорған;

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет им.Абая, Республика Казахстан, г. Алматы;

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет им.Абая, Республика Казахстан, г. Алматы

#### **ВЕНЧУРНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ МАЛОГО ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА**

**Аннотация:** Малые инновационные предприятия (МИП), являясь своеобразной платформой для коммерциализации научных разработок и внедрения результатов инновационной деятельности, представляют собой основу для развития наукоемкой экономики. Важным условием активизации деятельности МИП является существование венчурных механизмов финансирования. В данной работе раскрывается сущность венчурного финансирования, обосновывается целесообразность применения этого инструмента для финансирования инновационной деятельности малых предприятий.

**Ключевые слова:** венчурное финансирование, венчурный капитал, инвестиции, риск, малые инновационные предприятия.

<sup>1,2</sup>B.T. Shukirgaliyev, <sup>1,2</sup>T.P. Panamarev, <sup>3</sup>A.Zh. Naurzbaeva, <sup>1,3</sup>M.T. Kalambay, <sup>2,4,5</sup>P.P. Berczik,  
<sup>2</sup>A. Just, <sup>2,4,6</sup>R. Spurzem, <sup>1</sup>M.A. Makukov, <sup>1</sup>E.Y. Vilkoviskij, <sup>7,1</sup>Ch.T. Omarov

<sup>1</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Astronomisches Rechen-Institut, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Germany;

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan;

<sup>4</sup>National Astronomical Observatories of China and Key Laboratory for Computational Astrophysics, China;

<sup>5</sup>Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine;

<sup>6</sup>Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics at Peking University, China;

<sup>7</sup>National Center of Space Research and Technology, Kazakhstan

[bekdaulet@aphi.kz](mailto:bekdaulet@aphi.kz), [mukhagalay@gmail.com](mailto:mukhagalay@gmail.com)

## EFFECT OF GAS ACCRETION DISC PROFILE ON ORBITAL PARAMETERS OF THE ACCRETED STARS

**Abstract.** The results of studies of the effect of the gas disk and its profile on the dynamics of active galactic nuclei are presented. The study was conducted with a numerical model of galactic nucleus based on phiGRAPE+GPU comprising three subsystems – a central supermassive black hole, gaseous accretion disc, and compact stellar cluster. The evolution of the compact stellar cluster is modeled with direct integration (N-body simulation), while the black hole and gaseous disc are represented phenomenologically: the black hole is introduced as an external potential (fixed in space but variable in time due to black hole mass growth), and the gaseous disc is introduced as spatial time-independent density distribution. We examined and compared with each other orbital parameters of accreting stars for model of the galactic nucleus with gas disc of constant and variable thickness, as well as without gas. It was found that in the presence of a gaseous disk almost half of the accreted particles interact strongly with the gas and are captured by the disc before accretion, while more than 85% of particles are affected to some extent by the disc prior to accretion. This suggests that interaction of the stellar cluster with the gas disk in the galactic nucleus might lead to the formation of stellar disk in the central part of the nucleus.

**Key words:** active galactic nuclei (AGN), supermassive black hole (SMBH), accretion gas disk (AGD), computational astrophysics, N-body simulations

УДК 524.47-54

<sup>1,2</sup>Б.Т. Шукиргалиев, <sup>1,2</sup>Т.П. Панамарев, <sup>3</sup>А.Ж. Наурзбаева, <sup>1,3</sup>М.Т. Қаламбай, <sup>2,4,5</sup>П.П. Берцик,  
<sup>2</sup>А. Юст, <sup>2,4,6</sup>Р. Шпурцем, <sup>1</sup>М.А. Макуков, <sup>1</sup>Э.Я. Вильковиский, <sup>7,1</sup>Ч.Т. Омаров

<sup>1</sup>Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Казахстан;

<sup>2</sup>Astronomisches Rechen-Institut, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Germany;

<sup>3</sup>Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби, Казахстан;

<sup>4</sup>National Astronomical Observatories of China and Key Laboratory for Computational Astrophysics, China;

<sup>5</sup>Главная Астрономическая Обсерватория, Национальной Академии Наук Украины, Украина;

<sup>6</sup>Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics at Peking University, China;

<sup>7</sup>Национальный центр космических исследований и технологии, Казахстан

## ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛЯ АККРЕЦИОННОГО ГАЗОВОГО ДИСКА НА ОРБИТАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АККРЕЦИРУЕМЫХ ЗВЕЗД

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования влияния газового диска и его профиля на динамику активных ядер галактик. Исследование проводилось на основе реализованной с помощью кода phiGRAPE+GPU численной модели галактического ядра, состоящей из трех подсистем – центральной

сверхмассивной черной дыры, аккреционного газового диска и компактного звездного кластера. Эволюция звездного кластера интегрируется прямым методом (N-body simulations), а черная дыра и газовый диск заданы феноменологически – черная дыра задана в виде внешнего потенциала (неподвижного в пространстве, но изменяемого со временем вследствие роста массы черной дыры), а газовый диск задан в виде пространственного распределения плотности, не зависящего от времени. Рассматривались и сравнивались между собой орбитальные параметры аккрецирующих звезд для моделей ядра галактики с газовым диском постоянной и переменной толщины, а также без диска. Выявлено, что в присутствии газового диска почти половина аккрецированных частиц тесно взаимодействует с газом и захватывается диском перед аккрецией, более 85% частиц до аккреции претерпевает то или иное влияние со стороны диска. Это наводит на мысль, что взаимодействие звездного кластера с газовым диском в галактическом ядре может привести к возникновению звездного аккреционного диска в центральной части ядра.

**Ключевые слова:** активные ядра галактик (АЯГ), сверхмассивная черная дыра (СМЧД), аккреционный газовый диск (АГД), вычислительная астрофизика, задача N тел.

Физическая природа активных ядер галактик (АЯГ) и в наши дни далека от полного понимания, поэтому развитие теории АЯГ до сих пор остается одной из актуальнейших проблем астрофизики. Согласно современным представлениям, активность ядер галактик объясняется аккрецией вещества на сверхмассивные (до нескольких триллионов масс Солнца) черные дыры, находящиеся, по-видимому, в центрах всех галактик [1]. Высвобождаемая в ходе этой аккреции гравитационная энергия и является тем источником, который лежит в основе чрезвычайно мощного излучения, наблюдаемого из АЯГ.

Активное ядро галактики можно рассматривать как состоящее из трех подсистем: центральной сверхмассивной черной дыры (СМЧД), аккреционного газового диска (АГД), формирующегося из-за сохранения момента импульса аккрецируемого вещества, и компактного сферически-симметричного звездного кластера [2].

В предыдущих работах [3-6] с помощью численного моделирования нами было исследовано взаимодействие звездного кластера с аккреционным диском и его влияние на динамику и эволюцию активных ядер галактик. Действительно, диссипативное воздействие со стороны газового диска приводит к потере энергии звездами в центральной части кластера и, при определенных условиях, к аккреции некоторых звезд на черную дыру.

В этих исследованиях мы использовали две феноменологические модели газового диска. В первой газовый диск имел кеплеровское вращение, постоянную высоту и задавался в виде неизменного во времени распределения плотности :

$$\rho(R, z) = \frac{2-\alpha}{2\pi\sqrt{2\pi}} \frac{M_d}{hR_d^3} \left(\frac{R}{R_d}\right)^{-\alpha} \exp\left[-\beta_s \left(\frac{R}{R_d}\right)^s\right] \exp\left(-\frac{z^2}{2h^2R_d^2}\right), \quad (1)$$

где  $\alpha = 3/4$  (соответствует внешней границе диска по модели Новикова-Торна [6]),  $R^2 = x^2 + y^2$ ,

$R_d$  - радиус диска,  $\beta_s = \left[\Gamma\left(1 + \frac{2-\alpha}{s}\right)\right]$  ( $\Gamma(x)$  - гамма-функция,  $s$  было взято равным 4, тогда

$\beta_s = 0.70$ ),  $M_d$  - масса диска,  $h$  определяет полутолщину диска:  $h_z = hR_d$ .

Вторая, более реалистичная модель газового диска являлась модификацией первой модели с введением линейного возрастания полутолщины диска на внутреннем участке. Эта модификация была основана на физических свойствах внутреннего аккреционного диска, которые описываются приближением Шакуры-Сюняева [8].

$$h_z = hR_d \left(\frac{R}{R_{crit}}\right). \quad (2)$$

Точка перехода от линейной полутолщины к постоянной определялась, приравнивая выражения для скорости звука в случае самогравитации диска,  $c_s^2 = 4\pi Gh_z \Sigma$ , и в случае ее отсутствия  $c_s^2 = 2h_z^2 GM_{bh} R^{-3}$ . Тогда  $R_{crit} = 0.0257314$  в безразмерной системе единиц N-body [8], которую мы используем везде в дальнейшем.



Свойства аккреционного диска были зафиксированы приведенной массой  $\mu_d$  с аналитическим распределением плотности согласно уравнению (1) со значениями параметров  $\alpha = 3/4$  и  $s = 4$  и  $h = 10^{-3}$ . Подразумевалось кеплеровское вращение диска в потенциале сверхмассивной черной дыры, пренебрегая гравитационным воздействием диска и градиентами давления внутри диска [3]. Подробнее о моделях газового диска - в [5].

Черная дыра также задавалась феноменологически в виде ньютоновского потенциала. Звездный кластер моделировался прямым интегрированием взаимодействия отдельных звезд друг с другом (N-body simulations), а также с газовым диском и черной дырой. Если звезда попадает в область с радиусом менее  $R_{acc}$  (радиус аккреции), то она считается аккрецировавшей – ее масса добавляется к массе черной дыры, а сама звезда удаляется из системы. В качестве исходного кода для численного моделирования применялся код phiGRAPE+GPU [10], который использует технологии параллельного вычисления (CUDA и MPI). В этот код нами был добавлен модуль, описывающий диссипативное взаимодействие звезд с газом. Эволюция системы начинается с состояния, задаваемого моделью Пламмера. Более подробное описание численной модели может быть найдено в [3,4,6].

В [5] было проведено сравнение результатов, полученных при использовании двух моделей газового диска, т.е. исследовалось влияние профиля диска на процесс аккреции звезд на черную дыру (см. пунктирная линия на Рис. 2). Рассматривались звезды, которые аккрецируют благодаря воздействию газового диска, то есть звезды с малыми значениями эксцентриситета (считалось, что звезды, аккрецирующие при  $e \approx 1$ , то есть на орбитах, близких к гиперболическим, попадают в область захвата черной дыры в результате случайных пролетов). Было найдено, что в первой модели аккрецирующие при вращении в одну с диском сторону звезды образуют на диаграмме “эксцентриситет - угол наклона орбиты к плоскости диска” тесную группу с почти круговыми орбитами, лежащими практически в плоскости диска, а противовращающиеся звезды обладают любыми значениями угла наклона и эксцентриситета в момент аккреции. В модели же диска с переменной толщиной со- и противовращающиеся звезды аккрецируют при любых углах наклона орбиты, однако около 70% всех захваченных СМЧД звезд в момент захвата были очень близки к круговой орбите и находились в плоскости диска. Кроме того, во второй модели диска момент импульса передается черной дыре в большем количестве, чем в первой.

В настоящей работе представлены результаты дальнейшего исследования влияния газового диска на динамику активных ядер галактик, а именно, обсуждаются орбитальные параметры аккрецирующих звезд, которые были захвачены СМЧД в течение двух времен релаксации ( $t = 2t_{rel}$ ), начиная с начального момента, для трех моделей: со “старым” (с постоянной толщиной) и с “новым” (с переменной толщиной) газовыми дисками, а также без диска. Во всех запусках число звезд в системе составляло 32 тысячи, радиус аккреции принимался равным  $0.0003R_d$ .

### Результаты и обсуждение

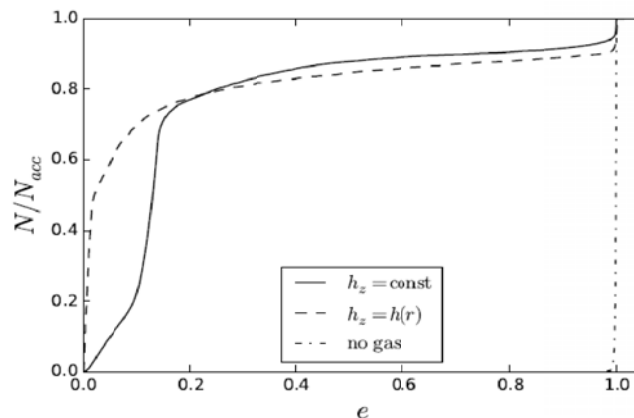


Рисунок 1 - Кумулятивное распределение частиц по эксцентриситетам их орбит в момент аккреции для модели без газового диска (штрихпунктирная линия), модели с диском постоянной толщины (сплошная линия) и модели с диском переменной толщины (пунктирная линия). По оси ординат отложено отношение числа звезд, аккрецировавших с эксцентриситетом, меньшим заданного, к числу всех аккрецировавших звезд

Результаты исследования эксцентриситетов орбит аккрецируемых звезд приведены на рисунках 1-3. На рисунке 1 представлено кумулятивное распределение частиц по эксцентриситетам их орбит в момент аккреции для трех моделей, по оси ординат отложено отношение числа звезд, аккрецируемых с эксцентриситетом, меньшим заданного, к числу всех аккрецированных звезд.

На рисунках 2-3 представлены гистограммы эксцентриситетов орбит аккрецированных звезд. Для возможности более детального анализа, гистограммы приведены в линейном и логарифмическом виде, также отдельно приведена гистограмма для модели без газового диска с использованием меньших интервалов разбиения области значений эксцентриситета. Как видно из рисунков, при отсутствии газового диска звезды аккрецируются на орбитах, близких к гиперболическим, т.е. попадают в область захвата черной дыры в результате случайных пролетов. Газовый диск значительно влияет на распределение эксцентриситетов аккрецируемых частиц: в модели с "новым" диском около 50% звезд аккрецируются на почти круговых орбитах, в модели со "старым" диском частицы в основном аккрецируются на более вытянутых орбитах.

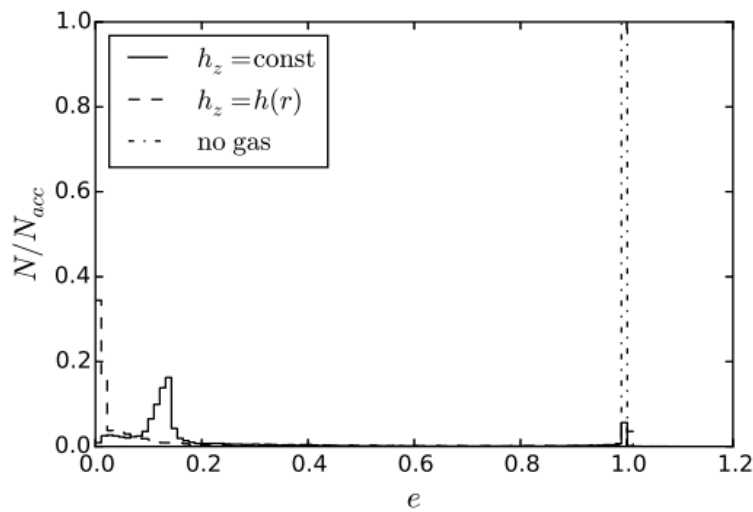


Рисунок 2 - Распределение эксцентриситетов орбит звезд в момент их аккреции для трех моделей в линейном (А) и логарифмическом (В) масштабах. Обозначения те же, что на рисунке 1.

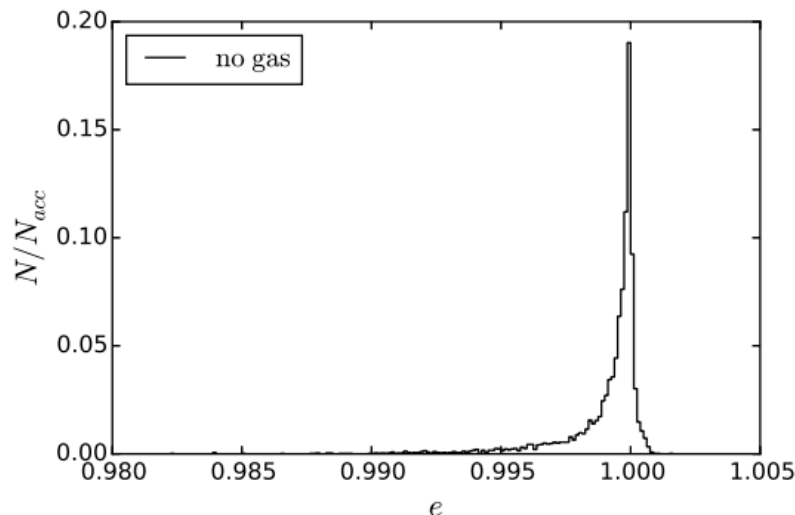


Рисунок 3 - Распределение эксцентриситетов орбит звезд в момент их аккреции для модели без газового диска с использованием меньших, чем на рисунке 2, интервалов разбиения области значений эксцентриситета

На рисунке 4 представлено кумулятивное распределение частиц по углам наклона орбит к плоскости газового диска в момент аккреции. Видно, что при использовании "старой" модели диска углы наклона почти 50% аккрецируемых частиц занимают область между  $0^0$  и  $10^0$ , кроме

того, почти половина частиц аккрецируется, находясь в обратном диску вращения. При использовании же "новой" модели диска около 45% звезд аккрецируются на черную дыру, вращаясь в плоскости диска и в одном с ним направлении, доля противовращающихся в момент аккреции частиц меньше, чем для модели диска с постоянной толщиной. Это объясняется тем, что толщина диска в "старой" модели больше радиуса аккреции, что приводит к торможению многих звезд с обратным вращением в центральной части диска, включая звезды в почти перпендикулярной к диску плоскости. В случае усовершенствованной модели диска, плотный газ около центральной черной дыры находится практически лишь в плоскости экватора, что позволяет многим звездам в центральной части успеть проэволюционировать в сторону вращения диска.

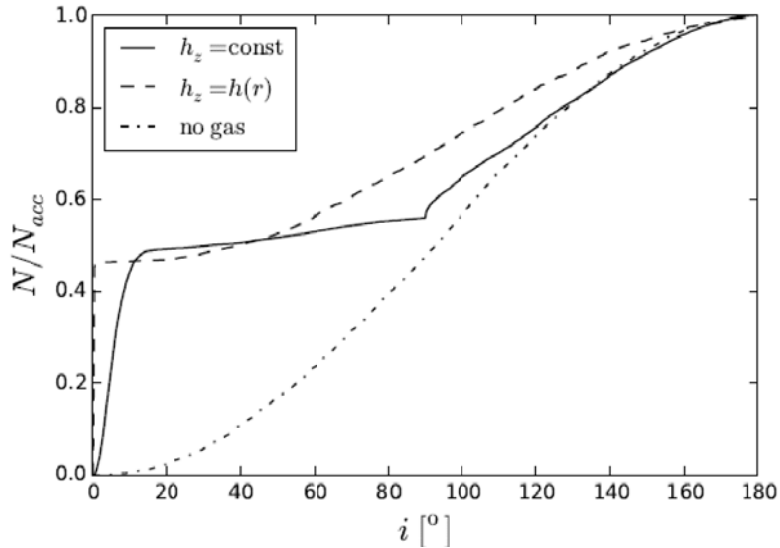


Рисунок 4 - Кумулятивное распределение частиц по углам наклона орбит к плоскости газового диска в момент аккреции для трех моделей. Обозначения те же, что на рисунке 1

На рисунках 5 и 6 представлены распределения аккрецированных частиц на плоскости эксцентриситет - угол наклона орбиты для "старой" и "новой" моделей диска, соответственно. Здесь хорошо видны частицы, которые были захвачены газовым диском до момента аккреции: в виде плоского облака в области  $\sim 0.1^{\circ} \div \sim 10^{\circ}$  для диска с постоянной толщиной, и облака в области  $< 1^{\circ}$  для диска переменной толщины. Это облако на рисунке 6 соответствует тем 45 % частиц рисунка 4, которые аккрецировались, вращаясь в плоскости диска.

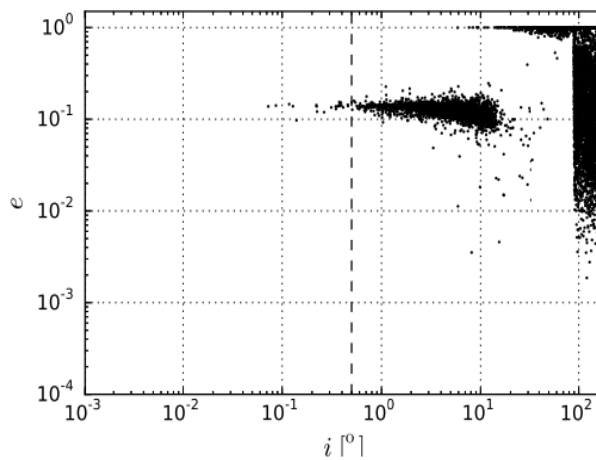


Рисунок 5 - Распределение аккрецированных частиц на плоскости угол наклона орбиты - эксцентриситет для модели с газовым диском постоянной толщины. Каждая точка представляет одну частицу. Пунктирная линия соответствует углу наклона орбиты, равному углу раскрытия в модели аккреционного диска с переменной толщиной.

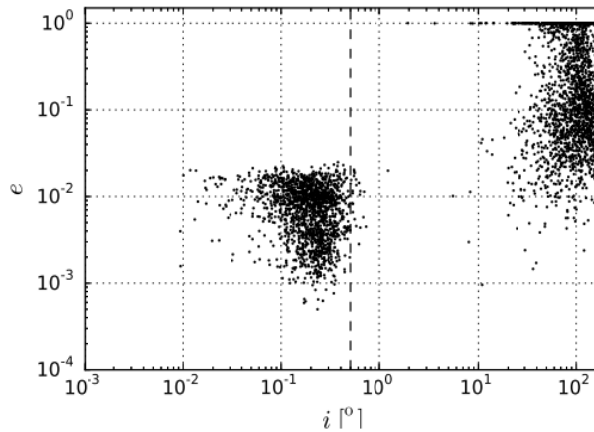


Рисунок 6 - Распределение аккрецировававших частиц на плоскости угол наклона орбиты - эксцентриситет для модели с газовым диском переменной толщины. Обозначения те же, что на рисунке 5

Мы проанализировали также распределение длин больших полуосей орбит частиц в момент аккреции. На рисунке 7 представлено кумулятивное распределение частиц по значениям больших полуосей их орбит, а на рисунках 8-10 - распределение частиц на диаграмме длина большой полуоси - угол наклона орбиты для трех моделей.

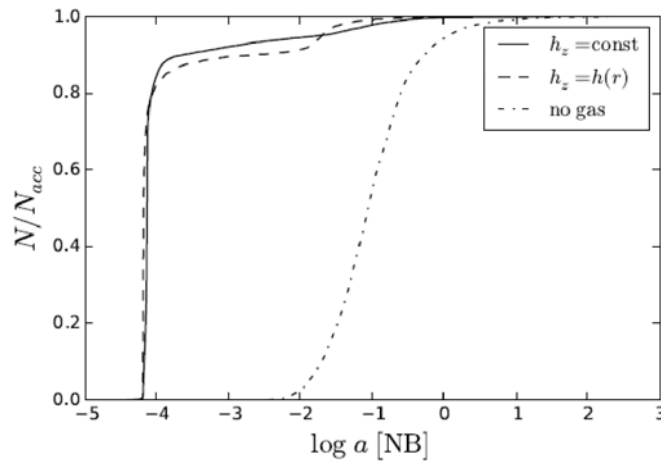


Рисунок 7 - Кумулятивное распределение частиц по значениям больших полуосей их орбит. Обозначения те же, что на рисунке 1

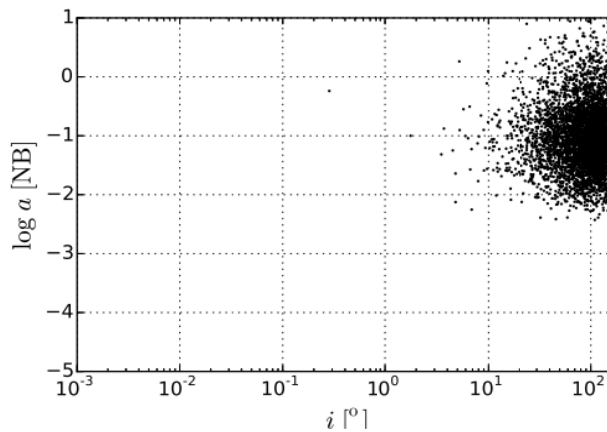


Рисунок 8 - Распределение частиц на диаграмме длина большой полуоси - угол наклона орбиты для модели без газового диска

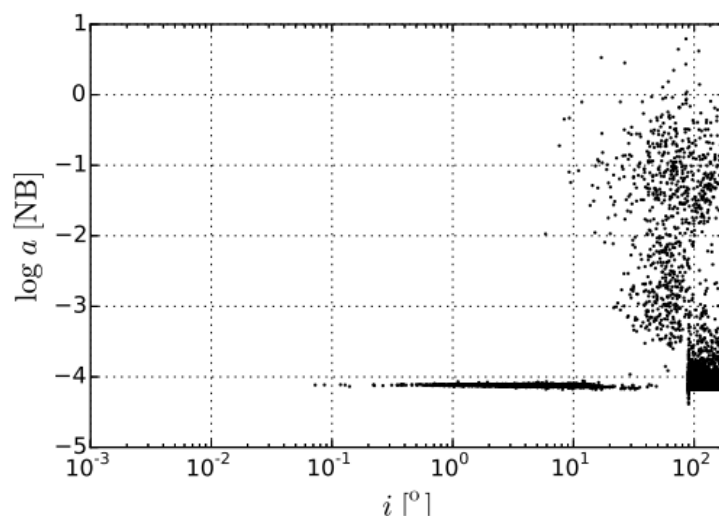


Рисунок 9 - Распределение частиц на диаграмме длина большой полуоси - угол наклона орбиты к плоскости аккреционного диска для модели с диском постоянной толщины

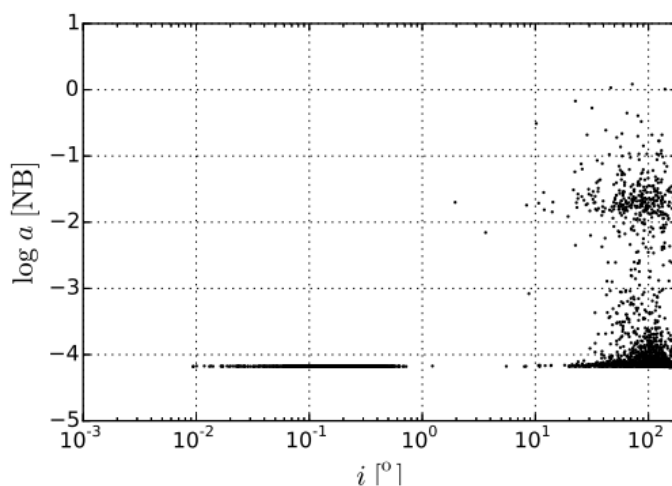


Рисунок 10 - Распределение частиц на диаграмме длина большой полуоси - угол наклона орбиты к плоскости аккреционного диска для модели с диском переменной толщины

На рисунке 8, где приведена диаграмма для модели без газового диска, мы видим частицы, аккрецированные согласно теории конуса потерь (loss cone) [11]. На диаграммах для двух других моделей мы также можем видеть такие частицы, аккрецированные без взаимодействия с газовым диском, однако здесь есть и "частицы диска", т.е. частицы, захваченные диском перед аккрецией, которые представлены на этих диаграммах в виде тонких "облаков" в их нижней части.

### Выводы

Анализ полученных результатов позволяет сформулировать вывод, что в присутствии газового диска почти половина аккрецированных частиц тесно взаимодействовала с газом и была захвачена диском перед аккрецией. Доля частиц, аккрецированных по теории конуса потерь (без всякого влияния диска), для модели с газовым диском очень невелика - 5-10%. Тот факт, что более 85% частиц до аккреции претерпело в той или иной степени влияние со стороны диска приводит к мысли, что взаимодействие звездного кластера с газовым диском в галактическом ядре может способствовать возникновению звездного аккреционного диска в центральной части ядра и сделать звездный кластер осесимметричным. Результаты дальнейших исследований будут опубликованы в наших следующих работах. С предварительными результатами можно ознакомиться в работе [12].

Работа выполнена в рамках Международного Проекта сотрудничества и академического

обмена между Германией и Казахстаном ‘STARDISK – Simulating Dense Star-Gas Systems in Galactic Nuclei using special hardware’ (I/81 396, финансируемая Фондом Фольксваген, Германия) и Программы Целевого Финансирования (код программы – №0073-10/ПЦФ-15-МОН). Для расчетов были использованы специальные оборудованные GPU ускорителями суперкомпьютеры laohu (the Center of Information and Computing at National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, China, Sciences, финансируемая Министерством Финансов КНР под грантом ZDYZ2008-2), titan, hydra, kepler (Astronomisches Rechen-Institut, University of Heidelberg, Germany, финансируемые грантами I/80041-043 и I/84678/84680 Фонда Фольксваген и грантами 823.219-439/30 и /36 Министерства Науки, Исследования и Искусства Баден-Вюртемберга, Германия) и tesla, grape (Астрофизический Институт им. В.Г. Фесенкова, финансируемые проектом STARDISK).

Мы благодарим Фонд Фольксваген за финансовую поддержку и Академию Наук Китая и Национальную Астрономическую Обсерваторию Китая за поддержку через проект ‘Silk Road Project’.

Берцик П. благодарит Национальную Академию Наук Украины за поддержку через проект вычислительного кластера GRID/GPU Главной Астрономической Обсерватории. Также Берцик П.П., Юст А. и Шпурцем Р. выражают благодарность Фонду Фольксваген за оказываемую поддержку под грантом трехстороннего сотрудничества No. 90411 (Trilateral Partnerships grant No. 90411).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [13] Kormendy J., Ho L.C. Coevolution (or not) of supermassive black holes and host galaxies. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **2013**, 51, 511–653.
- [14] Seth, A., Agüeros, M., Lee, D., Basu-Zych, A. The coincidence of nuclear star clusters and active galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2008**, 678, 116-130.
- [15] Just, A., Yurin, D., Makukov, M., Berczik, P., Omarov, Ch., Spurzem, R., Vilkoviskij, E.Y. Enhanced accretion rates of stars on supermassive black holes by star-disk interactions in galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2012**, 758, 51.
- [16] Vilkoviskij E., Makukov M., Omarov Ch., Panamarev T., Spurzem R., Berczik P., Just A. Numerical simulations of AGN evolution. *Astronomical and Astrophysical Transactions*. **2013**, 28, 151-160.
- [17] Шукиргалиев, Б.Т., Панамарев, Т.П., Абдрахманов, С.Г., Макуков, М.А., Омаров, Ч.Т. Влияние профиля аккреционного диска на динамику активных ядер галактик. *Известия НАН РК. Серия физико-математическая*, **2015**, 5, 5-11.
- [18] Kennedy, G.F., Meiron, Y., Shukirgaliyev, B., Panamarev, T., Berczik, P., Just, A., Spurzem, R. Star–disc interaction in galactic nuclei: orbits and rates of accreted stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **2016**, 260, 240–255.
- [19] Novikov I. D., Thorne K. S. Astrophysics of black holes. In: *Black holes*, 1973, 343-450.
- [20] Shakura N.I., Sunyaev R.A. Black holes in binary systems. Observational appearance. *Astronomy and Astrophysics*, **1973**, 24, 337-347.
- [21] Aarseth, S. J. Gravitational N-Body Simulations: Tools and Algorithms. Cambridge University Press, **2003**, P. 431.
- [22] Harfst, S., Gualandris, A., Merritt, D., Spurzem, R., Zwart, S. P., Berczik, P. Performance analysis of direct N-body algorithms on special-purpose supercomputers. *New Astronomy*, **2007**, 12, 357-377.
- [23] Frank, J., Rees, M. J. Effects of massive central black holes on dense stellar systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **1976**, 176, 633-647.
- [24] Shukirgaliyev B.T. The effect of gaseous accretion disk on dynamics of the stellar cluster in AGN. *Star Clusters and Black Holes in Galaxies across Cosmic Time, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 2016, 312, 113-117.

#### REFERENCES

- [13] Kormendy J., Ho L.C. Coevolution (or not) of supermassive black holes and host galaxies. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **2013**, 51, 511–653.
- [14] Seth, A., Agüeros, M., Lee, D., Basu-Zych, A. The coincidence of nuclear star clusters and active galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2008**, 678, 116-130.
- [15] Just, A., Yurin, D., Makukov, M., Berczik, P., Omarov, Ch., Spurzem, R., Vilkoviskij, E.Y. Enhanced accretion rates of stars on supermassive black holes by star-disk interactions in galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, **2012**, 758, 51.
- [16] Vilkoviskij E., Makukov M., Omarov Ch., Panamarev T., Spurzem R., Berczik P., Just A. Numerical simulations of AGN evolution. *Astronomical and Astrophysical Transactions*. **2013**, 28, 151-160.
- [17] Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Abdrakhmanov S.G., Makukov M.A., Omarov Ch.T., Effect of accretion disc profile on the dynamics of active galactic nuclei. [Vliyaniya profilya akkrecionnogo diska na dinamiku aktivnih yader galaktik]. *Izvestia NAN RK. Seria physico-matematicheskaya*, **2015**, 5, 5-11.

- [18] Kennedy, G.F., Meiron, Y., Shukirgaliyev, B., Panamarev, T., Berczik, P., Just, A., Spurzem, R. Star–disc interaction in galactic nuclei: orbits and rates of accreted stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **2016**, 260, 240–255.
- [19] Novikov I. D., Thorne K. S. Astrophysics of black holes. In: *Black holes*, 1973, 343–450.
- [20] Shakura N.I., Sunyaev R.A. Black holes in binary systems. Observational appearance. *Astronomy and Astrophysics*, **1973**, 24, 337–347.
- [21] Aarseth, S. J. Gravitational N-Body Simulations: Tools and Algorithms. Cambridge University Press, **2003**, P. 431.
- [22] Harfst, S., Gualandris, A., Merritt, D., Spurzem, R., Zwart, S. P., Berczik, P. Performance analysis of direct N-body algorithms on special-purpose supercomputers. *New Astronomy*, **2007**, 12, 357–377.
- [23] Frank, J., Rees, M. J. Effects of massive central black holes on dense stellar systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **1976**, 176, 633–647.
- [24] Shukirgaliyev B.T. The effect of gaseous accretion disk on dynamics of the stellar cluster in AGN. *Star Clusters and Black Holes in Galaxies across Cosmic Time, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 2016, 312, 113–117.

<sup>1,2</sup>Б.Т. Шукиргалиев, <sup>1,2</sup>Т.П. Панамарев, <sup>3</sup>А.Ж. Наурызбаева, <sup>1,3</sup>М.Т. Қаламбай, <sup>2,4,5</sup>П.П. Берцик,  
<sup>2</sup>А. Юст, <sup>2,4,6</sup>Р. Шпурцем, <sup>1</sup>М.А. Макуков, <sup>1</sup>Э.Я. Вильковиский, <sup>7,1</sup>Ч.Т. Омаров

<sup>1</sup> В.Г. Фесенков атындағы астрофизикалық институт, Қазақстан

<sup>2</sup> Astronomisches Rechen-Institut, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Germany

<sup>3</sup> Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан

<sup>4</sup> National Astronomical Observatories of China and Key Laboratory for Computational Astrophysics, China

<sup>5</sup> Бас Астрономиялық Обсерватория, Украина Ұлттық Ғылыми Академиясы, Украина

<sup>6</sup> Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics at Peking University, China

<sup>7</sup> Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы, Қазақстан

#### АККРЕЦИЯЛЫҚ ГАЗДЫ ДИСК ПІШІНІНІҢ АККРЕЦИЯЛАНУШЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ОРБИТАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫНА ӘСЕРІ

**Түйіндемe.** Осы жұмыста газды диск және оның пішінінің галактикаларының динамикасына әсерін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеулер phiGRAPE+GPU кодының негізінде іске асырылған белсенді ядролы галактика үлгісі үш құраушыдан – орталық аса үлкен массалы қара құрдымнан, аккрециялық газ дискісі және ықшам жұлдыздық кластерден құралған деп жүргізілді. Жұлдыздық кластер эволюциясы тікелей әдіспен (N-body simulations) интегралданады, ал қара құрдым мен газды диск феноменологиялық түрде берілген – қара құрдым сыртқы (кеңістікте қозғалмайтын, алайда қара құрдым массасының өсуі салдарынан өзгертін) потенциал түрінде, ал газды диск уақыт бойынша өзгермейтін газ тығыздығының кеңістікте таралуымен берілген. Қалыңдығы тұрақты және өзгермелі, және де диск жоқ болғандағы галактика ядроларының моделдері үшін аккрецияланушы жұлдыздардың сипаттамаларын өзара салыстыру қарастырылды. Газды диск бар болған жағдайда аккрецияланған бөлшектердің жартысы дерлік газбен тығыз байланысады және аккрецияға дейін дискпен қарпылады, аккрецияға дейін 85% бөлшектер диск тарапынан қандай да болсын әсерге ұшырайды. Бұл галактика ядроларындағы жұлдыздық жүйе мен газды дисктің әсерлесу нәтижесінде ядроның орталық бөлігінде жұлдыздық аккрециялық диск пайда болады деген ойға алып келеді.

**Тірек сөздер:** Галактикалардың белсенді ядролары (ГБЯ), аса массалы қара құрдым (АМҚК), аккрециялы газды диск (АГД), есептеуіш астрофизика, N-дене есебі.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 96 – 101

Zh.Sh. Zhantayev<sup>1</sup>, K.S. Kuratov<sup>1,2,3</sup>, A.M. Seytimbetov<sup>2</sup>, A.T. Mailybayev<sup>1,2</sup>,  
N.Sh. Alimgazina<sup>1,2</sup>, A.B. Manapbayeva<sup>2</sup>, A.K. Kuratova<sup>1,2</sup>, N.T. Iztleuov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Center of Space Researches and Technologies, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

e-mail: [kenes\\_kuratov@mail.ru](mailto:kenes_kuratov@mail.ru), [Nazgul.Alimgazina@kaznu.kz](mailto:Nazgul.Alimgazina@kaznu.kz)

## TWO-MATRIX PHOTOMETER CONTROL SYSTEM

**Abstract:** In this paper astronomical two-matrix photometer is described. It differs from common one CCD camera photometers with application of the second CCD camera. It enables to carry out the light inputs measurements of studied star and standard star simultaneously. The second camera application enables to significantly increase measurements accuracy and to decrease of one star observation time at least twice. The increase of measurements accuracy is reached by carrying out simultaneous observations, and errors caused by the Earth atmosphere fluctuation are the same for both studied star and standard star. Time decrease is reached by carrying out both stars' observation simultaneously.

In this paper photometer's optical mechanics scheme is given. The motion mechanism of receiving and recording block with micrometer screw rotated by stepping motor is described. It is demonstrated that exact coordinates of matrix position attached to clutch on micrometer screw are shoot by absolute magnetic encoder.

The applied electronic equipment of two-matrix photometer control system is described. The algorithm of photometer operation control installed on 1-meter Tien-Shan astronomical observatory telescope is presented.

**Keywords:** star, telescope, photometer, CCD-matrix, optical mechanics scheme, control system.

УДК 520.3

Ж.Ш. Жантаев<sup>1</sup>, К.С. Куратов<sup>1,2,3</sup>, А.М. Сейтимбетов<sup>2</sup>, А.Т. Майлыбаев<sup>1,2</sup>,  
Н.Ш. Алимгазина<sup>1,2</sup>, А.Б. Манапбаева<sup>2</sup>, А.К. Куратова<sup>1,2</sup>, Н.Т. Изтлеуов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный центр космических исследований и технологий, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАТРИЧНЫМ ФОТОМЕТРОМ

**Аннотация:** В данной статье описывается астрономический двухматричный фотометр. От обычных фотометров с одной CCD камерой отличается тем, что применяется вторая CCD камера. Это позволяет одновременно проводить измерения световых потоков от исследуемой звезды и звезды-стандарта. Применение второй камеры позволяет существенно увеличить точность измерений и как минимум в два раза уменьшить затраты времени на наблюдение одной звезды. Первое достигается за счет того, что наблюдения проводятся одновременно и ошибки, обусловленные флуктуацией в Земной атмосфере одинаковы для исследуемой звезды и звезды-стандарта. Уменьшение затраты времени достигается за счет проведения одновременных наблюдений обеих звезд.

В статье приводится оптико-механическая схема фотометра. Описан механизм перемещения приемно-регистрирующего блока, за основу которого взят микрометрический винт, вращающийся от шагового двигателя. Показано, что точные координаты положения матрицы, прикрепленной к муфте на микрометрическом винте снимаются абсолютным магнитным энкодером.

Описана используемая электронная аппаратура системы управления двухматричным фотометром. Представлен алгоритм управления работой фотометра, установленного на 1-метровом телескопе Тянь-Шаньской астрономической обсерватории.

**Ключевые слова:** звезда, телескоп, фотометр, CCD-матрица, оптико-механическая схема, система управления.

### Введение

При проведении астрофотометрических наблюдений важно проводить измерения исследуемой звезды и звезды-стандарта одновременно. Но практически всегда звезда-стандарт находится на некотором расстоянии от исследуемой звезды, что даже при использовании CCD-



камер с максимальными размерами (50x50 мм), она не попадает одновременно на приемник излучения (матрицу). Все известные фотометры (например [1]) применяют одну матрицу. Поэтому приходится проводить наблюдения раздельно (по очередности). Раздельное измерение, во-первых, ухудшает точность измерений за счет всевозможных флуктуаций по времени в атмосфере Земли, а во-вторых, увеличивает затраты наблюдательного времени на фотометрию каждого исследуемого объекта по отдельности. Этот недостаток может быть устранен только при одновременном измерении исследуемой звезды и звезды-стандарта, тогда влияние атмосферных флуктуаций будет одинаковым на обе звезды.

Помимо этого, в астрофизике есть круг важных задач, которые невозможно или трудно решить имеющимися фотометрами. Например, при астросейсмологических наблюдениях слабых объектов, поиске экзопланет и ряде других задач, где изменения (колебания) блеска исследуемой звезды малы и флуктуации в земной атмосфере не позволяют производить измерения или сильно их искажают. Чтобы выявить такие изменения блеска проводят длительные ряды наблюдений с применением сложного математического анализа (например, Фурье-анализа). Однако многие такие задачи не могут быть решены при использовании одноматричных фотометров и попросту не решаются. В одноматричных фотометрах эти колебания блеска «тонут» в шумах атмосферных флуктуаций.

Таким образом, разработка двухматричного фотометра и введение его в процесс астрономических наблюдений позволит:

1. существенно увеличить точность фотометрических измерений, за счет проведения одновременных наблюдений исследуемой звезды и звезды-стандарта;
2. уменьшить в два раза время наблюдений, а, следовательно, более чем в два раза улучшить эффективность наблюдательного времени на телескопе;
3. решить ряд задач, которые невозможно произвести с помощью одноматричного фотометра и расширить круг исследуемых объектов.

### **1. Структура аппаратуры и алгоритмы управления**

Для создания астрономического двухматричного фотометра потребовалась разработка, изготовление и отладка его оптико-механического узла, электронных схем управления и программного обеспечения.

Два однометровых телескопа Тянь-Шаньской астрономической обсерватории (ТШАО) имеют систему Ричи-Критъена, которые позволяют создавать большое неискаженное поле в фокусе телескопа, что дает дополнительные преимущества для работы двухматричного фотометра.

На главной оптической оси телескопа устанавливается одна из ПЗС-матриц (основная), с которой проводят измерения исследуемой звезды. Световой поток от звезды-стандарта с помощью диагонального зеркала «выводится» на боковую поверхность фотометра с поворотом на 90 градусов. Узел, состоящий из диагонального зеркала, фильтров и CCD-матрицы собран в единый оптический блок и имеет возможность перемещаться в фокальной плоскости телескопа по одной из координат. Перемещение по второй координате обеспечивается поворотом фотометра на поворотном круге телескопа. Это обусловлено тем, что стандартные звезды могут располагаться относительно исследуемой звезды на разных расстояниях и на разных позиционных углах. Перемещая вторую CCD-матрицу в двух направлениях, можно практически всегда вывести (навести) по координатам на звезду-стандарт.

Оптическая схема основного канала фотометра (для наблюдений исследуемой звезды) с CCD-камерой Arcee U10 представлена на рисунке 1.

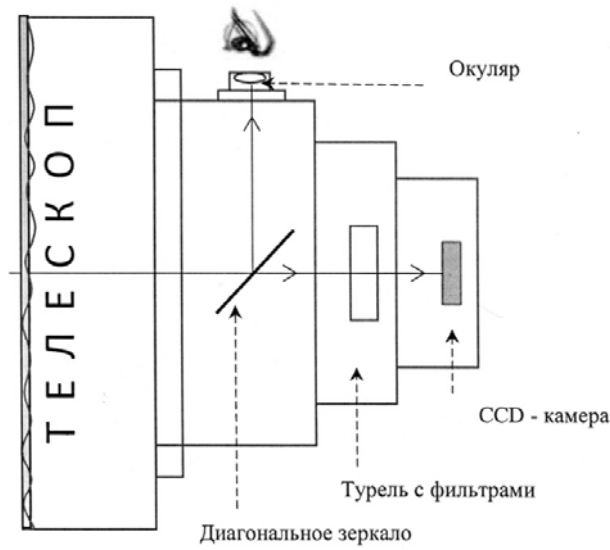


Рисунок 1 – Оптическая схема основного канала фотометра

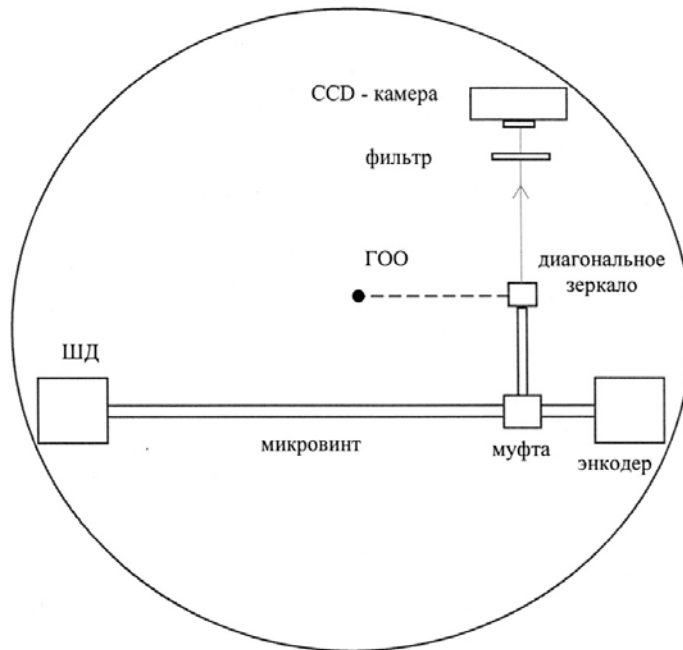


Рисунок 2 – Оптико-механическая схема второго канала фотометра

Во втором канале может использоваться простая матрица без охлаждения. Так как яркость звезды-стандарта всегда гораздо выше, то можно применять менее чувствительные CCD приемники, которые имеют небольшие габариты и вес. Небольшие габариты и вес существенны, так как оптический блок с матрицей должен перемещаться внутри (относительно) фотометра. Принцип работы механизма перемещения матрицы второго канала следующий: с помощью микровинта, который имеет червячную передачу и вращается шаговым двигателем (ШД) перемещает оптический блок с диагональным зеркалом, фильтрами и CCD-матрицей в одном направлении до 14 см с возможностью пересечения главной оптической оси (ГОО) телескопа. При пересечении ГОО телескопа появляется возможность тестирования обеих матриц и определить инструментальные поправки. Точные координаты положения оптического блока определяются абсолютным магнитным энкодером, который жестко связан с микровинтом (соединен с микровинтом с противоположной стороны от ШД).

## 2. Электронная аппаратура системы управления двухматричным фотометром (СУДФ)

На рисунке 3 приведена структурная схема СУДФ.

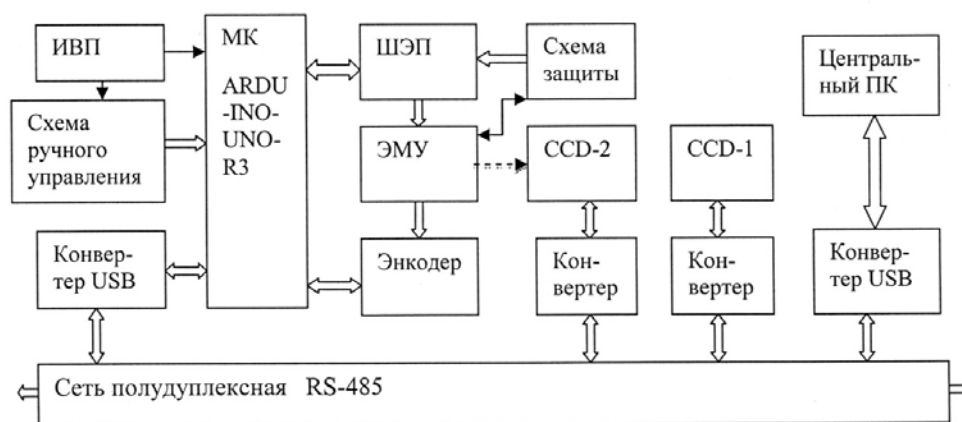


Рисунок 3 – Структура системы управления двухматричным фотометром

Структура аппаратной части двухматричного фотометра включает в себя следующие составные части:

1. Центральным звеном управления служит микроконтроллерная платформа типа ARDUINO UNO [2], который для удобства обращения просто называют микроконтроллером (МК). Собственно модуль Arduino Uno - это устройство на основе микроконтроллера ATmega328. Микроконтроллер ATmega16U2 обеспечивает связь приемопередатчика с USB-портом компьютера, и при подключении к ПК позволяет Arduino определяться как виртуальный COM-порт. Прошивка микросхемы 16U2 использует стандартные драйвера USB-COM, поэтому установка внешних драйверов не требуется. На платформе Windows необходим только соответствующий .inf-файл.

2. Электромеханический узел (ЭМУ) состоит из микровинта длиной 25см, которой перемещает оптический блок, состоящий из диагонального зеркала, турели с фильтрами и матрицы CCD-2. Перемещение осуществляется шаговым двигателем (ШД), который вращая микровинт, перемещает оптический блок со второй матрицей с точностью установки до 0.05 мкм. Управление ШД [3] осуществляется драйвером A3967 EasyDriver V4.4. Управление драйвером осуществляется от Arduino контроллера с помощью специальных программ.

3. Так как все электронные узлы телескопа связаны распределенной сетью и находятся на значительном расстоянии, то все узлы связаны конверторами RS-485[4]. RS-485 выбран нами, так как он может вести до 32 приемников со скоростью связи по спецификации до 10 Мбод/сек на расстояние до 1200 м.

4. В СУДФ для осуществления правильного позиционирования системы и осуществления контроля за передвижением оптического блока со второй матрицей применен датчик угла поворота микровинта (энкодер). В качестве датчика угла поворота применен абсолютный магнитный энкодер Baumer Electric CH-8501, особенностью которого является сохранение данных угла поворота при падении или исчезновении напряжения, или при перезагрузке компьютера. Если в обесточенном состоянии вал энкодера был провернут на определенный угол или какое-то количество оборотов, то при появлении напряжения энкодер сразу выдаст новое, фактическое угловое положение вала и фактический номер оборота. Благодаря этому не требуется после каждого включения системы производить движение механических частей машины на стартовую позицию, что является неоспоримым преимуществом абсолютных энкодеров.

5. Схема защиты включает в себя механизм конечных выключателей по обеим границам разрешенного перемещения оптического блока по микровинту, который предотвращает механические поломки и дает сигнал МК о достижении границ перемещения.

6. Схема ручного управления позволяет осуществлять кнопочный сброс в начальное положение, задает команды на перемещение и выбор направления движения в тестовом режиме.

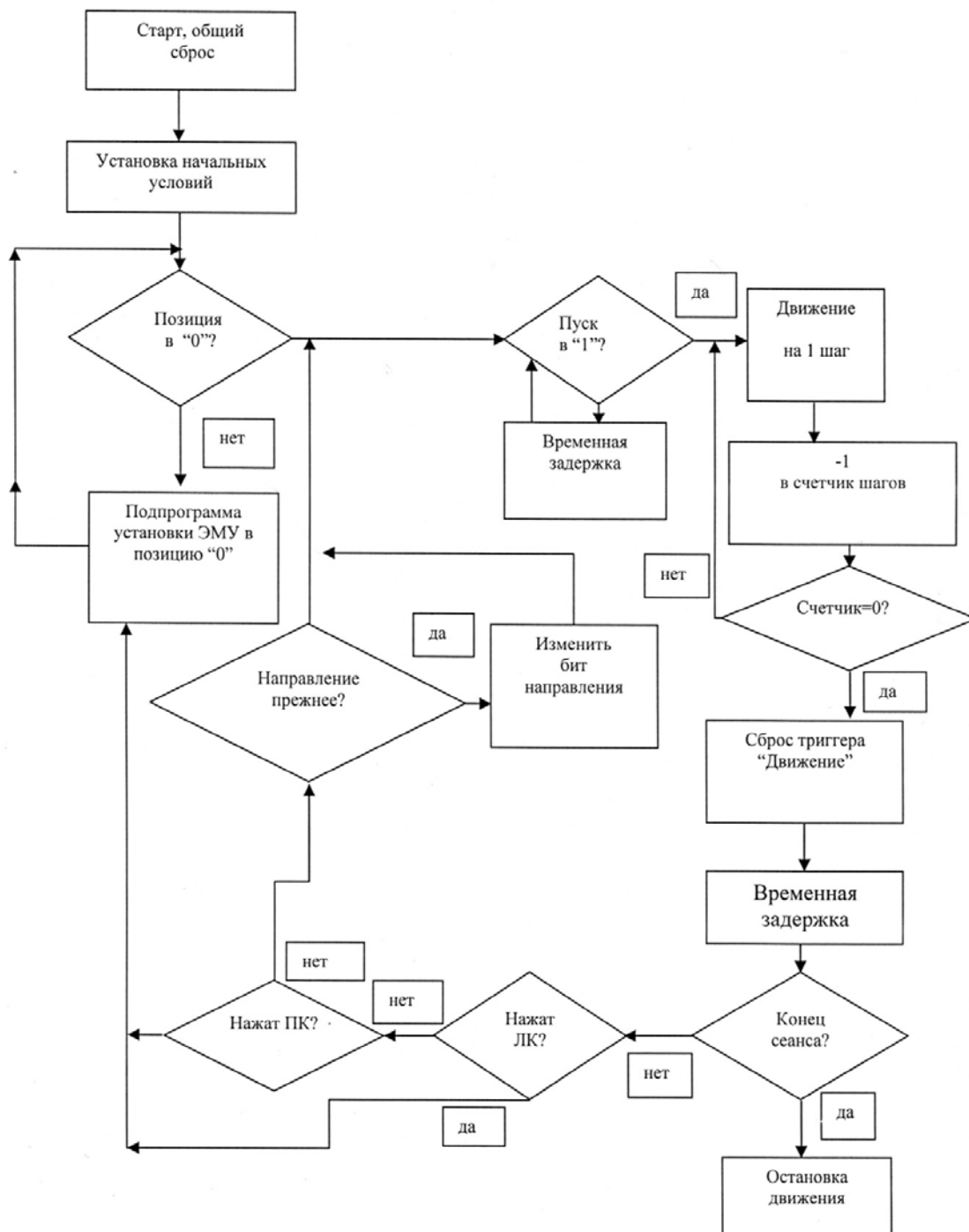


Рисунок 4 – Алгоритм управления перемещением диагонального зеркала от МК

### 3. Алгоритм управления перемещением диагонального зеркала от МК

Разработка программного обеспечения основана на использовании среды разработки Arduino [5] и содержит следующие основные элементы: текстовый редактор для написания кода, область для вывода сообщений, текстовая консоль, панель инструментов с традиционными кнопками и главное меню. Данный софт позволяет компьютеру взаимодействовать с Arduino как для передачи данных, так и для прошивки кода в контроллер.

На рисунке 4 показана блок-схема алгоритма управления перемещением диагонального зеркала от МК. В этом алгоритме для обратной связи используется значения кода энкодера и концевых выключателей, перемещение оптического блока второй матрицы осуществляется

дискретными шагами, которые перемежаются с периодами длительных стоянок, во время которых происходит съем фотометрической информации о звездных объектах. Управление движением зависит от значения триггеров “Движение” и “Направление”, (причем под этими триггерами подразумеваются определенные биты порта вывода МК), а сам дискретный шаг разбивается на дискретные микрошаги, число которых задается программным вычитающим счетчиком и определяется необходимой точностью перемещения.

#### Заключение

Разработанный двухматричный фотометр является астрономическим измерительным прибором, используемым при фотометрических наблюдениях. Отличительная особенность прибора заключается в том, что с его помощью возможно проведение одновременных измерений светового потока от исследуемой звезды и звезды-стандарта с увеличением точности измерений и с меньшими затратами времени.

Преимущественной областью использования двухматричного фотометра является астрономия: для исследований естественных и искусственных небесных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лютый В. М., Абдуллаев Б. И., Алекперов И. А., Гюльмалиев Н. И., Микаилов Х. М., Рустамов Б. Н. I. Согласования ПЗС-фотометра с оптикой Цейсс-600 // Azerbaijani astronomical journal. – 2009. – № 3-4. – С. 36-41.  
 [2] Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб: БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.  
 [3] Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. Пер.с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.  
 [4] Интерфейс RS-485: описание, подключение. – [www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf](http://www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf)  
 [5] Sommer U. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. СПб. БХВ-Петербург, 2015. 256 с.

#### REFERENCES

- [1] Liutyi V. M., Abdullaev B. I., Alekperov I. A., Giu'lmaliyev N. I., Mikailov Kh. M., Rustamov B. N. I. *Reconciliation CCD photometer with Zeiss optics 600*, Azerbaijani astronomical journal, 2009. Vol. 3-4, pp. 36-41. (in Russ.).  
 [2] Petin V.A. *Projects using Arduino controller*, SPb: BKhV-Peterburg, 2015, 464 p. (in Russ.).  
 [3] Kenio T. *Stepper motors and microprocessor control systems*, Per.s angl. M.: Energoatomizdat, 1987, 200 p. (in Russ.).  
 [4] *RS-485 interface and description of connection*, [www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf](http://www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf). (in Russ.).  
 [5] Sommer U. *Programming microcontroller board Arduino/Freduino*, SPb. BKhV-Peterburg, 2015, 256 p. (in Russ.).

**Ж.Ш. Жантаев<sup>1</sup>, К.С. Куратов<sup>1,2,3</sup>, А.М. Сейтимбетов<sup>2</sup>, А.Т. Майлыбаев<sup>1,2</sup>,  
Н.Ш. Алимгазина<sup>1,2</sup>, А.Б. Манапбаева<sup>2</sup>, А.К. Куратова<sup>1,2</sup>, Н.Т. Изтлеуов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup> әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup> В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институты, Алматы, Қазақстан

#### ЕКІ МАТРИЦАЛЫ ФОТОМЕТРДІҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

**Аннотация.** Бұл мақалада астрономиялық екі матрицалы фотометр бейнеленген. Бір CCD камералы қарапайым фотометрден айырмашылығы, мұнда екінші CCD камера қолданылады. Осы кезде бір уақытта зерттелетін жұлдыздың және стандартты жұлдыздың жарық ағындарына өлшеулер жүргізеді. Екінші камераны қолдану айтарлықтай дәрежеде өлшеу дәлдігін жоғарылатуға мүмкіндік береді және бір жұлдызды бақылау кезінде екі есе уақыт шығынын азайтады. Бірінші жағдай бақылаулар бір уақытта жүргізілгендіктен, зерттелініп отырған жұлдызбен стандартты жұлдыз үшін Жер атмосферасындағы флуктуация әсерінен болатын қателіктер бірдей болады. Екі жұлдызды бір уақытта бақылау кезінде ғана уақыт шығындарын азайту мүмкіндігіне жетуге болады.

Мақалада фотометрдің оптика-механикалық схемасы келтірілген. Қабылдау-тіркеуші блоктың орын ауыстыру механизмі келтірілген. Оның негізі ретінде қадамдық қозғалтқыштан айналатын микрометрлік винт алынады. Микрометрлік винттегі муфтаға бекітілген матрица орналасуының нақты координаталары абсолютті магниттік эндокодермен түсіріледі.

Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесінің қолданылатын электронды аппаратурасы бейнеленген. Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясындағы 1-метрлік телескопқа орнатылған фотометрдің басқару жұмысының алгоритмі келтірілген.

**Түйін сөздер:** жұлдыз, телескоп, фотометр, CCD-матрица, оптика-механикалық схема, басқару жүйесі.

N. Burtebayev<sup>1</sup>, Zh.K. Kerimkulov<sup>1</sup>, Y.S. Mukhamejanov<sup>2</sup>,  
D.K. Alimov<sup>2</sup>, A.S. Demyanova<sup>3</sup>, A.N. Danilov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>KazNU, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>NRC Kurchatov Institute, Moscow, Russia

e-mail: [y.mukhamejanov@gmail.com](mailto:y.mukhamejanov@gmail.com)

## STUDY OF SCATTERING OF ALPHA PARTICLES FROM <sup>11</sup>B NUCLEI AT 50 AND 65 MEV

**Abstract.** From the point of view of studying excited neutron halo states of light nuclei the states of <sup>11</sup>B nucleus is of particular interest, where both cluster configuration such as (2 $\alpha$  + t) and the shell model structure can co-exist. Indeed, several studies have suggested that low-lying states <sup>11</sup>B, generally have a shell structure, while the of the cluster structure can be observed in the states with negative parity above or near the clusters breakup threshold.

Study of nuclear reaction is of a special interest as it could provide us with useful information about the nuclear structure, potential parameters, deformation, and transition probabilities. The  $\alpha$ -nucleus interaction is an essential tool for the understanding of nuclear structure and nuclear reactions. The concept of the  $\alpha$ -particle mean field has been widely used to unify the bound and scattering  $\alpha$ -particle states in a similar way to use of the nuclear mean field to calculate the properties of bound single particle states and also the scattering of unbound nucleons by nuclei.

Processes of elastic scattering of <sup>4</sup>He ions from <sup>11</sup>B nuclei at energies 50 and 65 MeV were studied in this work. Analysis of elastic scattering was made within optical model. Imaginary part had the shape of phenomenological surface Woods-Saxon potential. The calculated theoretical cross sections are in good agreement with experimental data.

The theoretical significance of the study lies in the fact that the issue of the prevalence of light isotopes in the universe and the existence of the neutron halo remains open to this day. The practical significance of the research is to obtain new experimental data on nuclear reactions necessary for the evaluation of use of light nuclei, which will complement the existing base of nuclear data with new data on the cross sections of nuclear reactions and structure of light nuclei useful for the expansion of understanding of the nature of nuclear interactions at low and medium energies.

**Keywords:** elastic scattering, optical model, FRESKO, optical parameters.

УДК 539.171

Н. Буртебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>,  
Д.К. Алимов<sup>2</sup>, А.С. Демьянова<sup>3</sup>, А.Н. Данилов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>НИЦ Курчатовский Институт, Москва, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАССЕЯНИЯ АЛЬФА-ЧАСТИЦ НА ЯДРАХ <sup>11</sup>B ПРИ ЭНЕРГИЯХ 50 и 65 МЭВ

**Аннотация.** Изучение ядерных реакций представляет особый интерес, поскольку оно может предоставить полезную информацию о структуре ядра, параметрах потенциалов, деформации и вероятностях

переходов. Взаимодействие  $\alpha$ -частиц с ядрами является важным инструментом для понимания структуры ядра и ядерных реакций. Концепция среднего поля  $\alpha$ -частицы широко используется для объединения состояний связанных и рассеиваемых  $\alpha$ -частиц аналогичным образом с использованием ядерного среднего поля для расчета свойств связанных состояний одной частицы, а также рассеяние несвязанных нуклонов на ядрах.

В данной работе исследованы процессы упругого рассеяния альфа-частиц при энергиях 50 и 65 МэВ. Анализ упругого рассеяния был проведен в рамках оптической модели. В расчетах для действительной части комплексного ядерного потенциала были использованы как микроскопические потенциалы двойной свертки, так и феноменологические потенциалы. Мнимая часть имела форму феноменологического поверхностного Вудс-Саксонского потенциала. Теоретически рассчитанные сечения хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что вопрос распространенности изотопов легких ядер во Вселенной и существования нейтронного гало остаются открытыми по сей день. Практическая значимость исследования состоит в получении новых экспериментальных данных по ядерным реакциям необходимых для проведения оценки наработки легких ядер, которые дополняют существующую базу ядерных данных новыми данными по сечениям ядерных реакций и структуре легких ядер, полезных для расширения понимания природы ядерных взаимодействий в области низких и средних энергий.

**Ключевые слова:** упругое рассеяние, оптическая модель, FRESKO, оптические потенциалы.

**Введение.** С точки зрения изучения возбужденных нейтронных гало состояний легких ядер особый интерес представляет состояния ядра  $^{11}\text{B}$ , где одновременно могут сосуществовать как кластерная конфигурация ( $2\alpha+t$ ), так и структуры оболочечной модели. Действительно, в ряде работ было предложено, что низколежащие состояния  $^{11}\text{B}$ , в основном, имеют оболочечную структуру, в то время, кластерные структуры хорошо прослеживаются в состояниях с отрицательной четностью выше или вблизи порога развала на кластеры [1-4].

Рассеяние альфа-частиц на ядрах в ряде работ [5-16] зарекомендовало себя как крайне важным инструментом для получения информации о ядерной структуре. Однако параметры оптического потенциала взаимодействия частиц с легкими ядрами при низких и средних энергиях, извлекаемые из анализа угловых распределений дифференциальных сечений упругого рассеяния в рамках оптической модели (ОМ), подвержены неоднозначностям и требуют надежных оценок.

С целью получения достоверной информации о потенциале ядерного взаимодействия, полученные на циклотроне Института ядерной физики экспериментальные данные по рассеянию ионов  $^4\text{He}$  с энергией 50,5 МэВ [17] и на циклотроне Университета Ювяскюля при энергии налетающих частиц 65 МэВ [18] на ядрах  $^{11}\text{B}$  были проанализированы в рамках стандартной оптической модели с заданием потенциала в параметризованной форме и нахождением его параметров из сравнения теоретических сечений с экспериментальными.

В данной работе проводится сопоставительный анализ упругого рассеяния ионов  $^4\text{He}$  с ядрами  $^{11}\text{B}$  в рамках оптической модели.

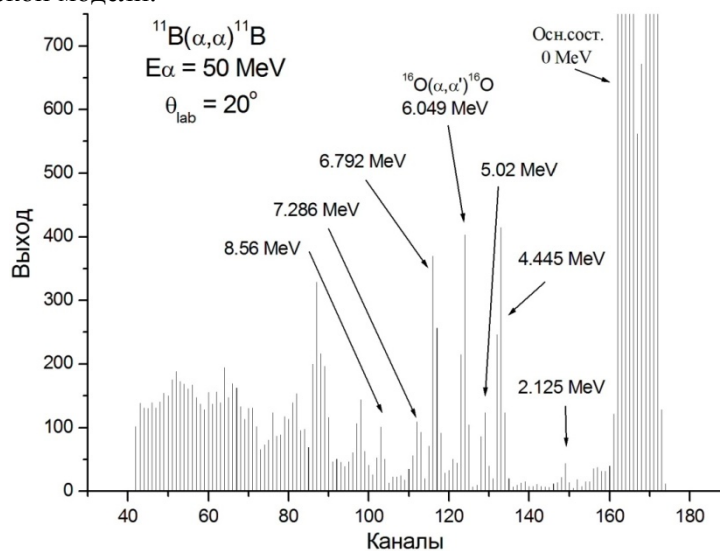


Рисунок 1 - Типичный спектр рассеянных ионов гелия на ядрах углерода при  $E = 50,5$  МэВ

**Методика и результаты эксперимента.** Экспериментальные угловые распределения упругого рассеяния ионов  $^4\text{He}$  на ядрах  $^{11}\text{B}$  измерены на выведенных пучках изохронного циклотрона У-150М Института ядерной физики (г. Алматы, Казахстан) при  $E_\alpha = 50$  МэВ и циклотрона К130 Университета Ювяскюля (г. Ювяскюля, Финляндия) при  $E_\alpha = 65$  МэВ.

В эксперименте использовалась самонесущая мишень из тонкой металлической фольги толщиной  $320 \text{ мкг/см}^2$ . Для регистрации и идентификации продуктов реакций применялась  $\Delta E$ - $E$  методика. Использовались телескопы из кремниевых полупроводниковых детекторов. Типичный спектр рассеянных альфа-частиц на ядрах  $^{11}\text{B}$  при энергии 50,5 МэВ приведен на рисунке 1.

Толщины мишеней определялись на линейном ускорителе УКП-2-1 Института ядерной физики. Для определения толщины мишени проводились измерения кривых выхода реакции  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$  в районе резонанса  $E_p = 992 \text{ кэВ}$  [19] с использованием алюминиевой фольги и напыленной мишени. Смещение этого резонанса в реакции  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$ , обусловленное потерей протонами энергии при прохождении пленки  $^{11}\text{B}$ , составило  $62.0 \text{ кэВ}$ , чему соответствовала толщина мишени  $320 \text{ мкг/см}^2$  (рисунок 2). Такой метод позволил определить толщину мишени с погрешностью не более 5%.

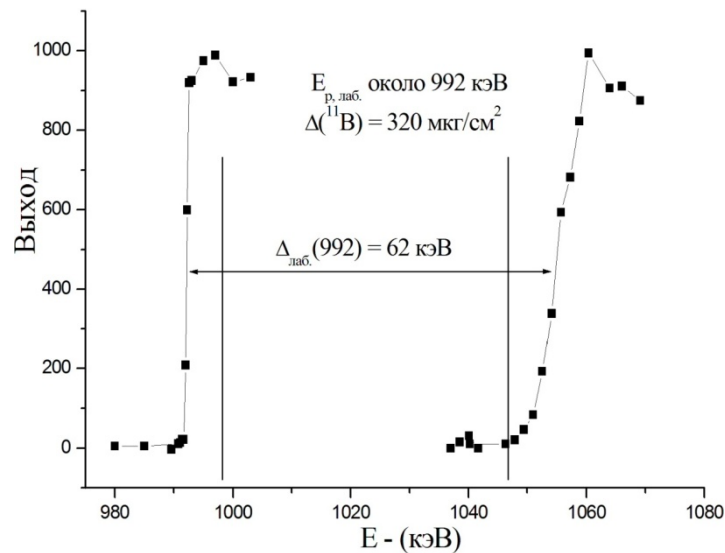


Рисунок 2 - Определение толщины мишени по сдвигу резонанса реакции  $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$

**Анализ экспериментальных данных по оптической модели ядра.** Данные по упругому рассеянию анализировались в рамках стандартной оптической модели ядра, в которой влияние неупругих каналов учитывается феноменологическим введением мнимой поглощающей части в потенциал взаимодействия между сталкивающимися ядрами. В рамках этой модели упругое рассеяние описывается комплексным потенциалом взаимодействия с радиальной зависимостью в форме Вудс-Саксона:

$$U(r) = -Vf(x_V) - i[Wf(x_W)] + V_C(r), \quad (1.1)$$

где  $f(x_i) = (1 + \exp(x_i))^{-1}$ ,  $x_i = (r - R_i) / a_i$ ,  $R_i = r_i A^{1/3}$ ,  $R_i = r_i A^{1/3}$ ,

$V_C(R)$  - потенциал равномерно заряженной сферы радиусом  $R = 1,28 A^{1/3}$  фм. Учитывая компактные размеры налетающей частицы, мы в анализе данных при высоких энергиях ограничились объемным типом потенциала поглощения для мнимой части.

Параметры феноменологических оптических потенциалов (ОП) подбирались таким образом, чтобы достичь наилучшего согласия между теоретическими и экспериментальными угловыми распределениями. Теоретические расчеты выполнялись по программе FRESKO [20]. Автоматический поиск оптимальных параметров ОП производился путем минимизации величины  $\chi^2/N$ . Для ограничения дискретной неоднозначности в параметрах ОП были использованы рекомендации, данные в работе Nolte [21] для  $\alpha$ -частичного рассеяния. Значения радиальных параметров потенциала взаимодействия, полученные в этой работе из глобальной зависимости



параметров ОП:  $r_v = 1,205$  фм и  $r_w = 1,65$  фм были зафиксированы, и подгонка теории к эксперименту осуществлялась при вариации остальных 4 параметров ОП ( $V_R, W_V, a_R$  и  $a_W$ )

Значения ОП представлены в таблице 1. Также рассчитаны объёмные интегралы для действительной части ( $J_V$ ) и мнимой части ( $J_W$ ) оптического потенциала при заданных энергиях.

Таблица 1 - Параметры оптического потенциала

	$E_b, \text{МэВ}$	$V_R, \text{МэВ}$	$r_0, \text{фм}$	$a_R, \text{фм}$	$W_V, \text{МэВ}$	$r_W, \text{фм}$	$a_W, \text{фм}$	$J_V, \text{МэВ} \cdot \text{фм}^3$	$J_W, \text{МэВ} \cdot \text{фм}^3$
${}^4\text{He}+{}^{11}\text{B}$	50.5	135	1,205	0,785	16,41	1,65	0,661	396,5	107,7
	65.0	127	1,205	0,8	19,41	1,65	0,761	380,5	131,5

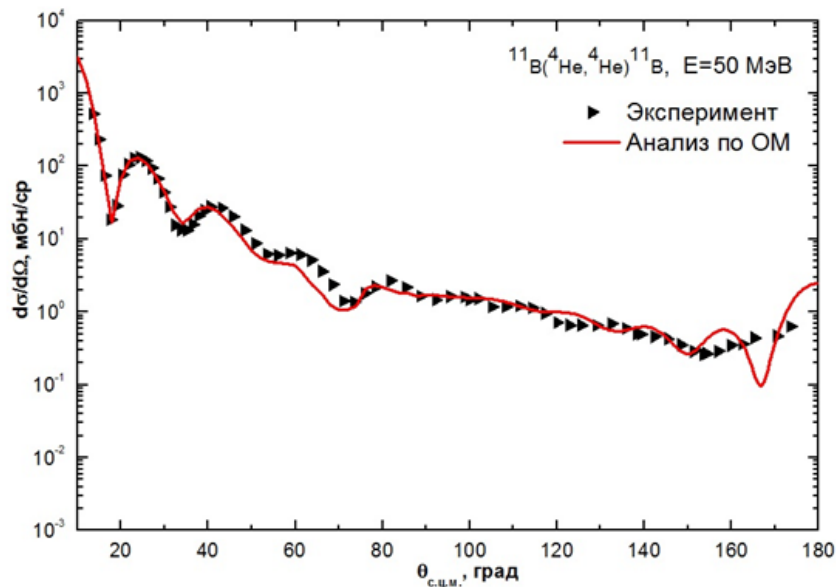


Рисунок 3 - Угловые распределения упругого рассеяния альфа-частиц на ядре  ${}^{11}\text{B}$  при энергии 50,5 МэВ. Символы – экспериментальные данные по упругому рассеянию; сплошная кривая – расчет по ОП

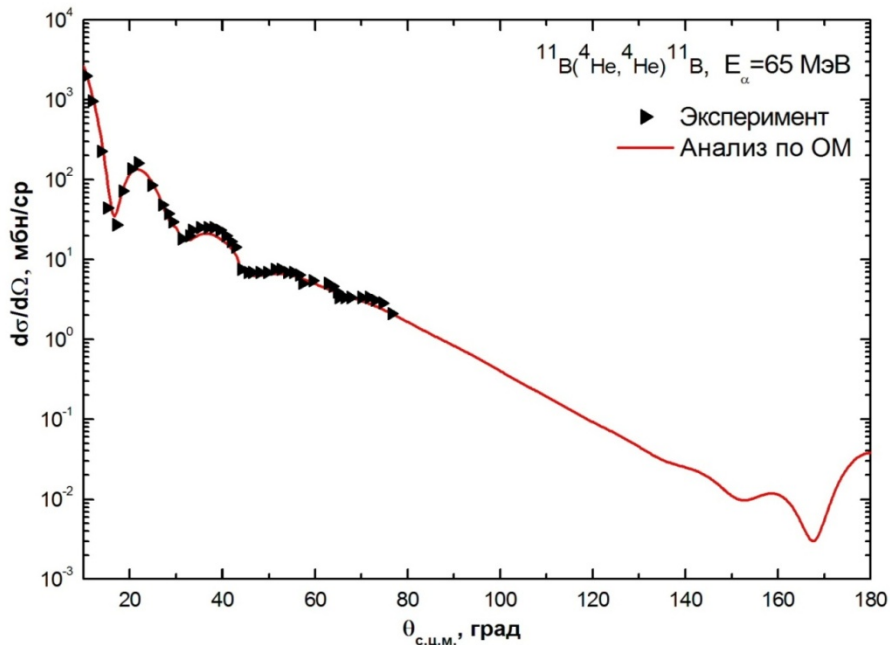


Рисунок 4 - Угловые распределения упругого рассеяния альфа-частиц на ядре  ${}^{11}\text{B}$  при энергии 65 МэВ. Символы – экспериментальные данные по упругому рассеянию; сплошная кривая – расчет по ОП

**Вывод.** Найдены оптимальные, физически разумные значения параметров оптического потенциала. Полученные потенциалы будут полезны при исследовании дифференциальных сечений реакций с участием исследуемых ядер.

Работа была поддержана грантом МОН РК №1460 ГФ4.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Navrátil P., Ormand W.E. Ab initio shell model with a genuine three-nucleon force for the p-shell nuclei. *Phys. Rev. C* 68, 034305 (2003)
- [2] Nishioka H., Saito S., Yasuno M. Structure study of  $2\alpha + t$  system by the orthogonality condition model. *Prog. Theor. Phys.* 62, 424 (1979)
- [3] Kanada-En'yo Y. Negative parity states of  $^{11}\text{B}$  and  $^{11}\text{C}$  and the similarity with  $^{12}\text{C}$ . *Phys. Rev. C* 75, 024302 (2007)
- [4] Yamada T., Funaki Y.:  $\alpha + \alpha + t$  cluster structures and  $^{12}\text{C} (0 + 2^-)$ -analog states in  $^{11}\text{B}$ . *Phys. Rev. C* 82, 064315 (2010)
- [5] A. A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and W. Trzaska. Effect of neutron halos on excited states of nuclei. *Phys. Rev. C* 84, 054601 (2011)
- [6] A.A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, W. Trzaska, Observation of abnormally large radii of nuclei in excited states in the vicinity of neutron thresholds. *Phys. Rev. C* 82, No.11, 1548-1561 (2011)
- [7] A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, S.A. Goncharov, N. Burtebaev, J. Burtebaeva, N. Saduev, T.L. Belyaeva, H. Suzuki, A. Ozawa, Y. Abe, S. Fukuoka, Y. Ishibashi, S. Ito, T. Komatsubara, T. Moriguchi, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, K. Okumura, H. Ooishi, K. Yokoyama and S. Kubono. Spectroscopy of  $^9\text{Be}$  and observation of neutron halo structure in the states of positive parity rotational band. *EPJ Web of Conferences* 66, 02026 (2014)
- [8] T. L. Belyaeva, R. Perez-Torres, A. A. Ogloblin, A. S. Demyanova, S. N. Ershov, and S. A. Goncharov, Determination of neutron halo radii in the first excited states of  $^{13}\text{C}$  and  $^{11}\text{B}$  with the asymptotic normalization coefficients method. *Phys. Rev. C* 90(2014)
- [9] A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and A. A. Ogloblin, Determination of nuclear radii for unstable states in  $^{12}\text{C}$  with diffraction inelastic scattering. *Phys. Rev. C* 80, 054603 (2009)
- [10] T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, A. A. Ogloblin, and R. Perez-Torres, Large-angle  $\alpha$ -particle scattering on  $^{12}\text{C}$  and search for signatures of  $\alpha$ -particle Bose condensation. *Phys. Rev. C* 82, 064618(2010)
- [11] A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova and S. A. Goncharov. Radius of  $^{12}\text{C}$  in the excited  $22^+$  Hoyle state. *Eur. Phys. Jour. A* 2013 49 No.46
- [12] A.A. Ogloblin, A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska and S.V. Khlebnikov. Rotational band in  $^{12}\text{C}$  based on the Hoyle state. *EPJ Web of Conferences* 66, 02074 (2014)
- [13] A.N. Danilov, A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, S.V. Khlebnikov, N. Burtebaev, T. Zholdybayev, N. Saduev, P. Heikkinen, R. Julin and G.P. Tyurin. Cluster states in  $^{11}\text{B}$ . *EPJ Web of Conferences* 66, 03007 (2014)
- [14] S.A. Goncharov, A.S. Demyanova, Yu.A. Gloukhov, A.N. Danilov, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, G.P. Tyurin and S.V. Khlebnikov. Study of the structure of the Hoyle state by refractive  $\alpha$ -scattering. *EPJ Web of Conferences* 66, 03034 (2014)
- [15] A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, N. Burtebaev, P. Drobyshev, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, P. Heikkinen, R. Julin, S.V. Khlebnikov, V.A. Maslov, N. Nassurlla, Yu.E. Penionzhkevich, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, G.P. Tyurin and V.I. Zhrebchevskii, Spectroscopy of exotic states of  $^{13}\text{C}$ . *EPJ Web of Conferences* 66, 02027 (2014)
- [16] A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, A.N. Danilov, A.S. Demyanova and S.A. Goncharov. Nuclear Threshold States: Yesterday, Today, Tomorrow. *AIP Conference Proceedings* Vol 1224 (2010)
- [17] N. Burtebaev, M. K. Baktybaev, B. A. Duisebaev, R. J. Peterson, S. B. Sakuta. Scattering of  $\alpha$  particles on  $^{11}\text{B}$  nuclei at energies 40 and 50 MeV. *Physics of Atomic Nuclei*, 2005, Volume 68, Issue 8, pp 1303–1313.
- [18] A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. V. Dmitriev, A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, S. A. Goncharov, Yu. B. Gurov, V. A. Maslov, Yu. G. Sobolev, W. Trzaska, S. V. Khlebnikov, P. Heikkinen, R. Julin, G. P. Tyurin, N. Burtebaev, T. Zholdybayev. Study of elastic and inelastic  $^{11}\text{B} + \alpha$  scattering and search for cluster states of enlarged radius in  $^{11}\text{B}$ . *Phys. Rev. C* 2015, Volume 78, Issue 6, pp 777–793.
- [19] Bulter J.W. Table of (p, $\gamma$ ) resonances by proton energy:  $E = 0.163 - 3.0$  MeV. U.S. Naval Research Laboratory. NRL Report. – 1959. – P. 5282-5299
- [20] I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. *Comput. Phys. Rep.* 7 (1988)
- [21] Nolte M., Machner H. and Bojowald J. Global optical potential for  $\alpha$  particles with energies above 80 MeV. *Physical Review C*. – 1987. – Vol.36. – P.1312.

#### REFERENCES

- [1] Navrátil P., Ormand W.E. Ab initio shell model with a genuine three-nucleon force for the p-shell nuclei. *Phys. Rev. C* 68, 034305 (2003)
- [2] Nishioka H., Saito S., Yasuno M. Structure study of  $2\alpha + t$  system by the orthogonality condition model. *Prog. Theor. Phys.* 62, 424 (1979)

- [3] Kanada-En'yo Y. Negative parity states of 11B and 11C and the similarity with 12C. Phys. Rev.C 75, 024302 (2007)
- [4] Yamada T., Funaki Y.:  $\alpha + \alpha + t$  cluster structures and 12C ( $0 + 2$ )-analog states in 11B. Phys.Rev. C 82, 064315 (2010)
- [5] A. A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and W. Trzaska. Effect of neutron halos on excited states of nuclei. Phys.Rev. C 84, 054601 (2011)
- [6] A.A. Ogloblin, A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, W. Trzaska, Observation of abnormally large radii of nuclei in excited states in the vicinity of neutron thresholds. Physisc of Atomic Nuclei, 2011, 74, No.11, 1548-1561
- [7] A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, S.A. Goncharov, N. Burtebaev, J. Burtebaeva, N. Saduev, T.L. Belyaeva, H. Suzuki, A. Ozawa, Y. Abe, S. Fukuoka, Y. Ishibashi, S. Ito, T. Komatsubara, T. Moriguchi, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, K. Okumura, H. Ooishi, K. Yokoyama and S. Kubono. Spectroscopy of 9Be and observation of neutron halo structure in the states of positive parity rotational band. EPJ Web of Conferences 66, 02026 (2014)
- [8] T. L. Belyaeva, R. Perez-Torres, A. A. Ogloblin, A. S. Demyanova, S. N. Ershov, and S. A. Goncharov, Determination of neutron halo radii in the first excited states of 13C and 11Be with the asymptotic normalization coefficients method. Phys.Rev. C 90(2014)
- [9] A. N. Danilov, T. L. Belyaeva, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, and A. A. Ogloblin, Determination of nuclear radii for unstable states in 12C with diffraction inelastic scattering. Phys.Rev. C 80, 054603 (2009)
- [10] T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. A. Goncharov, A. A. Ogloblin, and R. Perez-Torres, Large-angle  $\alpha$ -particle scattering on 12C and search for signatures of  $\alpha$ -particle Bose condensation. Phys.Rev. C 82, 064618(2010)
- [11] A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, A. N. Danilov, A. S. Demyanova and S. A. Goncharov. Radius of 12C in the excited 22+ Hoyle state. Eur.Phys. Jour. A 2013 49 No.46
- [12] A.A. Ogloblin, A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska and S.V. Khlebnikov. Rotational band in 12C based on the Hoyle state. EPJ Web of Conferences 66, 02074 (2014)
- [13] A.N. Danilov, A.S. Demyanova, A.A. Ogloblin, S.V. Dmitriev, T.L. Belyaeva, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, V.A. Maslov, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, S.V. Khlebnikov, N. Burtebaev, T. Zholdybayev, N. Saduev, P. Heikkinen, R. Julin and G.P. Tyurin. Cluster states in 11B. EPJ Web of Conferences 66, 03007 (2014)
- [14] S.A. Goncharov, A.S. Demyanova, Yu.A. Gloukhov, A.N. Danilov, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, G.P. Tyurin and S.V. Khlebnikov. Study of the structure of the Hoyle state by refractive  $\alpha$ -scattering. EPJ Web of Conferences 66, 03034 (2014)
- [15] A.S. Demyanova, A.N. Danilov, S.V. Dmitriev, A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, N. Burtebaev, P. Drobyshev, S.A. Goncharov, Yu.B. Gurov, P. Heikkinen, R. Julin, S.V. Khlebnikov, V.A. Maslov, N. Nassurlla, Yu.E. Penionzhkevich, Yu.G. Sobolev, W. Trzaska, G.P. Tyurin and V.I. Zhrebchevskii, Spectroscopy of exotic states of 13C. EPJ Web of Conferences 66, 02027 (2014)
- [16] A.A. Ogloblin, T.L. Belyaeva, A.N. Danilov, A.S. Demyanova and S.A. Goncharov. Nuclear Threshold States: Yesterday, Today, Tomorrow. AIP Conference Proceedings Vol 1224 (2010)
- [17] N. Burtebaev, M. K. Baktybaev, B. A. Duisebaev, R. J. Peterson, S. B. Sakuta. Scattering of  $\alpha$  particles on 11B nuclei at energies 40 and 50 MeV. Physics of Atomic Nuclei, 2005, Volume 68, Issue 8, pp 1303–1313.
- [18] A. N. Danilov, A. S. Demyanova, S. V. Dmitriev, A. A. Ogloblin, T. L. Belyaeva, S. A. Goncharov, Yu. B. Gurov, V. A. Maslov, Yu. G. Sobolev, W. Trzaska, S. V. Khlebnikov, P. Heikkinen, R. Julin, G. P. Tyurin, N. Burtebaev, T. Zholdybayev. Study of elastic and inelastic 11B +  $\alpha$  scattering and search for cluster states of enlarged radius in 11B// 2015, Volume 78, Issue 6, pp 777–793.
- [19] Bulter J.W. Table of (p, $\gamma$ ) resonances by proton energy: E = 0.163 – 3.0 MeV. U.S. Naval Research Laboratory. NRL Report. – 1959. – P. 5282-5299
- [20] I.J. Thompson. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics. Comput. Phys. Rep. 7 (1988)
- [21] Nolte M., Machner H. and Bojowald J. Global optical potential for  $\alpha$  particles with energies above 80 MeV. Physical Review C. – 1987. – Vol.36. – P.1312.

**Н. Буртебаев<sup>1</sup>, Ж.К. Керимкулов<sup>1</sup>, Е.С. Мухамеджанов<sup>2</sup>, Д.К. Алимов<sup>2</sup>, А.С. Демьянова<sup>3</sup>, А.Н.Данилов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ядролық Физика Институты, Алматы, Қазақстан; <sup>2</sup>эл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>ҰЗО Курчатов Институты, Мәскеу, Ресей

### **50 ЖӘНЕ 65 МЭВ ЭНЕРГИЯДАҒЫ АЛЬФА-БӨЛШЕКТЕРДІҢ <sup>11</sup>ВЯДРОЛАРЫНДА ШАШЫРАУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Осы жұмыста 50 және 65 МэВ энергияларда <sup>4</sup>Не иондарының <sup>11</sup>В ядроларынан серпімді шашырау процесстері зерттелген. Серпімді шашырау оптикалық модель аясында талданды. Потенциалдың жорамал бөлігі үшін Вудс-Саксон потенциалының беттік феноменологиялық түрі қолданылды. Теориялық есептелген кималар, тәжірибелік мәліметтермен жақсы үйлеседі.

**Тірек сөздер:** серпімді шашырау, оптикалық модель, фолдинг потенциал, нормалау коэффициенттері, FRESKO.

#### **Сведения об авторах:**

**Буртебаев Нассурлла** - профессор, д.ф.м.н., зам. директора института ядерной физики, Алматы, Казахстан, e-mail: [nburtebayev@yandex.ru](mailto:nburtebayev@yandex.ru)

**Мухамеджанов Ержан** - e-mail: [y.mukhamejanov@gmail.com](mailto:y.mukhamejanov@gmail.com)

E.G. Boos, T. Temiraliev, M. Izbasarov, V.V. Samoilov, A.I. Fedosimova

Institute of Physics and Technology, Almaty.  
temturt@mail.ru

## ANALYSIS OF EVENTS STRUCTURE IN ANTI-PROTON-PROTON ANNIHILATION REACTION AND REACTION OF PROTON AND ANTI-PROTON RECHARGING AT 22.4 GeV/c

**Abstract.** Analysis of events structure in momentum space in antiproton-proton annihilation reaction  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$  and recharging reaction  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$  has shown that generated particles are grouped mainly along direction of particle collision. The number of events oriented along of collision axis for primary particles exceed (by a factor of four) in four times the number of events oriented in direction of Y and Z axes in antiproton-proton annihilation, and in two times in recharging reaction of proton and antiproton. The number of events grouped along directions for Y and Z axes is approximately equal, the distributions of sphericity for those two group are similar, and mean value  $\langle S \rangle$  at the same multiplicity coincide. The distributions of sphericity in events grouped along of axis X direction differ very strong from appropriate distributions in events grouped along directions of axes Y and Z.

It is established that mean value  $\langle S \rangle$  is more in reaction of proton and antiproton recharging than in reaction of antiproton-proton annihilation.

**Key words:** meson, sphericity, proton – antiproton annihilation, of proton recharging.

УДК 539.12

Э.Г. Боос, Т. Темиралиев, М. Избасаров, В.В. Самойлов, А.И. Федосимова

Физико – технический институт, Алматы

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СОБЫТИЙ В АНТИПРОТОН - ПРОТОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ И РЕАКЦИИ ПЕРЕЗАРЯДКИ ПРОТОНА И АНТИПРОТОНА ПРИ ИМПУЛЬСЕ 22,4 ГэВ/с

**Аннотация.** Анализ структуры событий в импульсном пространстве в реакции антипротон-протонной аннигиляции  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$  и в реакции перезарядки протона и антипротона  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$  показало, что генерированные частицы, в основном, сгруппированы вдоль направления движения сталкивающихся частиц. Число событий, ориентированных по линии оси соударения первичных частиц, в 4 раза превышает число событий, ориентированных в направлении осей Y и Z в антипротон – протонной аннигиляции, и в 2 раза в реакции перезарядки протона и антипротона. Число событий группирующихся вдоль направлений осей Y и Z, примерно равно, а распределения сферисити для этих двух групп схоже и средние значения  $\langle S \rangle$  при одинаковой множественности совпадают. Распределения сферисити S в событиях, группирующихся вдоль направления оси X, сильно отличаются от соответствующих распределений в событиях, группирующихся вдоль направлений осей Y и Z.

Установлено, что среднее значение  $\langle S \rangle$  больше в реакции перезарядки протона и антипротона, чем в реакции антипротон-протонной аннигиляции.

**Ключевые слова:** мезон, сферисити, протон – антипротонная аннигиляция, перезарядка протона.

Особенности ядерных взаимодействий на кварк – глюонном уровне проявляются в динамике наблюдаемых в эксперименте адронов. В  $\bar{p}p$  – взаимодействиях при импульсе 22,4 ГэВ/с исследуется механизм рождения адронов при различной множественности в канале аннигиляции

соударяющихся антипротона и протона, а также в канале перезарядки протона и антипротона. Целью исследования является получение новых знаний о структуре событий в импульсном пространстве.

Взаимодействия антипротонов с протонами регистрировались в двухметровой водородной пузырьковой камере «Людмила» Объединенного Института Ядерных Исследований (ОИЯИ) при экспонировании пучком антипротонов на Серпуховском ускорителе У-70. В эксперименте на ~60 тысячах событий полностью измерены угловые и энергетические характеристики вторичных частиц. Среди этих событий измерены 12275 взаимодействий антипротон - протонной аннигиляции  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$  и 12413 взаимодействий в канале перезарядки протона и антипротона  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\tilde{n}X^0$ , где  $m$  – число  $\pi^+\pi^-$  пар и  $X^0$  – вклад нейтральных мезонов.

Методика разделения канала перезарядки протона и антипротона и канала аннигиляции антипротона с протоном изложена в работе [1].

Распределение частиц в импульсном пространстве в индивидуальных взаимодействиях количественно описывается коллективной переменной сферисити  $S$ , характеризующей механизм генерации вторичных частиц в системе центра масс.

Анализ событий осуществлялся с помощью матрицы [2], составленной из компонентов импульсов вторичных частиц в системе центра масс.

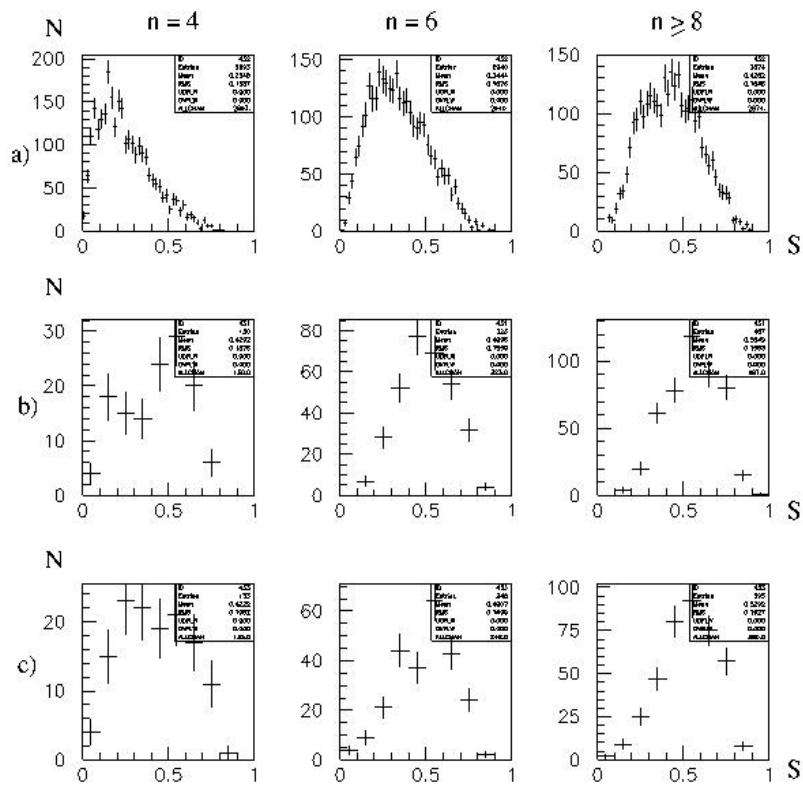


Рисунок 1 – Распределения сферисити в антипротон протонной аннигиляции

$$M_{\alpha\beta} = \sum_{i=1}^n P_{i\alpha} P_{i\beta}, \alpha, \beta = x, y, z,$$

где  $n$  – число частиц в событии,  $x, y, z$  – декартовы координаты в с.ц.м.,  $x$  – соответствует направлению соударения встречных пучков первичных частиц. Вычисление переменной  $S$  производилось путем диагонализации матрицы по программе LA64 методом вращений (метод Якоби) с помощью ортогонального преобразования [2]. Если после диагонализации матрицы диагональные элементы обозначить  $Q_1, Q_2, Q_3$  и расположить их в порядке возрастания

$Q_1 < Q_2 < Q_3$ , то сферисити для события можно определить следующим образом [3-5]:

$$S = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2)$$

Геометрически диагональные элементы матрицы  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $Q_3$  являются главными осями эллипсоида вращения. Вытянутость события определялась наибольшим значением диагонального элемента матрицы. На рис. 1 и 2 приведены распределения сферисити  $S$  для множественности  $n=4$ ,  $n=6$  и  $n \geq 8$ , соответственно в аннигиляционном канале и в канале перезарядки протона и антипротона для  $\tilde{p}p$  – взаимодействий при 22,4 ГэВ/с.

В каждой множественности события разделялись на три группы, выделяемые по наибольшей величине диагональных элементов этих эллипсоидов: а) – события, группирующиеся вдоль оси  $X$  и б) с) – события группирующиеся вдоль осей  $Y$  и  $Z$ . Число анализируемых событий –  $N$ , среднее значение сферисити  $\langle S \rangle$  и их дисперсии  $D_S$  приведены в таблице 1 для каналов антипротон - протонной аннигиляции и перезарядки антипротона и протона.

Таблица 1 – Количество событий  $N$ , среднее значение  $\langle S \rangle$  и дисперсия  $D_S$  при 22,4 ГэВ/с

параметры									
группа	$n = 4$			$n = 6$			$n \geq 8$		
	$N$	$\langle S \rangle$	$D_S$	$N$	$\langle S \rangle$	$D_S$	$N$	$\langle S \rangle$	$D_S$
реакция $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)X^0$ при 22,4 ГэВ/с									
a	2693	$0,254 \pm 0,010$	0,159	2940	$0,344 \pm 0,013$	0,168	2874	$0,428 \pm 0,106$	0,165
b	130	$0,425 \pm 0,075$	0,188	323	$0,500 \pm 0,056$	0,156	467	$0,555 \pm 0,051$	0,155
c	133	$0,420 \pm 0,073$	0,195	248	$0,451 \pm 0,062$	0,170	395	$0,529 \pm 0,053$	0,163
реакция $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)n\tilde{n}X^0$ при 22,4 ГэВ/с									
a	2721	$0,330 \pm 0,013$	0,174	2163	$0,424 \pm 0,018$	0,165	478	$0,512 \pm 0,047$	0,158
b	662	$0,427 \pm 0,033$	0,182	605	$0,506 \pm 0,041$	0,170	211	$0,576 \pm 0,079$	0,162
c	540	$0,421 \pm 0,036$	0,179	514	$0,510 \pm 0,045$	0,168	162	$0,548 \pm 0,086$	0,172

Количество событий, группирующихся вдоль направления движения сталкивающихся частиц, в реакции антипротон - протонной аннигиляции составляет 91%, 84%, 71%, а в реакции перезарядки 69%, 66%, 53% соответственно при множественностях  $n=4$ ,  $n=6$  и  $n \geq 8$ .

Из данных таблицы следует, что число эллипсоидов вращения системы заряженных  $\pi$  - мезонов, ориентированных по линии соударения первичных частиц, в 4 раза превышает число событий, ориентированных в направлении осей  $Y$  и  $Z$  в реакции антипротон-протонной аннигиляции и в 2 раза - в реакции перезарядки. Распределение сферисити в группе событий (а) в обеих рассматриваемых реакциях, смещается в сторону больших значений  $S$  с ростом множественности. Среднее значение  $\langle S \rangle$  больше в реакции перезарядки протона и антипротона  $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)n\tilde{n}X^0$  по сравнению с реакцией антипротон - протонной аннигиляции  $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)X^0$ . Распределение сферисити событий для групп частиц, ориентированных в направлении осей  $Y$  и  $Z$  в пределах однократной статистической ошибки совпадают друг другом в обеих реакциях.

В реакции перезарядки соударяющихся протонов и антипротонов в нейтрон -антинейтронную пару  $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+ \pi^-)n\tilde{n}X^0$  распределения сферисити событий  $S$  в группах а), б) и с) с различным числом мезонов приведены на рис. 2. Число событий группирующихся вдоль

направлений осей  $Y$  и  $Z$ , примерно равно и растет от 30% до 44% соответственно при  $n = 4$  и  $n \geq 8$ . Распределения для этих двух групп подобны, а средние значения  $\langle S \rangle$  при одинаковой множественности совпадают. Распределения сферисити и средние значения  $\langle S \rangle$  в событиях, группирующихся вдоль направления оси  $X$ , сильно отличаются от соответствующих распределений в событиях, группирующихся вдоль направлений осей  $Y$  и  $Z$ .

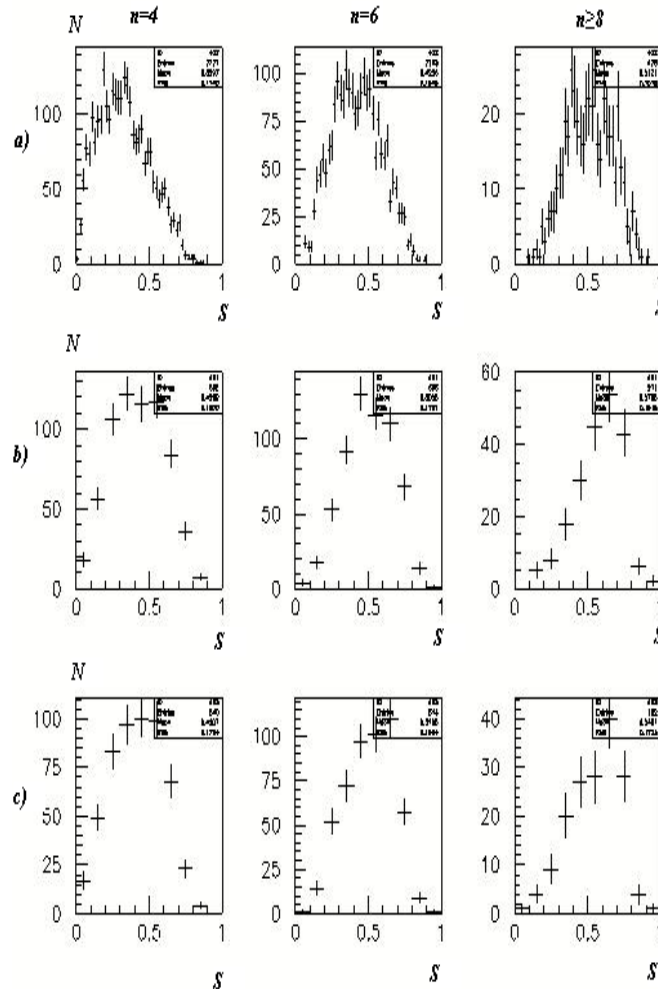


Рисунок 2 – Распределение сферисити в реакции  $\bar{p}p \rightarrow n\bar{n}m(\pi^+\pi^-)X^0$

Анализ структуры событий в импульсном пространстве в реакции антипротон - протонной аннигиляции  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$  и в реакции  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$  приводит к следующим выводам:

- генерированные частицы, в основном, сгруппированы вдоль направления сталкивающихся частиц, но при этом доля событий, распределенных по осям столкновения первичных адронов, значительно выше во взаимодействиях, сопровождающихся аннигиляцией соударяющихся нуклонов;

- распределения сферисити событий смещаются в сторону больших значений  $S$  с ростом множественности в обеих реакциях, а средние значения  $\langle S \rangle$  в реакции  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\bar{n}X^0$  превышают соответствующие значения в реакции антипротон - протонной аннигиляции;

- количество событий, где генерированные частицы, сгруппированные в направлении осей  $Y$  и  $Z$ , совпадают друг с другом в каждой реакции. Это свидетельствует об азимутальной симметрии частиц в этих двух классах взаимодействий,

- распределения сферисити в группах событий b) и c) схожи и средние значения  $\langle S \rangle$

совпадают в группах b) и c) в реакциях  $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$  и  $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\tilde{n}X^0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Боос Э.Г., Темирәлиев Т. и др.// Известия МОН-НАН РК. Сер. физ-мат – 2000. – №2 – с.35
- [2] Потемкин В. // Fortran – 90, @yandex.ru
- [3] Гришин В.Г. и др.// Ядерная физика 1983, Т.37 – с.915
- [4] Bjorken J.D., Brodsky S.J.// Phys. Rev. D1, p.1416, 1970
- [5] Hanson G. et. al.// Phys. Rev. Lett. 35, p.1609, 1975

#### REFERENCES

- [1] Boos E.G., Temiraliev T. et. al. Izvestiya MON-NAN RK, ser. fiz-mat. 2000. №2 p.35 (in Rus)
- [2] Potemkin V. // Fortran – 90, @yandex.ru (in Rus)
- [3] Grishin V. G. at. al. Yadernaya fizika 1983, T.37 p.915 (in Rus)
- [4] Bjorken J.D., Brodsky S.J. Phys. Rev. D1, p.1416, 1970 (in Eng)
- [5] Hanson G. et. al. Phys. Rev. Lett. 35, p.1609, 1975 (in Eng)

**Э.Г. Боос, Т. Темірәлиев, М. Избасаров, В.В. Самойлов, А.И. Федосимова**

Физика – техникалық институты, Алматы

### ИМПУЛЬСИ 22,4 ГэВ/С АНТИПРОТОН-ПРОТОНДЫҚ АННИГИЛЯЦИЯДА ЖӘНЕ ПРОТОН МЕН АНТИПРОТОННЫҢ ЗАРЯДЫНАН АЙЫРЫЛУ РЕАКЦИЯСЫНДА ОҚИҒА ҚҰРЫЛЫМЫН ТАЛДАУ

**Аннотация.** Антипротонның протонмен аннигиляциясы  $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)X^0$  және протонмен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында  $\tilde{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)n\tilde{n}X^0$  импульстік кеңістікте оқиға құрылымын талдау, пайда болған бөлшектердің көбінде әрекеттескен бөлшектердің қозғалыс бағыты бойынша топталатынын көрсетті. Антипротонның протонмен аннигиляциялық әрекетінде қозғалыс бағытында топталған оқиға саны Y пен Z өстерінің бағытында топталған оқиға санынан 4 есе көп және протонмен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында 2 есе артық. Y және Z өстерінің бағытында топталған оқиға сандары өзара тең, ал бұл екі топта көптігі бірдей әрекеттестіктерде сферисити таралымы ұқсас және сфериситидің орташа шамасы  $\langle S \rangle$  өзара тең. X өсінің бағытында топталған оқиғалардың сферисити таралымы Y пен Z өстерінің бағытында топталған оқиғалардың сферисити таралымынан өте өзгеше.

Протонмен антипротонның аннигиляция реакциясына қарағанда протонмен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында сфериситидің орташа шамасы  $\langle S \rangle$  үлкен екендігі анықталды.

**Түйін сөздер:** мезон, сферисити, протон мен антипротонның аннигиляциясы, протонның зарядынан айырылуы.



**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 113 – 117

**A.A. Betekbayev<sup>1,2</sup>, D.A. Kalygulov<sup>1</sup>, D.M. Skakov<sup>3</sup>, B.N. Mukashev<sup>4</sup>**<sup>1,2</sup>«National Atomic Company Kazatomprom» JSC;<sup>1</sup>Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan;<sup>3</sup>«Metallurgical Plant KazSilicon» LLP;<sup>4</sup>Institute of Physics and Technology of the Committee of Science of the MES RK**PHOTOVOLTAIC CONVERSION OF SOLAR ENERGY:  
STATE AND PERSPECTIVES OF KAZPV PROJECT**

**Abstract.** The sun is the main source of energy in the world and solar power is the generation of renewable energy which uses the semiconductor photovoltaic plants for the direct conversion of solar energy into electricity; they are one of fastest growing sectors of the global economy. On the basis of high-purity quartz of the Sarykol deposit, which is located in the Almaty region, near Ushtobe city, the «National Atomic Company Kazatomprom» JSC developed and implemented KAZPV project in cooperation with the scientific and technical centers of France, US and Holland. The aim of the project is the organization of industrial production of silicon photo converters for photovoltaic power plants. Silicon as basic material has to be made through carbothermal technology at the enterprise «Kazsilicon» in Ushtobe; solar cells production with the following assembling panels should be carried out at the «Astana Solar» factories in the cities of Ust-Kamenogorsk and Astana. In accordance with the plan of project implementation, the main production facilities have to be put into operation in 2015-2016.

**Keywords:** quartz, silicon.**А. А. Бетекбаев<sup>1,2</sup>, Д. А. Калыгулов<sup>1</sup>, Д. М. Скаков<sup>3</sup>, Б. Н. Мукашев<sup>4</sup>**<sup>1</sup>АО «НАК Казатомпром»; <sup>2</sup>МЭ РК;<sup>3</sup>ТОО «МК Казсилкон»;<sup>4</sup>Физико-технический институт КН МОН РК;**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ  
ЭНЕРГИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПРОЕКТА KAZPV**

**Аннотация.** Солнце является основным источником энергии на Земле, а солнечная энергетика - поколение возобновляемой энергетики, использующая полупроводниковые фотоэлектрические станции для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую, являются одной из наиболее быстроразвивающихся отраслей мировой экономики. На основе Сарыкольского месторождения высокочистого кварца, расположенного в Алматинской области, вблизи г Уштобе, АО НАК Казатомпром разработал и реализует совместно с научно-техническими центрами Франции, США и Голландии проект KAZPV. Целью проекта является организация промышленного производства фотоэлектрических станций, элементной базой которых являются кремниевые фотопреобразователи (фэп). Базовый материал - кремний должен производиться по карботермической технологии на предприятии «Kazsilicon» в г Уштобе, а выпуск солнечных элементов и сборка панелей на заводах «AstanaSolar», в г Усть – Каменогорске и Астане, соответственно. В соответствии с планом реализации проекта основные производственные мощности должны быть введены в эксплуатацию в 2015 – 2016 гг.

**Ключевые слова:** Кварц/кремний.**1. Введение.**

Солнечная энергетика или фотоэнергетика, ФЭ (PV, photovoltaic) - поколение возобновляемой энергетики, которая использует прямое преобразование солнечной энергии в электрическую,

является одной из наиболее быстроразвивающихся отраслей мировой экономики. Потенциал роста ФЭ и альтернативной энергетики, в целом, обусловлен такими глобальными факторами, как ограниченность углеводородных, ископаемых источников энергии (торфа, угля, нефти и газа) и экологическими последствиями их использования [1-3]. Эти факторы вызывают устойчивое увеличение стоимости углеводородной энергетики, с использованием которой производится около 80% электроэнергии. Следует отметить также, что ФЭ имеет ряд уникальных преимуществ: энергия солнца, практически неисчерпаема, а процесс ее преобразования в электрическую энергию оказывает относительно небольшое воздействие на окружающую среду, поэтому «солнечное электричество» может стать альтернативой органическим видам топлива, запасы которых стремительно уменьшаются. Существующих запасов угля хватит на ближайшие 50-100 лет, а солнечной энергии - еще на 2-3 миллиарда лет. Солнце – это основной источник энергии и жизни на Земле, а образование запасов торфа, угля, нефти, газа также происходило с использованием энергии Солнца. В настоящее время человечество потребляет лишь одну десятитысячную часть той энергии, которую Солнце направляет к Земле, поэтому будущее земной энергетики связано с увеличением доли использования экологически чистой и неиссякаемой энергии Солнца. Такое увеличение может обеспечить широкомасштабное развитие ФЭ, обеспечившее освоение космического пространства. Основой ФЭ являются солнечные, фотоэлектрические, модульные установки, позволяющие создавать генерирующие мощности практически любого желаемого размера и мощности. Они могут быть подключенными к электросети общего пользования (on-grid или grid-connected) или быть автономными (off-grid). ФЭ создала «зеленый» сектор промышленности, дающий важный стимул для развития национальных экономик и создания новых рабочих мест.

Фотоэлектрический сектор солнечной энергетики является наиболее активно растущим из всех типов возобновляемой энергии, показывая ежегодные темпы прироста мощностей на уровне 40%. На начало 2010 года мощности фотоэлектрической солнечной энергетики в глобальном масштабе составили 23 ГВт, увеличившись более, чем на 7 ГВт по сравнению с началом 2009 года, 68% которых введено в государствах Европейского союза. По прогнозам ряда европейских экспертов, суммарные мощности ФЭ к 2020 году должны превысить 100 ГВт [1-3]. Более 80% фотоэлектрических станций производится на основе кремния, что является как следствием значительных запасов кварца для производства кремния, так и высокой степенью разработанности кремниевых технологий, успешно использующихся в микроэлектронике.

## 2. Металлургический кремний

Металлургический кремний (МК) является исходным материалом для получения полупроводникового кремния, как для ФЭ, так и для электроники в целом. Промышленное производство МК осуществляется путем восстановления кварца углеродом и достаточно хорошо отлажено. В Казахстане имеется ряд кварцевых месторождений, однако по содержанию трудно удаляемых примесей, наиболее подходящим для ФЭ является Сарыкольское месторождение кварца (рис. 1) [4]. Это месторождение по праву считается одним из лучших в мире, т.к., например, содержание бора в этом кварце почти на порядок меньше, чем в МК. Для получения МК на отечественном предприятии



Рисунок 1 – Сарыкольское месторождение кварца

Казсилекон («KazSilicon») используется высокочистый кварц Сарыкольского месторождения

(рис. 1) и электродуговая печь производства КНР (рис. 2, 3).



Рисунок 2 – Металлургическая печь «KazSilicon»



Рисунок 3 – Процесс слива МК на «KazSilicon»

Данные по расходу исходных материалов (кварца и восстановителей) в производстве МК с использованием этой печи приведены в [4]. В целом, за исключением электроэнергии, эти показатели практически соответствуют данным, используемым в производстве МК, канадской компанией VécancourSiliconInc., расположенной в Квебеке и производящей около 48000 тонн МК в год [4]. Канадская компания для получения 1 т МК использует 2.5 т кварца, 1.1т кокса и 1.5 т древесной стружки, а также расходует 10-11 МВатт/час электроэнергии. При проведении процесса получения МК в печь загружают смесь, которая состоит из чистых сортов кварца и восстановителя, в виде древесного угля или кокса. К химическому составу исходного сырья для получения МК предъявляются высокие требования, поскольку увеличение содержания примесей в МК существенно увеличивает стоимость полученного очищенного МК или ОМК (UMG) материала, используемого для получения полупроводникового кремния [2,4]. В соответствии с распределением температуры объём печи разделяется на следующие горячие зоны: нижнюю, с температурой от 1900 до 2100°C и верхнюю зону, температурой которой ~ 1900°C. Жидкий кремний образуется в нижней зоне, а реакция:  $2\text{SiO}_2(\text{т}) + 3\text{C}(\text{т}) \rightarrow \text{Si}(\text{ж}) + \text{SiO}(\text{г}) + 3\text{CO}(\text{г})$  является основной реакцией карботермического процесса. Поступившие в верхнюю зону из нижней зоны SiO(г) и CO(г) взаимодействуют с углеродом и, следовательно, SiC(т) совместно с Si(ж) образуют в матрице SiO<sub>2</sub>(т,ж) благоприятные условия для увеличения эффективности процесса образования кремния. Получаемый таким образом металлургический кремний содержит 98-99% Si и 1-2 % Fe, Al, B, P, Ca, Cu, Cr, Mg, Mn, Ni, Ti, V, Zr и др. Кварц, используемый для плавки металлургического кремния, поступает в виде кусков размером 20—80 мм, которые должны обладать определенной механической прочностью. Механическая прочность зависит от содержания примесей в сырье, которое должно иметь определенный гранулометрический состав и содержать минимальное количество примесей. В нем должно содержаться не менее 98 % кремнезема (SiO<sub>2</sub>) и не более 0,4 % - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,6 % - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,25 % - CaO. Это означает, что кварцевые месторождения должны соответствовать этим требованиям. Углеродистые материалы, применяемые в качестве восстановителя при выплавке кремния, должны обладать высокой реакционной способностью, достаточной механической прочностью, высоким электросопротивлением и содержать минимальное количество примесей. Опыт промышленного производства металлургического кремния показывает, что этими качествами обладают древесный уголь, нефтяной кокс, некоторые сорта малозольного каменного угля и древесная щепа. Как правило, используется оптимальный состав, удовлетворяющий требованиям используемой технологии.

### 3. Проект KazPV: вертикально – интегрированное производство панелей солнечных элементов.

На рис. 4 приведена иллюстрация этапов реализации проекта KazPV по производству МК и очистки МК до «солнечного» качества (Уштобе), а также получения солнечных элементов, панелей солнечных элементов (Усть - Каменогорск, Астана) и создания солнечных

электростанций (рис. 5). На основе фотоэлектрических модулей, изготовленных по проекту KazPV, построено несколько солнечных электростанций (СЭС) общей мощностью более 1 МВт: в г. Астана СЭС мощность 250 кВт на предприятии ТОО «AstanaSolar», в Кызылординской области три СЭС на предприятии ТОО «СКЗ-У» мощностью 418,5 кВт, на руднике «Ирколь» мощностью 90 кВт и на ремонтно-производственной базе ТОО «Уранэнерго» мощностью 250 кВт. В Восточно-Казахстанской области две СЭС мощностью по 8 кВт на базе отдыха Сибины и в детском оздоровительном лагере им. А. Матросова, а также СЭС мощностью 30 кВт на руднике «Семизбай» в Акмолинской области. Некоторые из вышеперечисленных станций показаны на рис. 5.

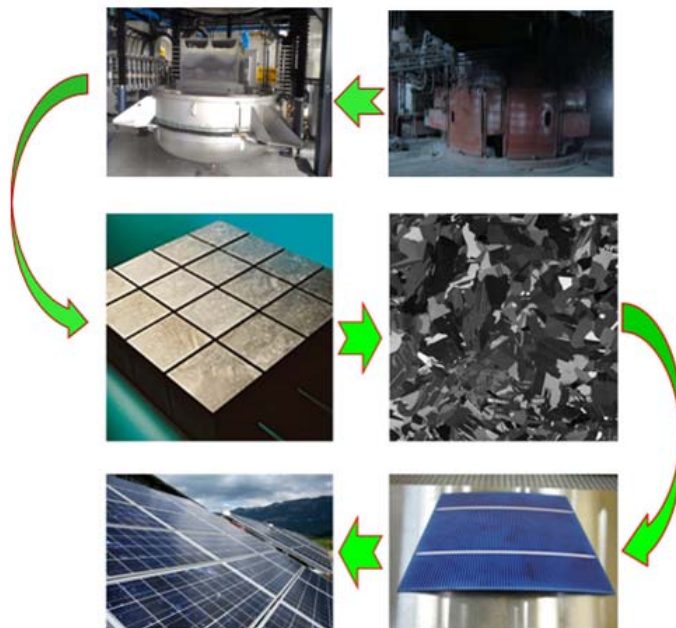


Рисунок 4 – Этапы реализации производств от получения МК до создания панелей солнечных элементов.



Рисунок 5 – Фотоэлектрические станции в Казахстане (пояснения в тексте)

В дальнейшем целесообразно планировать как создание автономных фотоэлектрических станций в местах, не имеющих доступа к централизованному обеспечению электроэнергией, так и целью увеличения надёжности и безопасности гидро- и атомных энергетических станций, создание комплексных станций, включающих гидро- и солнечные, атомные и солнечные станции. Для этого необходимо снижать стоимость фотоэлектричества, т.е. в первую очередь материалов и технологий получения солнечных элементов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Global Market Outlook, 2013-2017, EPIA, 2012. Implementation Plan for the Strategic Research Agenda of the European Photovoltaic Technology Platform, European Communities.

[2] M. Johnston, M. Barati, Distribution of impurity elements in slag–silicon equilibria for oxidative refining of metallurgical silicon for solar cell applications, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 94 (2010), pp. 2085–2090.

[3] E. Weber, 20 Years of Progress in Understanding the Role of Defects in PV Silicon, Including Recent Applications to UMG Silicon, in: *Proceedings of 20th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells & Modules: Materials and Processes*, 2010, August 1-4, Breckenridge, Colorado, USA;

[4] Б.Н. Мукашев, А.А. Бетекбаев, Д.А. Калыгулов, И. Пеллегрин, Д.М. Скаков, Т.С. Турмагамбетов, Проект KazPV: вертикально-интегрированное производство фотоэнергетических систем в Казахстане, Доклады НАН РК, № 6, 2013г, стр. 5-19.

[5] А.А. Бетекбаев, Б.Н. Мукашев, Л.Пеллисер, Ф. Лай, Г. Фортин, Л. Бунас, Д.М. Скаков, А.А. Павлов, Оптимизация уровня легирования кремния «солнечного» качества для повышения пригодного объема слитков и КПД солнечных элементов, *Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники*, 2015, т.18, №2, стр.103-109.

[6] Kentaro Kutsukake, Motoko Deura, Yutaka Ohno, and Ichiro Yonenaga, Defect engineering of multicrystalline and mono – like silicon for solar cells: characterization and control of grain boundaries and dislocations Technology, in: *Proceedings of 25th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells & Modules: Materials and Processes*, 2015, pp. 71-76, Breckenridge, Colorado, USA.

**А. А. Бетекбаев<sup>1,2</sup>, Д. А. Калыгулов<sup>1</sup>, Д. М. Скаков<sup>3</sup>, Б. Н. Мукашев<sup>4</sup>**

«НАК Казатомпром»АҚ  
Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігі  
«МК Казсилекон»ЖШС  
ҚР БҒМ ҒК Физика – техникалық институты

#### **КҮН ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ФОТОЭЛЕКТРЛІК ТҮРЛЕНДІРІЛУІ: KAZPV ЖОБАСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫ МЕН ҚОЛДАНУ КЕЛЕШЕКТЕРІ**

**Аннотация.** Күн – әлемде энергияның негізгі көзі болып табылады. Күн электро-энергиясына күн энергиясын тікелей айырбастау үшін жартылай өткізгішті фотоэлектрлік кәсіпорнын пайдаланып, жаңартылатын энергия өндіру, әлемдік экономиканың қарқынды дамып келе жатқан салаларының бірі болып табылады. Алматы облысында орналасқан жоғары тазалықтағы кварц Сарыкөл кен негізінде, Үштөбе жанында, АҚ Ұлттық Атом Өнеркәсіп, Францияда, АҚШ және Голландия ғылыми-техникалық орталықтармен бірлесе отырып, KazPV жобасы әзірленді және іске асырылды. Жобаның мақсаты – базалық элементі кремний болып фотоэлектрлік электростанцияларын, (күн жасушалары) өнеркәсіптік өндірісін ұйымдастыру болып табылады. Негізгі материал – кремний, карботермия технологиясы бойынша Үштөбе қаласындағы "Kazsilicon" кәсіпорнында, ал күн сәулелік батареяларын шығару мен панельдерді құрастыру, тиісінше, Өскемен және Астана қалаларындағы «Astana Solar» зауыттарында жасалуы қажет. 2015-2016 жж. жобаны іске асыру жоспарына сәйкес негізгі өндірістік нысандарды пайдалануға беруге тиіс.

**Түйін сөздер:** кварц/кремний.

**D.I. Bakranova<sup>1</sup>, S.A. Kukushkin<sup>2</sup>, I.K. Beisembetov<sup>1</sup>, A.V. Osipov<sup>2</sup>,  
K.Kh. Nussupov<sup>1</sup>, N.B. Beisenkhanov<sup>1</sup>, B.K. Kenzhaliev<sup>1</sup>, K.A. Mit' <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute for Problems of Mechanical Engineering, St. Petersburg, Russia  
[dinabakranova@gmail.com](mailto:dinabakranova@gmail.com), [sergey.a.kukushkin@gmail.com](mailto:sergey.a.kukushkin@gmail.com), [rector@kbtu.kz](mailto:rector@kbtu.kz),  
[andrey.v.osipov@gmail.com](mailto:andrey.v.osipov@gmail.com), [rich-famouskair@mail.ru](mailto:rich-famouskair@mail.ru), [beisen@mail.ru](mailto:beisen@mail.ru),  
[bagdaulet\\_k@mail.ru](mailto:bagdaulet_k@mail.ru), [konstantin-mit@yandex.ru](mailto:konstantin-mit@yandex.ru)

## THE STRUCTURE OF SiC EPITAXIAL FILMS, SYNTHESIZED BY SUBSTITUTION OF ATOMS

**Abstract.** In this paper, using electron diffraction, Raman spectroscopy, atomic force microscopy and ellipsometry the structure, composition, parameters and surface microstructure of the SiC films synthesized through the substitution of atoms in a high-resistivity (111) oriented c-Si in a mixture of gases CO and SiH<sub>4</sub> (395 Pa, 1330°C, 7 min), are studied. It is shown that (111) oriented 3C-SiC films with thickness of 110 nm (series I) and 117 nm (series II) on the (111) oriented Si substrate are epitaxial and do not contain twins on the surface, but contain ~ 6.5% Si vacancies. The surface of the film of series I has indistinctly expressed reconstruction corresponding to (3 × 3) along the [112] direction. The film II has no reconstruction of the surface, but contains pores in the Si volume under film of amount ~50% of the film volume. It was found that the indistinct fragmentation of grains on the surface of SiC films is caused due to short duration of the process (7 min), insufficient for the extrusion of the upper layers by the lower layers. Non-equilibrium conditions of growth in the film II lead to morphological instability of the surface of the SiC layer and the formation of needle-like or whisker crystals. The results can be used in nano- and micro-electronics and in the production of solar cells.

**Key words:** thin films, silicon carbide, dilatation dipoles, structure, crystallization

**Д.И. Бакранова<sup>1</sup>, С.А. Кукушкин<sup>2</sup>, И.К. Бейсембетов<sup>1</sup>, А.В. Осипов<sup>2</sup>,  
К.Х. Нусупов<sup>1</sup>, Н.Б. Бейсенханов<sup>1</sup>, Б.К. Кенжалиев<sup>1</sup>, К.А. Мить<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

## СТРУКТУРА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК SiC, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ АТОМОВ

**Аннотация.** В работе методами электронографии, комбинационного рассеяния, атомно-силовой микроскопии и эллипсометрии исследованы структура, состав, параметры и микроструктура поверхности пленок SiC, синтезированных методом замещения атомов в высокоомном c-Si ориентации (111) в смеси газов CO и SiH<sub>4</sub> (395 Па, 1330°C, 7 мин). Показано, что пленки 3C-SiC толщиной 110 нм (серия I) и 117 нм (серия II) ориентации (111) на подложках Si ориентации (111) являются эпитаксиальными и не содержат двойников на поверхности, но содержат ~6,5% вакансий Si. Вдоль направления [112] поверхность пленки I имеет неотчетливо выраженную реконструкцию, соответствующую (3×3). Пленка II не имеет реконструкции

поверхности, но содержит поры в объеме Si под пленкой в количестве ~50% от объема пленки. Установлено, что нечеткая фрагментация зерен на поверхности пленок SiC обусловлена малой длительностью процесса (7 мин), недостаточной для выдавливания верхних слоев нижними слоями. Неравновесные условия роста в пленке II ведут к морфологической неустойчивости поверхности слоя SiC и образованию игольчатых или нитевидных кристаллов. Результаты могут быть использованы в нано- и микроэлектронике, в производстве солнечных элементов.

**Ключевые слова:** тонкие пленки, карбид кремния, дилатационный диполь, структура, кристаллизация.

### Введение

Карбид кремния (SiC) является одним из наиболее перспективных материалов для применения в электронике. Ценные физические и электрические свойства, такие как высокая теплопроводность, высокая твердость, широкая запрещенная зона и высокие величины напряженности электрического поля пробоя обусловили огромный интерес к электронным приборам и сенсорам на основе карбида кремния, предназначенных для использования в условиях высоких температур и радиации [1-4]. Аморфные и кристаллические пленки SiC также находят применение при создании солнечных элементов [5,6].

Значительные несоответствия параметров решетки (~20%) и теплового коэффициента расширения (8%) с подложкой Si делают проблематичным гетероэпитаксиальный рост пленок  $\beta$ -SiC на его поверхности [7-9]. В последнее время находит распространение новый метод синтеза пленок карбида кремния на кремнии [8,9], в основе которого лежит идея замещения части атомов кремния на атомы углерода внутри кремниевой подложки в соответствии с химической реакцией.



При этом в приповерхностной области решетки Si образуются дилатационные диполи ( $\text{C}-\text{V}_{\text{Si}}$ ) в результате взаимодействия между внедренным в межузельную позицию атомом углерода и кремниевой вакансией  $\text{V}_{\text{Si}}$ , образующейся при удалении соседнего атома кремния. Образование упругих диполей ( $\text{C}-\text{V}_{\text{Si}}$ ) дает возможность выращивать эпитаксиальные пленки карбида кремния высокого качества. В процессе завершения химического превращения эти диполи распадаются на пленку карбида кремния и поры [10] под ее поверхностью. Для интенсификации процессов образования SiC и улучшения качества слоя за счет залечивания усадочных пор вместе с газом CO обычно используется силан  $\text{SiH}_4$  [8,9].

В данной работе проведено исследование структуры и физических параметров эпитаксиальных пленок SiC, выращенных методом замещения атомов, на поверхности высокоомного монокристаллического кремния n-типа ориентации (111).

### Эксперимент

Высококачественные пластины монокристаллического кремния c-Si ориентации (111) n-типа с удельным сопротивлением 1987 – 3165 Ом·см, толщиной 1300 мкм и диаметром 20 мм были использованы в качестве подложек. С каждой стороны пластины кремния были удалены по 100 мкм двухсторонней шлифовкой и последующей полировкой до обретения зеркального блеска. Затем обе серии образцов (I и II) были подвергнуты химическому травлению в смеси кислот в соотношении  $\text{HF} : \text{HNO}_3 = 1 : 10$  с удалением по 115 мкм с каждой стороны до толщины 870 мкм, а затем протравлены в щелочном растворе KOH.

Пленки SiC на поверхности пластин кремния были синтезированы по методике [8,9,11] в специальной установке, разработанной авторами работ [9,11], в смеси газов CO и  $\text{SiH}_4$  при температуре 1330°C и давлении основного газа CO 395 Па в течение 7 минут. Расход газа CO составлял 12 сссм, а расход газа  $\text{SiH}_4$  – 0,25 сссм.

Состав синтезированных пленок анализировался методом комбинационного рассеяния с помощью конфокального рамановского микроскопа (WITec Alpha 300R). Для исследования структуры пленок была использован электронограф ЭМР-100 при энергии электронов 50 кэВ. Для определения физических параметров пленок использован эллипсометр M-2000D J.A. Woollam, позволяющий снимать эллипсометрические спектры в диапазоне 0,7 – 6,5 eV.

### Результаты

На рис. 1а, б представлены спектры комбинационного рассеяния пленок серий I и II, соответственно, синтезированных на подложке кремния при температуре 1330 °С и давлении 395 Па. Наблюдаются пики первого и второго порядка при 519,7 и 303,3 см<sup>-1</sup>, соответственно, поперечных акустических фононов (2ТА) от кристаллической подложки Si [12]. Также наблюдается четкий пик при 971,4 см<sup>-1</sup>, обусловленный комбинационным рассеянием Si второго порядка [12]. Рисунки нормированы таким образом, что интенсивность пика при 303,3 см<sup>-1</sup> составляет 10000 cts. В спектрах пленок I и II наблюдаются широкие пики при 730 – 860 см<sup>-1</sup> с центром в ТО моде β-SiC при ~796 см<sup>-1</sup> [13], состоящие из двух компонент с максимумами при 792 см<sup>-1</sup> и 822 см<sup>-1</sup> (рис. 1). В таблице 1 представлены положение, площадь S и амплитуда CCD результирующего пика. Видно, что наибольшие величины площади и амплитуды характерны для пленок серии I. Моду LO в β-SiC на 969 см<sup>-1</sup> невозможно определить из-за накладывающегося фона комбинационного рассеяния Si-второго порядка.

Таблица 1 – Площадь S и амплитуда CCD пика SiC в области 795 см<sup>-1</sup> в спектре комбинационного рассеяния

Параметр	Пленка SiC № I		Пленка SiC № II	
	Raman Shift, cm <sup>-1</sup>			
Raman Shift, cm <sup>-1</sup>	792,4	821,6	792,9	822,7
S, отн.ед.	39776		33858	
CCD, cts	1400		960	

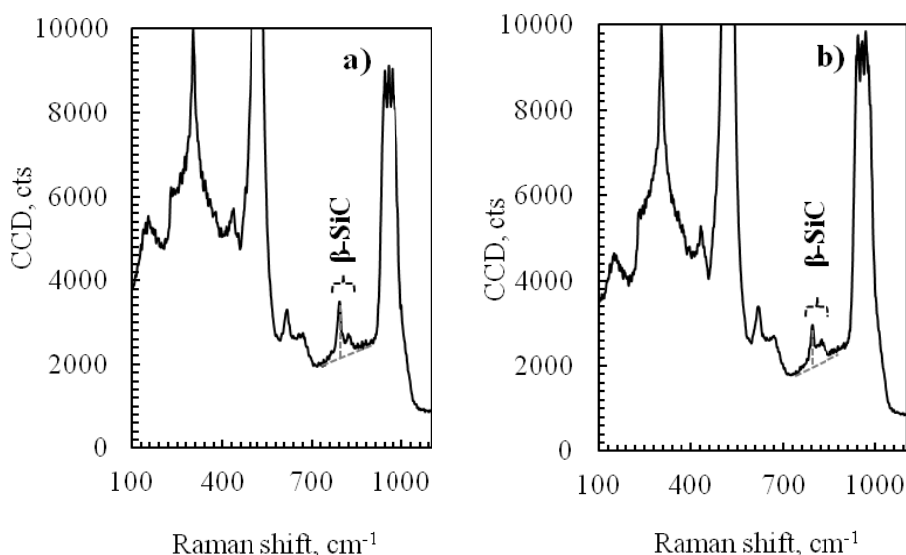


Рисунок 1 – Спектры комбинационного рассеяния кристаллических пленок Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub> на кремниевых подложках (образцы I (а) и II (б)), синтезированных методом замещения атомов в кристаллической решетке кремния

На рис. 2 представлены электронограммы пленок SiC на поверхности образцов серий I и II. Электронограммы получены в двух направлениях азимута, а именно, в направлении [110] и в направлении [112]. Точечные рефлексы на электронограммах свидетельствуют о том, что слой 3C-SiC с ориентацией (111) лежит на поверхности Si образцов серий I и II, и направление [111] этого слоя перпендикулярно поверхности подложки. Видно, что пленки карбида кремния являются эпитаксиальными и не содержат двойников на поверхности.

Также на электронограммах хорошо видно, что вдоль направления [112] поверхность образца серии I имеет неотчетливо выраженную реконструкцию, соответствующую 3×3 вдоль направления [112]. Такая реконструкция наблюдалась в пленках 3C-SiC, выращенных стандартным методом CVD на Si [14] и в пленках SiC, выращенных методом замещения атомов [15]. На образцах серии II подобная реконструкция не наблюдается.



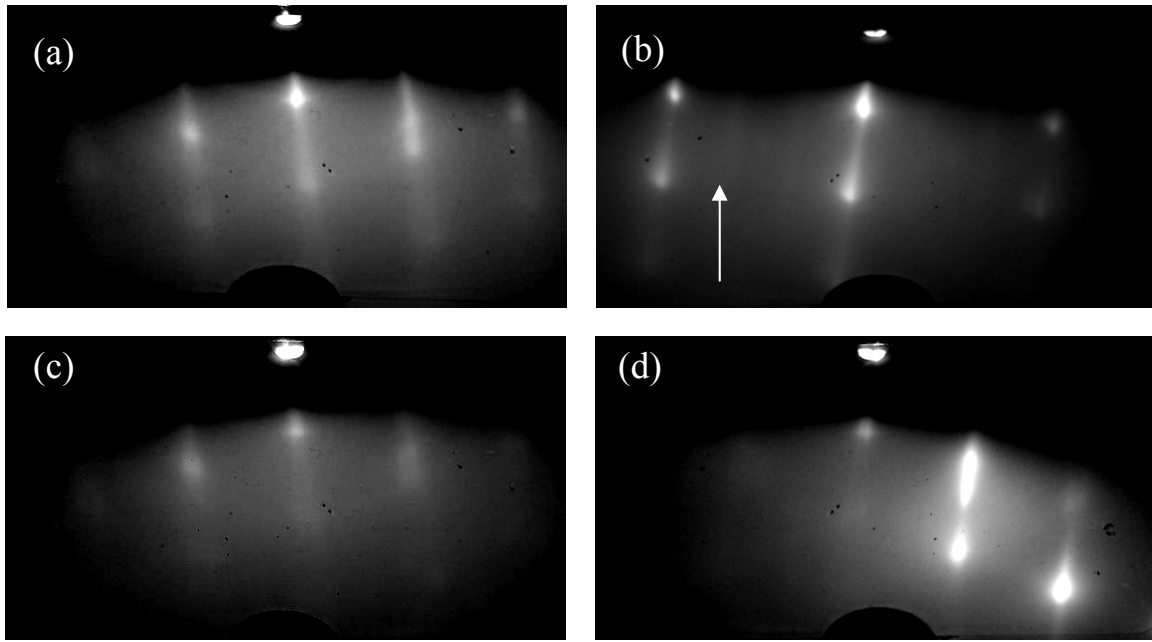


Рисунок 2 – Электронограммы пленки SiC от образцов серии I, снятые в азимутах [110] (a) и [112] (b); серии II, снятые в азимутах [110] (c) и [112] (d)

На рис. 3 а, б приведены зависимости вещественной  $\epsilon_1$  и мнимой  $\epsilon_2$  частей диэлектрической проницаемости пленок SiC образцов серий I и II, полученные методом эллипсометрии. Анализ эллипсограмм свидетельствует о различиях в параметрах и структуре пленок SiC образцов серий I и II. Согласно эллипсометрическим спектрам толщина пленки карбида кремния серии I приблизительно составляет 110 нм, толщина пленки SiC серии II – 117 нм. Расчеты с использованием эллипсометрической модели [16] показали, что в образцах серий I и II содержится около 6,5% вакансий Si. Однако, образец серии II содержит в объеме Si под слоем пленки около 50% пор от объема самой пленки.

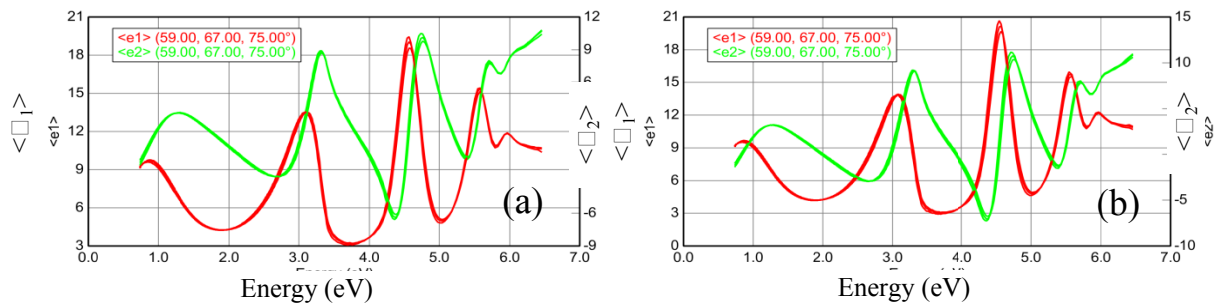


Рисунок 3 – Зависимости вещественной  $\epsilon_1$  и мнимой  $\epsilon_2$  частей диэлектрической проницаемости пленок SiC/Si(111) от энергии фотонов для образцов серий I (a) и II (b)

Исследования методом атомно-силовой микроскопии микроструктуры поверхности показывают, что пленки SiC серии I (рис.4a) и II (рис.4b) имеют нечеткую фрагментацию зерен на поверхности с вариациями высоты до 46 нм и 19 нм, соответственно. Это может быть обусловлено тем, что при малой длительности процесса (7 мин) залечивание пор усадки уже произошло, а процесс выдавливания верхних слоев нижними слоями еще не завершился [9]. Однако, повышенное давление газов CO и SiH<sub>4</sub> (395 Па) и повышенная температура процесса (1330°C) позволяет предполагать перенасыщение пленок серий I и II атомами углерода и их ускоренный неравновесный рост. Избыток атомов углерода может препятствовать формированию совершенной кристаллической структуры на поверхности пленок карбида кремния [17-19]. Поверхность образца серии II свидетельствует о том, что химическая реакция замещения проходила в условиях далеких

от равновесия. Исходная поверхность Si была “перетравлена” для роста при столь высокой температуре (1330°C). Это ведет к морфологической неустойчивости поверхности растущего слоя SiC и образованию на его поверхности игольчатых или нитевидных кристаллов.

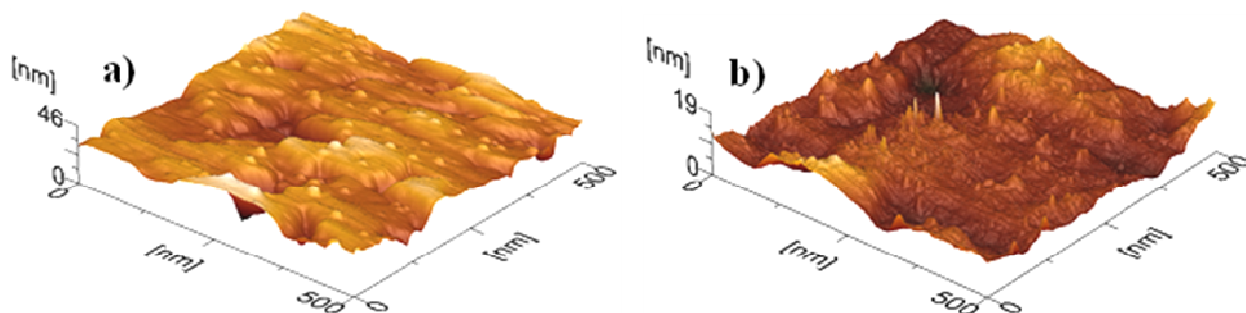


Рисунок 4 – Атомно-силовая микроскопия микроструктуры поверхности пленок SiC серий I (a) и II (b) на участках размерами 500 × 500 нм

### Заключение

Синтезированы нанослои SiC на поверхности высокоомных монокристаллических пластин кремния ориентации (111) методом замещения атомов в кристаллической решетке кремния на атомы углерода.

Выявлено формирование кристаллической фазы  $\beta$ -SiC в пленках, синтезированных при температуре 1330°C в смеси газов CO и SiH<sub>4</sub> (395 Па) в течение 7 минут. Пленки 3C-SiC ориентации (111) на подложках Si ориентации (111) являются эпитаксиальными и не содержат двойников на поверхности. Толщины слоев SiC примерно составляют на образце серии I – 110 нм, на образце серии II – 117 нм. В образцах содержится около 6,5% вакансий Si. Имеются различия в структуре пленок SiC образцов серий I и II. Вдоль направления [112] поверхность образца серии I имеет неотчетливо выраженную реконструкцию, соответствующую (3×3). Образец серии II не имеет реконструкции поверхности, но содержит в объеме Si под пленкой около 50% пор от объема пленки.

Показано, что пленки SiC серии I и II имеют нечеткую фрагментацию зерен на поверхности с вариациями высоты до 46 нм и 19 нм, соответственно, что обусловлено малой длительностью процесса (7 мин), недостаточной для выдавливания верхних слоев нижними слоями. Этому способствует избыточное содержание атомов углерода в условиях неравновесного интенсивного синтеза (395 Па, 1330°C) пленок SiC, препятствующее формированию совершенной кристаллической структуры на поверхности. Неравновесные условия роста в образце серии II ведут к морфологической неустойчивости поверхности растущего слоя SiC и образованию на его поверхности игольчатых или нитевидных кристаллов.

### Благодарность

Бейсенханов Н.Б., Нусупов К.Х., Бейсембетов И.К., Кенжалиев Б.К., Мить К.А. и Бакранова Д.И. выражают благодарность Комитету науки МОН РК за финансовую поддержку (гранты ГР № 0262/ГФ4; ГР № 4327/ГФ4; 2015–2017 гг.).

Кукушкин С.А. и Осипов А.В. выражают благодарность РФФИ за финансовую поддержку (гранты № 15-0306155 и 16-29-03149\_2016-офи).

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Muller G., Krotz G., Niemann E. SiC for sensors and high-temperature electronics // Sens. Actuators. A. – 1994. – 43(1-3). – P. 259-268.
- [2] Brown D.M., Downey E., Grezzo M., Kretchmer J., Krishnamethy V., Hennessy W., Michon G. Silicon carbide MOSFET technology. // Solid State Electronics. – 1996. – 39 (11). – P. 1531– 1542. – ISSN 0038-1101.
- [3] Baliga B.J. Trends in power semiconductor devices // IEEE Trans. Electron Devices. – 1996. – 43. – P. 1717–1731.
- [4] Wu R., Zhou K., Yue C.Y., Wei J., Pan Y. Recent progress in synthesis, properties and potential applications of SiC nanomaterials // Progress in Materials Science. 72. 2015. P. 1–60.

- [5] Hamakawa Y. Physics and Applications of Amorphous Silicon Carbide. In: Rahman M.M., Yang C.Y.-W., Harris G.L. (Eds.), *Amorphous and Crystalline Silicon Carbide II*, Springer Proceedings in Physics, 1989, 43. – P. 164–170.
- [6] Joung Y.-H., Kang H.I., Kim J.H., Lee H.-S., Lee J. and Choi W.S. SiC formation for a solar cell passivation layer using an RF magnetron co-sputtering system. // *Nanoscale Research Letters*. – 2012. – 7(1):22.
- [7] Calcagno L., Musumeci P., Roccaforte F., Bongiorno C., Foti G. Crystallisation mechanism of amorphous silicon carbide // *Applied Surface Science*. – 2001. – 184. – P. 123–127.
- [8] Kukushkin S.A. and Osipov A.V. Topical Review. Theory and practice of SiC growth on Si and its applications to wide-gap semiconductor films. // *J. of Phys. D: Appl. Phys.* – 2014. – 47. – P. 313001-313041.
- [9] Kukushkin S.A., Osipov A.V., and Feoktistov N.A. Synthesis of Epitaxial Silicon Carbide Films through the Substitution of Atoms in the Silicon Crystal Lattice: A Review // *Physics of the Solid State*. – 2014. – 56 (8). – P. 1507–1535.
- [10] Kukushkin S.A., Osipov A.V. A new method for the synthesis of epitaxial layers of silicon carbide on silicon owing to formation of dilatation dipoles // *J. Appl. Phys.* – 2013. – 113 (2) – P. 024909-1-024909-7.
- [11] Kukushkin S.A., Osipov A.V. and Feoktistov N.A. Patent № 2363067, priority 22.01.2008.
- [12] L. Yu, S. Intarasiri, T. Kamwanna, S.Singkarat, In book: Ion beam applications in surface and bulk modification of insulators. Austria, Vienna: IAEA-TECDOC-1607. 2008. P. 63.
- [13] Zorba T., Siapkak D.I. Katsidis C.C. Optical characterization of thin and ultrathin surface and buried cubic SiC layers using FTIR spectroscopy // *Microelectron. Eng.* – 28. – 1995. – P. 229.
- [14] Jorg Pezoldt, Thomas Kups, Thomas Stauden, Bernd Schroter. Polarity determination and control of SiC grown on Si. *Materials Science and Engineering B* 165 (2009) 28–33.
- [15] Benemanskaya G.V., Dementev P.A., Kukushkin S.A., Lapushkin M.N., Osipov A.V., Senkovskiy B., Timoshnev S.N. Photoemission Study of nano SiC Epitaxial layers synthesized by a New method of the Atom Substitution in Si Crystal lattice//*Materials Physics and Mechanics* , 22 (2015) 183-190.
- [16] Kukushkin S.A., Osipov A.V. Determining polytype composition of silicon carbide films by UV ellipsometry // *Technical Physics Letters*. 42(2). – 2016. – P. 175-178
- [17] K.Kh. Nussupov, N.B. Beisenkhanov, S.K. Zharikov, I.K. Beisembetov, B.K. Kenzhaliev, T.K. Akhmetov, and B.Zh. Seitov. Structure and Composition of Silicon Carbide Films Synthesized by Ion Implantation // *Physics of the Solid State*, 2014, Vol. 56, No. 11, pp. 2307–2321.
- [18] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Valitova I.V., Mit' K.A., Mukhamedshina D.M., Dmitrieva E.A. Structure properties of carbon implanted silicon layers // *J. of Materials Science: Materials in Electronics*. – 2008. – 19. – P. 254–262.
- [19] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B. The Formation of Silicon Carbide in the SiC<sub>x</sub> Layers (x = 0.03–1.4) Formed by Multiple Implantation of C Ions in Si. In book: *Silicon carbide – Materials, Processing and Applications in Electronic Devices*. – 2011. – Edited by Moumita Mukherjee. – InTech. – Chapter 4. – P. 69 – 114.

## REFERENCES

- [1] Muller G., Krotz G., Niemann E. SiC for sensors and high-temperature electronics. *Sens. Actuators. A*. **1994**, 43(1-3). P. 259-268.
- [2] Brown D.M., Downey E., Grezzo M., Kretchmer J., Krishnamethy V., Hennessy W., Michon G. Silicon carbide MOSFET technology. *Solid State Electronics*, **1996**, 39 (11), P. 1531– 1542. – ISSN 0038-1101.
- [3] Baliga B.J. Trends in power semiconductor devices. *IEEE Trans. Electron Devices*, **1996**, 43. – P. 1717–1731.
- [4] Wu R., Zhou K., Yue C.Y., Wei J., Pan Y. Recent progress in synthesis, properties and potential applications of SiC nanomaterials. *Progress in Materials Science*. **2015**, 72, P. 1–60.
- [5] Hamakawa Y. Physics and Applications of Amorphous Silicon Carbide. In: Rahman M.M., Yang C.Y.-W., Harris G.L. (Eds.), *Amorphous and Crystalline Silicon Carbide II*, Springer Proceedings in Physics, **1989**, 43, P. 164–170.
- [6] Joung Y.-H., Kang H.I., Kim J.H., Lee H.-S., Lee J. and Choi W.S. SiC formation for a solar cell passivation layer using an RF magnetron co-sputtering system. *Nanoscale Research Letters*. **2012**, 7(1):22.
- [7] Calcagno L., Musumeci P., Roccaforte F., Bongiorno C., Foti G. Crystallisation mechanism of amorphous silicon carbide. *Applied Surface Science*, 2001, 184, P. 123–127.
- [8] Kukushkin S.A. and Osipov A.V. Topical Review. Theory and practice of SiC growth on Si and its applications to wide-gap semiconductor films. *J. of Phys. D: Appl. Phys.*, **2014**, 47, P. 313001-313041.
- [9] Kukushkin S.A., Osipov A.V., and Feoktistov N.A. Synthesis of Epitaxial Silicon Carbide Films through the Substitution of Atoms in the Silicon Crystal Lattice: A Review. *Physics of the Solid State*, **2014**, 56 (8), P. 1507–1535.
- [10] Kukushkin S.A., Osipov A.V. A new method for the synthesis of epitaxial layers of silicon carbide on silicon owing to formation of dilatation dipoles. *J. Appl. Phys.*, **2013**, 113 (2), P. 024909-1-024909-7.
- [11] Kukushkin S.A., Osipov A.V. and Feoktistov N.A. Patent № 2363067, priority 22.01.2008.
- [12] L. Yu, S. Intarasiri, T. Kamwanna, S.Singkarat, In book: Ion beam applications in surface and bulk modification of insulators. Austria, Vienna: IAEA-TECDOC-1607, **2008**, P. 63.
- [13] Zorba T., Siapkak D.I. Katsidis C.C. Optical characterization of thin and ultrathin surface and buried cubic SiC layers using FTIR spectroscopy. *Microelectron. Eng.*, **1995**, 28, P. 229.
- [14] Jorg Pezoldt, Thomas Kups, Thomas Stauden, Bernd Schroter. Polarity determination and control of SiC grown on Si. *Materials Science and Engineering B*, **2009**, 165, P. 28–33.
- [15] Benemanskaya G.V., Dementev P.A., Kukushkin S.A., Lapushkin M.N., Osipov A.V., Senkovskiy B., Timoshnev S.N. Photoemission Study of nano SiC Epitaxial layers synthesized by a New method of the Atom Substitution in Si Crystal lattice. *Materials Physics and Mechanics*, **2015**, 22, P. 183-190.
- [16] Kukushkin S.A., Osipov A.V. Determining polytype composition of silicon carbide films by UV ellipsometry.

*Technical Physics Letters*, 2016, 42(2), P. 175-178

[17] K.Kh. Nussupov, N.B. Beisenkhanov, S.K. Zharikov, I.K. Beisembetov, B.K. Kenzhaliev, T.K. Akhmetov, and B.Zh. Seitov. Structure and Composition of Silicon Carbide Films Synthesized by Ion Implantation. *Physics of the Solid State*, 2014, 56(11), P. 2307–2321.

[18] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Valitova I.V., Mit' K.A., Mukhamedshina D.M., Dmitrieva E.A. Structure properties of carbon implanted silicon layers. *J. of Materials Science: Materials in Electronics*, 2008, 19, P. 254–262.

[19] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B. The Formation of Silicon Carbide in the SiC<sub>x</sub> Layers (x = 0.03–1.4) Formed by Multiple Implantation of C Ions in Si. In book: Silicon carbide – Materials, Processing and Applications in Electronic Devices, 2011, Edited by Moumita Mukherjee, InTech, Chapter 4, P. 69 – 114.

УДК 537.311:322

**Бакранова Д.И.<sup>1</sup>, Кукушкин С.А.<sup>2</sup>, Бейсембетов И.К.<sup>1</sup>,  
Осипов А.В.<sup>2</sup>, Нусупов К.Х.<sup>1</sup>, Бейсенханов Н.Б.<sup>1</sup>, Кенжалиев Б.К.<sup>1</sup>, Мить К.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

### **АТОМДАРДЫҢ ОРНЫН БАСУ ӘДІСІМЕН СИНТЕЗДЕЛГЕН ЭПИТАКСИАЛДЫ SiC ҚАБЫРШАҚТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ**

**Андатпа.** Жұмыста, CO және SiH<sub>4</sub> (395 Па, 1330 °C, 7 мин) газ қоспаларының атмосферасында (111) бағдарлы жоғарыомды c-Si –дегі атомдардың орнын басу әдісімен синтезделген SiC қабыршақ бетінің құрылысы, құрамы, параметрлері және микроқұрылысы электронография, комбинациялық шашырау, атомдық күштік микроскопия және эллипсометрия әдістерімен зерттеледі. Si(111) матрицада синтезделген қалыңдығы 110 нм (I серия) және 117 нм (II серия) 3C-SiC(111) қабыршақ эпитаксиялды және бетінде қосақтар жоқ, бірақ ~ 6.5% кремний вакансияларына ие екендігі көрсетілген. I қабыршақ беті [112] бағыт бойында (3x3) сәйкес келетін айқын көрсетілмеген қайта құрылуға ие. II қабыршақ бетінде қайта құрылу жоқ, бірақ қабыршақ астындағы Si көлемінде қабыршақ көлемінің ~ 50% мөлшеріне тең келетін қуыстарға ие. SiC қабыршақ бетіндегі дәндердің айқын фрагменттелмеуі, процесс уақытының астыңғы қабаттар үстіңгі қабаттарды ығыстырып шығаруына жеткіліксіз аз (7 мин) болуына байланысты екендігі орнатылды. II қабыршақтың өсу шартының тепе-теңсіздігі, SiC қабаты бетінің морфологиялық орнықсыздығына және ине тәрізді немесе жіп тәрізді кристалдардың құрылуына алып келеді. Жұмыстың нәтижелері нано- және микроэлектроникада, күн элементтерін өндіруде пайдаланылуы мүмкін.

**Тірек сөздер:** жұқа қабақша, кремний карбиді, дилатационды диполь, құрылым, кристаллдану.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 125 – 131

**N.R. Mussabekov<sup>1</sup>, A.K. Ibraev<sup>1</sup>, M.J. Adilbekov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, RussiaE-mail: [nazarbek\\_2008@inbox.ru](mailto:nazarbek_2008@inbox.ru), [ibr\\_1946@mail.ru](mailto:ibr_1946@mail.ru)**ON THE ISSUES OF DEVELOPMENT THE HYBRID CONTROL  
SYSTEM BY TECHNOLOGICAL PROCESS ON THE EXAMPLE  
OF THE CONTROL HEAT EXCHANGE PROCESSES**

**Abstract.** An important role in the industrial-innovative development of the country's economy, its staffing allocated to higher education institutions that train future specialists. In order to effectively achieve the objectives of higher education institutions on the part of all the conditions of the state.

The development of modern methods of design and development of intelligent systems has led to a significant increase in publications on the practical application of these methods to create control systems.

The relevance of the development of software systems for the management of complex thermo-technical processes is determined by such trends as the requirements for the quality of education, media and the emergence of innovative technologies for the development of computer programs.

This article deals the possibility of creating a hybrid system for the heat transfer process management capabilities with the use of intelligent technologies. We pose the problem of heat transfer process control on the basis of existing experimental stand. The article describes the prerequisites for the development of intelligent models for the heat transfer process control purposes.

**Keywords:** hybrid control system, the mathematical model, the heat transfer processes, technological complex, control algorithm, synthesis, intelligent models.

УДК 681.20.412.47

**Н.Р. Мусабеков<sup>1</sup>, А.Х. Ибраев<sup>1</sup>, М. Ж. Адильбеков<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан;<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия**О ВОПРОСАХ РАЗРАБОТКИ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ НА ПРИМЕРЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛООБМЕНА**

**Аннотация.** Важная роль в индустриально-инновационном развитии экономики страны, ее кадровом обеспечении отводится высшим учебным заведениям, осуществляющим подготовку будущих специалистов. Для эффективного решения поставленных задач высшим учебным заведениям со стороны государства созданы все условия. Создана единая вертикаль контроля качества всех уровней образования.

Развитие современных методов разработки и создания интеллектуальных систем привело к значительному росту публикаций по практическому применению этих методов при создании систем управления.

Актуальность разработки программных комплексов для управления сложными теплотехническими процессами определяется такими тенденциями, как требования к качеству обучения, появление сред и инновационных технологий для разработки компьютерных программ.

В данной статье рассматриваются возможности создания гибридной системы для возможности управления процессами теплообмена с использованием интеллектуальных технологий. Ставится задача

управления процессами теплообмена на базе существующего экспериментального стенда. В статье приводится описание предпосылки создания интеллектуальных моделей для целей управления процессами теплообмена.

**Ключевые слова:** гибридная система, математические модели, процессы теплообмена, технологический комплекс, алгоритм управления, синтез, интеллектуальные модели.

**Введение.** В настоящее время в Алматинском университете энергетики и связи значительное внимание уделяется совершенствованию учебно-лабораторной базы образовательного процесса. На выпускающей кафедре «Промышленная теплоэнергетика» лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях, что позволяет приблизить учебный процесс к предстоящей профессиональной деятельности выпускников.

Кафедрой на каждый учебный год разрабатываются перспективные и текущие планы модернизации лабораторной базы. В соответствии с планами модернизации осуществляется поэтапное переоснащение лабораторий кафедры современным оборудованием и измерительными приборами.

**Практическая реализация и назначение экспериментальной установки.** Для реализации автоматизированного управления процессами теплообмена в технологическом комплексе на базе комплексного экспериментального стенда, оснащенного электрическим паровым котлом, современным теплообменным оборудованием и интеллектуальной системой для сбора и обработки информации по технологии проводимого эксперимента, требуется расширенное представление схемы управления в виде сложных иерархических структур, позволяющее реализовать ее на элементной базе. Для чего необходимо реализовать представленный на рисунке 1 алгоритм управления.

Экспериментальный стенд включает в себя многофункциональную автоматизированную экспериментальную установку по исследованию режимов работы паровоздушного, пароводяного, вода-водяного процессов теплообмена и теплотехнических характеристик отопительных приборов.

Обозначим ограничивающие условия реализации алгоритма управления:

- главный объект управления парогенератор является не управляемым;
- не используется контроллер.

Однако, в промышленных условиях, при реализации системы управления потребуется программируемый логический контроллер с панелью оператора или адаптивные системы управления с нейронными сетями [1], но на базе лабораторной установки используется персональный компьютер (ПК) с предустановленным программным обеспечением, что позволяет проводить эксперименты и с помощью преобразователей сигналов, находящихся в шкафу автоматизации, вырабатывать управляющие сигналы, тем более, что подобные системы используются в настоящее время и подробно описаны в литературе [2].

*С точки зрения научной новизны, предполагается процесс выработки пара рассматривать как многосвязный объект управления, разработка оптимального алгоритма управления процессами теплообмена по минимуму расхода электроэнергии на единицу вырабатываемого пара (энергии) парогенератором, а также возможность реализации управляющей функции без использования микропроцессорной техники – контроллеров с целью уменьшения затрат и наработки измерения малых расходов.*

**Функциональные возможности установки:** функциональная часть – автоматизация системы позволяет осуществлять мониторинг определенного технологического процесса и технологических параметров (температура, давление, расход, уровень) на персональном компьютере в аудитории и таким образом, обучающимся визуально показывать происходящие внутренние процессы теплообмена. Также, позволяет проводить контроль работы параметров управляющих клапанов в реальном масштабе времени, управляет работой некоторых блоков в ручном или автоматическом режиме, поддерживает заданные значения определенных параметров и выдает сигнал об аварии в случае отсутствия сигнала от одного из энергоисточников.

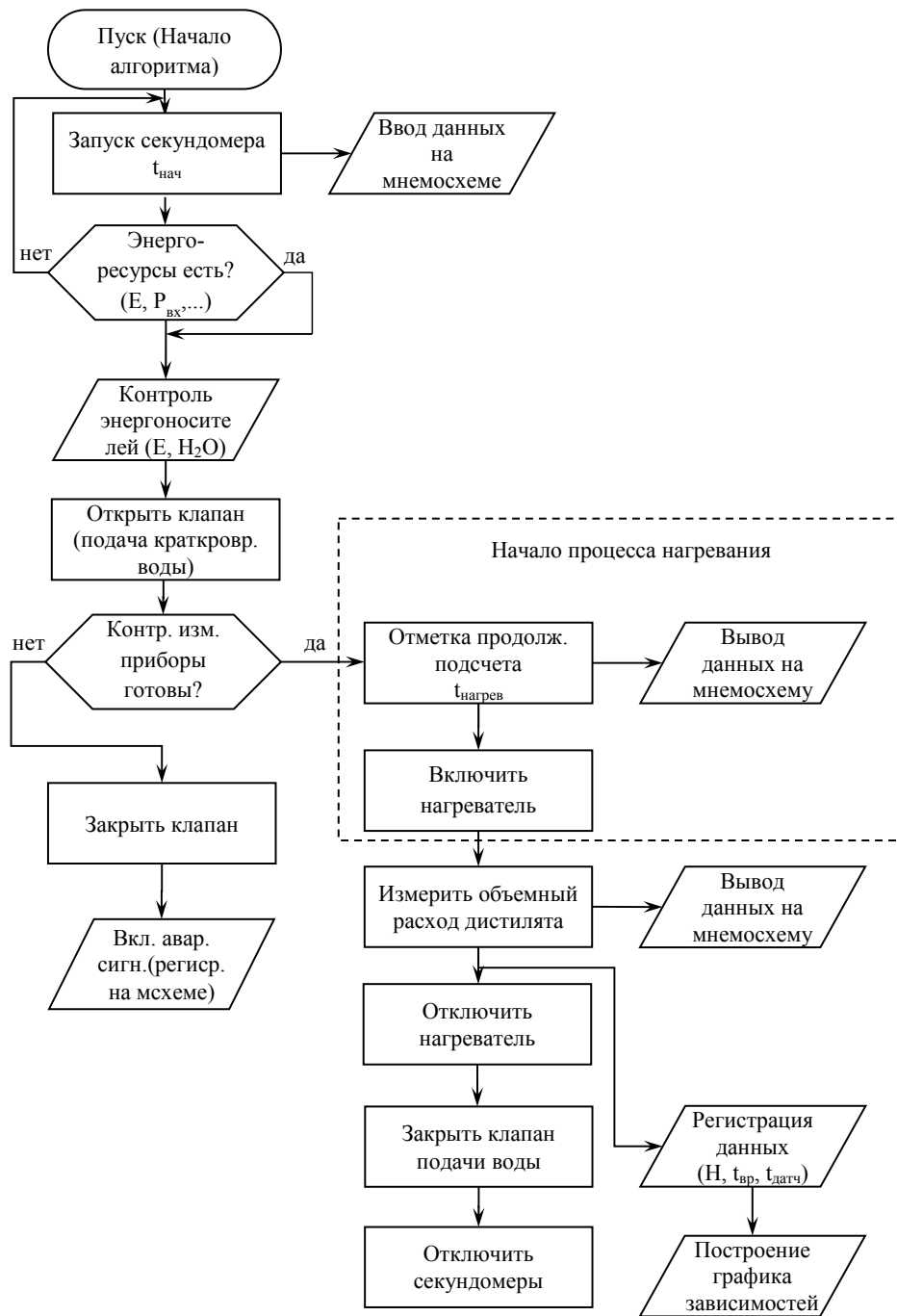


Рисунок 1 – Алгоритм управления технологическим процессом на экспериментальной установке

Все устройства преобразования измеряемых аналоговых сигналов в цифровой код, расположенные в шкафу предназначены для построения автоматизированных систем сбора данных в различных областях промышленности. Управление режимами работы и считывание результатов измерения выполняется с использованием команд, передаваемых в сети RS-485. Они обеспечивают работу в сети с использованием протоколов ModBus (RTU), ModBus (ASCII), Овен и DCON.

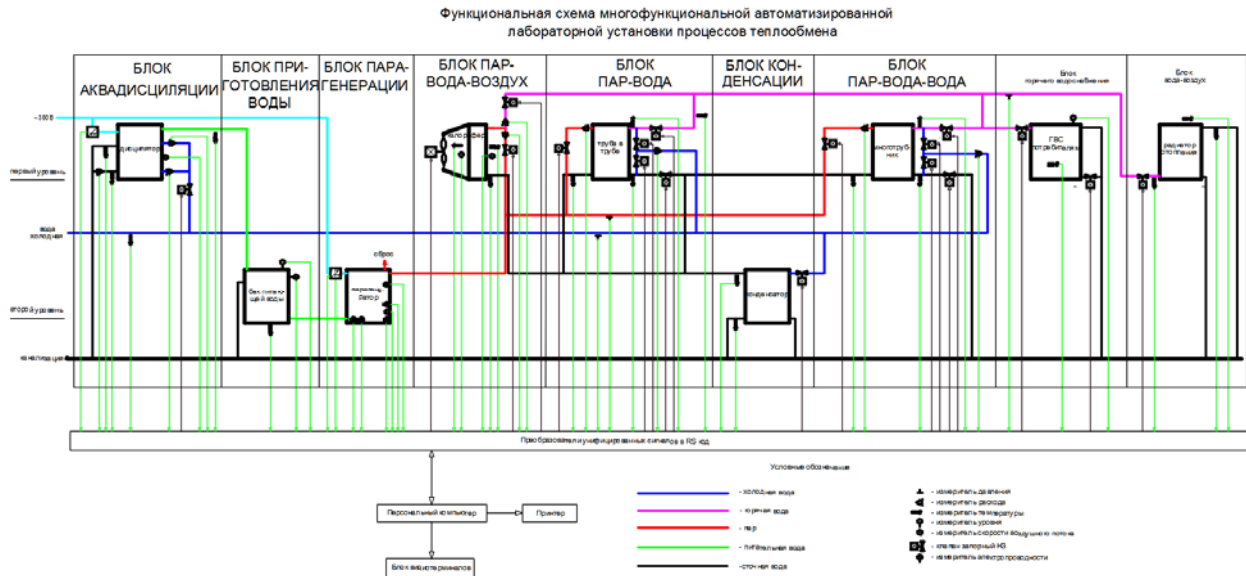


Рисунок 2 – Функциональная гибридная структура экспериментальной установки

**Дистанционное обучение и перспективы:** К примеру, существующие системы автоматизации таких объектов, как котельные установки, предназначены для автоматического бесперебойного обеспечения подачи воды от водогрейных и паровых котлов; непрерывного измерения и архивирования значений всех технологических параметров (давления, температуры, напора, разрежения, расхода, уровня), необходимых оператору для контроля за процессами регулирования и управления сооружениями в котельной и на площадке котельной; предупреждения аварийных и предаварийных ситуаций; задания режимов работы оборудования котельной и насосных агрегатов в сооружениях, относящихся к котельной; автоматического контроля и дистанционного управления запорной и регулирующей арматурой с персональных компьютеров оператора; обмена информацией с верхним уровнем управления системы, прием директив, установок и выдача информации о протекании технологического процесса.

Исследуя существующие методы и методологии работы системы и поставив задачу на производстве, и проводя дальнейшее отработывание исследованных зависимостей на лабораторной установке, предполагается испытать разработанную систему управления процессом теплообмена на промышленных объектах–котельных установках в г. Алматы и рассмотреть данный процесс как один из технологических режимов работы котельных. Проведенные исследования служат основой для организации на базе существующего оборудования системы адаптивного автоматизированного управления котлом. Также, в перспективе, предполагается внедрить систему видеонаблюдения с целью дистанционного управления лабораторной установкой, когда обучающимся необходимо помимо теоретических выкладок, предоставить информацию о практическом их применении.

**Разработка гибридной модели системы управления процессами теплообмена на основе алгоритма управления.** Стремительное развитие современных методов разработки и создания интеллектуальных систем привело к значительному росту публикаций по практическому применению этих методов при создании систем управления [3]. В настоящее время, эффективно использовать интеллектуальные технологии совместно с классическими методами управления технологическими процессами, т.е. создание гибридных систем управления приводит к задаче совместить преимущества традиционных методов, приемов и алгоритмов с математическим аппаратом теории искусственного интеллекта. На основе данной теории вместо нечетких моделей и нейронных сетей можно применять гибридные модели, такие как нейро-нечеткие сети, которые



по замыслу должны сочетать все достоинства двух выше перечисленных методов [4].

Для разработки моделей управления верхнего уровня иерархии нами были использованы три технологии: экспертные системы, нейронные сети и нейро-нечеткие алгоритмы. Ниже приведены примеры применения этих методов с использованием пакета FuzzyLogicToolbox системы Matlab.

Конфигурационное программное обеспечение "HybridControlDesigner" используется для конфигурирования гибридного контроллера HC900 и операторского интерфейса и работает на ПК с Windows XP, 7, 8, 10. Программа использует графические символы и линии соединения для создания требуемых алгоритмов управления. Меню в программном обеспечении предусмотрены для выбора дисплеев операторского интерфейса, конфигурирования доступа к экранам и клавиши оператора. Законченная конфигурация загружается в систему управления через специализированный коммуникационный порт контроллера. Для обеспечения работы Simulink с OPC в модель необходимо добавить объекты OPC Configuration, OPC Read и OPC Write. Эти объекты находятся в разделе OPC Toolbox среды Simulink.

Возможности MATLAB позволяют провести эти исследования. Для этого в MATLAB существует редактор ANFIS, который позволяет создавать или загружать, конкретную модель адаптивной системы нейро-нечеткого вывода, выполнять ее обучение, визуализировать ее структуру, изменять и настраивать ее параметры, а так же использовать настроенную сеть для получения результатов нечеткого вывода [5]. Этапом создания гибридной сети является генерирование структуры системы нечеткого вывода. На данном этапе можно просмотреть архитектуру сети (рисунок 3). Представленная на рисунке 3 сеть представляет собой модель управления на верхнем уровне иерархии с использованием нейро-нечетких алгоритмов. Данную модель можно использовать для расчета выходных переменных при любых изменениях входных.

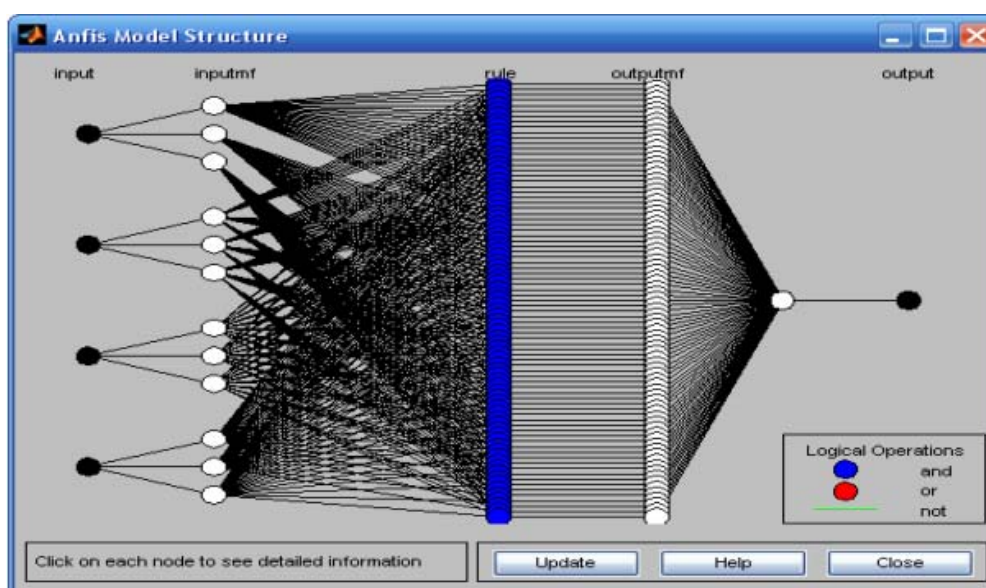


Рисунок 3 – Функциональная архитектура гибридной сети

Теперь необходимо выбрать метод обучения гибридной сети. А именно метод оптимизации, количество эпох обучения, и допустимую ошибку (см. рисунок 4).

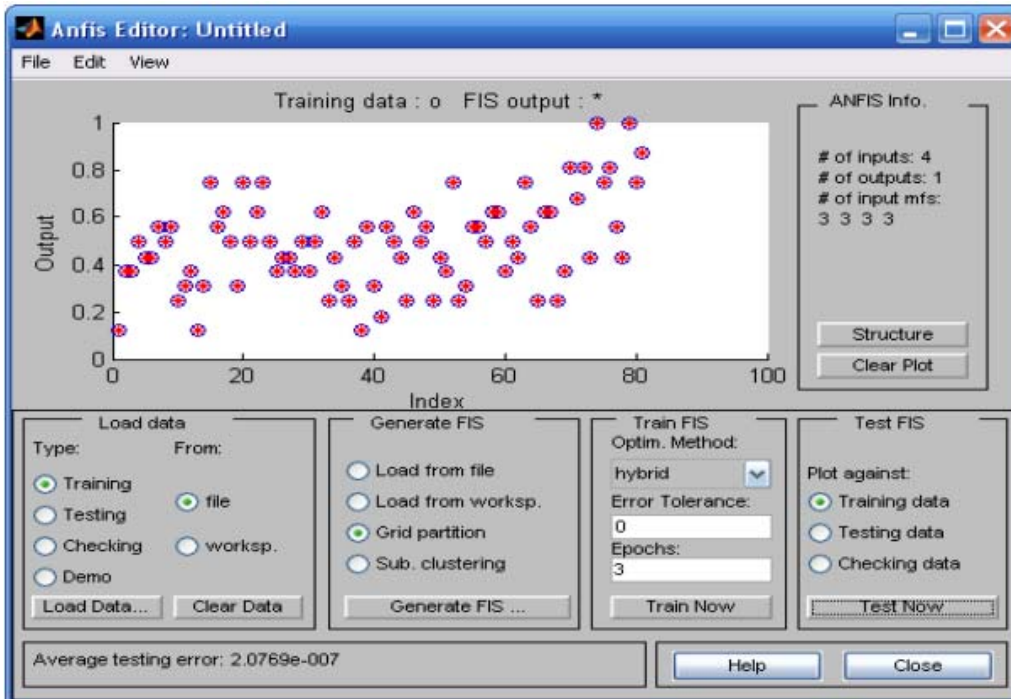


Рисунок 4 – Графический интерфейс редактора, где заданы параметры обучения гибридной сети

После завершения обучения сети, ее можно протестировать, загрузить проверочные данные или просмотреть и задать любые допустимые значение в FIS редакторе RuleViewer, так же как и в нечеткой логике (рисунок 5).

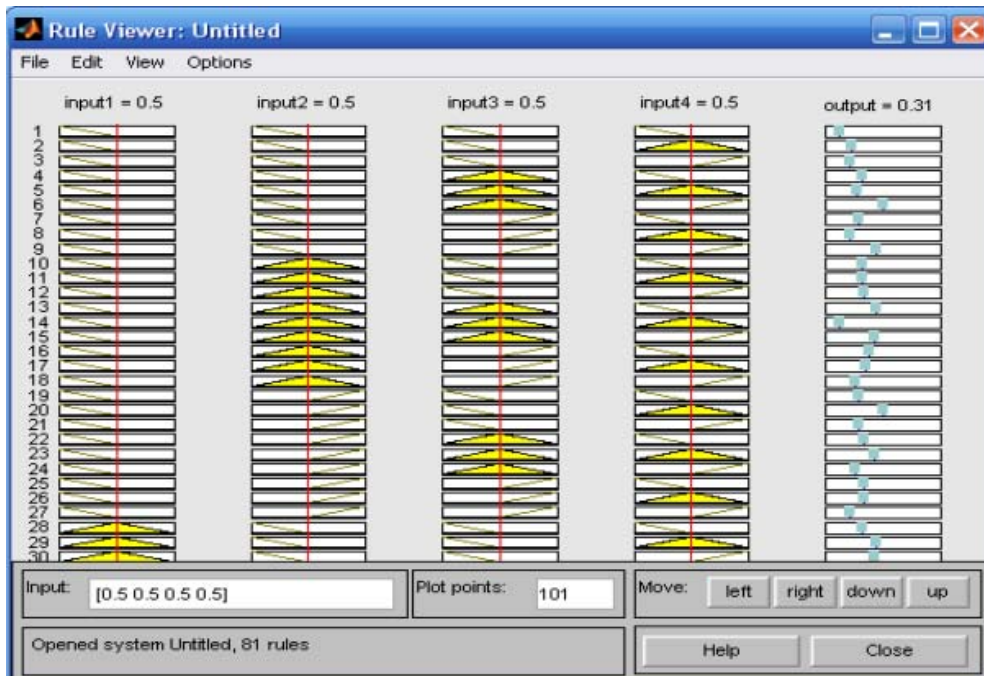


Рисунок 5 – Редактор “RuleViewer” после обучения гибридной сети

**Выводы.** Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность алгоритмов управления, полученных с помощью методов искусственного интеллекта. По сравнению с классическими методами построения аналитико-статистических моделей методы,

основанные на знаниях, опыте интуиции людей-экспертов позволяют создавать гибридные системы управления сложными технологическими процессами значительно легче, быстрее и эффективнее

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чепчуров М. С., Жуков Е. М., Тюрин А. В. Структурная схема управления приводами технологического комплекса. Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XXIX междунар. науч.-практ. конф. № 12(25). – Новосибирск: СибАК, 2013. – С.25.
- [2] Сулейменов Б. А. Интеллектуальные и гибридные системы управления технологическими процессами. – Алматы: Шикун, 2009. – С.14
- [3] Вороненко В.П., Родина А.Н., Рязанов Д.Ю. Управление технологическим процессом с использованием нейросетевого моделирования. Вестник МГТУ Станки, 2011. – С.45-81
- [4] Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2000. – С.423
- [5] Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – С.218
- [6] Гаскаров Г.А. Интеллектуальные информационные системы. Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2003.

#### REFERENCES

- [1] Chepchurov M.S., Zhukov E.M., Tyurin A.V. Strukturnaya shema upravleniya privodami tekhnologicheskogo kompleksa. Technicheskie nauki – ot teorii k praktike: sb. st po mater. XXIX mezhdun. conf. № 12 (25). - Novosibirsk: SibAK, 2013. P.25 (in Russ).
- [2] Suleimenov B.A. Intellektualnye i gibridnye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi processami. – Almaty: Shikula, 2009. P.14 (in Russ).
- [3] Voronenko V.P., Rodina A.N., Ryazanov D.Y. Upravlenie tekhnologicheskim processom s ispolzovaniem neirosetevogo modelirovaniya. Vestnik MSTU Stanki, 2011. P.45-81 (in Russ).
- [4] Gavrilova T.A., Khoroshevsky V.F. Bazy znaniy intellektualnyh sistem. - SPb.: Piter, 2000. P.423 (in Russ).
- [5] Rutkowski L. Metody i tekhnologii iskusstvennogo intellekta. - M.: Goryachaya liniya-Telecom, 2010. P.218 (in Russ).
- [6] Gaskarov G.A. Intellektualnye i informacionnye sistemy. Uchebnik dlya vuzov. – M.:Vysh.shkola, 2003.

**Н.Р. Мусабеков, А. Х. Ибраев, М. Ж. Адильбеков**

#### **ЖЫЛУАЛМАСУ ПРОЦЕСТЕРІН БАСҚАРУ МЫСАЛЫНДАҒЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТІ БАСҚАРУДЫҒЫ ГИБРИДТІК ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ ТУРАЛЫ МӘСЕЛЕЛЕР**

**Аннотация.** Интеллектуалды жүйелерді жобалау және дамытудың қазіргі заманғы әдістерінің қарқынды дамуы басқару жүйелерін құру үшін сол әдістердің практикалық қолданылуы бойынша жарияланымдардың айтарлықтай артуына алып келді.

Күрделі жылутехникалық процестерді басқару үшін программалық кешендерді әзірлеу өзектілігі білім беру сапасына қойылатын талаптар, компьютерлік бағдарламаларды дамыту үшін инновациялық технологиялар сияқты үрдістерімен анықталады.

Бұл мақалада интеллектуалды технологияларды пайдалана отырып, жылуалмасу процестерін басқару мүмкіндігі үшін гибридік жүйені құрастыру мүмкіндіктері қарастырылған. Қолданыстағы тәжірибелік студенттің негізінде жылуалмасу процестерін басқару есебі қойылады. Мақалада жылуалмасу процесін бақылау мақсатында интеллектуалды модельдерді әзірлеу үшін алғышарттар сипатталады.

**Түйін сөздер:** гибридік басқару жүйесі, математикалық модельдер, жылу алмасу процестері, технологиялық кешен, басқару алгоритмі, синтездеу, интеллектуалды модельдер.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 132 – 138

UDC 530.1

D. D. Dairabay<sup>1</sup>, V. G. Golubev<sup>1</sup>, O. S. Balabekov<sup>2</sup>, A. M. Brenner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent,

<sup>2</sup> South Kazakhstan State Pedagogical Institute, Shymkent

din\_303@mail.ru

PECULIARITIES OF FORMATION OF THE CLUSTER DISPERSIONS  
AT A HIGH CONCENTRATION OF NUCLIDES

**Abstract.** This paper deals with the problem of the formation of dispersions at a high concentration of nuclides. It is experimentally confirmed that at the initial high density of nuclides the conditions for creating dispersions with high uniformity characteristics can be reached. The results of experimental studies and theoretical models can be the basis for an engineering method of calculating the parameters of the multiple aggregation process and optimizing the process to create highly homogeneous nanodispersions.

**Keywords:** desublimation, cluster, multiply collision, nuclide, subsaturation, phase transition.

УДК 530.1

Д.Д.Дайрабай<sup>1</sup>, В.Г.Голубев<sup>1</sup>, О.С.Балабеков<sup>2</sup>, А.М.Бренер<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент,

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, г. Шымкент

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КЛАСТЕРНЫХ ДИСПЕРСИЙ  
В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НУКЛЕАТОВ

**Аннотация.** В работе обсуждается проблема образования дисперсий при высокой концентрации нуклеатов-зародышей. Экспериментально подтвержден вывод о том, что при высокой начальной плотности нуклеатов могут возникать условия для получения дисперсий с высокими характеристиками однородности распределения кластеров по размерам. Результаты проведенных экспериментальных исследований и теоретические модели могут стать основой инженерной методики расчета режимных параметров процесса множественной агрегации и оптимизации этого процесса с целью создания высокооднородных нанодисперсий.

**Ключевые слова:** десублимация, кластер, множественная коллизия, нуклеат, пересыщение, фазовый переход.

**Введение.**

**Теоретические аспекты проблемы**

Получение нанодисперсий с высокой степенью однородности является одной из ключевых проблем нанотехнологий [1, 2]. При этом создание перенасыщенных состояний является важным технологическим приемом для решения этой проблемы [2, 3].

В то же время, хотя создание перенасыщенного состояния сплошной фазы есть необходимое условие для осуществления фазового перехода первого рода, этого недостаточно, чтобы необходимая степень трансформации фаз произошла в заданное время [3]. Поэтому необходимое для начала процесса пересыщение не дает гарантии того, что процесс осуществится в данном аппарате с необходимой эффективностью.

Естественным путем возникновения новой фазы представляется однородное изменение плотности старой фазы в плотность новой фазы [2]. Если старая фаза - пересыщенный (то есть метастабильный) газ, удовлетворяющий уравнению состояния Ван-дер-Ваальса, под заданными

критическим давлением и температурой занимает некий объем, то, чтобы прийти в устойчивое состояние ван-дер-ваальсовой жидкости или в твердое состояние под тем же самым давлением, газ должен уменьшить свой объем до объема, соответствующего плотности новой фазы.

Поэтому ясно, что для системы является очень маловероятным следовать путем пространственно однородного изменения плотности среды из-за высокой энергетической «цены» этого пути [4, 5].

Другой путь для фазового перехода, который в свете вышеупомянутого оказывается энергетически намного менее дорогим соответствует неоднородному изменению плотности старой фазы в плотность новой. Действительно, такое изменение происходит в местном масштабе как колебание плотности в пространственной области, занятой небольшим количеством молекул.

Тогда, если  $n^* \ll M$  является характерным числом молекул в пространственной области локального масштаба среды с измененной плотностью, то оценим математическое ожидание энергетического барьера для осуществления фазового перехода как [6, 7]

$$\Delta E \approx n^* \Delta \mu, \quad (1)$$

где  $\Delta \mu$  - разность термодинамических потенциалов фаз.

Очевидно, что это намного меньше, чем энергетический барьер порядка [6]

$$\Delta E_{total} \approx M \Delta \mu, \quad (2)$$

для пути, соответствующего однородно изменяющейся плотности.

Отсюда ясно, что фазовые переходы первого порядка намного более вероятны вблизи местных флуктуаций плотности, вследствие однородного изменения плотности старой фазы в целом.

Многочисленные наблюдения и экспериментальные исследования подтверждают [6, 7], что наиболее вероятный и осуществляющийся практически путь фазового перехода первого рода сопровождается формированием наноскопических зародышей новой фазы с плотностью, близкой к плотности новой фазы. Эти зародыши появляются беспорядочно в старой фазе и даже при очень быстром росте этих зародышей новой фазы макроскопические размеры полной системы затягивают время фазового перехода.

На рисунке 1 приведены характерные результаты расчета работы образования кластера-зародыша в зависимости от его порядка (числа молекул в нуклеате). Расчет произведен с использованием пакета прикладных программ МАТЛАБ [8].

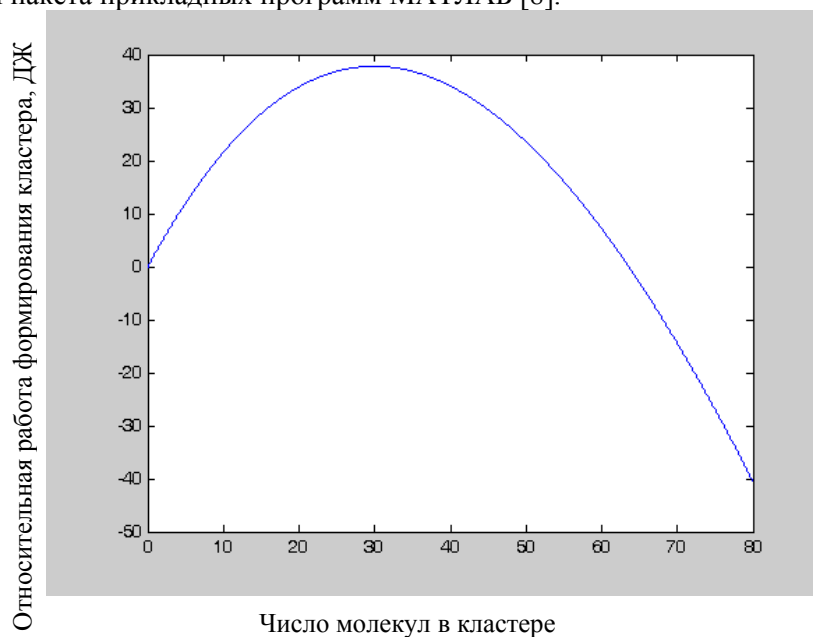


Рисунок 1- Характерная зависимость работы образования кластера от числа молекул в кластере

Из этого анализа следует, что для начала интенсивной гомогенной нуклеации и последующей коагуляции с образованием более крупных кластеров твердой фазы, необходимо появление в начальный период времени достаточно плотного «облака» кластеров определенного размера, что возможно только при коагуляции с множественными коллизиями зародышей.

Известные модели агрегации кластеров основаны на гипотезе о преобладающем вкладе бинарных коллизий в процессе коагуляции [9, 10, 11, 12]. В то же время, как показано в нашей работе [13], на временах процесса агрегации порядка

$$0 < t \leq \sqrt{1 + 4\alpha^{1/(N-2)}} - 1, \quad (3)$$

где  $\alpha \approx 10$ , вклад бинарных и  $N$ -арных столкновений нуклеатов может иметь сопоставимые порядки. В той же работе [13], а также в [14, 15], методом динамического масштабирования получены некоторые оценки начальной концентрации нуклеатов, при которой может начаться быстрый процесс множественной агрегации с образованием более крупных кластеров.

Этот вопрос имеет важное практическое значение, т.к. именно в таких условиях можно достигнуть достаточно высокой однородности нанодисперсий.

В связи с этим была поставлена задача экспериментальной проверки вывода о том, что при высокой начальной плотности нуклеатов (т.е., при создании большого пересыщения пара в парогазовой фазе и при быстром его «снятии» путем резкого изменения теплового режима или давления [16]), можно создать условия для получения дисперсий с более высокими характеристиками однородности распределения кластеров по размерам.

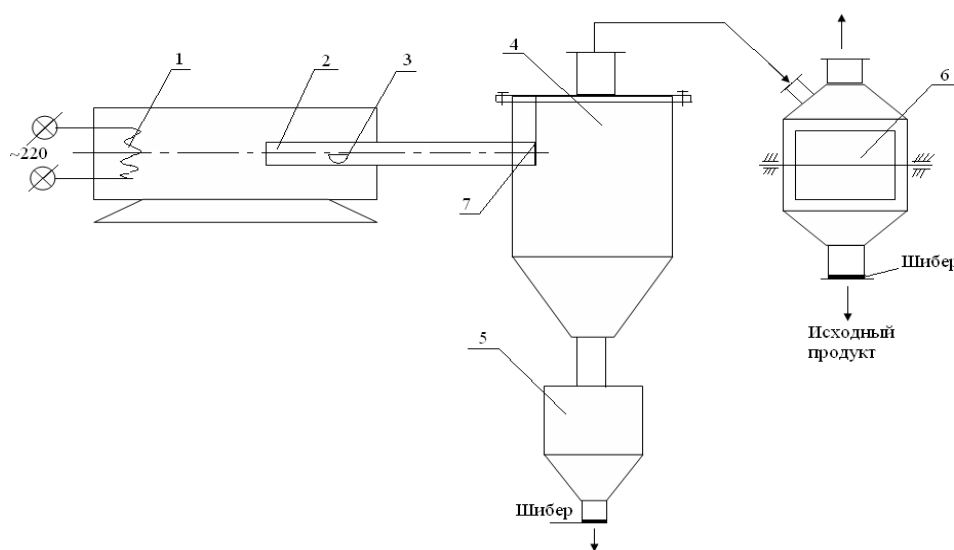
### Экспериментальная часть

Экспериментальные исследования по нуклеации и последующей коагуляции кластеров твердой фазы в процессе газовой сублимации были проведены нами на основе процесса термообработки высококремниевых фосфоритов Каратау фторидом аммония с превращением диоксида кремния, содержащегося в сырье, в кремнефторид аммония с последующей его возгонкой [17].

С целью получения кластеров  $\text{SiO}_2$  режим реакции был изменен и обращен. А именно, известно, что при определенной температуре реакция осуществляется в обратную сторону с выделением  $\text{SiO}_2$ :



Температурный порог, при котором начинает осуществляться выделение  $\text{SiO}_2$  был обнаружен нами, и составляет  $450^\circ\text{C}$ .



1 – печь; 2- керамическая трубка; 3 – лодочка с пробой; 4- емкость; 5 – бункер; 6-конденсатор; 7-шибер.

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки представлена на рис.2, а ее фотография на рис.3.

Работа установки осуществлялась следующим образом.

В печь 1 вставлялась керамическая трубка 2, куда помещали лодочку (бюкс) 3 с пробой, подготовленной в соответствии с методическими рекомендациями. Затем включали печь и при достижении заданной температуры открывали шибер 7. Образующиеся пары поступали в емкость 4, где происходила десублимация фосфорита, а оставшиеся пары окиси кремния отсасывались в конденсатор 6.

В результате контакта паров с охлаждающей поверхностью барабана происходила их десублимация, съем и сбор готового продукта. Температура в печи достигала от 400 до 800<sup>0</sup>С. Готовый продукт собирали в стеклянные бюксы и отправляли на анализ химического и дисперсного состава. Анализировалась также кристаллическая структура.



Рисунок 3 – Экспериментальная установка

В качестве оборудования для проведения электронно-микроскопических исследований десублимата использовался растровый электронный микроскоп JSM-6490LV (РЭМ). В основе РЭМ лежит сканирование поверхности образца электронным зондом и детектирование (распознавание) возникающего при этом широкого спектра излучений. Проведение исследований и определение ошибок измерений осуществлялось по стандартным методикам.

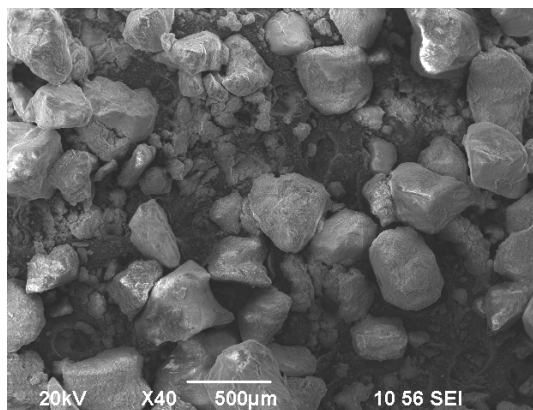
На рисунке 4 показаны некоторые характерные фотографии дисперсий, полученных в результате экспериментов.

На рисунке 4А) показана микрофотография дисперсии, образовавшейся при относительном пересыщении 4.5 в результате резкого сброса давления паровой фазы. Средний размер кластеров составил  $380\ \mu\text{m}$ , среднее квадратическое отклонение порядка  $25\ \mu\text{m}$ .

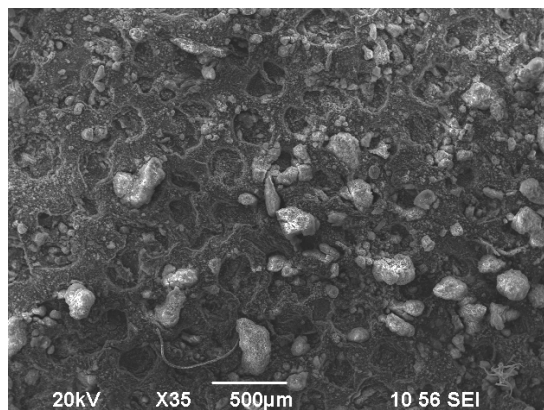
На рисунке 4В) – микрофотография дисперсии при начальном пересыщении 1.4, также при резком сбросе давления. Хорошо видно, что степень однородности дисперсии значительно ниже, чем в первом случае. Средний размер кластеров менее  $160\ \mu\text{m}$ , в то же время среднее квадратическое отклонение превышает  $90\ \mu\text{m}$ .

Рисунок 4С) соответствует первому случаю, т.е. относительному пересыщению 4.5, но снимок сделан при увеличении 25000, что позволяет рассмотреть отдельные нуклеаты. Хорошо видно, что высока доля практически сферических частиц, которые возникают при интенсивных множественных коллизиях. Частицы более сложной формы соответствуют коагулятам, возникшим за более продолжительное время при преимущественно бинарных коллизиях.

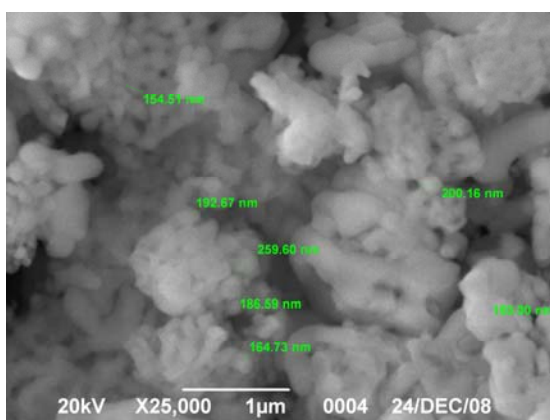
Рисунок 4Д) соответствует пересыщению 1.4, но снимок сделан при увеличении 5000. Видно, что и на микроуровне степень неоднородности дисперсии велика.



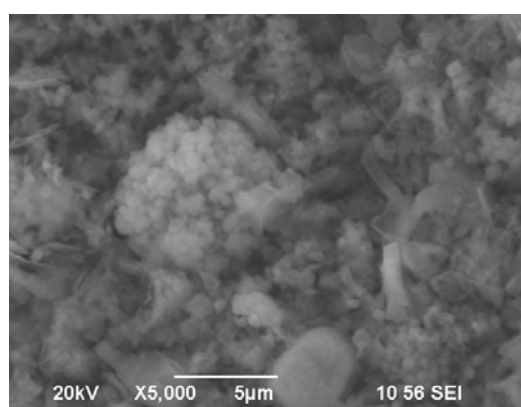
A)



B)



C)



D)

Рисунок 4 – Микрофотографии кластерных дисперсий в процессах десублимации паров диоксида кремния.

### Выводы

Экспериментально подтвержден вывод о существовании явления множественной коагуляции при высокой концентрации нуклеатов в пересыщенной парогазовой смеси. Результаты проведенных экспериментальных исследований и теоретические модели могут стать основой инженерной методики расчета режимных параметров процесса множественной агрегации и оптимизации этого процесса с целью создания высокооднородных нанодисперсий.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Li X., Logan B.E. Collision Frequencies of Fractal Aggregates with Small Particles by Differential Sedimentation, 1997, *Envir. Sci., Techn.*, 31, 1229-1236.
- [2]. Волощук В.М., Седунов Ю.С. Процессы коагуляции в дисперсных системах.- Л.: Гидрометеиздат. - 1975, с. 435.
- [3]. Зонтаг Г., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем.- Л.: Химия.-1973, с. 152
- [4]. Menon G., Pego R.L., Kinetics of a precipitation from supersaturated solid solutions, 2004, *Comm. on Pure and Appl. Math*, vol. LVII, 1197-1232.
- [5]. Brener A.M., Balabekov B.Ch., Golubev V.G., Bekaulova A.A. Modeling of aggregation processes in physico-chemical systems //ESAT 2008 Proceeding of the 23<sup>rd</sup> European Symposium on Applied Thermodynamics.- France.- 2008. – С. 485-488.
- [6]. Голубев В.Г., Каракбаев А.У., Досмаканбетова А.А. Системный анализ десублимационных процессов химической технологии //Вестник КазНТУ им.К.Сатпаева, №5 (81), Алматы- 2010. - С.105-107.



- [7]. Досмаканбетова А.А., Голубев В.Г. Теоретические предпосылки оформления сублимационных процессов //Республиканский научный журнал «Наука и образование Южного Казахстана», № 5 (84), серия Процессы и аппараты – 2010. - С.59-62.
- [8]. Doering C.R., ben-Abraham, Diffusion-limited coagulation in the presence of particle input: exact results in one dimension, 1989, Phys. Rev. Lett, 62, 2563.
- [9]. Duncan D.B., Soheili A.R., Approximating the Becker-Düring Cluster Equations, 2000, Comm. Math. Phys., Vol. 119, 1-31.
- [10]. Blackman J.A., Marshall A., Coagulation and Fragmentation in cluster-monomer reaction models, 1994, J. Phys. A.: Math. Gen. 27, 725-740.
- [11]. Wattis J.A.D., An introduction to mathematical models of coagulation-fragmentation processes: A discrete
- [12]. Дайрабай Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М. О проблеме учета множественных столкновений при моделировании процессов агрегации в дисперсных системах. Доклады НАН РК №6. 2015. –С. 65-73.
- [13]. Brenner A.M., 2014, Model of many particle aggregation in dense particle systems, Chem. Eng. Trans. (CET), Vol 38, 145-150.
- [14]. Leyvraz F., Scaling theory and exactly solved models in the kinetics of irreversible aggregation, 2003, Phys. Reports, 383, 95-212.
- [15]. Досмаканбетова А.А., Голубев В.Г. Процесс формирования дисперсной фазы и режимы процесса получения серы на основе десублимации // Республиканский научный журнал «Наука и образование Южного Казахстана», №6 (85), серия Процессы и аппараты – 2010. - С.124-127.
- [16]. Досмаканбетова А.А., Голубев В.Г. Экспериментальные исследования процесса возгонки и десублимации на примере диоксида кремния // Республиканский научный журнал «Наука и образование Южного Казахстана», № 6 (85), серия Процессы и аппараты – 2010. - С.121-124.

#### REFERENCES

- [1]. Li X., Logan B.E. Collision Frequencies of Fractal Aggregates with Small Particles by Differential Sedimentation, 1997, Envir. Sci., Techn., 31, 1229-1236.
- [2]. Voloshchuk V. M., Sedunov Yu. S. Coagulation processes in disperse systems. L.: Gidrometeoizdat Publ., 1975, 435 p.
- [3]. Sontag G., Strenge K. Coagulation and sustainability of disperse systems. L, Chemistry, 1973, 152 p.
- [4]. Menon G., Pego R.L., Kinetics of a precipitation from supersaturated solid solutions, 2004, Comm. on Pure and Appl. Math, vol. LVII, 1197-1232.
- [5]. Brenner A.M., Balabekov B.Ch., Golubev V.G., Bekaulova A.A. Modeling of aggregation processes in physico-chemical systems //ESAT 2008 Proceeding of the 23<sup>rd</sup> European Symposium on Applied Thermodynamics.- France.- 2008. – С. 485-488.
- [6]. Golubev V. G., Karakbayev A. U., Dosmakanbetova A. A. System analysis of desublimation processes of chemical technology //Bulletin of Kazakh National Research Technical University after K. Satpayev No.5 (81)], Almaty-2010, pp. 105-107.
- [7]. Dosmakanbetova A. A., Golubev V. G. Fundamental backgrounds to complete sublimation processes. Republican academic journal “Science and Education of South Kazakhstan,” No.5 (84), series Processes and Machineries, 2010, pp. 59-62.
- [8]. Doering C.R., ben-Abraham, Diffusion-limited coagulation in the presence of particle input: exact results in one dimension, 1989, Phys. Rev. Lett, 62, 2563.
- [9]. Duncan D.B., Soheili A.R., Approximating the Becker-Düring Cluster Equations, 2000, Comm. Math. Phys., Vol. 119, 1-31.
- [10]. Blackman J.A., Marshall A., Coagulation and Fragmentation in cluster-monomer reaction models, 1994, J. Phys. A.: Math. Gen. 27, 725-740.
- [11]. Wattis J.A.D., An introduction to mathematical models of coagulation-fragmentation processes: A discrete
- [12]. Dayrabay D., Golubev V. G., Balabekov O. S., Brenner A. M. On the problem of accounting the multiple impacts under modeling the aggregation processes in disperse systems //Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan No.6, 2015, pp. 65-73.
- [13]. Brenner A.M., 2014, Model of many particle aggregation in dense particle systems, Chem. Eng. Trans. (CET), Vol 38, 145-150.
- [14]. Leyvraz F., Scaling theory and exactly solved models in the kinetics of irreversible aggregation, 2003, Phys. Reports, 383, 95-212.
- [15]. Dosmakanbetova A. A., Golubev V. G. Disperse phase development process and sulphur production process conditions in terms of desublimation //Republican academic journal “Science and Education of South Kazakhstan,” No.5 (84), series Processes and Machineries, 2010, pp. 124-127

[16]. Dosmakanbetova A. A., Golubev V. G. Experimental studies of volatilization and desublimation the case of silicone dioxide //Republican academic journal “Science and Education of South Kazakhstan,” No.5 (84), series Processes and Machineries, 2010, pp. 121-124.

**Д.Д. Дайрабай<sup>1</sup>, В.Г. Голубев<sup>1</sup>, О.С. Балабеков<sup>2</sup>, А.М. Бренер<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қаласы

<sup>2</sup>Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық институты, Шымкент қаласы

### **НУКЛЕАТТАРДЫҢ ЖОҒАРЫ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ ЖАҒДАЙЛАРЫНДА КЛАСТЕРЛІК ДИСПЕРСИЯЛАР ТҮЗІЛУІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Түйін сөздер:** десублимация, кластер, көптік коллизия, нуклеат, шамадан тыс қанығу, фазалық ауысу.

**Аннотация.** Еңбекте нуклеаттардың жоғары концентрациясы кезінде дисперсиялардың түзілу мәселесі талқыланады. Эксперименттік түрде нуклеаттардың бастапқы тығыздығы жоғары болған кезде кластерлердің өлшемдер бойынша бөлінуінің біркелкілік сипаттамалары жоғары дисперсияларды алу үшін жағдай туындауы мүмкін екендігі туралы қорытынды расталды. Өткізілген эксперименттік зерттеулер нәтижелері мен теориялық үлгілер көптік агрегация үдерісінің тәртіптік параметрлерін есептеу мен осы үдерісті біркелкілігі жоғары нанодисперсиялар жасау мақсатында оңтайландырудың инженерлік әдістемесінің негізі бола алады.

#### **Сведения об авторах:**

Дайрабай Динара Дастанқызы – PhD докторант по специальности технологические машины и оборудование. Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан г. Шымкент;

Голубев Владимир Григорьевич – д.т.н., профессор. Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан г.Шымкент;

Балабеков Оразалы Сатимбекович – д.т.н., Академик НАН РК. Южно-Казахстанского государственного педагогического института, Республика Казахстан г. Шымкент;

Бренер Арнольд Михайлович – д.т.н., профессор. Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан г.Шымкент.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 139 – 145

**A.A. Genbach, N.O. Jamankulova**

Almaty University of Power Engineering & Telecommunications,  
Almaty, the Republic of Kazakhstan  
[dnellya@mail.ru](mailto:dnellya@mail.ru)

**STUDY OF HEAT AND MASS TRANSFER IN CAPILLARY-POROUS  
COOLING SYSTEMS OF A NEW CLASS OF ENERGY THERMAL  
INSTALLATIONS**

**Abstract.** A capillary-porous cooling system of the new class for thermal energy installations has been developed and researched. It allows controlling the heat transfer by separating energy processes, and creating the underheating and flow rate by changing the internal (thermal hydraulic) characteristics of the boiling process due to excess of fluid. An algorithm for the study of the influence of various factors on the process of heat and mass transfer (type and circulation of heat-cold carrier; system design; housing material; the type of system; supply and type of energy; system orientation) is presented. A list of applying porous systems to various energy installations, aiming at increasing their reliability, efficiency and the maneuverability taking into account the ecology is presented; the scheme of location to capillary porous structure and performance of the clamping perforated plates has been designed. A critical heat flux, depending on the thermophysical properties of the fluid, the distance between the steam konglomerates, the type of porous structure and its orientation has been obtained.

**Key words:** capillary-porous system; heat and mass transfer processes; critical heat flux; thermal energy installations.

УДК 536.248.2

**А.А. Генбач, Н.О. Джаманкулова**

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОБМЕНА В КАПИЛЛЯРНО-  
ПОРИСТЫХ СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ НОВОГО КЛАССА  
ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК**

**Аннотация.** Разработана и исследована теплоотводящая капиллярно-пористая система охлаждения нового класса применительно к различным тепловым энергоустановкам. Она позволяет управлять теплопередачей путем разделения энергетических процессов, а также за счет избытка жидкости создавать недогрев и скорость потока, изменяя внутренние (термогидравлические) характеристики процесса кипения. Приводится алгоритм по исследованию влияния различных факторов на процесс теплообмена (вид и циркуляция теплоносителя; конструкции системы; материал корпуса; тип системы; подвод и вид энергии; ориентация системы). Дан перечень разработок пористой системы к различным энергоустановкам с целью повышения их надежности, экономичности и маневренности с учетом экологии и разработана схема расположения капиллярно-пористой структуры и выполнения прижимных перфорированных пластин. Получен на основе гидродинамического кризиса критический тепловой поток в зависимости от теплофизических свойств жидкости, расстояния между паровыми конгломератами, вида пористой структуры и ее ориентации.

**Ключевые слова:** капиллярно-пористая система; процессы теплообмена; критический тепловой поток; тепловые энергоустановки.

В предложенных и исследуемых капиллярно-пористых системах организуется управление теплопередачей, что позволяет их выделить в новый класс теплоотводящих систем.

Для управления энергетическими процессами предлагается разделить общую энергию на две составляющие: энергию тепловой волны, взрывообразно возникшего парового зародыша и энергию сжатого парового потока, что также важно для моделирования и аналогии процессов кипения в порах структуры (покрытия) [1]. Повышению форсировки системы охлаждения и интенсификации процессов способствует использование совместного действия массовых и капиллярных сил, создающих избыток жидкости в структуре с недогревом вынужденной скоростью потока [2-4]. При этом происходит управление интегральными, а также внутренними характеристиками процесса кипения [3,4]. В случае кризиса кипения исследуется предельное и запредельное состояние поверхности нагрева и покрывающей ее пористой структуры [3,5-7].

Исследования процессов теплопередачи используются в тепловых энергоустановках: камерах сгорания и сверхзвуковых соплах [3], эллиптических пыле-газоуловителях [5], в пористых геозкранах [8], пароохладителях паровых котлов [9], маслоохладителях турбин [10], в паровых и газовых турбинах [11-14].

Заслуживает внимание исследование динамики неоднородных (гетерогенных) многофазных сред. Они содержат макроскопические неоднородности (включения), тогда как в гомогенных средах составляющие перемешаны на молекулярном уровне. Среди гетерогенных систем представляют интерес дисперсные смеси, состоящие из двух фаз, одна из которых – пузыри, капли, твердые частицы [2,3,5]. Делают два основных допущения: размеры неоднородностей (включений) в смеси, например, размер пузыря или длина волны, во много раз больше молекулярно-кинетических размеров, в то же время размеры неоднородностей во много раз меньше расстояний, на которых осредненные (макроскопические) параметры смеси или фаз меняются существенно. Эти допущения позволяют использовать уравнения механики сплошных однофазных сред для описания процессов внутри или около отдельных включений (микропроцессы) и описывать макропроцессы в среде, такие как течение среды в пористой структуре, распределение в них волн, характеризуя процессы интегральными (осредненными или макроскопическими) параметрами. Однако аналитических решений для кипящих потоков нет. Поэтому проведенное изучение процессов оптическими методами в околофитильном пространстве и в капиллярно-пористой структуре, а также в области паровых пузырей необходимо для замыкания осредненных уравнений движения дисперсных сред. Поэтому нами определены значения тепловых потоков, коэффициентов теплоотдачи и проницаемости пористых структур, выброс жидкости из структуры [3,6,10,14].

Ряд эффектов, протекающих с малой концентрацией дисперсной фазы, количественно могут быть описаны формулами для двухфазных потоков. К таким эффектам относятся процессы паропеногенерации, пылеулавливания, разрушения материалов закрученными потоками газовзвесей [5].

В средах с фазовыми переходами возможно рассчитывать пористые эллиптические системы при прохождении сильных волн с давлениями (1-100) ГПа в металлах, минералах, полимерах, сосредоточенных во втором фокусе эллиптического тороида (в мишени). При этом образуются новые вещества, их модификации и фазы, упрочняются металлы, реализуются процессы синтеза. В одном устройстве одновременно можно получать давления, резко отличающиеся друг от друга: в газовой смеси – до 10 МПа, а в жидкости и твердом веществе –  $10^5$  МПа и более [1].

Многофазность потоков, особенно при наличии капиллярно-пористых покрытий, в полной мере находит отражение в полях массовых и вибрационных сил, и проявляются с наибольшей полнотой при распространении волн растяжения и сжатия, которые могут быть управляемыми в разработанных нами пористых эллиптических системах. Аналитическое решение распространения волн в двухфазных парожидкостных смесях, где рассмотрены особенности движения волн в смесях газа с каплями или частицами, важно для предложенных нами эллиптических пористых многофазных пыле-газоуловителей и теплообменников [1,5].

В волновых течениях парожидкостных потоков, кроме размазанных волн, характерных для газовзвесей (газ, частицы, капли), имеют место волны с осцилляционной структурой со схлопывающимися и дробящимися пузырями, которые возникают из-за радиальных пульсаций пузырей и сильно зависят от характера процессов теплопереноса. К тому же при фильтрации многофазных жидкостей появляются кинематические волны.

За счет вибрационного воздействия на многофазные жидкости многократно

интенсифицируются процессы тепломассопереноса, особенно в резонансных режимах.

Области практического применения капиллярно-пористых систем нами защищены патентами и авторскими свидетельствами на изобретения [3,5,8,9,11,13].

Внедрение оборудования и технологических процессов в энергетике должно производиться, прежде всего, с эколого-экономических позиций. Предлагаемые разработки капиллярно-пористых систем будут способствовать проведению процессов, существенно улучшая и сохраняя природную среду.

Капиллярно-пористые системы позволяют достигнуть экономии топлива, сырья, воздуха, воды, тепла; повысить надежность охлаждения и взрывопожаробезопасность работы оборудования; способствовать высокоэффективному разрушению горных пород, бетонов, металлов; уменьшить низкотемпературную коррозию поверхностей; сократить загрязнения биосферы ядовитыми газами, пылью, теплом; ускорить решение проблем продовольственной программы; получить большой экономический и социальный эффекты в области экологии и охраны труда [13].

Основными преимуществами капиллярно-пористых систем являются высокая интенсивность, большая теплопередающая способность, надежность, компактность, простота в изготовлении и эксплуатации; они улучшают режимные и технологические показатели и имеют невысокие капитальные и эксплуатационные расходы.

Для внедрения разработки исследовалось влияние различных факторов на процессы тепломассообмена в различных капиллярно-пористых системах тепловых энергоустановок (ТЭУ) (рис. 1).

Для повышения надежности, экономичности и маневренности энергоустановок с учетом экологии эффективны [3,5,8-13]:

1. Сепарирование влаги в ступени капиллярно-пористой структурой;
2. Проведение гидрогазодинамики, массообмена двухфазных потоков в ступени при наличии пористых вставок (естественных и искусственных);
3. Организация движения частиц влаги жидких пленок в пористых каналах ступени;
4. Интенсификация процессов в пористых сепараторах проточной части турбины;
5. Проведение пористого охлаждения лопаток и камер сгорания ГТУ;
6. Подавление образования оксидов азота в камерах сгорания ГТУ тепловыми трубами;
7. Детонационное горение в пористых образованиях в камерах ГТУ;
8. Утилизация тепла в ГТУ тепловыми трубами;
9. Голографирование деформаций и тепловых расширений в узлах статора и ротора турбины с целью диагностики;
10. Пористое охлаждение элементов ротора турбины при ее пуске и останове;
11. Пористое охлаждение статора турбины при ее пуске и останове;
12. Повышение маневренности турбины за счет применения пористых систем;
13. Защита валопровода турбины от землетрясений пористыми энергоразделителями;
14. Резка фундаментов турбоустановки термореактивными горелками при производстве строительно-монтажных работ;
15. Защита от кавитации лопаток турбины с помощью пористых структур;
16. Борьба с тепловыми ударами в паропроводах и клапанах пористыми системами;
17. Голографическое диагностирование валопровода турбины;
18. Голографическое диагностирование двухфазных потоков в турбинной ступени;
19. Установка пористых экранов диафрагм первых ступеней ЦВД и ЦСД;
20. Фотоупругостное диагностирование валопровода, дисков, лабиринтовых уплотнений;
21. Применение волновой теории двухфазных потоков в сопловых и рабочих лопатках на основе разделения, концентрации и стока энергии влаги и легкой фазы;
22. Разработка волновой теории теплообмена в элементах ротора и статора при взрывообразном рождении паровых пузырей;
23. Крепеж шпилек фланцевых соединений турбин тепловыми трубами;
24. Управление масляной пленкой в подшипниках турбин капиллярно-пористыми структурами;

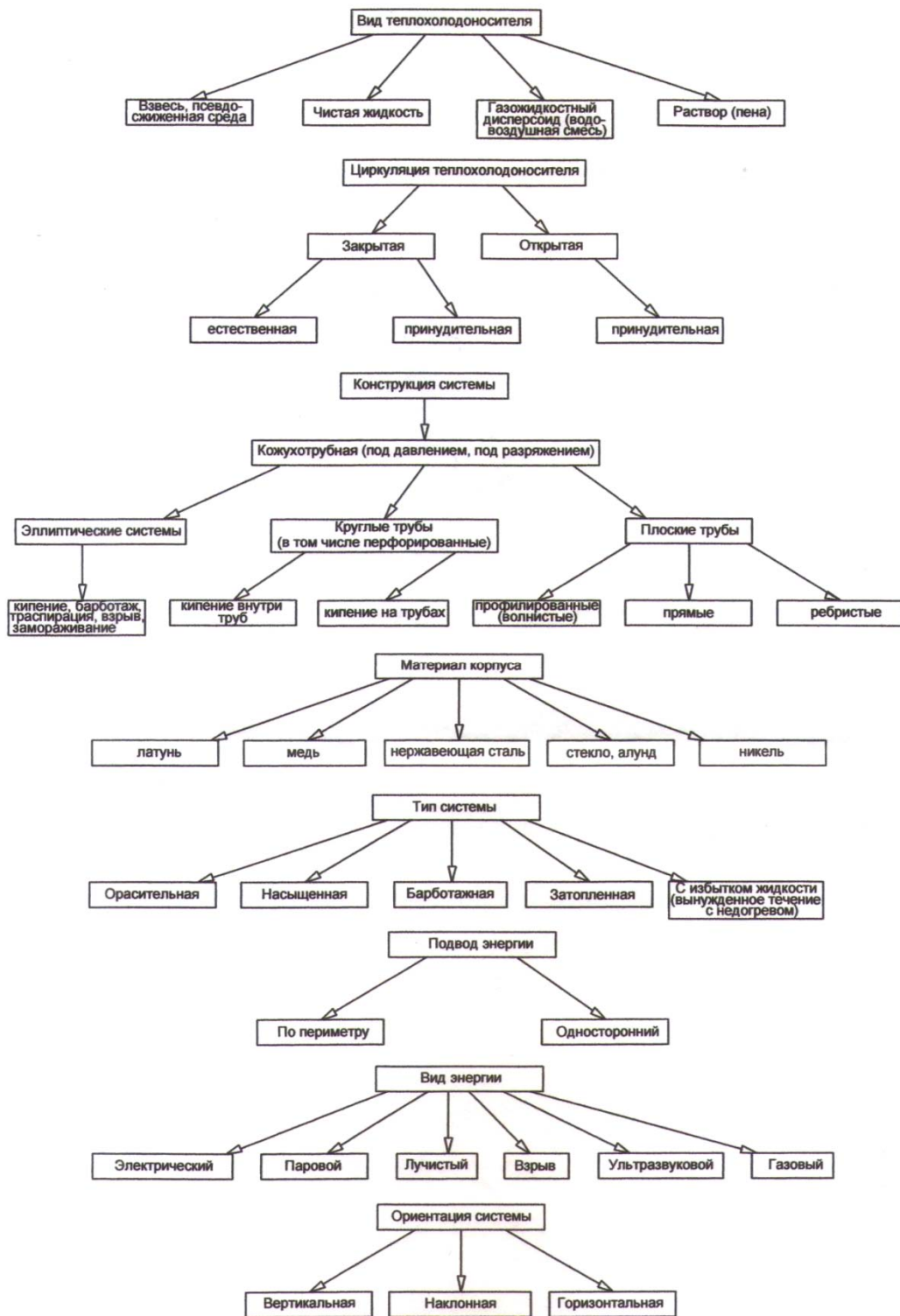


Рисунок 1 - Исследование влияния различных факторов на процессы тепломассообмена в различных капиллярно-пористых системах ТЭУ

25. Ускорение пуска и останова турбины за счет применения пористых систем;
26. Борьба с шумом и вибрацией пористыми системами;
27. Управление малоцикловой усталостью в зонах концентраторов напряжений элементов ротора и статора турбины с помощью пористых систем;
28. Повышение виброустойчивости лабиринтовых уплотнений с помощью пористых систем;

29. Борьба со стеснением тепловых расширений турбины на фундаменте с помощью пористых систем;
30. Реализация изотермического цикла расширения пара в турбине с помощью пористых систем;
31. Повышение надежности работы лопаточного аппарата при вибрационных режимах при установке пористых вставок;
32. Управление поведением многопролетных валопроводов, вращающихся на масляной пленке, путем применения пористых систем;
33. Повышение прочности деталей турбины при нестационарных тепловых режимах (переменные и переходные режимы) за счет их охлаждения пористыми структурами;
34. Управление осевым усилием путем применения пористой системы;
35. Повышение надежности работы регулирующей и последней ступени за счет применения пористой структуры;
36. Управление температурным полем выхлопного патрубка турбины при ее разгрузке с помощью пористой структуры;
37. Управление предельной деформацией ротора относительно статора при переходных режимах за счет пористой системы;
38. Управление тепловым изгибом ротора с помощью пористой системы;
39. Управление деформацией корпуса турбины вследствие несимметричного прогрева пористой системы;
40. Снижение пусковых потерь топлива за счет управления тепловым состоянием турбины пористой системой;
41. Управление масляной пленкой подшипников для борьбы с низкочастотной вибрацией (самоподдерживающейся прецессией вала) с помощью пористой системы;
42. Борьба с хрупким внезапным разрушением ротора путем управления пуском турбины посредством пористой системы.

Рассмотрим конструктивное исполнение пористой системы (рис. 2) для теплообменника коробчатой формы. Теплообменник состоит из корпуса и съемной крышки, герметично скрепляемых по периметру болтами. Внутренняя поверхность стенки покрыта капиллярно-пористой структурой 1, прижатой перфорированными пластинами 3. Артерии 2 соединены с верхними концами структуры, через торец которой к охлаждаемой поверхности подается жидкость массовыми и капиллярными силами. Нижние концы структуры обычно свободны и погружены в корытца 4, где скапливается жидкость за счет утечек, каплеуноса или избытка. На поверхности пластин выштампованы углубления с отверстиями, которые обеспечивают выход пара из структуры в канал, а также служат уловителями выбрасываемых из структуры капель и стекающей избыточной жидкости по внешней поверхности пластины. Артерия соединена с патрубком, с разводящими трубами и коллектором. Избыток охлаждающей жидкости скапливается в нижней части и сифоном удаляется в нижний коллектор, и далее в накопитель для возврата в систему. С целью облегчения конструкции и сохранения достаточной жидкости кессоны снабжаются распорками, выполненными в виде Z-образных перфорированных пластин или ребрами жесткости. Ребра могут располагаться снаружи или внутри корпуса и крышки. На крышке, в верхней ее части, приварены патрубки с фланцами для соединения с паропроводом. Структура может быть вытянутой в вертикальном (*a*) или горизонтальном направлении, верхний или нижний концы которой (либо оба) соединены с артерией (*a, б*). Перфорированные пластины (*в, з*) изготавливаются по форме и размерам в соответствии со структурой. Выштампованные перфорированные углубления в них могут иметь форму усеченного конуса (*в*), либо продольных пазов с отверстиями, обращенных вверх (*з*).

В капиллярно-пористой системе охлаждения наличие массовых сил позволяет обеспечить подвод охлаждающей жидкости к обогреваемой поверхности при высоких тепловых нагрузках ( $\sim 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>) и создает вблизи стенки устойчивый двухфазный пограничный слой. В пористой структуре содержится весьма малое количество жидкости, что до 80 раз экономит расход воды, имеет экологическое значение и обеспечивает взрывобезопасность.

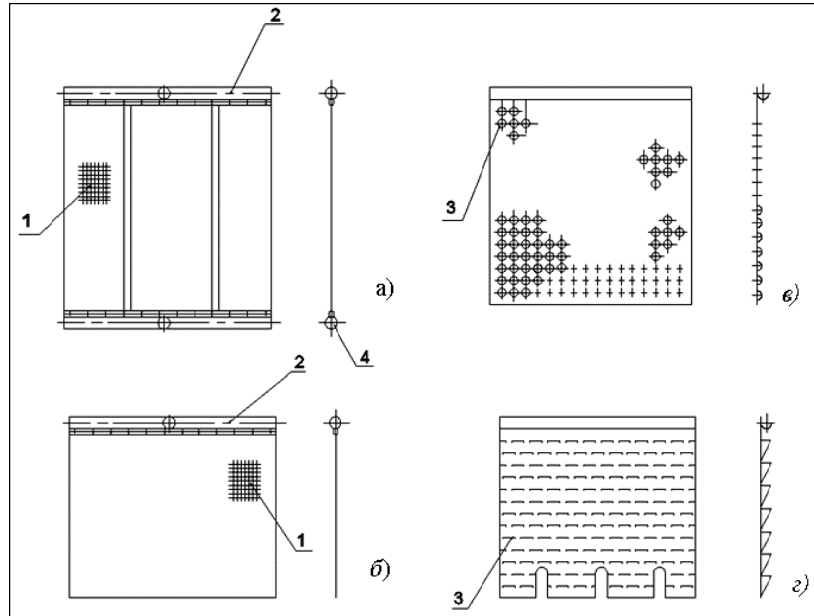


Рисунок 2 - Расположение капиллярно-пористой структуры (а,б) и конструктивное выполнение прижимных перфорированных пластин (в,г): 1 – капиллярно-пористая структура; 2 – питающая артерия; 3 - прижимные перфорированные пластины; 4 – корытце.

Критический тепловой поток  $q_{кр}$  для оптимизированных сетчатых структур, работающих на воде, получен на основе гидродинамического кризиса, а постоянная определена путем голографических исследований для  $P \geq 0,1$  МПа и в СИ имеет вид:

$$q_{кр} = 3,47 \times 10^{-2} r [g(\rho' - \rho'')\rho'' D_0]^{0,5} \left(\frac{b}{b_0}\right)^{0,3} \left(\frac{\delta}{\delta_0}\right)^{0,5} (1 + \cos \beta)^{0,6},$$

где  $r$  – теплота парообразования;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\rho'$ ,  $\rho''$  – плотность пара и жидкости;  $b$ ,  $\delta$  – ширина ячейки и толщина структуры;  $D_0$  – расстояние вдоль поверхности теплообмена между паровыми конгломератами;  $\beta$  – угол наклона системы к вертикали;  $b_0 = 0,284 \cdot 10^{-3}$  м;  $\delta_0 = 0,184 \cdot 10^{-3}$  м;  $0,284 \cdot 10^{-3}$  м  $\leq b \leq 0,554 \cdot 10^{-3}$  м.

В случае, когда  $0,084 \cdot 10^{-3}$  м  $\leq b \leq 0,284 \cdot 10^{-3}$  м, постоянная возрастает до величины  $4,544 \cdot 10^{-2}$ , а показатели степеней симплексов  $b$  и  $\delta$  имеют знак минус.

Капиллярно-пористая система охлаждения заменяет водяную систему, лишена ее существенных недостатков (взрывоопасность, перерасход воды, заболевания ревматизмом работающих, возникновение циклических напряжений в стенке) и обладает следующими положительными качествами: самоприспосабливаемость, способность стабилизировать температуру теплонапряженных поверхностей, компактность, простота, надежность, обеспечение экологической чистоты окружающей среды при дальнейшей экономии природных ресурсов (воды).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Polyayev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. Methods of Monitoring Energy Process//Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics. Avenue of the Americas. -New York, 1995.V.10, April. P. 273-286.
- [2] Polyayev V., Genbach A. Heat Transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces // Thermal Engineering. M., 1993, V.40, No. 7. P.551-554.
- [3] Поляев В.М., Генбач А.Н., Генбач А.А. Предельное состояние поверхности при термическом воздействии // ТВТ. – 1991. – Т.29, №5. – С.923-934.
- [4] Polyayev V., Genbatch A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System // Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – 1991. – Dubrovnik, Yugoslavia, 23-28 June. – P. 639-644.
- [5] Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Процессы в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение. – 1991. – № 4-6. – С.73-77.
- [6] Поляев В.М., Генбач А.А. Анализ законов трения и теплообмена в пористой структуре // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. – 1991. №4. – С.86-96.
- [7] Поляев В.М., Генбач А.А., Бочарова И.Н. Влияние давления на интенсивность теплообмена в пористой системе // Известия вузов. Машиностроение. – 1992. № 4-6. -С.68-72.



- [8] Генбач А.А., Бакытжанова И.Б. Защита от землетрясений фундаментов ТЭС с помощью пористых геозанов // Поиск, МОН РК, - 2012, № 1(2). – С.289-298.
- [9] Генбач А.А., Данильченко И. Пористый пароохладитель паровых котлов // Промышленность Казахстана. - 2012. – №1 (70). – С.72-75.
- [10] Генбач А.А., Олжабаева К.С. Визуализация термического воздействия на пористый материал в ТЭУ ЭС // Вестник КазНТУ, 2012, № 3 (45), -С. 63-67.
- [11] Генбач А.А., Исламов Ф.А. Исследование присопловой галтели в электроустановках // Вестник КазНТУ, – 2013, – № 3 (97), – С. 245-248.
- [12] Генбач А.А., Исламов Ф.А. Моделирование процесса задевания турбины // Вестник КазНТУ, 2013, № 6 (100), С. 235-240.
- [13] Поляев В.М., Генбач А.А. Области применения пористой системы. // Известия вузов. Энергетика. – 1991. – №12. – С.97-101.
- [14] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт. – 1992. – Т.38. №6. – С.105-110.

## REFERENCES

- [1] Polyayev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. Methods of Monitoring Energy Process // *Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics. Avenue of the Americas. New York, 1995, V.10, April, pp. 273-286. (in Eng.)*.
- [2] Polyayev V., Genbach A. Heat Transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces // *Thermal Engineering. M., 1993, V.40, No. 7, pp. 551-554. (in Eng.)*.
- [3] Polyayev V. M., Genbach A.N., Genbach A.A. A limit condition of a surface at thermal influence, *TVT, 1991, V.29, № 5, pp. 923-934. (in Russ.)*.
- [4] Polyayev V., Genbatch A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System // *Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics, 1991, Dubrovnik, Yugoslavia, 23-28 June, pp. 639-644. (in Russ.)*.
- [5] Polyayev V.M., Genbach A.A., Minashkin D.V. Processy v poristom ellipticheskom teploobmennike. *Isvestiya vuzov. Mashinostroyeniye, 1991, № 4-6, pp.73-77. (in Russ.)*.
- [6] Polyayev V.M., Genbach A.A. Analiz zakonov treniya i teploobmena v poristoy structure. *Vestnik MGTU. Ser. Mashinostroyeniye, 1991, № 4, pp. 86-96. (in Russ.)*.
- [7] Polyayev V.M., Genbach A.A., Bocharova E.N. Vliyanie davleniya na intensivnost teploobmena v poristoy sisteme. *Isvestiya vuzov. Mashinostroyeniye, 1992, № 4-6, pp. 68-72. (in Russ.)*.
- [8] Genbach A.A., Bakytzhanov E.B. Zashita ot zemletryaseniy fundamentov TES s pomoshyu poristyh geozanov. *Poisk, MON RK, 2012, № 1(2), pp. 289-298. (in Russ.)*.
- [9] Genbach A.A., Danilchenko I. Poristy parookhladitel parovykh kotlov. *Promyshlennost Kazakhstana, 2012, № 1 (70), pp. 72-75. (in Russ.)*.
- [10] Genbach A.A., Olzhabaeva K.S. Vizualizatsiya termicheskogo vosdeystviya na poristy material v TEU ES. *Vestnik KazNTU, 2012, № 3 (45), pp. 63-67. (in Russ.)*.
- [11] Genbach A.A., Islamov F.A. Issledovaniye prisoplovoy galteli v elektroustanovkah. *Vestnik KazNTU, 2013, № 3 (97), pp. 245-248. (in Russ.)*.
- [12] Genbach A.A., Islamov F.A. Modelirovaniye processa zadevaniya turbiny, *Vestnik KazNTU, 2013, № 6 (100), pp. 235-240. (in Russ.)*.
- [13] Polyayev V.M., Genbach A.A. Oblasti primeneniya poristoy sistemy. *Isvestiya vuzov. Energetika, 1991, № 12, pp. 97-101. (in Russ.)*.
- [14] Polyayev V.M., Genbach A.A. Upravleniye teploobmenom v poristyh strukturah. *Isvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Energetika I transport, 1992, V.38, №6. pp. 105-110. (in Russ.)*.

А.А. Генбач, Н.О. Джаманкулова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы

**ЖЫЛУ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ КАПИЛЛЯРЛЫҚ-КЕУЕКТІК ЖАҢА КЛАСТЫ  
САЛҚЫНДАТУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ЖЫЛУМАССААЛМАСУДЫ ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Әртүрлі жылулық энергетикалық қондырғыларда қолданылатын салқындату жүйесінің жылу өткізгіш капиллярлық-кеуектік түрдегі жаңа класы құрастырылып, зерттелген. Мұндай жүйе энергетикалық процестерді бөлу арқылы жылу берілуін басқарады, сонымен қатар, сұйықтың артық мөлшері есебінен, қайнау процесінің ішкі (термогидравликалық) сипаттамаларын өзгерте отырып, ағынның қызып кетпеуіне және ағу жылдамдығын арттыруға мүмкіндік жасайды. Жылу алмасу процесіне (түріне және жылу- мен салқын-тасымалдағыштың айналымына; жүйенің конструкциясына; корпусының материалына; жүйенің түріне; энергияның келуіне және түріне; жүйенің бағыт бағдарына) әсер ететін әртүрлі факторларды зерттеу алгоритмі келтіріледі. Экология жағдайларын ескере отырып, жүйенің сенімділігі мен тиімділігін, оңтайлылығын арттыру мақсатында әртүрлі энергетикалық қондырғыларда қолданылатын кеуектік жүйені жасау тізімі берілген және капиллярлық-кеуектік құрылымның орналасу сұлбасы жетілдіріліп, қысқаш перфорациялық қабатты орындау сұлбасы жасалған. Гидродинамикалық дағдарыс негізінде сұйықтың жылу физикалық қасиеттеріне, булық конгломераттар арасының қалыңдығына, кеуектік құрылымның түріне және оның бағыт бағдарына тәуелді болатын дағдарыстық жылулық ағын алынды.

**Түйін сөздер:** капиллярлық-кеуектік жүйе, жылуалмасу процестері, дағдарысты жылулық ағын, жылулық энергетикалық қондырғылар.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 146 – 155

**S.A. Mashekov<sup>1</sup>, B.N. Absadykov<sup>2</sup>, M.M. Alimkulov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> K.I. Satpaev Kazakh National Research Technical University, Almaty, the Republic of Kazakhstan;

<sup>2</sup> Kazakh-British Technical University, Almaty, the Republic of Kazakhstan;

<sup>3</sup> M. Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communication, Almaty, the Republic of Kazakhstan  
[Mashekov.1957@mail.ru](mailto:Mashekov.1957@mail.ru), [b\\_absadykov@mail.ru](mailto:b_absadykov@mail.ru)

**CASE HISTORY OF TRACKS IN CIS COUNTRIES AND THEIR  
APPLICATION IN DEVELOPING INTERSTATE STANDARD**

**Abstract.** The article analyzes the case history of the tracks in neighbouring countries and beyond. Through comparative analysis of technical requirements CN12-16C (2001), AREMA-2003, UIC 860, EN 13674-1:2011 to tracks, it shows that the most advanced regulatory document with the highest scientific and technical level, which should be carried out by developing the harmonization of international standards is the European standard EN 13674-1: 2011 “Railways. Way. Tracks. Part 1. Vignoles tracks from 46 kg / m and more” (EN 13674-1: 2011 “Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg / m and above”, NEQ). It is shown that this standard is adopted as identical (equivalent) national standard in almost all European countries: in tracks producing states and tracks purchasing states, such as the United Kingdom, Germany, France, Austria, Poland, Italy, Belgium, Luxembourg, the Netherlands, Denmark, Norway, Sweden, Finland, Latvia, Lithuania, Estonia. The paper notes that nowadays developing interstate standard “Railway tracks. General technical conditions” is based on GOST R 51685-2013 and ST RK 2432-2013; it contains a number of technical requirements and test methods as specified in EN 13674-1: 2011. It is shown that for harmonization of interstate standards with European norms of the EN 13674-1: 2011, the series of standards, tracks quality indicators and methods of their control have been used. The article notes that in developing standard the global development of rail-rolling production taken into account (production of steel in the converter and electric arc-furnace production instead of outdated open-hearth production, transition from steel teeming into molds for continuous steel teeming, the introduction of vacuum vessels for better degassing of steel, transition to the rolling rails in universal stands and implementation of innovative differentiated technologies of air-water quenching), which allows producing 120 meters long tracks with high-performance, compared with 25 meter, manufactured by ST RK GOST R 51685-2005. It is stated that the technical effect of the introduction of interstate standard in railway transport will be reflected in improving the reliability and safety of operation of tracks, reducing the amount of work for maintenance and current repair, increasing productivity in the rail-welding plants, reducing the number of unscheduled repairs during rail-laying work, reducing operating costs by extending the service life of the tracks. Production of tracks with new standard will improve traffic safety on the railways of Kazakhstan.

**Keywords:** tracks, flaw, rating of merit, heat strengthening.

**С.А.Машеков<sup>1</sup>, Б.Н. Абсадыков<sup>2</sup>, М.М. Алимкулов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Республика Казахстан;

<sup>3</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЛЬСОВ В СТРАНАХ СНГ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО ДЛЯ РАЗРАБОТКИ  
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА**

**Аннотация.** В статье анализируется опыт применения рельсов в ближнем и дальнем зарубежье. Путем проведения сравнительного анализа технических требований CN12-16C (2001), AREMA-2003, UIC 860, EN 13674-1:2011 к рельсам показано, что самым современным нормативным документом, имеющим наиболее высокий научно-технический уровень, с которым и следует осуществлять гармонизацию разрабатываемого международного стандарта, является евростандарт EN 13674-1:2011 «Железные дороги. Путь. Рельсы.

Часть 1. Рельсы Виньоля от 46 кг/м и более» (EN 13674-1:2011 «Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above», NEQ). Показано, что данный стандарт принят в качестве идентичного (эквивалентного) национального стандарта почти во всех европейских странах: как в производящих рельсы, так и в тех, которые их приобретают. Это Великобритания, Германия, Франция, Австрия, Польша, Италия, Бельгия, Люксембург, Нидерланды, Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия, Латвия, Литва, Эстония. В работе отмечается, что в настоящее время разрабатываемый межгосударственный стандарт «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» осуществляется на основе ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, содержит ряд технических требований и методов испытаний, установленных в EN 13674-1:2011. Показано, что для гармонизации межгосударственного стандарта с евронормами из EN 13674-1:2011 использован ряд нормативов, показателей качества рельсов и методов их контроля. В статье отмечается, что в разрабатываемом стандарте учтены изменения в технологии изготовления рельсов с учетом мирового развития рельсопрокатного производства (производства стали в конвертере и электросталеплавильном производстве взамен устаревшего мартеновского, переход от разлива стали в изложницы на непрерывную разливку стали, внедрение вакуумматоров для лучшей дегазации стали, переход на прокатку рельсов в универсальных клетях и внедрение инновационной дифференцированной технологии водо-воздушной закалки), что позволяет производить рельсы длиной 120 метров с высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению с 25 метровыми, выпускаемыми по СТ РК ГОСТ Р 51685-2005. Указывается, что технический эффект от внедрения межгосударственного стандарта на железнодорожном транспорте выразится в повышении надежности и безопасности эксплуатации рельсов, сокращении объемов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, увеличении производительности на рельсосварочных заводах, и при укладке рельсов на путях, уменьшении числа unplanned ремонтов, сокращении эксплуатационных затрат за счет продления срока службы рельсов. Производство рельсов по новому стандарту повысит безопасность движения на казахстанских железных дорогах.

**Ключевые слова:** рельсы, дефекты, оценка качества, термическое упрочнение.

В связи с интенсификацией движения на железных дорогах страны, увеличением грузонапряженности и перевозок постоянно растут показатели, определяющие срок службы рельсов [1-3]. Строительство в перспективе скоростных и высокоскоростных железнодорожных магистралей, постоянное увеличение веса перевозимых грузов, приводят к увеличению динамического воздействия на колесную пару и ужесточению требований, предъявляемых к эксплуатационным свойствам железнодорожных рельсов. Повышение качества рельсов связано с необходимостью существенной реконструкции и внедрением новых технологий производства, а также методов контроля. Для проведения технико-экономического анализа и расчета эффективности капитальных вложений необходимо в каждом отдельном случае достоверно оценить степень повышения качества рельсов и ее влияние на потребительские свойства.

В настоящее время качество рельсов становится важнейшим фактором повышения эффективности рельсового производства [4]. Решение подобной задачи невозможно без разработки принципиально новых технологий и оборудования, позволяющих получать рельсы высокого качества при наименьших затратах на их производство. При этом в современных формирующихся условиях рыночных отношений фактор высокого качества необходимо рассматривать как реальное средство повышения конкурентоспособности создаваемой рельсовой продукции и главное условие функционирования создаваемого промышленного предприятия.

В данное время в Казахстане построен уникальный рельсобалочный завод, который будет производить рельсы длиной 120 метров по инновационной технологии закалки. Применяемое оборудование и технология соответствуют лучшим мировым достижениям в области производства рельсов.

Следует отметить, что в рамках Таможенного Союза продолжается работа по совершенствованию нормативной базы, обеспечивающей соблюдение требований Технических регламентов на различные виды продукции. Одним из направлений этой деятельности является подготовка межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия», обеспечивающего соблюдение технических регламентов ТР ТС 003/2001 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» и ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта». До разработки обсуждаемого стандарта была создана Программа разработки межгосударственного стандарта. Программа по разработке (внесению изменений, пересмотру) межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные.

Общие технические условия» направлена на ускоренную разработку передового межгосударственного стандарта на основе лучших международных и региональных стандартов.

Следует также отметить, что опыт работы предприятий стран СНГ по ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия», появление стандарта канадских железных дорог (CN 12-16С) и нового европейского стандарта (EN 13674-1:2011), ужесточение требований отечественных и зарубежных потребителей к качеству рельсов при проведении тендеров на их поставку и вступление России и Казахстана в ВТО обусловили необходимость разработки новой редакции межгосударственного стандарта.

Разработка межгосударственного стандарта осуществлялась путем использования результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических, проектных работ: результаты патентных исследований; международные, региональные стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации (в том числе по межгосударственной стандартизации); прогрессивные национальные стандарты государств – участников Соглашения и других стран, а также современные достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологий, такие как коренная реконструкция рельсового производства, освоение новых производств с применением современных технологий выплавки стали, прокатки и отделки рельсов. Известно, что достижения техники и технологии прокатного производства позволили повысить качество и эксплуатационную надежность рельсов, как для магистральных железных дорог общего пользования, так и для подъездных и технологических путей промышленного железнодорожного транспорта.

При разработке межгосударственного стандарта в качестве базовых требований стандарта были приняты требования действующих на тот период стандартов Российской Федерации и Республики Казахстан: ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, а также межгосударственных стандартов на магистральные рельсы МПС РФ и на конструкцию ГОСТ 7174-75 (рельсы типа Р50), ГОСТ 8161-75 (рельсы типа Р65), ГОСТ 16110-77 (рельсы типа Р75) и технические требования к термоупрочненным рельсам (ГОСТ 19267-82) и не термоупрочненным рельсам (ГОСТ 24182-80). Опираясь на требования этих стандартов, межгосударственный стандарт установил требования к рельсам железнодорожных путей с учетом осевых нагрузок и скоростей движения.

В настоящем стандарте сохранена преемственность по отношению к ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, сохранены в основном структура построения (для выполнения действующих требований стандартизации ГОСТ 1.5–2001), перечень основных требований, порядок приемки и методы контроля рельсов с учетом реальных и перспективных условий производства рельсов на металлургических предприятиях Российской Федерации, Республики Казахстан и других стран СНГ с учетом специфики требований эксплуатации железных дорог стран СНГ.

Совершенствование технологии сталеплавильного производства, отказ от устаревшего способа мартеновского производства стали и ее разлива в слитки, переход на непрерывную разливку заготовок и обязательное проведение продувки инертными газами и вакууммирования жидкой стали привели к снижению содержания кислорода, водорода, неметаллических включений в ней, и, как следствие, к резкому повышению металлургического качества рельсовой стали. Эти новшества сталеплавильного производства были применены при разработке анализируемого межгосударственного стандарта.

При разработке межгосударственного стандарта учитывались реконструкция прокатного производства, внедрение современной технологии прокатки, правки, термической обработки рельсов, применение автоматизированного контроля размеров, качества поверхности и прямолинейности рельсов. Известно, что такие научно-технические достижения привели к новому, более высокому, уровню технических характеристик рельсов.

Проект нового межгосударственного стандарта предусматривает: введение пяти типов рельсов: Р50, Р65, Р65К и Р75; классификацию рельсов по типам, точности изготовления профиля, видам термического упрочнения, классу прочности, категориям качества, наличию болтовых отверстий для накладок; ужесточение требований по прямолинейности рельсов, содержанию вредных примесей в стали, загрязненности стали неметаллическими включениями, величине остаточных напряжений в термоупрочненных рельсах; уточнение норм твердости для термически-упрочненных рельсов; повышение уровня механических свойств термоупрочненных и нетермоупрочненных рельсов; установление требований к микроструктуре термоупрочненных рельсов;

уточнение критического коэффициента интенсивности напряжений (K<sub>1C</sub>), характеризующего вязкость разрушения (трещиностойкость) рельсов; уточнение скорости роста усталостных трещин (ΔK) и прочности (число циклов нагружения до излома образцов) рельсов; установление твердости на поверхности катания рельса, HB; определение уравнений регрессии механических свойств по химическому составу стали для нетермоупрочненных рельсов; уточнение маркировки рельсов; применение современных автоматизированных методов контроля качества рельсов.

Известно, что правовой основой для разработки технических регламентов в виде межгосударственных моделей являются: «Соглашение об основах гармонизации технических регламентов государств-членов Евразийского экономического сообщества» и проект «Соглашения об основах гармонизации технических регламентов государств-участников Содружества Независимых Государств».

Проведенный сравнительный анализ технических требований CN12-16C (2001), AREMA-2003, UIC 860, EN 13674-1:2011 к рельсам показал, что самым современным нормативным документом, имеющим наиболее высокий научно-технический уровень, с которым и следует осуществлять гармонизацию разрабатываемого международного стандарта, является евростандарт EN 13674-1:2011 «Железные дороги. Путь. Рельсы. Часть 1. Рельсы Виньоля от 46 кг/м и более» (EN 13674-1:2011 «Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above», NEQ). Его приняли в качестве идентичного (эквивалентного) национального стандарта почти все европейские страны. Это Великобритания, Германия, Франция, Австрия, Польша, Италия, Бельгия, Люксембург, Нидерланды, Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия, Латвия, Литва, Эстония. В связи с вышесказанным, международный стандарт, разработанный на основе ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, содержит ряд технических требований и методов испытаний, установленных в EN 13674-1:2011. Для гармонизации настоящего стандарта с евронормами из EN 13674-1:2011 использован ряд нормативов, показателей качества рельсов и методов их контроля.

Необходимо отметить, что, учитывая географические, климатические условия, используемые типы рельсов, нагрузки на них, особенности конструкций верхнего строения пути и пассажирского, и грузового движения стран СНГ, в международном стандарте учтены наиболее важные положения EN 13674-1: 2011.

Сравнительные данные по геометрическим показателям и показателей качества железнодорожных рельсов разрабатываемого международного стандарта и зарубежных стандартов приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Согласно анализа специалистов ОАО «ВНИИЖТ» [6] в настоящее время при реконструкции существующих и построении новых производств рельсов в странах СНГ актуальным вопросом является изучение результатов исследования качества и физико-механических свойств рельсов, произведенных в дальнем зарубежье. Поэтому, при разработке межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» были изучены и учтены сравнительные данные рельсов, изготовленных в странах СНГ и дальнем зарубежье.

В странах СНГ на данный период межремонтный тоннаж в среднесетевых условиях составляет в лучшем случае около 700 млн т брутто для бесстыкового пути, а в регионе с холодным климатом в 1,2 – 1,3 раза меньше, т.е. конструкция пути стран СНГ в настоящее время не обеспечивает требуемого миллиарда т брутто [5].

Следует отметить, что закупаемые в Японии рельсы профиля Р65 стран СНГ, имеют срок службы в прямых и пологих кривых около 1 млрд. т брутто, а закупаемые в этой же стране рельсы в США служат в 2 и более раз дольше [5].

Причиной вышеотмеченных недостатков являются конструкция и качество рельсов Р65, которые требуют существенного улучшения [5]. Высота головки рельсов Р65 равняется 45 мм, тогда как у зарубежных рельсов данного типа - 49 – 51 мм, что позволяет проводить шлифование рельсов на протяжении всего срока службы и существенно повысить их геометрические свойства и отдалить или предотвратить образование контактно-усталостных дефектов.

Необходимо отметить, что сравнение качества рельсов стран СНГ с качеством лучших образцов зарубежных рельсов (производства Японии, Франции и других стран) свидетельствует о том, что термически упрочненные рельсы производства стран СНГ уступают лучшим термически упрочненным рельсам зарубежного производства по следующим параметрам [5]:

прямолинейности (по всей длине и по концам рельсов); качеству поверхности и отделки (торцы, болтовые отверстия, фаски); чистоте стали по неметаллическим включениям и вредным примесям (сере, фосфору, водороду, кислороду); прокаливаемости, обеспечивающей в зарубежных рельсах более высокий уровень твердости и прочности в зоне действия высоких контактных напряжений, а также высокую износостойкость; остаточным напряжениям.

В работе [5] отмечено, что для обеспечения нормативного срока службы рельсов 1,1 млрд. т брутто, а в перспективе и 1,5 млрд. т брутто, необходимо уже в ближайшее время разработать и начать производство рельсов нового поколения с улучшенным профилем, включая увеличение высоты головки рельса, дифференцированную прочность (термообработкой) по сечению рельса, и т. д.

Усталостные дефекты на поверхности качения относятся к наиболее распространенным повреждениям рельса [6]. Они возникают под действием высоких нагрузок, создаваемых катящимися колесными парами. В настоящее время эта проблема приобретает все большее значение на линиях со смешанным и высокоскоростным пассажирским (выше 200 км/ч) движением. При этом большое значение имеет точное согласование геометрической формы взаимодействующих профилей головки рельса и колеса, что позволяет уменьшить силы, действующие в зоне их контакта.

Для уменьшения усталостных дефектов требуется такой профиль головки рельса, при котором зона контакта колеса и рельса, по возможности, удалена от критической рабочей грани [6]. Решение этой же проблемы возможно за счет применения такого профиля, при котором происходит постепенное перемещение поверхности качения в поперечном направлении. Это также уменьшает износ в зоне контакта. Подшлифовывание внутренней грани головки рельса уже давно успешно практикуется на линиях с большой нагрузкой. На высокоскоростных магистралях также учитывается происходящее в процессе эксплуатации изменение стандартного профиля. При шлифовании рабочей грани головки рельса предусматривается допуск  $\pm 0,3$  мм.

Чтобы гарантировать оптимальные условия контакта, в последнее время некоторые железнодорожные компании применяют специальные профили, которые характеризуются увеличенным расстоянием между гребнем бандажа и рабочей гранью головки рельса [6]. В соответствии с местными условиями предложены различные варианты профиля. При этом при подшлифовывании рабочей грани головки рельса допускается съем до 1 мм материала по отношению к стандартному профилю.

Во Франции на сети Национального общества железных дорог (SNCF) разработали два специальных профиля для уменьшения усталостных дефектов на рабочей грани головки рельса. Один из них, а именно профиль АНСР для предотвращения возникновения микротрещин, используется на новых линиях или на тех, где еще не появились указанные дефекты. Если усталостный дефект уже появился, то применяют профиль АНСС (корректирующий), при котором на рабочей грани головки рельса производится съем до 1 мм металла вместо 0,3 мм по отношению к стандартному профилю рельса 60E1 при подуклонке 1:20.

В Нидерландах инфраструктурная компания ProRail разработала специальный профиль АНС для стандартного рельса 54E1. Этот профиль характеризуется съемом 1 мм металла на рабочей грани головки рельса и получил обозначение 54E1 АНС.

Иным путем добиваются уменьшения усталостных дефектов на рельсах железные дороги Германии, которые предложили внести в стандарт на изготовление рельсов заданного профиля применение только отрицательных заводских допусков. В отличие от обычной практики рельс профиля 60E2 (при подуклонке 1:40), выпускаемый с симметричным допуском  $\pm 0,3$  мм и предназначенный для укладки на линиях, где возможно появление усталостных дефектов, должен иметь допуск  $+0/-0,6$  мм.

Существенным параметром, определяющим устойчивое движение, является, так называемая, эквивалентная конусность [6]. Значительное влияние на этот параметр со стороны пути оказывают профиль рельсов и их подуклонка, а также ширина колеи. Для линий, на которых скорость движения превышает 200 км/ч, необходимо обеспечивать эквивалентную конусность от 0,05 до 0,3.

Применение высокоскоростного профиля, базирующегося на низкой эквивалентной конусности, является проверенным решением проблемы усталостных дефектов. На Федеральных железных дорогах Австрии разработан подобный специальный профиль. Радиус головки 130 мм и

радиусы боковых граней 60 и 22 мм создают идеальные условия для движения с высокой скоростью при одновременном уменьшении риска возникновения усталостных дефектов на рабочей грани головки рельса.

Особый профиль использован в Норвегии на рудовозной линии Malmbanan. Там износ поверхности качения колес при осевой нагрузке от 25 до 30 т приводил к образованию вогнутого профиля, что вызывало перегрузку рабочей грани головки рельса стандартного профиля. В связи с этим был разработан специальный рельсовый профиль, который снижает износ колеса и явно уменьшает усталостные дефекты рельсов.

Технология закалки рельсов длиной 25 метров в масле (НТМК ЕВРАЗ) заключается в их нагреве в закалочной печи проходного типа, охлаждении в масле и отпуске в отпускной печи. Для данной технологии разработан ГОСТ Р 51685-2000 и поэтому была оговорена длина рельса не более 25 метров (такая длина вмещается в бак охлаждения рельса в масле). Причём, основная получаемая микроструктура рельсов представляет собой тростит. ГОСТ Р 51685-2000 внесён в список поддерживающих стандартов техрегламентов Таможенного союза. В настоящее время данный способ термообработки исчерпал себя. Это связано с негибкостью технологии, с высокими остаточными напряжениями, чрезмерной твёрдостью подошвы рельса и шейки рельса при недостаточной их пластичности и вязкости. Все эти недостатки приводят к низкой эксплуатационной надёжности рельсов в процессе эксплуатации и проигрышу современным японским и австрийским рельсам, имеющим иную технологию закалки рельсов.

По данным авторов работ [7], в настоящее время достаточно полно изучены технология производства и термического упрочнения рельсов, применяемых в ведущих мировых рельсовых заводах. Данную технологию можно разделить на следующие виды [7]: рельсы без термического упрочнения (Польша, Италия); рельсы с дифференцированным термическим упрочнением с прокатного нагрева (Япония, Австрия, США); рельсы с дифференцированным термическим упрочнением с отдельного индукционного нагрева (Франция, Канада (в настоящее время завод закрыт)).

Разработку нового стандарта СТ РК 2432–2013 и межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» осуществили взамен СТ РК 2432-2005 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия», т.к. национальные стандарты были разработаны под старую технологию выплавки стали и изготовления рельсов путем термообработки в масле, и перестали соответствовать современным технологическим процессам.

Использование предлагаемого стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» направлено на достижение высоких требований к рельсам, которые будут соответствовать лучшим мировым аналогам развития технологии производства рельсов в Европейском союзе, а также требованиям норм безопасности на железнодорожном транспорте.

### **Выводы**

В настоящем стандарте учтены изменения в технологии изготовления рельсов в связи с учетом мирового развития рельсопрокатного производства (производства стали в конвертере и электросталеплавильном производстве взамен устаревшего мартеновского, переход от разлива стали в изложницы на непрерывную разливку стали, внедрение вакуумматоров для лучшей дегазации стали, переход на прокатку рельсов в универсальных клетях и внедрение инновационной дифференцированной технологии водо-воздушной закалки, что позволяет производить рельсы длиной 120 метров с высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению с 25 метровыми, выпускаемыми по СТ РК ГОСТ Р 51685-2005).

Технический эффект от внедрения стандарта на железнодорожном транспорте выразится в повышении надежности и безопасности эксплуатации рельсов, сокращении объемов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, увеличении производительности на рельсосварочных заводах и при укладке рельсов на путях, уменьшении числа неплановых ремонтов, сокращении эксплуатационных затрат за счет продления срока службы рельсов.

Таблица 1 – Сравнение показателей качества железнодорожных рельсов

Страна	ГОСТ	Тип рельсов	Марка стали	Химический состав стали											Время сопротивления, Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение	Ударная вязкость, КСЧ, Дж/см (кгс·м/см)				
				Массовая доля элементов, %																	
				Углерод	Марганец	Кремний	Ванадий	Титан	Хром	Фосфор	Сера	Алюминий	Легкость релакса по категориям (НВ)	Время сопротивления, Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
				0,83-0,95		0,25-0,60	0,08-0,15	-	0,20-												
				0,71 -	0,75-		0,05-0,15	-	0,60												
				0,84	1,25	0,30-1,10	0,03-0,15	0,004	0,50-												
				0,83-0,95		0,25-0,60	0,08-0,15	0,025	1,25												
				0,71-0,82			0,05-0,15	-	-												
Международный стандарт	-	P75 / 74,6 P65 / 64,88 P50 / 51,88	90ХАФ 76ХАФ 76ХФ 76ХСФ 90АФ 76АФ 76Ф	0,40-0,60	0,80-1,25	0,05 - 0,35	-	-	-	-	0,055	0,050	-	325 - 352	680 - 830	H - 14	-				
				0,6-0,8	0,8 - 1,3	0,10 - 0,5							0,050			880	H - 10				
				0,55	1,3 - 1,7																
				0,40-0,60	0,80-1,25	0,05 - 0,35															
				0,60-0,80	0,80-1,30	0,10 - 0,50															
				0,55-0,75	1,30-1,70	0,10 - 0,50															
Международный стандарт	-	60,34	700	0,60-0,82	0,30-0,90	0,90 - 1,30															
				0,40 -	0,15 -	0,15 - 0,58	0,030	0,025	0,80-1,30												
				0,60	0,58	0,20 - 0,60	0,030		≤0,15	0,035	0,008-										
				0,50 -	0,20 -	0,15 - 0,58	0,030		≤0,15	0,025	0,035										
				0,60	0,60	0,15 - 0,60	0,030		≤0,15	0,025	0,025										
				0,62 -	0,15 -	0,50 - 1,10	0,18		0,80 -	0,020	0,020										
Международный стандарт	11	350 HT 350 ЛПТ	1100	0,80	0,58	0,15 - 0,58	0,030														
				0,55 -	0,15 -	0,15 - 0,58	0,030		≤0,10	0,020	0,008-										
				0,75	0,60				≤0,30	0,020	0,025										
				0,60 -	0,50 -						0,008-										
				0,80	1,10						0,025										
				0,72 -	0,15 -						0,008-										
Международный стандарт	11	68,0	200	0,72 -	0,15 -																
				0,80	0,58																
				0,72 -	0,15 -																
				0,80	0,58																
				0,72 -	0,15 -																
				0,80	0,58																



Таблица 2 – Сравнение допускаемых отклонений геометрических параметров рельсов

Наименование стандарта	EN 13674			60 E 1	Международный стандарт		УС 860-0-79
	Класс профиля				X	Y	
Наименование размеров поперечного сечения, мм	X	Y	Z				
Ширина головки	$\pm 0,5$	$+0,6 - 0,5$	$+0,65 - 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$	$+0,6 - 0,5$	$\pm 0,7$
Ширина подошвы	$\pm 0,1$	$+1,5 - 1,0$	$+1,7 - 1,0$	$+1,0 - 1,0$	$\pm 1,0$	$+1,0 - 1,5$	$+1,0 - 1,0$
Толщина шейки	$+1,0 - 0,5$	$+1,0 - 0,5$	$+1,0 - 0,5$	$+1,0 - 0,5$	$\pm 1,0$	$+1,0 - 0,5$	$+1,0 - 0,5$
Высота рельса	$< 165 \text{ mm} \pm 0,5$ $\geq 165 \text{ mm} \pm 0,6$	$< 165 \text{ mm} +0,5 - 1,0$ $\geq 165 \text{ mm} +0,6 - 1,1$	$< 165 \text{ mm} +0,5 - 1,3$ $\geq 165 \text{ mm} +0,6 - 1,4$	$\pm 0,7$	$\pm 0,6$	$+0,6 - 1,1$	$\pm 0,7$
Высота пера подошвы	-	-	-	-	-	$+0,75 - 0,50$	-
Выпуклость подошвы	-	-	-	-	0,3	0,5	-
Вогнутость подошвы	$\text{max } 0,3$	$\text{max } 0,3$	$\text{max } 0,3$	-	не допускается		-
Диаметр отверстий, d	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$		$\pm 0,7$
Расстояние от торца до оси болтов, $l_1, l_2, l_3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$		$\pm 0,7$
	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$				
Длина рельсов, м	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 2,0$	$\pm 20$		$\pm 2,0$
25 – 125 m	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 3,0$	$\pm 30$		$\pm 3,0$

Таблица 3 – Перечень дефектов макроструктуры рельсов

Название стандарта	Требования по макроструктуре				Ликвационные полосы, мм	Остатки литой структуры
	Осевая ликвация, мм		Краяевая точечная неоднородность, мм	Рассредоточенная		
	Сосредоточенная	обратная				
Международный стандарт	За пределы шейки шириной – не более 1/4 толщины шейки	За пределы шейки не более 20 мм, ширина – не более 1/2 толщины шейки	За пределы шейки не более 20 мм, ширина – не более 1/2 толщины шейки	Не более 10 мм на любом элементе профиля	Недопустимо наличие слабо развитых ЛПП со стороны верхней выкружки головки и нижней стороны подошвы	Не регламентированы
Еврономы EN 13674-1:2011	За пределы шейки не более 15 мм для профилей с 49E1 по 54E3), для всех прочих профилей – не ограничивается	За пределы шейки не более 15 мм (для профилей с 49E1 по 54E3), для всех прочих профилей – не ограничивается	За пределы шейки не более 15 мм (для профилей с 49E1 по 54E3), для всех прочих профилей – не ограничивается	Не допустима	Допустимо при трещинах длиной < 5 мм для нетермоупрочненных, < 3 мм для термоупрочненных рельсов, допустимо при длине отдельных трещин < 10 мм	Регламентированы эталоном (рисунком)
Канадская спецификация CN 12-16	Не более 63,5 мм	За пределы шейки не более 12,7 мм, ширина – не более 6,35 мм толщины шейки	За пределы шейки не более 25,4 мм в головке и/или подошве недопустима	Не допустима	Недопустимы лобовые полосы, длиной более 3,2 мм в головке и в подошве	Не регламентированы
Стандарт отрасли КНР	Не более 64 мм	За пределы шейки не более 13 мм ширина – не более 6 мм	За пределы шейки не более 25 мм	Не допустима	Недопустимы ликвационные полосы, длиной более 3 мм в головке	Не регламентированы
ТТ36-2002 136 RE	Не более 63,5 мм	За пределы шейки не более 25,4 мм	Не более 12,7 мм в головку или в шейку шириной 6,4 мм	Не допустима	Недопустимы в центральной части шейки, распространяющиеся в головку и в подошву	Не регламентированы
УИС 860 О	Показана подборка типичных оттисков по Бауману, в которую не входят предельные оттиски. Предельные оттиски (отпечатки по Бауману) устанавливаются по согласию изготовителя и заказчика					

Производство рельсов по новому стандарту повысит безопасность движения на казахстанских железных дорогах.

Внедрение нового стандарта в промышленность создаст возможность внедрения прогрессивной технологии сварки рельсов в плети длиной 1200 метров, что приведет к повышению качества сварки рельсов, безопасности движения и, соответственно, к повышению скорости движения железнодорожного транспорта, а следовательно, к снижению затрат при доставке грузов.

Повышенные показатели точности исполнения размеров поперечного сечения и механических свойств, установленные в проекте национального стандарта, будут обеспечены современными технологиями прокатки, термической обработки и отделки рельсов, что позволит удовлетворить требования потребителей промышленных рельсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Свейковски У., Нерзак Т. Производство рельсов с использованием кассетных клетей и современных технологий охлаждения // Черные металлы. – 2008. - № 1. – С. 32-36.
- [2] Губанов С.А., Чикишев Д.Н. Ускоренное контролируемое охлаждение, применяемое на толстолистовых станах для производства высокопрочных сталей // Калибровочное бюро ([www.passdesign.ru](http://www.passdesign.ru)). – 2014. – Выпуск 3.1. – С. 4 – 10.
- [3] Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 1. Производство горячекатаных листов и полос. – М.: Теплотехник, 2008. – 640 с.
- [4] Перспективы развития рельсового производства в России / А.И. Борц, Е.А. Шур, В.А. Рейхарт, С.В. Хлыст, А.В. Гонтарь // [www.rusnauka.com/17\\_AVSN\\_2012/Economics/9-112679.doc.html](http://www.rusnauka.com/17_AVSN_2012/Economics/9-112679.doc.html).
- [5] <http://zab.megalink.ru/conference/hapT3SEgRve2.pdf>. Очередное заседание Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», Доклад А.Ю. Абдурашитова, заведующего отделением «Путь и путевое хозяйство» ОАО «ВНИИЖТ» «О разработке комплекса мер по реализации требований стратегии развития ОАО РЖД в части повышения срока службы пути до 1,5 млрд. т брутто к 2015 и 2,5 млрд. т брутто к 2030 г. при обеспечении безопасности движения и минимизации стоимости жизненного цикла конструкции пути».
- [6] Шур Е.А., Долгих Л.В. О вопросах оценки повышения качества важнейших элементов транспортных конструкций (на примере железнодорожных рельсов), Бюллетень ОУС ОАО «РЖД», 2013, №3. С. 1-13.
- [7] Борц А.И., Шур Е.А. Перспективная технология производства рельсов для высокоскоростного и тяжеловесного движения. Вестник ВНИИЖТ 6/2013. С 14–19.

#### REFERENCES

- [1] Svejkovski U., Nerzak T. Proizvodstvo relsov s ispolzovaniem kassetnykh kletej i sovremennykh texnologij oxlazhdeniya // Chernye metally. – 2008. - № 1. – S. 32-36.
- [2] Gubanov S.A., Chikishev D.N. Uskorennoe kontroliruemoe oxlazhdenie, primenyaemoe na tolstolistovykh stanax dlya proizvodstva vysokoprochnykh stalej // Kalibrovochnoe byuro ([www.passdesign.ru](http://www.passdesign.ru)). – 2014. – Vypusk 3.1. – S. 4 – 10.
- [3] Konovalov Yu.V. Spravochnik prokatchika. Spravochnoe izdanie v 2-x knigax. Kniga 1. Proizvodstvo goryachekatanykh listov i polos. – M.: Teplotexnik, 2008. – 640 s.
- [4] Perspektivy razvitiya relsivogo proizvodstva v Rossii / A.I. Borc, E.A. Shur, V.A. Rejxart, C.V. Xlyst, A.V. Gontar // [www.rusnauka.com/17\\_AVSN\\_2012/Economics/9-112679.doc.html](http://www.rusnauka.com/17_AVSN_2012/Economics/9-112679.doc.html).
- [5] <http://zab.megalink.ru/conference/hapT3SEgRve2.pdf>. Ocherednoe zasedanie Obedinenного uchenogo soveta ОАО «RZhD», Doklad A.Yu. Abdurashitova, zaveduyushhego otdeleniem «Put i putevoe xozyajstvo» ОАО «VNIIZhT» «O razrabotke kompleksa mer po realizacii trebovanij strategii razvitiya ОАО RZhD v chasti povysheniya sroka sluzhby puti do 1,5 mlrd. t brutto k 2015 i 2,5 mlrd. t brutto k 2030 g. pri obespechenii bezopasnosti dvizheniya i minimizacii stoimosti zhiznennogo cikla konstrukcii puti».
- [6] Shur E.A., Dolgix L.V. O voprosax ocenki povysheniya kachestva vazhnejshix elementov transportnykh konstrukcij (na primere zheleznodorozhnykh relsov), Byulleten OUS ОАО «RZhD», 2013, №3. S. 1-13.
- [7] Borc A.I., Shur E.A. Perspektivnaya texnologiya proizvodstva relsov dlya vysokoskorostnogo i tyazhelovesnogo dvizheniya. Vestnik VNIIZhT 6/2013. S 14–19.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 156 – 172

**B.B. Teltayev<sup>1</sup>, K.A. Aitbayev<sup>2</sup>, S.A. Ablaliev<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Kazakhstan Highway Research Institute, 2A Nurpeissov St., Almaty, Republic of Kazakhstan, <sup>3</sup>Committee of Roads, Ministry for Investments and Development, 32/1 Kabanbai batyr St., Astana, Republic of Kazakhstan  
bagdatbt@yahoo.com, aytbaev53@mail.ru, Ablaliev.s@mob.gov.kz

**IMPACT OF UNDERGROUND COLLECTOR  
ON STRESS STRAIN BEHAVIOUR OF PAVEMENT STRUCTURE**

**Abstract:** The article shows the results of solving for plane elasticity problem by finite element method for multilayer pavement structure. Due to the impact of traffic load the stress strain behavior of pavement structure is complicated by availability of inflexible underground collector in subgrade of pavement. The results of comparison for components of displacement vector and stress tensor are shown in graphical form with underground reinforced concrete collector and without it. The analysis is given for the results obtained.

**Key words:** pavement, underground reinforced concrete collector, plane elasticity problem, finite element method, displacements, strains, stresses.

УДК 625.75:624.042:519.34

**Б. Б.Телтаев<sup>1</sup>, К.А.Айтбаев<sup>2</sup>, С.А. Аблалиев<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Нурпеисова 2А, Алматы, Республика Казахстан, <sup>3</sup>Комитет автомобильных дорог, Министерство по инвестициям и развитию, Кабанбай батыра 32/1, Астана, Республика Казахстан

**ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНОГО КОЛЛЕКТОРА  
НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ  
ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

**Аннотация:** В статье приведены результаты решения плоской задачи теории упругости методом конечных элементов для многослойной дорожной конструкции. Напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции, обусловленное действием транспортной нагрузки, усложняется наличием в грунтовом основании дорожной одежды жесткого подземного железобетонного коллектора. Результаты сравнения компонентов вектора перемещений и тензора напряжений в конструкциях автомобильных дорог с подземным железобетонным коллектором и без него представлены в графическом виде. Приведен анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** дорожная одежда, подземный железобетонный коллектор, плоская задача теории упругости, метод конечных элементов, перемещения, деформации, напряжения.

**Введение**

Деформации и напряжения в городских дорожных конструкциях, возникающие под действием подвижной транспортной нагрузки и температуры окружающей среды, усиливаются под влиянием работы тепловых сетей, расположенных под проезжей частью.

Кроме температурного влияния, подземные тепловые сети вызывают еще воздействия механического характера, так как жесткость железобетонных коллекторов, в которые вмонтированы металлические трубы подачи горячей и охлажденной воды, существенно превышает жесткость грунтового основания дорог.

Исследования авторов особенностей распределения напряжения и деформации в городской

дорожной конструкции с подземным коллектором были начаты с середины 90-ых годов прошлого столетия [1-3] и в настоящее время продолжают [4].

Целью настоящей работы является более углубленное исследование с помощью разработанной конечно-элементной математической модели напряженно-деформированного состояния городской дорожной конструкции с подземным железобетонным коллектором под действием автомобильной нагрузки. Для оценки степени влияния подземного коллектора на напряженно-деформированное состояние в дорожной конструкции, в работе приведено сравнение картин распределения напряжений и деформации в дорожной конструкции с подземным железобетонным коллектором, и без него.

### 1 Постановка задачи

Для построения математической модели городской дорожной конструкции с подземными железобетонными коллекторами рассмотрим поперечное сечение городской дороги.

Дорожная конструкция состоит из трехслойной асфальтобетонной дорожной одежды и основания дорожной одежды из щебеночной смеси подобранного состава, покоящегося на слое из песчано-гравийной смеси, в котором устроены железобетонные коллекторы.

Применяемый здесь железобетонный коллектор является серийным изделием и имеет следующие геометрические размеры: общая ширина спаренного коллектора  $l_k = 2.80$  м и их высота  $h_k = 1.40$  м. Схематический вид дорожной конструкции представлен на рисунке 1.

Геометрические размеры конструктивных слоев и механические свойства материалов конструктивных элементов приведены в таблице.

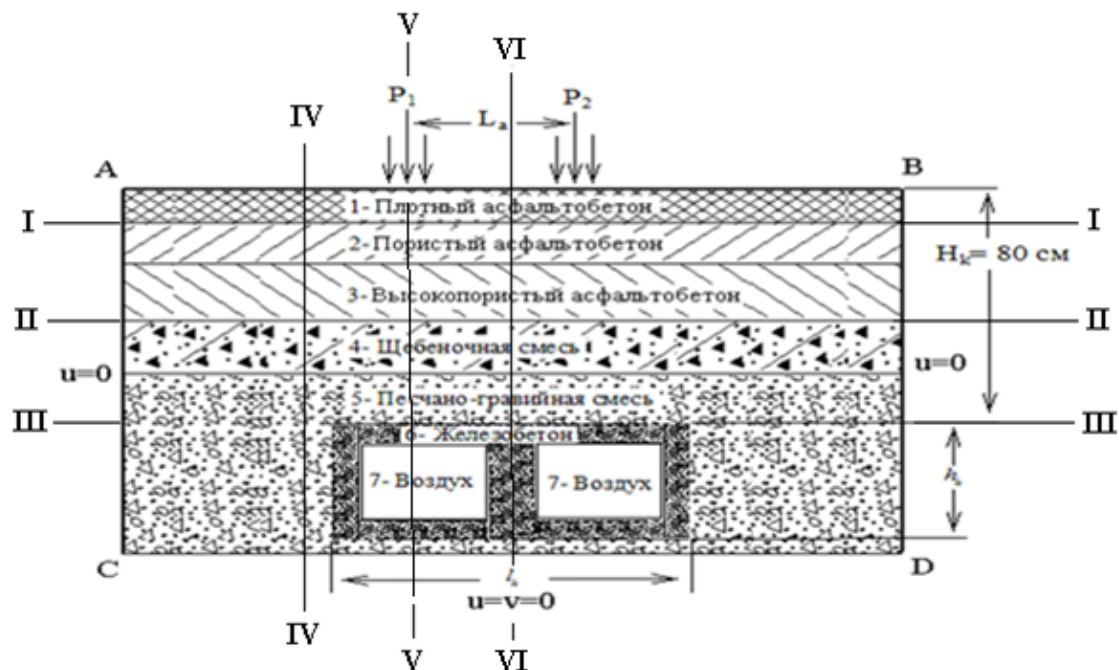


Рисунок 1 – Схематический вид дорожной конструкции: 1 – плотный асфальтобетон; 2 – асфальтобетон пористый; 3 – высокопористый асфальтобетон; 4 – щебеночная смесь подобранного состава; 5 – песчано-гравийная смесь; 6 – железобетонные стенки подземных коллекторов; 7 – воздух внутри коллекторов;  $L_a$  – ширина колеи транспортного средства;  $H_k$  – глубина заложения железобетонных коллекторов;  $P_1, P_2$  – нагрузки от колес транспортного средства;  $u, v$  – компоненты перемещения точек на границах в направлении координатных осей  $x$  и  $y$  соответственно

В настоящей работе рассматривается невесомая плоская задача статики теории упругости.

На боковых вертикальных границах исследуемой области (рисунок 1, линий AC и BD) в силу их удаленности от места приложения вертикальных транспортных нагрузок и от границ коллекторов отсутствуют горизонтальные перемещения ( $u = 0$ ), а на нижней границе исследуемой области (рисунок 1, линия CD) запрещены все перемещения ( $u = v = 0$ ).

Таблица – Характеристики конструктивных элементов

№	Материал конструктивного слоя	Модуль упругости E, МПа	Коэффициент Пуассона, $\nu$	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Высота слоя, м
1	Плотный асфальтобетон	3200	0,25	2400	0,05
2	Пористый асфальтобетон	2000	0,25	2300	0,10
3	Высокопористый асфальтобетон	1400	0,25	2100	0,12
4	Щебеночная смесь	250	0,35	1900	0,33
5	Песчано-гравийная смесь	180	0,35	1900	-
6	Железобетон коллектора	3000	0,20	2750	1,4
7	Воздух внутри коллекторов	-	-	-	-

Исследуемая область представляет собой прямоугольник шириной 10.1 м и высотой 3.15 м.

Вес автомобиля, рассчитанный из номинальной транспортной нагрузки с интенсивностью  $q=0.6$  МПа и передаваемый через два колеса автомобиля, прикладывается к верхней горизонтальной границе в виде распределенных вертикальных нагрузок  $P_1 = P_2$  (рисунок 1) в соответствующих узловых точках.

## 2 Теоретические основы

Так как задача решается в перемещениях, и на границах исследуемой области задаются их значения, для построения уравнения равновесия выбирается метод минимизации полной потенциальной энергии системы, связанной с работой напряжений и внешней приложенной нагрузки [5].

Полная потенциальная энергия системы в матричной форме запишется так [5]:

$$\begin{aligned} \Pi = \sum_{e=1}^E \int_{V^{(e)}} \frac{1}{2} \{U\}^T [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] [B^{(e)}] \{U\} dV - \int_{V^{(e)}} \{U\}^T [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] \{\varepsilon_0^{(e)}\} dV - \\ - \int_{V^{(e)}} \{U\}^T [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} X^{(e)} \\ Y^{(e)} \\ Z^{(e)} \end{Bmatrix} dV - \int_{S^{(e)}} \{U\}^T [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} p_x^{(e)} \\ p_y^{(e)} \\ p_z^{(e)} \end{Bmatrix} dS - \{U\}^T \{P\}. \end{aligned} \quad (1)$$

Для минимизации полной потенциальной энергии формулу (1) нужно продифференцировать по вектору перемещений  $\{U\}$ , и результат приравнять к нулю:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi}{\partial \{U\}} = \sum_{e=1}^E \left[ \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] [B^{(e)}] dV \{U\} - \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] \{\varepsilon_0^{(e)}\} dV - \right. \\ \left. - \int_{V^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} X^{(e)} \\ Y^{(e)} \\ Z^{(e)} \end{Bmatrix} dV - \int_{S^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} p_x^{(e)} \\ p_y^{(e)} \\ p_z^{(e)} \end{Bmatrix} dS \right] - \{P\} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Интегралы в формуле (2) определяют вектор узловой нагрузки  $\{f^{(e)}\}$  и матрицу жесткости элемента  $[k^{(e)}]$ . В таком случае, условие минимизации полной потенциальной энергии кратко можно записать следующим образом:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \{U\}} = \sum_{e=1}^E \left[ [k^{(e)}] \{U\} + \{f^{(e)}\} \right] = 0$$

или в виде системы линейных алгебраических уравнений равновесия

$$[K] \{U\} = \{F\}, \quad (3)$$

где

$$[K] = \sum_{e=1}^E [k^{(e)}] \quad \text{и} \quad \{F\} = \sum_{e=1}^E \{f^{(e)}\}.$$

Здесь матрица  $[k^{(e)}]$  определяется через объемный интеграл как

$$[k^{(e)}] = \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] [B^{(e)}] dV, \quad (4)$$

а вектор узловой нагрузки  $\{f^{(e)}\}$  – по формуле

$$\begin{aligned} \{f^{(e)}\} = & - \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] \{\varepsilon_0^{(e)}\} dV - \int_{V^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} X^{(e)} \\ Y^{(e)} \\ Z^{(e)} \end{Bmatrix} dV - \\ & - \int_{S^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} p_x^{(e)} \\ p_y^{(e)} \\ p_z^{(e)} \end{Bmatrix} dS \quad ] - \{P\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Так как в рассматриваемой математической модели дорожной конструкции деформирование проходит в режиме плоской деформации, то матрица упругости  $[D^{(e)}]$  определяется по формуле [5]:

$$[D] = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Модуль упругости  $E$  и коэффициент Пуассона  $\nu$  в формуле (6) взяты для изотропных материалов.

Для численной реализации математической модели разработана расчетная программа на MATLAB. Вектор узловых перемещений, полученный в результате решения уравнения равновесия (3) имеет вид

$$\{U\} = \{u_1 \ u_2 \ \dots \ u_{NP} \ u_{1+NP} \ u_{2+NP} \ \dots \ u_{2*NP}\}, \quad (7)$$

где  $NP$  – общее число узлов в расчетной схеме. Здесь через  $u_i, i = \overline{1, NP}$  обозначены горизонтальные, а через  $u_{i+NP} = v_i, i = \overline{1, NP}$  – вертикальные перемещения узлов.

### 3 Проверка правильности граничных условий

Степень влияния жесткого подземного коллектора на уровень деформирования дорожной конструкции под действием транспортной нагрузки наиболее полно показывают графики изменения вертикальных перемещений  $U_y$  точек горизонтальных сечений (рисунок 2), расположенных на глубинах  $h=0$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см. Здесь глубина  $h=0$  см соответствует поверхности дорожного покрытия, глубина  $h=80$  см – поверхности подземных коллекторов. Из рисунка 2 видно что, визуально заметная часть вертикальных перемещений под действием веса автомобиля распространяется до расстояния 150-170 см от границ коллекторов. Из него же видно экранирующий эффект коллекторов на развитие вертикальных перемещений. Например, на глубине  $h=80$  см (уровень поверхности коллектора) вертикальное перемещение практически отсутствует.

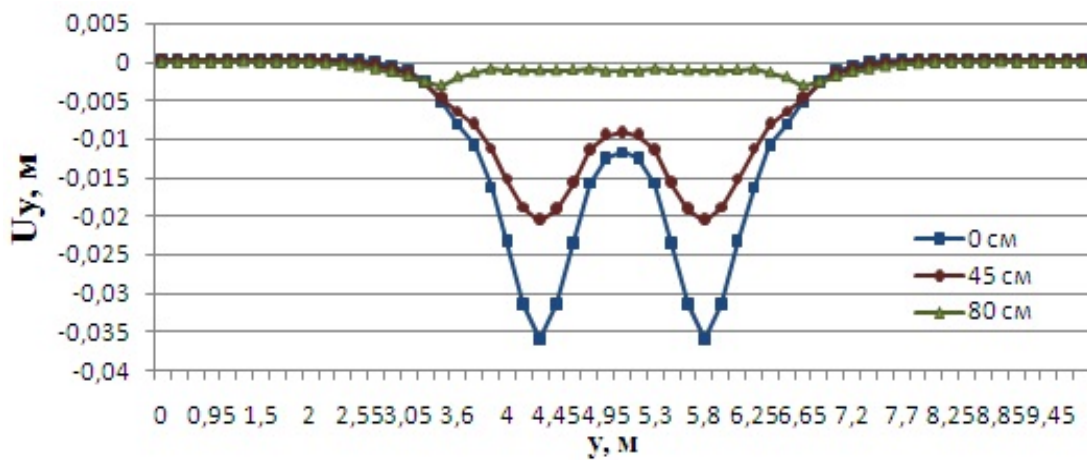


Рисунок 2 – Графики изменения вертикальных перемещений  $U_y$  в конструкции с коллектором на глубинах  $h=0$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см

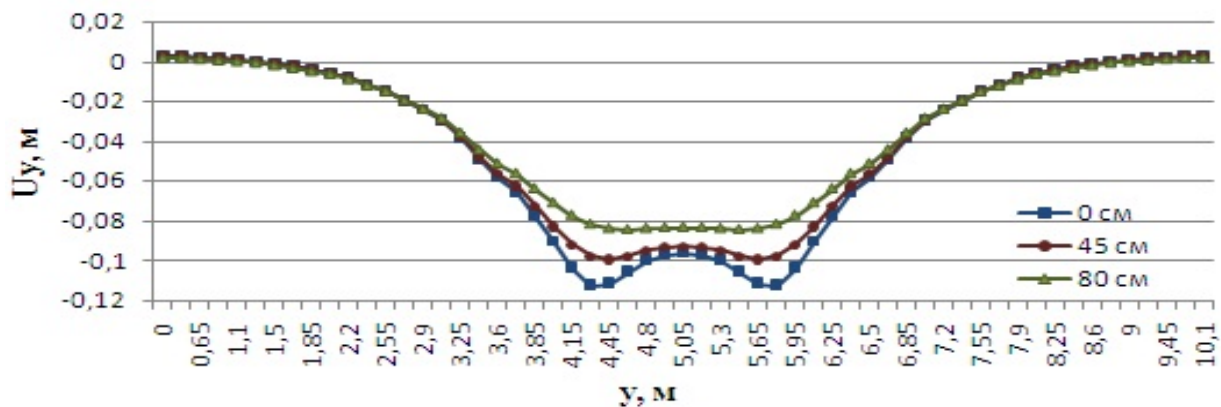


Рисунок 3 – Графики изменения вертикальных перемещений  $U_y$  в конструкции без коллектора на глубинах  $h=0$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см



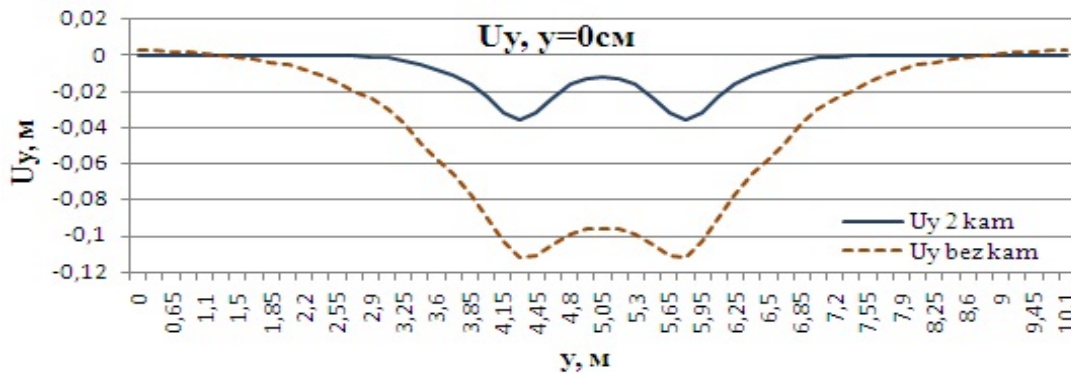


Рисунок 4 – Графики изменения вертикальных перемещений  $u_y$  в конструкции с коллектором (Uy 2kam) и без коллектора (Uy bezkam) на глубинах  $h=0$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см

Незначительное вертикальное перемещение появляется лишь в областях, расположенных за границами коллектора, которое постепенно затухает на расстоянии 150-170 см от них. Однако, и этих незначительных вертикальных перемещений достаточно, чтобы на практике на дорожном покрытии наблюдались остаточные деформации в виде просадок и продольных трещин.

Картина развития вертикальных перемещений в конструкции с коллектором на других глубинах по характеру полностью совпадает с картиной деформирования горизонтальных слоев дорожной конструкции без коллектора (рисунок 3), хотя в первом случае вертикальные перемещения точек горизонтальных слоев по величине намного уступают вертикальным перемещениям соответствующих слоев дорожной конструкции без коллектора. Для количественной оценки степени различия деформирования двух видов конструкций, на рисунке 4 приведено сравнение вертикальных перемещений поверхностей дорожных покрытий ( $h=0$  см) дорожной конструкции с подземным коллектором и без него. Здесь через  $Uy\ 2\ kam$  обозначено вертикальное перемещение поверхности дорожного покрытия автомобильной дороги с подземным коллектором. Соответственно через  $Uy\ bez\ kam$  – без подземного коллектора.

Для улучшения наглядности на графиках рисунков 2-4 значения вертикальных перемещений точек  $Uy$  представлены в 100 кратно увеличенном виде.

#### 4 Напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции

Соотношения связи между деформациями точек конечного элемента и перемещениями узловых точек  $\{U\} = \{u_1\ u_2\ \dots\ u_{NP}\ u_{1+NP}\ u_{2+NP}\ \dots\ u_{2*NP}\}$  в матричной форме имеют вид [5]

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} b_i & b_j & b_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_i & c_j & c_k \\ c_i & c_j & c_k & b_i & b_j & b_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_k \\ v_i \\ v_j \\ v_k \end{Bmatrix}, \tag{8}$$

где  $b_\alpha, c_\alpha$  ( $\alpha = i, j, k$ ) получены в результате дифференцирования функций формы  $N_\alpha$  ( $\alpha = i, j, k$ ) [5] по координатам. Здесь  $A$  – площадь конечного элемента,  $i, j$  и  $k$  – глобальные номера узлов треугольного элемента, а  $u_\alpha$  ( $\alpha = i, j, k$ ) и  $v_\alpha$  ( $\alpha = i, j, k$ ) – горизонтальные и вертикальные перемещения соответствующих узлов.

Так как компоненты перемещения узлов каждого элемента  $u_i, u_j, u_k, v_i, v_j$  и  $v_k$  постоянны, то и деформации во всех точках конечного элемента, определяемые по формуле (8), будут постоянными в пределах каждого конечного элемента.

Для определения компонентов напряжений  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  и  $\tau_{xy}$  воспользуемся законом Гука [6]

$$\sigma_x = E\varepsilon_x, \quad \sigma_y = E\varepsilon_y, \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy}, \quad (9)$$

где  $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$  – модуль сдвига. Здесь компоненты деформаций  $\varepsilon_{xx}$ ,  $\varepsilon_{yy}$  и  $\gamma_{xy}$  определяются по формулам (8).

Для проведения сравнительного анализа напряженного состояния в дорожных конструкциях с подземным железобетонным коллектором и без него предварительно назначим характерные сечения в расчетной области.

Сначала выберем горизонтальные сечения I-I, II-II и III-III, расположенные на глубинах  $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см (рисунок 1), охватывающие дорожную одежду и уровень поверхности коллекторов. Затем, для исследования закономерностей развития по глубине тех же компонентов напряжений назначим три вертикальных сечения IV-IV, V-V и VI-VI.

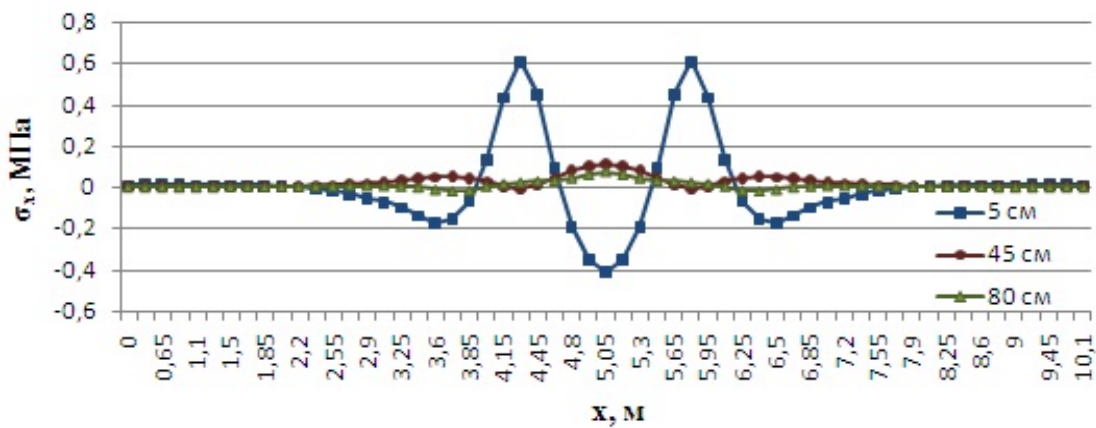


Рисунок 5 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в конструкции с коллектором в сечениях I-I, II-II и III-III (глубины  $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см)

Первое сечение IV-IV будет расположено на расстоянии 10 см от левой вертикальной границы подземного коллектора. В качестве второго - выберем сечение V-V, проходящее по центру вертикальной распределенной нагрузки от левого колеса автомобиля, а третье сечение VI-VI будет проходить по вертикальной линии симметрии расчетной схемы (рисунок 1), т.е. ровно посередине исследуемой области.

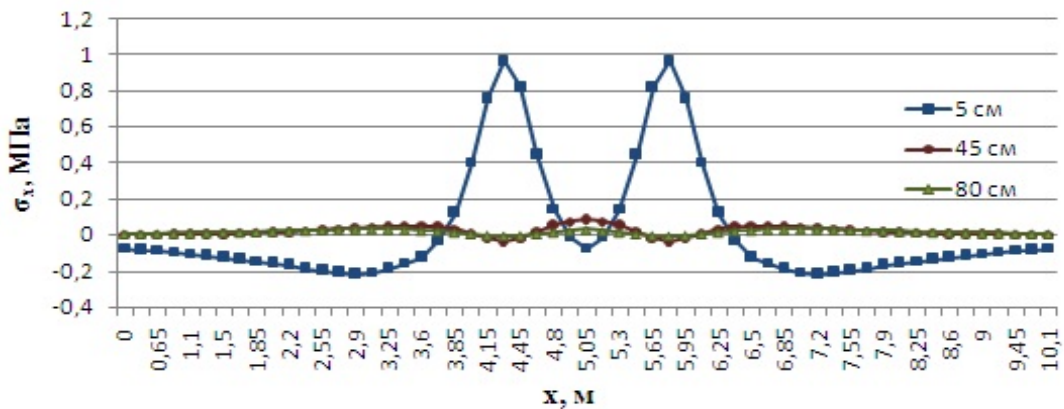


Рисунок 6 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в конструкции без коллектора в сечениях I-I, II-II и III-III (глубины  $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см)

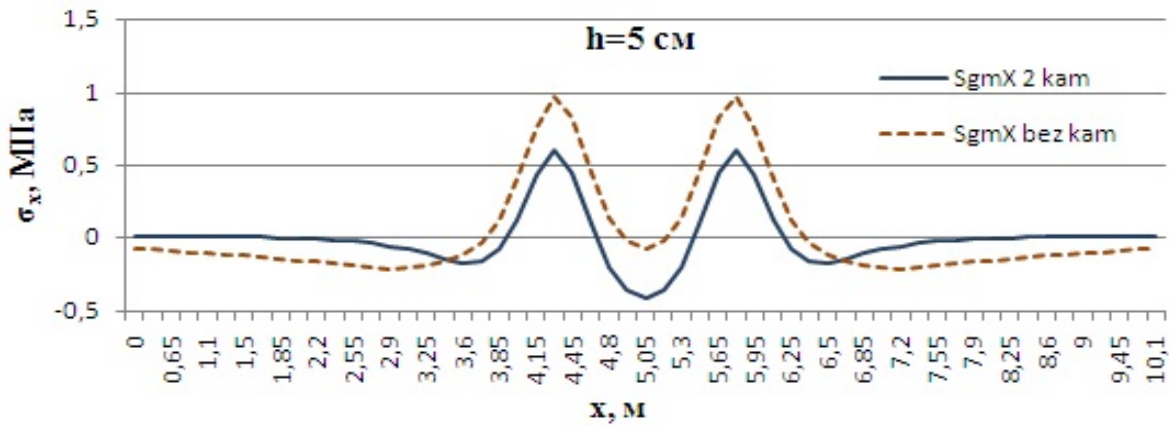


Рисунок 7 – Графики сравнения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в конструкциях с коллектором и без него на глубине  $h=0$  см

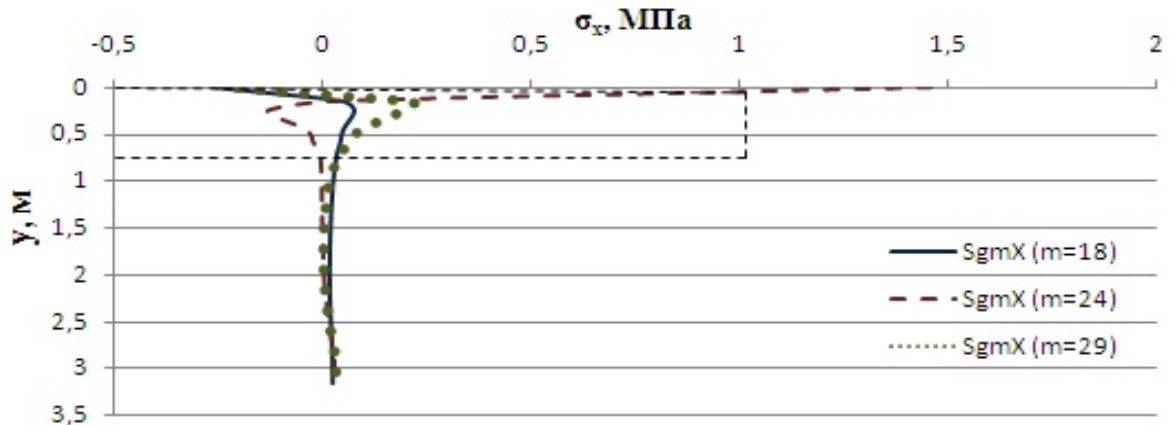


Рисунок 8 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в конструкции без коллектора в сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

На рисунках 5 и 6 приведены графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_x$  на глубинах  $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см для дорожных конструкций с подземным коллектором (рисунок 5) и без коллектора (рисунок 6).

Из рисунков 5 и 6 видно, что характер распределения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в обоих случаях абсолютно идентичен. Что касается величин нормальных напряжений  $\sigma_x$ , то, в случае отсутствия подземного коллектора, сжимающие напряжения  $\sigma_x$  вырастают до 1,0 МПа непосредственно под колесами автомобиля (рисунок 6) против 0,6 МПа в случае наличия коллектора (рисунок 5). А в зоне между колесами растягивающие напряжения  $\sigma_x$  достигают -0,4 МПа в случае наличия подземного коллектора (рисунок 5), в то время как они едва достигают -0,1 МПа в случае его отсутствия (рисунок 6).

Исследование закономерностей развития нормальных напряжений  $\sigma_x$  по глубине показало следующее:

- основные изменения нормальных напряжений  $\sigma_x$  происходят в пределах дорожной одежды, постепенно снижаясь до нуля в грунтовом основании дорожной одежды;
- по характеру распределения напряжений вертикальные сечения IV-IV и VI-VI взаимно идентичны. В обоих случаях растягивающие напряжения на поверхности дорожного покрытия (до -0,25 МПа) переходят в сжимающие – в срединной плоскости дорожной одежды, затем они стремятся к нулю. Только сечение VI-VI оказывается более сжатым (до +0,2 МПа);

- характер распределения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в сечении V-V резко отличается от подобного характера в двух остальных сечениях тем, что здесь все наоборот (рисунок 8). Здесь в срединной плоскости дорожной одежды появляются растягивающие напряжения  $\sigma_x$  величиной до -0.2 МПа, а на поверхности дорожного покрытия сжимающие напряжения достигают значительных величин (+1.45 МПа). Такое поведение нормальных напряжений  $\sigma_x$  в сечении V-V объясняется тем, что это сечение проходит через зону сингулярности, т.е. вблизи точек приложения сосредоточенных вертикальных сил.

Следует отметить, что закономерности изменения напряжений  $\sigma_x$  по глубине в обоих случаях практически совпадают, и в дальнейшем приводим результаты только для конструкции с подземным коллектором.

Для более внимательного рассмотрения картины распределения  $\sigma_x$  в области его интенсивного изменения, т.е. в диапазоне изменения глубины от 0.05 м до 0.8 м, на рисунке 8 упомянутая область выделена пунктирными линиями, и выделенная область для конструкции с коллектором показана на отдельном рисунке 9.

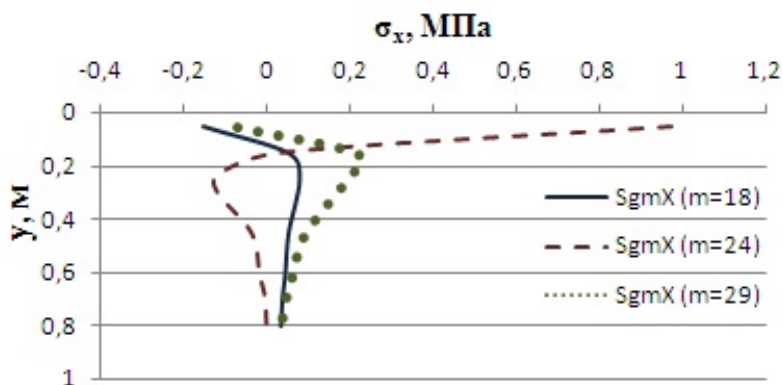


Рисунок 9 – Графики изменения по глубине нормальных напряжений  $\sigma_x$  в дорожной одежде конструкции с коллектором в сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

Из всего сказанного следует, что присутствие в составе дорожной конструкции подземного железобетонного коллектора вносит существенные изменения в картину формирования напряженного состояния в ней.

Особенности формирования напряженного состояния дорожной конструкции с подземным коллектором и без него удобнее увидеть на картинах изолиний напряжений рисунка 10. Сравнение рисунков 10а и 10б позволяет убедиться в правильности вышеприведенных рассуждений. Кроме того, из них можно увидеть, что в случае наличия подземного коллектора помимо зон концентрации напряжений в точках приложения вертикальных транспортных нагрузок, в конструкции с подземным коллектором появятся еще две зоны концентрации напряжений вблизи верхних угловых точек коллекторов (рисунок 10а).

Следует отметить, что для получения целочисленных уровней на картинах изолиний рисунка 10 значения нормальных горизонтальных напряжений  $\sigma_x$  в МПа приведены в 100 раз увеличенном виде.

Результаты анализа нормальных вертикальных напряжений  $\sigma_y$  представлены на рисунках 11-17. На рисунках 11 и 12 приведены графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_y$  в конструкции с коллектором и без коллектора в горизонтальных сечениях I-I, II-II и III-III, расположенных на глубинах  $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см (рисунок 1). Из рисунков видно, что в этом случае картины распределения напряжений  $\sigma_y$  в точках дорожной одежды в обеих конструкциях практически совпадают. Небольшое отличие наблюдается лишь в области, заключенной между колесами автомобиля, когда сжимающее напряжение в срединной плоскости (глубина 45 см) в

конструкции с коллектором имеет больший градиент, чем в конструкции без коллектора. Такое заключение подтверждается и результатами рисунка 13, где графики распределения  $\sigma_y$  на поверхности дорожного покрытия практически сливаются.

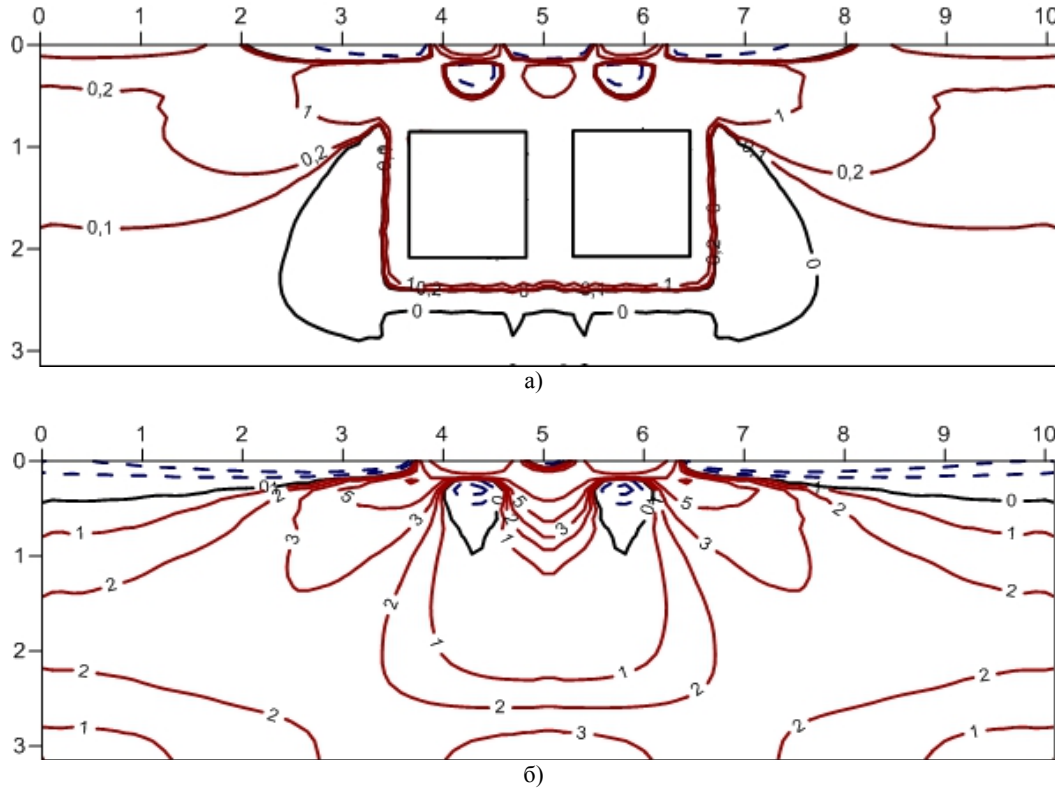


Рисунок 10 – Изолинии горизонтальных нормальных напряжений  $\sigma_x$  в дорожных конструкциях с подземным коллектором а) и без него б)

Совершенно другая картина наблюдается на характере распределения  $\sigma_y$  на глубинах, расположенных ниже коллектора (рисунки 14 и 15).

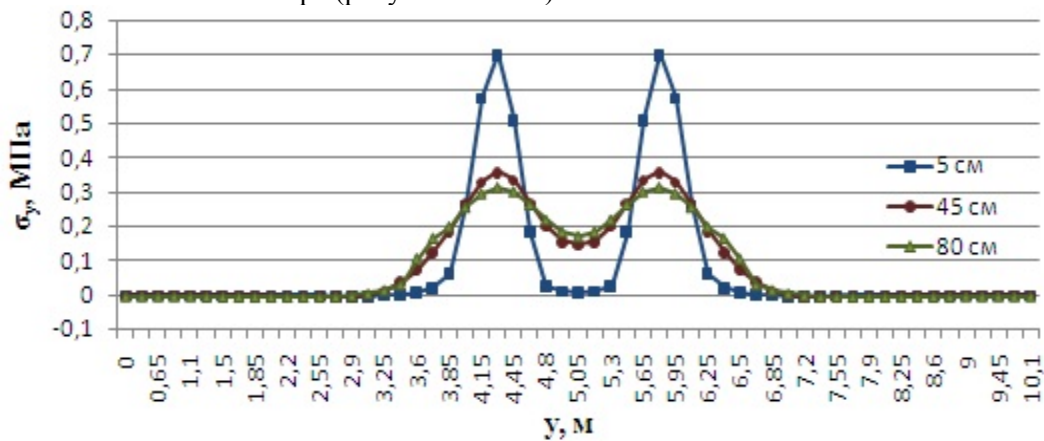


Рисунок 11 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_y$  в конструкции с коллектором в сечениях I-I, II-II и III-III ( $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см)

Если в конструкции с коллектором в области, расположенной ниже его, графики распределения  $\sigma_y$  на всех вертикальных сечениях сливаются между собой и очень близки к нулю

(рисунок 15), то в конструкции без коллектора наблюдается совершенно иная картина. Здесь сжимающие напряжения  $\sigma_y$  растут с приближением к центру исследуемой области (рисунок 14). Причем для сечения V-V по-прежнему сохраняются аномально высокие значения напряжения  $\sigma_y$ .

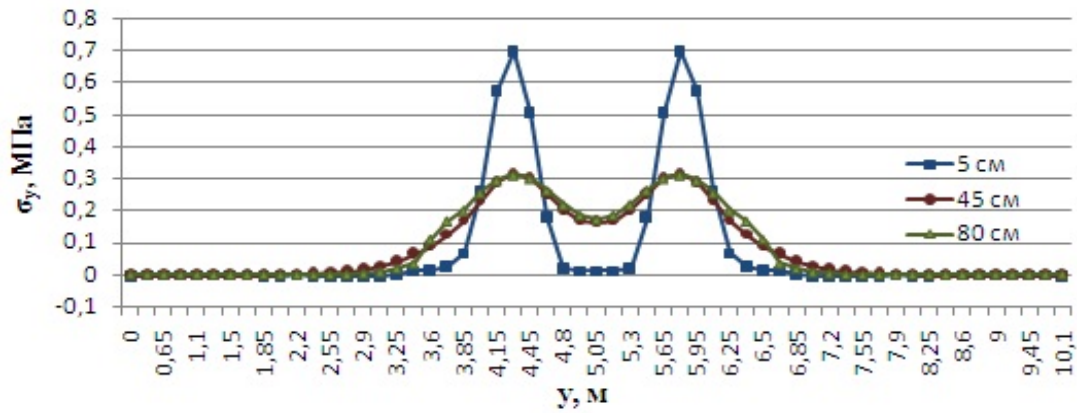


Рисунок 12 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_y$  в конструкции без коллектора в сечениях I-I, II-II и III-III ( $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см)

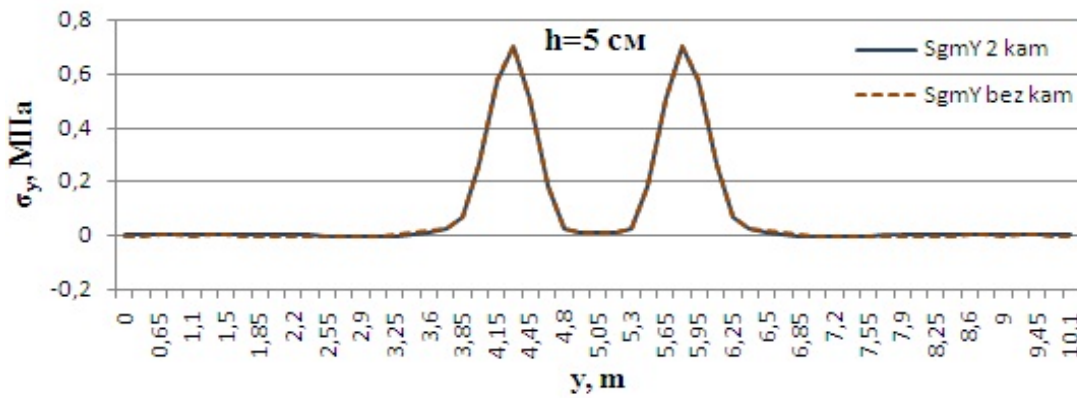


Рисунок 13 – Графики сравнения нормальных напряжений  $\sigma_y$  в конструкциях с коллектором и без него на поверхности покрытия ( $h=0$  см)

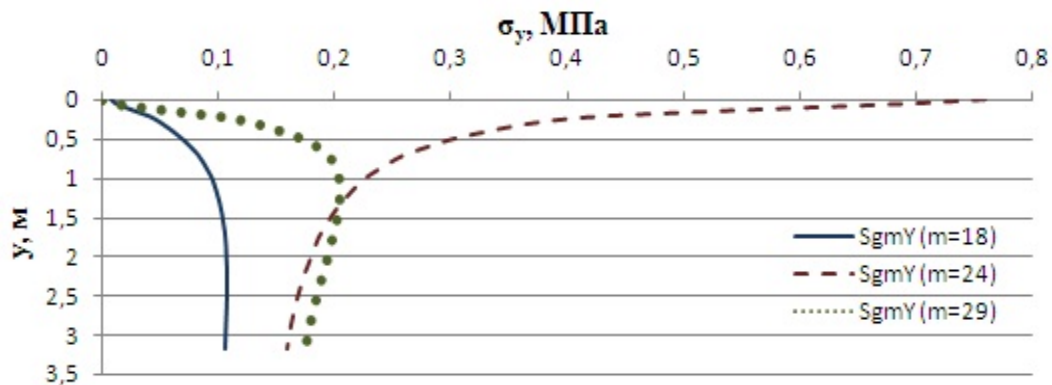


Рисунок 14 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_y$  в конструкции без коллектора в сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

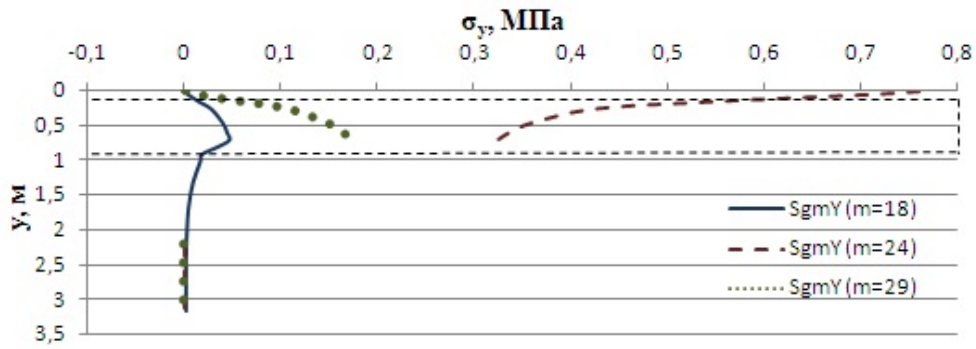


Рисунок 15 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_y$  в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

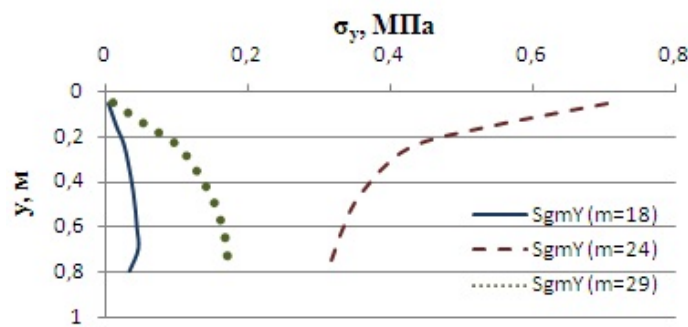


Рисунок 16 – Графики изменения нормальных напряжений  $\sigma_y$  в дорожной одежде в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

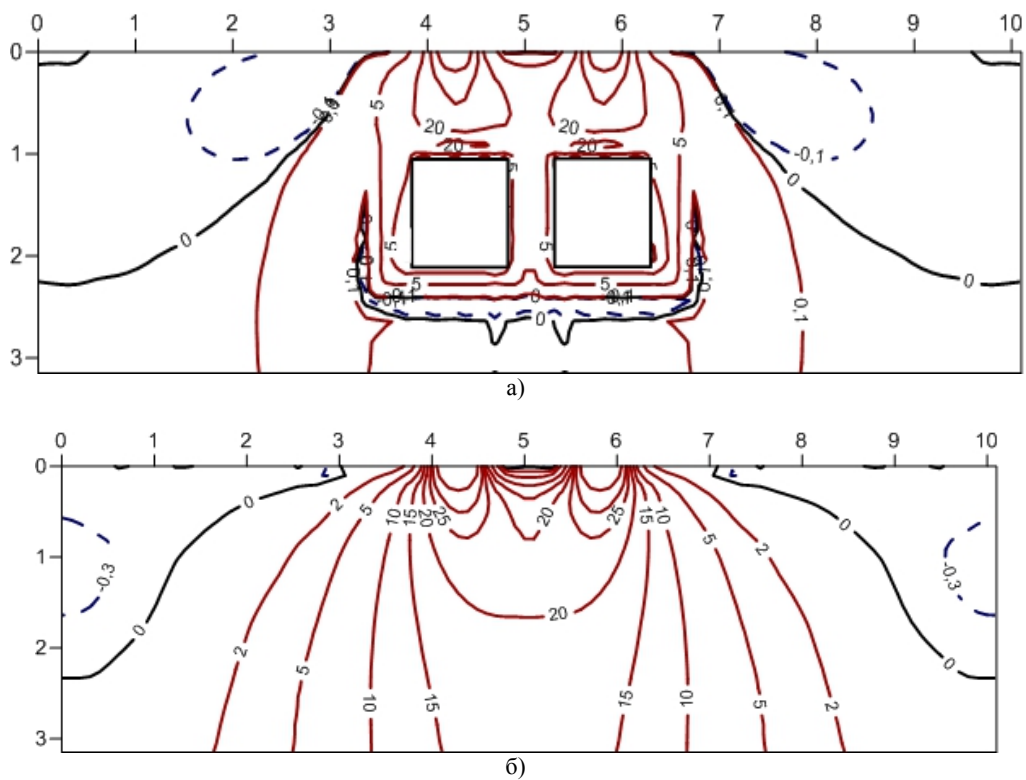


Рисунок 17 – Изолинии вертикальных нормальных напряжений  $\sigma_y$  в дорожных конструкциях с подземным коллектором а) и без него б)

Все вышесказанное подтверждается результатами картин изолиний нормальных вертикальных напряжений  $\sigma_y$ , приведенных на рисунке 17. Здесь значения  $\sigma_y$  также приведены в 100 кратно увеличенном виде.

Что касается закономерностей распределения касательных напряжений  $\tau_{xy}$ , то влияние подземного железобетонного коллектора на распределение напряжений  $\tau_{xy}$  характеризуется теми же особенностями, что и для напряжений  $\sigma_y$ .

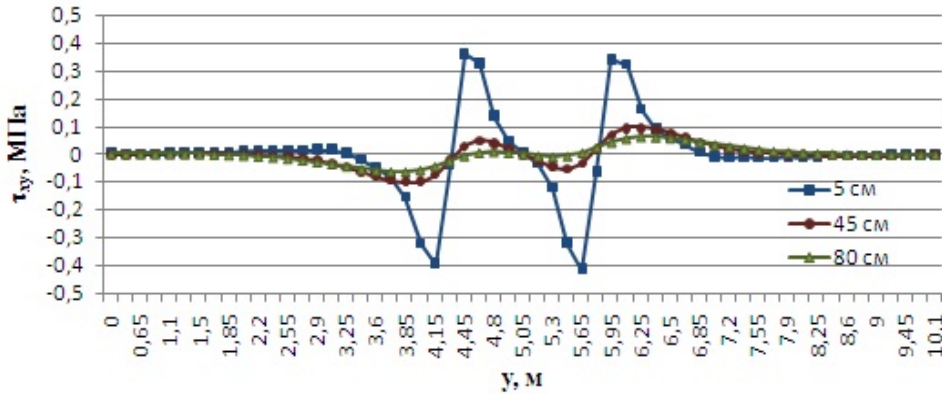


Рисунок 18 – Графики изменения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в конструкции без коллектора в сечениях I-I, II-II и III-III ( $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см)

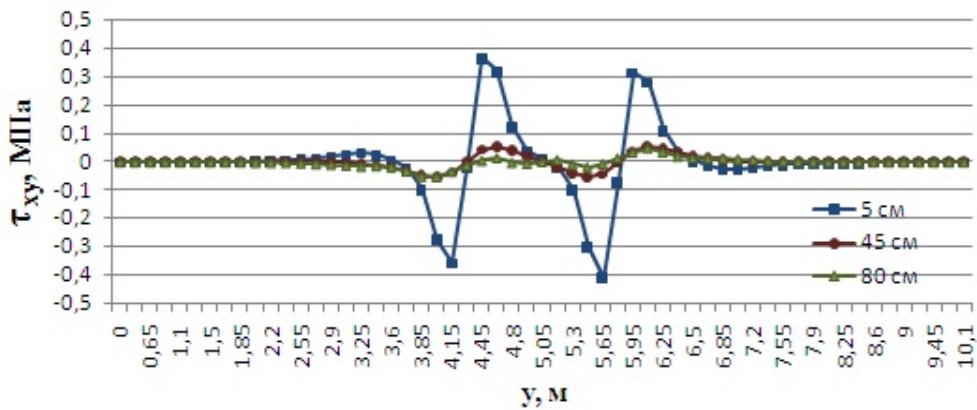


Рисунок 19 – Графики изменения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в конструкции с коллектором в сечениях I-I, II-II и III-III ( $h=5$  см,  $h=45$  см и  $h=80$  см)

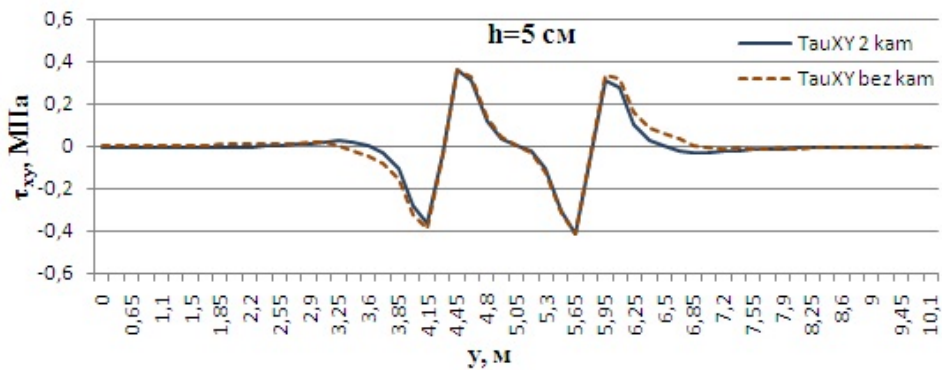


Рисунок 20 – Графики сравнения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в конструкциях с коллектором и без него на поверхности покрытия ( $h=0$  см)



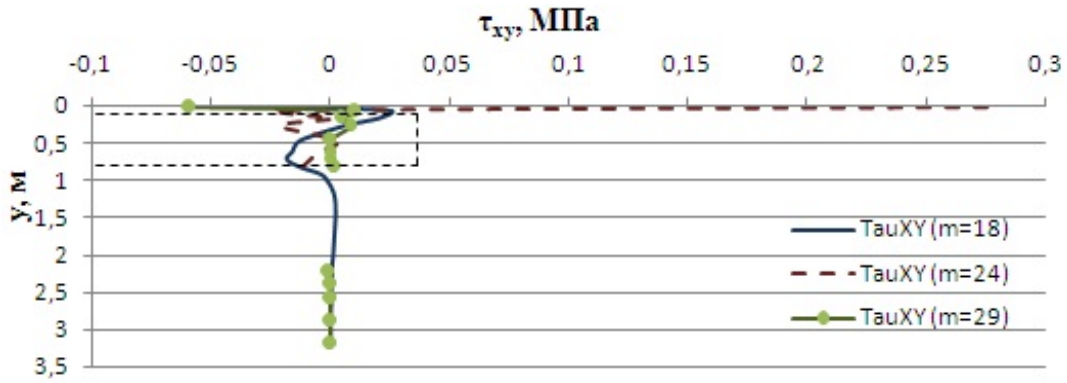


Рисунок 21 – Графики изменения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

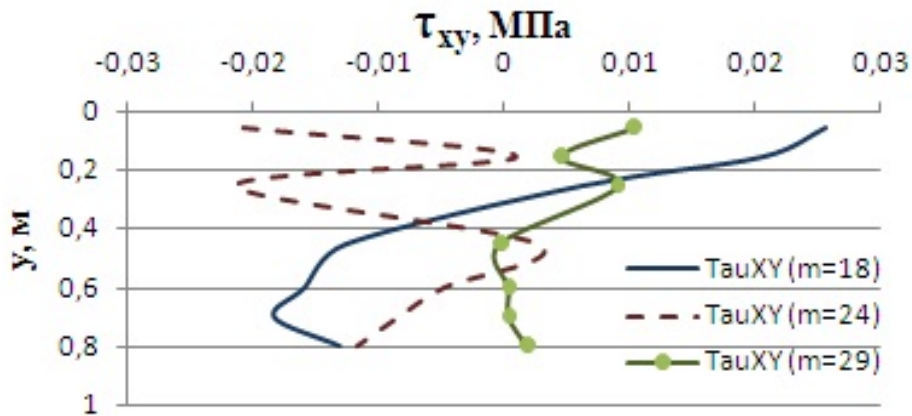


Рисунок 22 – Графики изменения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в дорожной одежде в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

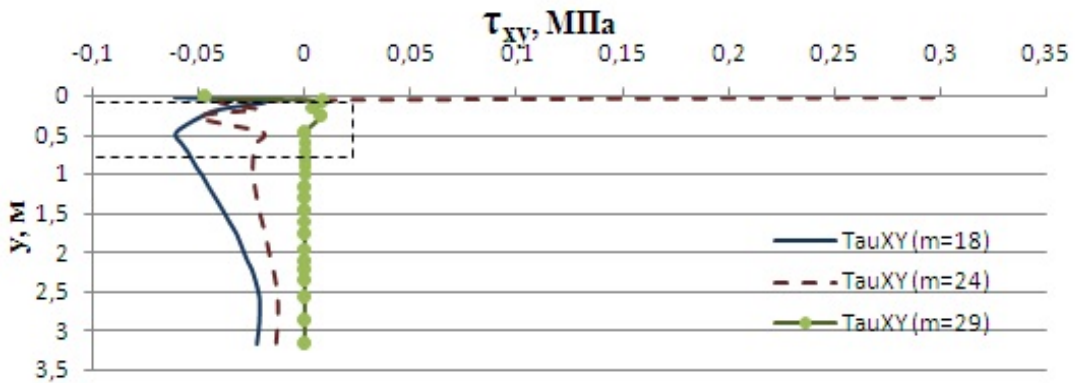


Рисунок 23 – Графики изменения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в конструкции без коллектора в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

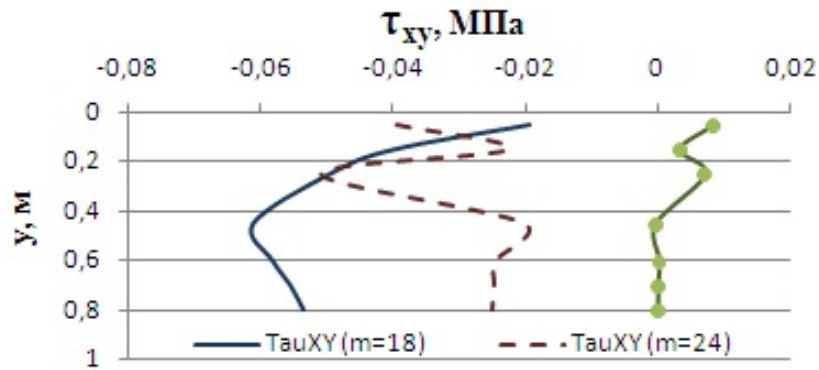


Рисунок 24 – Графики изменения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в дорожной одежде в конструкции без коллектора в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

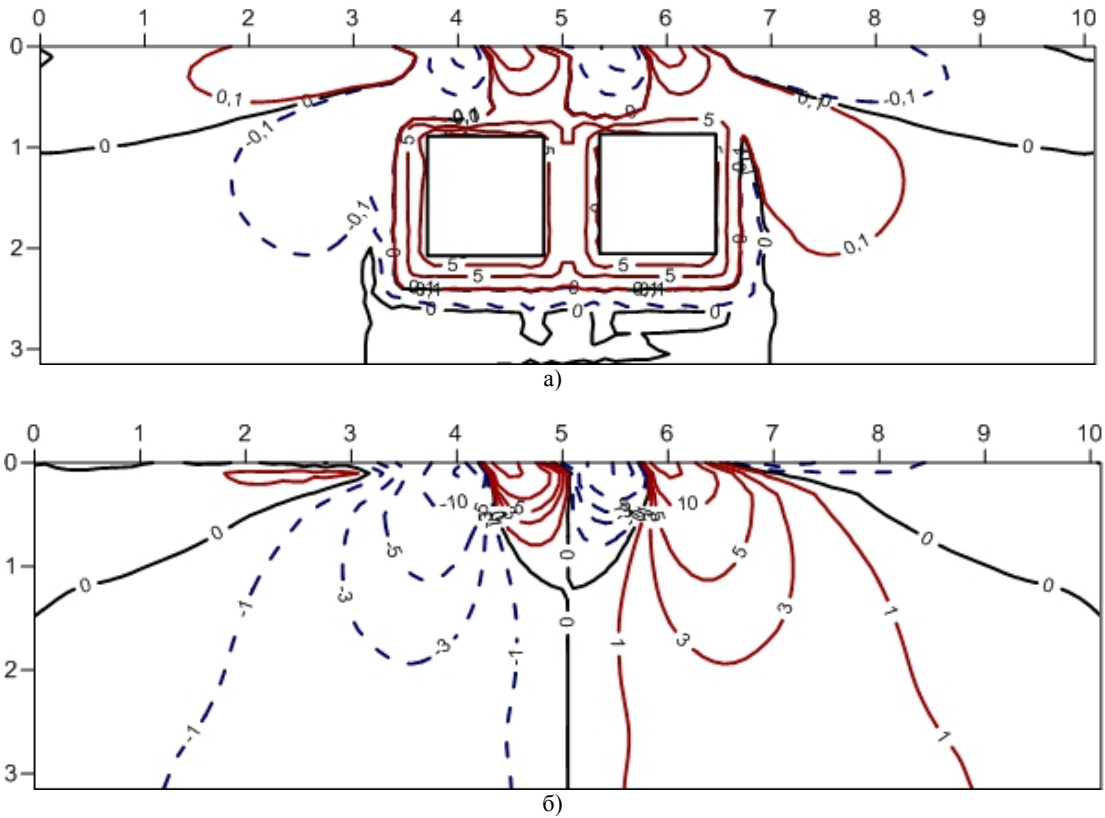


Рисунок 25 – Изолинии касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в дорожных конструкциях с подземными коллекторами а) и без них б)

Одного взгляда на картины изолиний касательных напряжений  $\tau_{xy}$  достаточно (рисунок 25), что присутствие подземного железобетонного коллектора в городской дорожной конструкции резко усложняет напряженное состояние в ней.

## 5 Заключение

На основе полученных в настоящей работе результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- при наличии подземного железобетонного коллектора под действием транспортной нагрузки поверхность дорожного покрытия дает меньшую осадку, чем в случае отсутствия коллектора. Такая картина деформирования объясняется уменьшением общей высоты деформируемого слоя, заключенного между жесткой поверхностью коллектора и поверхностью покрытия;

- экранирующий эффект железобетонного коллектора на картину распределения горизонтального нормального напряжения  $\sigma_x$  в верхней части дорожной конструкции (дорожная одежда + земляное полотно) проявляется в виде заметного уменьшения их величины (рисунок 7);

- на распределение вертикального нормального напряжения  $\sigma_y$  в верхней части дорожной конструкции подземный коллектор заметного влияния не оказывает;

- что касается области, расположенной непосредственно под коллектором, то здесь наблюдается обратная картина. Картины распределения горизонтального нормального напряжения  $\sigma_x$  в указанной области при наличии коллектора и без него практически совпадают, в то время как сильное влияние коллектора наблюдается на картине распределения вертикального нормального напряжения  $\sigma_y$ . Здесь жесткий железобетонный коллектор играет роль штампа и равномерно распределяет по всей своей ширине вертикальные нагрузки от автомобильных колес;

- влияние коллектора на распределение касательного напряжения  $\tau_{xy}$  лучше всего проанализировать на картинах их изолиний. В верхней части дорожной конструкции особого его влияния не наблюдается. Что касается остальной части исследуемой области, наличие подземного коллектора сильно усложняет картину их распределения: вместо двух областей концентрации напряжения  $\tau_{xy}$  в случае отсутствия коллектора, в данном случае наблюдается появление новых областей концентрации напряжения вблизи угловых точек коллектора.

Таким образом, выполненный в настоящей работе сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции показал, что наличие подземного коллектора оказывает существенное влияние и нельзя при расчете конструкций дорожных одежд городских дорог с подземным коллектором пользоваться методикой расчета для автомобильных дорог общего пользования.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А., Джумагельдиев К.С. О взаимодействии нежесткой одежды городских дорог с элементами подземных коммуникаций /Сборник научных трудов КазАТК. “Прочность материалов и конструкций на транспорте”. Алматы: КазАТК., 1996. Том III. С. 118-122.

[2] Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А. Оценка влияния формы подземного коллектора на прочность основания автомобильных дорог /Сборник научных трудов КАСИ “Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации горных дорог”. Выпуск 5. Бишкек: - КАСИ, 1997. С.81-89.

[3] Teltayev B.B., Aitbaev K.A., Idrissov D.A., Kudereev N.K. Analysis of interaction of autoroads ground basis with concrete collector/Proceeding of 4<sup>th</sup> International Congress on advances in Civil Engineering ACE 2000/Cazimagusa /Turkish Republic of northern Cyprus/1-3 November 2000.

[4] Tileu K., Teltayev B. Stress strain behavior of urban road with underground communication structure. Challenges and Innovations in Geotechnics – Zhussupbekov (Ed.). 2016. Taylor & Francis Group, London, p. 115-118.

[5] Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М: Мир, 1979. – 392 с.

[6] Тимошенко С.П., Гудьер Дж. (1975). *Теория упругости (перевод с англ.)*, Москва: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", стр. 576.

#### REFERENCES

[1] Teltayev B. B., Aitbayev K.A., Dzhumageldiyev K. S. On the interaction of flexible pavement for urban roads with elements of underground communications /Proceedings of KazATC. “Strength of materials and structures in transport. Almaty: KazATC, 1996. Volume III. P. 118-122. (in Russ.).

[2] Teltayev B. B., Aitbayev K. A. Evaluation of impact for underground collector shape on the strength of highway base /Proceedings KASI “Problems of design, construction and maintenance mountainous roads”. Issue 5. Bishkek: KASI, 1997. P. 81-89. (in Russ.).

[3] Teltayev B.B., Aitbayev K.A., Idrissov D.A., Kudereev N.K. Analysis of interaction of autoroads ground basis with concrete collector/Proceeding of 4<sup>th</sup> International Congress on advances in Civil Engineering ACE 2000/Cazimagusa /Turkish Republic of northern Cyprus/1-3 November 2000. (in Eng.).

[4] Tileu K., Teltayev B. Stress strain behavior of urban road with underground communication structure. Challenges and Innovations in Geotechnics – Zhussupbekov (Ed.). 2016. Taylor & Francis Group, London, p. 115-118. (in Eng.).

[5] Segerlind L. Application of the finite element method. – М.: Mir, 1979. – 392 p. (in Russ.).

[6] Timoshenko S. P., Goodier J. (1975). Theory of elasticity (translated from eng.), Moscow: the Main edition of physics-mathematical literature publishing house "Nauka", p. 576. (in Russ.).

**Б. Б.Телтаев<sup>1</sup>, Қ.А.Айтбаев<sup>2</sup>, С.А. Аблалиев<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Қазақстан жол ғылыми зерттеу институты, Нурпейсов 2А, Алматы, Қазақстан Республикасы, <sup>3</sup>Автомобиль жолдары комитеті, Инвестициялар мен даму министрлігі, Кабанбай батыр 32/1, Астана, Қазақстан Республикасы

### **ЖОЛ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІНЕ ЖЕРАСТЫ КОЛЛЕКТОРЫНЫҢ ӘСЕРІ**

**Аннотация:** Мақалада серпімділік теориясының көпқабатты жол құрылымына қатысты жазық есебін шектік элементтер әдісімен шешудің нәтижелері келтірілген. Жол құрылымында көлік салмағынан пайда болатын кернеулі-деформациялық күй жол жамылғысының топырақтық негізінде орналасқан жерасты темірбетон қатаң коллектордың әсерінен күрделене береді. Автомобиль жолдары құрылымдарында жерасты темірбетон коллектор болған кез бен коллектор жоқ кезде пайда болатын жылжулар векторы мен кернеулер тензорын салыстыру нәтижелері графикалық түрде берілген. Алынған нәтижелердің сараптамасы келтірілген.

**Тірек сөздер:** жол төсемесі, жерасты темірбетон коллектор, серпімділік теориясының жазық есебі, шектік элементтер әдісі, жылжулар, деформациялар, кернеулер.

#### **Сведения об авторах:**

Телтаев Багдат Бурханбайұлы – доктор технических наук, профессор, президент АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»;

Айтбаев Кобланбек Айтбаевич - кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»;

Аблалиев Сатжан Айтенович - кандидат технических наук, заместитель председателя Комитета автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 173 – 179

УДК 537.523.3:541.13

**Sh.A. Bahtaev, G.V. Bochkareva, G.D. Musapirova, F.R. Avhadieva**Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty  
[mgulz1@yandex.ru](mailto:mgulz1@yandex.ru)**METHOD FOR DETERMINING THE RADIUS OF CURVATURE  
OF THE DISCHARGE ELECTRODES SURFACE**

**Abstract.** The design of determining the radius of curvature of the discharge electrode surface method is based on the results of researches of the high-frequency (HF) conductivity of the plasma sheath of corona discharge, when the discharge gap is provided a large DC voltage and a small HF AC voltage simultaneously. Method determining the radius of curvature of the corona electrode has been discovered, and it is actualized by providing extra high-voltage between electrodes, with amplitude less than DC high-voltage, and by regulating its frequency resonant oscillation process mode is plasma sheath of corona discharge. Having equal value if HF conductivity of discharge gap and corona discharge or without it, the radius of curvature of the discharge electrode surface is determined by calibration curve of equivalent radiuses, received from the values of resonance frequencies.

**Keywords:** corona discharge, radius of curvature, RF conductivity, microelectrodes, crown cover, electronic component.

**Ш.А. Бахтаев, Г.В. Бочкарева, Г.Д. Мусapiroва, Ф.Р. Авхадиева**

Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

**СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИУСА КРИВИЗНЫ  
ПОВЕРХНОСТИ КОРОНИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА**

**Аннотация.** В основу разработки способа определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода положены результаты исследований высокочастотной (ВЧ) проводимости плазмы чехла коронного разряда. Когда на разрядный промежуток подаются одновременно большое постоянное напряжение и малое ВЧ переменное напряжение. Разработан способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода, который осуществляется путем подачи между электродами дополнительного высоковольтного напряжения с амплитудой, меньшей величины высоковольтного постоянного напряжения и регулируя его частоту, создают в плазме чехла коронного разряда режим резонансного колебательного процесса. Затем при равенстве значений высокочастотных проводимостей разрядного промежутка с коронным разрядом и без него определяют радиус кривизны поверхности коронирующего электрода по градуировочной кривой эквивалентных радиусов, полученной в зависимости от значений резонансных частот.

**Ключевые слова:** коронный разряд, радиус кривизны, ВЧ-проводимость, микроэлектроды, чехол короны, электронная составляющая.

Решение задачи по определению радиуса кривизны коронирующей поверхности произвольной формы является чрезвычайно сложным и поэтому разрабатываются приближенные и полуэмпирические методы определения начальных напряженностей поля для электродов различной геометрии [1].

Одним из возможных подходов к исследованию коронного разряда является изучение особенностей его характеристик при приложении к разрядному промежутку одновременно постоянного, и малого по величине высокочастотного (ВЧ) переменного напряжения. Зондирование этого промежутка переменным напряжением высокой частоты с малой амплитудой

позволяет исследовать динамические характеристики коронирующего промежутка и, в частности, определить зависимости ВЧ-проводимости коронного разряда от частоты переменного напряжения. Этим методом удалось установить области частот аномальной проводимости короны, тесно связанных с основными физическими параметрами зоны коронирующего слоя (чехла короны) [2].

В нашем случае главным является создание резонансных колебательных процессов в плазме чехла коронного разряда путем регулирования частоты высокочастотного напряжения и определения значения резонансной частоты, зависящей от радиуса кривизны коронирующей поверхности, причем измерение резонансной частоты производится при соблюдении равенства высокочастотных проводимостей разрядного промежутка при присутствии  $q_d$  и при отсутствии  $q_e$  коронного разряда. При подаче между электродами дополнительного высокочастотного напряжения с амплитудой, меньшей величины высоковольтного постоянного напряжения и регулируемой частотой, создают в плазме чехла коронного разряда режим резонансного колебательного процесса. Затем при равенстве значений высокочастотных проводимостей разрядного промежутка с коронным разрядом и без него определяют радиус кривизны поверхности коронирующего электрода по градуировочной кривой эквивалентных радиусов, полученных в зависимости от значений резонансных частот.

Прежде чем приступить к рассмотрению способа определения радиуса кривизны коронирующей поверхности произвольной формы, чтобы установить корректность применения его для решения данной задачи необходимо проверить его для электродов с простой геометрической формой, например, соосные цилиндры.

Для сравнения измеренных значений толщины ( $L_e$ ) чехла короны по данному способу может служить, в первом приближении, значение толщины коронирующего слоя, определяемого по формуле Пика [3]. В нормальных атмосферных условиях ( $\delta=1$ ) она показывает, что при зажигании коронного разряда напряженность электрического поля на расстоянии  $\Delta=0,308\sqrt{r_0}$  (см) от коронирующего электрода остается постоянной для любых  $r_0$  и равный 31 кВ/см. Пренебрегая влиянием объемного заряда в коронирующем слое ( $E_0r_0=Er$ ), действительно получим:

$$\Delta = \frac{E_0 r_0}{E} - r_0 = \frac{E \left(1 + \frac{0,308^2}{\sqrt{r_0}}\right) r_0}{E} - r_0 = 0,3\sqrt{r_0}, \quad (1)$$

что указывает на не зависимость толщины слоя от силы тока разряда. По-видимому, формула (1) справедлива только в том случае, когда выполняется условие  $E_0r_0=Er$ .

Для нас наибольший интерес представляет область частот когда  $q_d=q_e$ , что, в первую очередь, связано с электронной составляющей тока в чехле коронного разряда. В этом случае как бы наступает резонанс плазмы в чехле короны, т.е. сопротивление зоны чехла короны к переменному напряжению становится минимальным (резонанс напряжения), и значение  $q_d$  сравнится с  $q_e$ . Установлено, что частота  $f_0$ , при которой  $q_d-q_e=0$ , очень чувствительна к изменениям радиуса кривизны коронирующей поверхности и току коронного разряда. Это означает, что  $f_0$ , в первую очередь, будет зависеть от скорости дрейфа электронов, их плотности и изменения длины свободного пробега электронов в коронирующем слое разрядного промежутка.

При сравнимых временах пробега электронов и полупериода зондирующего напряжения наблюдается уже снижение  $q_d$  до отрицательных значений. Для расчета времен пробега в первом приближении могут быть взяты расстояния  $0,3\sqrt{r_0}$ . Но при наложении переменного напряжения из-за колебательного движения электронов внешняя граница коронирующего слоя может быть сдвинута дальше от проволоки. Поэтому более справедливо определять сдвиг кажущейся границы, исходя из значений полупериодов переменного напряжения  $E_{\sim}$ .

Распределение напряженности поля переменного напряжения в цилиндрической системе описывается формулой

$$E_{\sim} = \frac{U_{\sim}}{(r_0 + L_e) \ln \frac{R}{r_0}}, \quad (2)$$

где  $L_e$  – толщина коронирующего слоя.

Для времени пробега электронами расстояния  $L_e$ , справедливо

$$t = \frac{L_e(r_0 + L_e) \ln \frac{R}{r_0}}{k_e U_0}, \quad (3)$$

приравнявая  $t=T/2$  и обозначая частоту  $f_0$  при  $q_d=q_e$ , определим по формулам (2), (3) зависимость  $L_e$  от  $f_0$

$$\frac{1}{2f_0} = \frac{L_e(r_0 + L_e) \ln \frac{R}{r_0}}{k_e U_0 \sqrt{2}}, \quad (4)$$

где  $U_0$  – действующее значение переменного напряжения, которое равно  $\sim 10, \sim 30$  В.

Решение уравнения (4) находим в виде

$$L_e - \frac{r_0}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{r_0}{2}\right)^2 + \frac{k_e U_0 \sqrt{2}}{2f_0 \ln \frac{R}{r_0}}}, \quad (5)$$

подставляя значение  $k_e=540 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  и пренебрегая  $\left(\frac{r_0}{2}\right)^2$ , получаем окончательное выражение

$$L_e = -\frac{r_0}{2} \pm 19,7 \sqrt{\frac{U_0}{f_0 \ln \frac{R}{r_0}}}, \quad (6)$$

где  $L_e, R, r_0$  – в см;  $U$  – в вольтах;  $f_0$  – в герцах.

Таким образом, при постоянстве значения тока коронного разряда и при известных значениях  $R, r_0, U_0, k_e$  и  $f_0$  выведенная расчётная формула позволяет определить толщину чехла короны для данной конфигурации электродов. При других размерах и формах электродной системы также выводится расчётная формула для определения  $L_e$ , исходя из распределения электрического поля и зоны дрейфа электронов в области с напряженностью поля 31 кВ/см (минимальное пробойное напряжение между электродами на расстоянии 1 см).

Экспериментальные значения  $f_0$  были определены для коронного разряда в цилиндрической системе электродов, когда  $R=0,2$  см,  $U_0=10$  В,  $I=20$  мкА, а для  $k_e=540 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$  принято его среднее значение в чехле короны при нормальных условиях атмосферного воздуха в Алматы ( $\rho=690$  мм рт. ст.,  $T=20^\circ\text{C}$ ).

Выражение (6) позволяет произвести качественные оценки значения  $L_e$  с расстоянием  $0,3\sqrt{r_0}$ . Расчеты показывают, что величина  $L_e$  близка к  $0,3\sqrt{r_0}$  при частотах  $f_0$ , хотя наблюдается  $L_e > 0,3\sqrt{r_0}$  с уменьшением диаметра коронирующей проволоки. Например,  $L_e=0,029$  см для значения  $R=0,2$  см,  $r_0=0,005$  см,  $f_0=1070$  кГц,  $U_0=10$  В, а расстояние  $0,3\sqrt{r_0}$  равно 0,021 см. При уменьшении радиуса  $r_0=0,001$  см,  $L_e=0,022$  см  $0,3\sqrt{r_0}=0,0095$  см.

В таблице 1 приведены полученные значения  $f_0$  для различных  $r_0$  и расчетные значения толщины чехла короны  $L_e$  по формулам (6) и  $0,3\sqrt{r_0}$ .

Таблица 1 – Расчетные значения  $L_e$  для различных  $r_0$

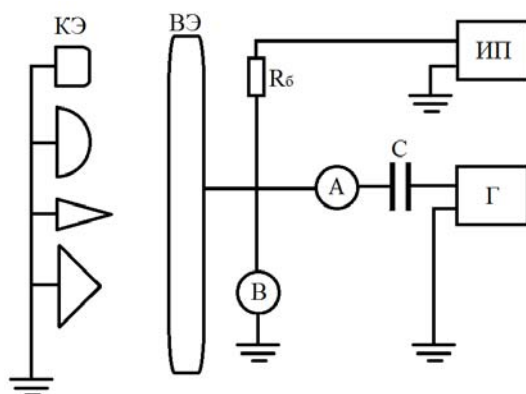
$r_0, \text{ см}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$	$30 \cdot 10^{-4}$	$50 \cdot 10^{-4}$
$f_0, \text{ Гц}$	$1450 \cdot 10^{-3}$	$1250 \cdot 10^{-3}$	$810 \cdot 10^{-3}$	$300 \cdot 10^{-3}$
$L_e, \text{ см}$	$20,63 \cdot 10^{-3}$	$24,15 \cdot 10^{-3}$	$30,1 \cdot 10^{-3}$	$56,13 \cdot 10^{-3}$
$0,3\sqrt{r_0}, \text{ см}$	$6,71 \cdot 10^{-3}$	$11,62 \cdot 10^{-3}$	$16,43 \cdot 10^{-3}$	$21,21 \cdot 10^{-3}$

Полученные данные для  $L_e$  показывают, что резонанс плазмы чехла короны наступает при различных частотах в зависимости от значений  $r_0$ . Которые определяют, в первую очередь, величину толщины коронирующего слоя (чехла) коронного разряда. Как и следовало ожидать, значение  $L_e$ , полученные по разработанному способу намного превышают для того же ряда

радиусов  $r_0$  расчетные данные по формуле  $0,3\sqrt{r_0}$ . Как было сказано выше, это связано с появлением раскочки электронов высокочастотным полем, что ведет к интенсификации ионизационных процессов в чехле короны.

Методика определения ВЧ-проводимости ( $q_d$ ) коронного разряда от частоты переменного напряжения была следующей: сначала измерялся емкостной ток через коронноразрядный промежуток при подаче переменной составляющей напряжения во всем диапазоне частот (от 0,2 до 1,6 МГц). Затем, на коронноразрядный промежуток подавался высокий потенциал и при определенной, заранее установленной величине постоянного тока коронного разряда, производилось измерение суммарного сигнала – переменной составляющей тока в том же диапазоне частот. Соответствующая емкостная составляющая тока вычиталась из суммарной, и по этой разности строились кривые ВЧ-проводимости короны в зависимости от частоты переменного напряжения. ВЧ-проводимость разрядного промежутка определялась отношением значения переменной составляющей тока короны к величине приложенного переменного напряжения. При построении частотной зависимости ВЧ-проводимости короны по арифметической разности между суммарным током и током смещения (емкостной составляющей) было установлено, что значения  $q_d$  могут быть больше или меньше, или равно по значению ВЧ-проводимости разрядного промежутка при отсутствии постоянного тока короны ( $q_e$ ) [4].

При определении радиуса кривизны поверхности электрода произвольной формы, постоянное высокое и переменное высокочастотное напряжения подаются на второй электрод в виде плоского диска ( $D \sim 2$  см), близко расположенного (4 – 5 мм) к коронирующему электроду (рисунок 1). От генератора типа ГС-100И подается на разрядный промежуток переменное синусоидальное напряжение с регулируемой частотой от 200 Гц до 1,6 МГц, высоковольтное напряжение подается от высоковольтного источника типа ВС-23. Параметры высокочастотного напряжения изменяются с помощью микроамперметра и милливольтметра переменного напряжения. Амплитуда переменного высокочастотного напряжения выбиралась в пределах от 2 до 100 В в зависимости от крутизны характеристики положительной короны и геометрических размеров разрядного промежутка.



КЭ-коронирующие электроды различной формы; ВЭ-внешний электрод;  $R_b$ -балластное сопротивление; А-микроамперметр переменного напряжения; В-милливольтметр переменного напряжения; С-разделительный конденсатор; ИП-источник питания; Г-высокочастотный генератор

Рисунок 1 – Схема для определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода

Коронный разряд возникает на вершине поверхности и при дальнейшем увеличении напряжения распространяется по остальной части поверхности. Для определения начальной напряженности коронного разряда в случае электродов произвольной формы обычно пользуются связью между изменением напряженности электростатического поля в непосредственной близости от поверхности электрода и радиусами кривизны этой поверхности[1]:



$$-\frac{dE}{E} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) dx, \quad (7)$$

где  $R_1$  и  $R_2$  – главные радиусы кривизны поверхности в данной точке, т.е. минимальный и максимальный радиусы кривизны;  $x$  отсчитывается от поверхности электрода в направлении нормали. В результате интегрирования и при подстановке полученного выражения для напряженности поля в условиях самостоятельности разряда и последующем интегрировании, получим уравнение для определения начальной напряженности  $E_0$ .

Для определения начальной напряженности, соответствующей данной точке коронирующего электрода произвольной формы, может быть использовано уравнение для цилиндрических проводов, если эквивалентный радиус провода рассчитывать по формуле:

$$r_0 = \frac{R_1}{\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \left(1 + 0.2 \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}\right)} \quad (8)$$

Наиболее простым образом он рассчитывается, когда электрод представляет собой поверхность вращения, например, если иглу аппроксимировать гиперболоидом вращения. В этом случае максимальный радиус кривизны ( $R_2$ ) равен радиусу кривизны кривой, вращением которой электрод получен, а минимальный ( $R_1$ ) – равен длине нормали к этой кривой от оси вращения до рассматриваемой точки.

Радиус кривизны вершины электродов точно определяется при начальной стадии коронного разряда. Действительно, для вершины электрода произвольной формы можно допустить  $R_1 \ll R_2$ , тогда с некоторой погрешностью по формуле (8) получим  $r_0 = R_1$ . Таким образом, в начале определяют резонансную частоту  $f_0$  для электрода произвольной формы с соблюдением условия  $q_d = q_e$ , а затем при этой частоте по градуировочной кривой находят  $r_{0\text{экв}}$ , что, в конечном итоге, определяет радиус кривизны коронирующей поверхности электрода произвольной формы.

Значение  $f_0$  ( $q_d = q_e$ ) для данной конфигурации электродов и при постоянстве характеристик коронного разряда (постоянство тока разряда и атмосферных условий) находится следующим образом: сначала определяются зависимости ВЧ-проводимости разрядного промежутка ( $q_e$  – емкостная) от частоты переменного напряжения при отсутствии коронного разряда. Затем строятся зависимости ВЧ-проводимости при присутствии коронного разряда ( $q_d$ ) и по совпадению  $q_d = q_e$  находят значение  $f_0$ , которое служит для определения по градуировочной кривой радиуса кривизны поверхности электрода произвольной формы.

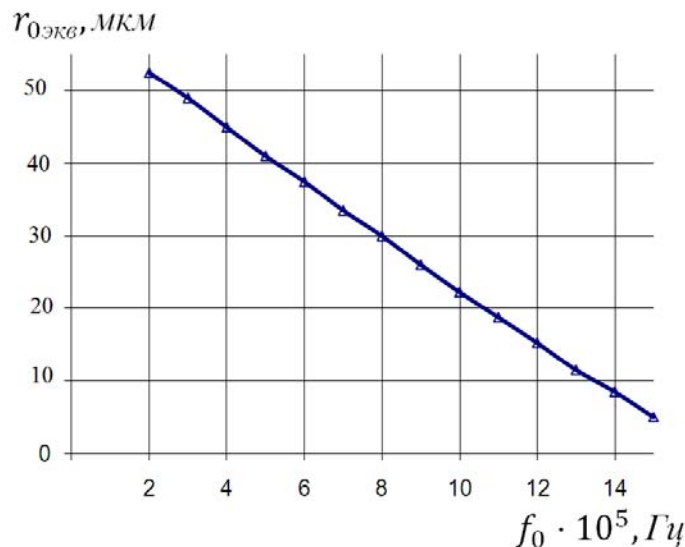


Рисунок 2 - Зависимости эквивалентного радиуса  $r_{0\text{экв}}$  от  $f_0$

Для построения градуировочной кривой (рисунок 2) зависимости эквивалентного радиуса микропроволок от  $f_0$  были использованы разрядные камеры в виде цилиндра диаметром от 2 до 36 мм, а центральным коронирующим электродом служили микропроволоки из вольфрама диаметром от 5 до 50 микрон (мкм).

Экспериментальные значения  $f_0$  были определены для коронного разряда в цилиндрической системе электродов, когда  $R=0,2$  см,  $U_0=10$  В,  $I=20$  мкА. Следует отметить, в случае определения радиуса кривизны поверхности неподвижных частей высокочастотной аппаратуры нагрузочное сопротивление 1 кОм располагалось в цепи высокого напряжения.

Выводы. Разработан способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода, который осуществляется путем подачи между электродами дополнительного высоковольтного напряжения с амплитудой, меньшей величины высоковольтного постоянного напряжения и регулируя его частоту, создают в плазме чехла коронного разряда режим резонансного колебательного процесса, а затем при равенстве значений высокочастотных проводимостей разрядного промежутка с коронным разрядом и без него, определяют радиус кривизны поверхности коронирующего электрода по градуировочной кривой эквивалентных радиусов, полученной в зависимости от значений резонансных частот.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Верещагин И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии. М., Энергоатомиздат, 1985, 159с.
- [2] Пик Ф. Диэлектрические явления в технике высоких напряжений. Пер. с англ. М.Л., Госэнергоиздат, 1934, 362с.
- [3] Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К. Физика и техника коронно-разрядных приборов. – Алматы, АУЭС, 2007, 279 с.
- [4] Инновационный патент №24408 РК, кл. G01B 7/12. Способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода / Бахтаев Ш.А. и др., опубл. 15.08.2011, бюл. №8.
- [5] Ashmarin G.V., Lelevkin V.M., Tokarev A.V. Pulse-periodic corona discharge in technologies of gaseous precipitation // 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, p.812-815.
- [6] Niedbalski, Jorge. High-voltage multichannel rail gap switch triggered by corona discharge // Review of scientific Instruments, 2003, Vol. 74, Issue 7, p. 3520–3524.
- [7] Ono, Ryo; Oda, Tetsuji. Dynamics of ozone and OH radicals generated by pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy // Journal of Applied Physics, 2003, Vol.93, Issue 10, p. 5876–5883.
- [8] Malik M.A., Ubaid-ur-Rehman, Ghaffar, A., and Ahmed, K. Synergistic effect of pulsed corona discharges and ozonation and decolourization of methylene blue in water. Plasma Sources Science and Technology, Vol. 11, № 3, 2002, p. 236–241.
- [9] Pemen, A.J.M; Nair, S.A.; Yan, K.; van Heesch, E.J.M.; Ptasinsky, K.J.; Drinkenburg, A.A.H. Pulsed Corona Discharges for Tar Removal from Biomass Derived Fuel Gas. // Plasmas & Polymers, 2003, Vol. 8, Issue 3, p. 209–224.
- [10] Ming-Wei Li; Zheng Hu; Xi-Zhang Wang; Quing Wu; Yi Chen. Synthesis of carbon nanowires using dc pulsed corona discharge plasma reaction // Journal of Materials Science, 2004, Vol. 39, Issue 1, p. 283–284.
- [11] Salvermoser, M.; Murnick, D.E. Efficient, stable, corona discharge 172 nm xenon excimer light source // Journal of Applied Physics, 2003, Vol. 94, Issue 6, p. 3722.
- [12] Wang, F., Liu, J.B., Sinibaldi, J., Brophy, C., Kuthi, A., Jiang, C., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient Plasma Ignition of Quiescent and Flowing Fuel Mixtures // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol. 33, pp. 844–849.
- [13] Liu, J.B., Wang, F., Li, G., Kuthi, A., Gutmark, E.J., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient plasma ignition // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol.33, p. 326–327.
- [14] Mainelis G., Welleke, K., Adhikari, A., Reponen, T., and Grinshpun, S.A. Design and Collection Efficiency of a New Electrostatic Precipitator for Bioaerosol Collection. Aerosol Science and Technology, 2002, 36, p.1073-1085.
- [15] Ашмарин Г.В., Лелевкин В.М., Токарев А.В. Исследование возможности создания электрофильтров на малых разрядных промежутках. Доклад на юбилейной конференции КРСУ, 2003.
- [16] Yamada, Kimio. An empirical formula for negative corona discharge current in point-grid electrode geometry // Journal of Applied Physics, 2004, Vol. 96, Issue 5, p. 2472–2475.
- [17] Pingao Shi, Dezhen Wang. Numerical simulation of pulsed corona discharge with dust particles at atmospheric pressure // Physics of Plasmas. – 2005. – Vol.12. – Issue 4.
- [18] Chen J. Direct current corona-enhanced chemical reaction // P.h.d. dissertation, University of Minnesota, 2002.
- [19] Yehia, A., Mizuno, A., and Takashima, K. On the Characteristics of the Corona Discharge in a Wire-Duct Reactor // J. Phys. D: Appl. Phys., 2000, Vol. 33, p.2807–2814.
- [20] Ашмарин Г. В., Лелевкин В. М., Ниязалиев И. А., Токарев А.В., Юданов В. А. Значение электрического ветра для теплообмена в технологических устройствах на основе коронного разряда // Вестник КРСУ. – 2006 г. – Т. 6. – № 5. – С. 147.

## REFERENCES

- [1] IP Vereshchagin Corona discharge devices in the electron-ion technology. M. Energoatomisdat, 1985, 159s.
- [2] Peak F. Dielectric Phenomena in High-Voltage Engineering. Per.s Eng. ML, Gosenergoizdat, 1934, 362s.
- [3] Bahtaev Sh, Bokanova AA Bochkareva GV, Sydykov GK Physics and technology koronnrazryadnyh devices. - Almaty AUPET 2007, 279 p.
- [4] The innovative patent RK №24408, cl. G01V 7/12. The method for determining the radius of curvature of the surface discharge electrode / Bahtaev Sh et al., publ. 15.08.2011, Bull. №8.
- [5] Ashmarin G.V., Lelevkin V.M., Tokarev A.V. Pulse-periodic corona discharge in technologies of gaseous precipitation // 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, p.812–815.
- [6] Niedbalski, Jorge. High-voltage multichannel rail gap switch triggered by corona discharge // Review of scientific Instruments, 2003, Vol. 74, Issue 7, p. 3520–3524.
- [7] Ono, Ryo; Oda, Tetsuji. Dynamics of ozone and OH radicals generated by pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy // Journal of Applied Physics, 2003, Vol.93, Issue 10, p. 5876–5883.
- [8] Malik M.A., Ubaid-ur-Rehman, Ghaffar, A., and Ahmed, K. Synergistic effect of pulsed corona discharges and ozonation and decolorization of methylene blue in water. Plasma Sources Science and Technology, Vol. 11, № 3, 2002, p. 236–241.
- [9] Pemen, A.J.M; Nair, S.A.; Yan, K.; van Heesch, E.J.M.; Ptasinsky, K.J.; Drinkenburg, A.A.H. Pulsed Corona Discharges for Tar Removal from Biomass Derived Fuel Gas. // Plasmas & Polymers, 2003, Vol. 8, Issue 3, p. 209–224.
- [10] Ming-Wei Li; Zheng Hu; Xi-Zhang Wang; Quing Wu; Yi Chen. Synthesis of carbon nanowires using dc pulsed corona discharge plasma reaction // Journal of Materials Science, 2004, Vol. 39, Issue 1, p. 283–284.
- [11] Salvermoser, M.; Murnick, D.E. Efficient, stable, corona discharge 172 nm xenon excimer light source // Journal of Applied Physics, 2003, Vol. 94, Issue 6, p. 3722.
- [12] Wang, F., Liu, J.B., Sinibaldi, J., Brophy, C., Kuthi, A., Jiang, C., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient Plasma Ignition of Quiescent and Flowing Fuel Mixtures // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol. 33, pp. 844–849.
- [13] Liu, J.B., Wang, F., Li, G., Kuthi, A., Gutmark, E.J., Ronney, P.D., Gundersen, M.A. Transient plasma ignition // IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, Vol.33, p. 326–327.
- [14] Mainelis G., Welleke, K., Adhikari, A., Reponen, T., and Grinshpun, S.A. Design and Collection Efficiency of a New Electrostatic Precipitator for Bioaerosol Collection. Aerosol Science and Technology, 2002, 36, p.1073-1085.
- [15] Ashmarin GV Lelevkin VM, Tokarev AV Study the possibility of creating electrostatic discharge at small intervals. Report on the anniversary conference KRSU 2003.
- [16] Yamada, Kimio . An empirical formula for negative corona discharge current in point-grid electrode geometry // Journal of Applied Physics, 2004, Vol. 96, Issue 5, p. 2472–2475.
- [17] Pingao Shi, Dezhen Wang. Numerical simulation of pulsed corona discharge with dust particles at atmospheric pressure // Physics of Plasmas. – 2005. – Vol.12. – Issue 4.
- [18] Chen J. Direct current corona-enhanced chemical reaction // P.h.d. dissertation, University of Minnesota, 2002.
- [19] Yehia, A., Mizuno, A., and Takashima, K. On the Characteristics of the Corona Discharge in a Wire-Duct Reactor // J. Phys. D: Appl. Phys., 2000, Vol. 33, p.2807–2814.
- [20] Ashmarin GV, Lelevkin VM, Niyazaliev IA, Tokarev AV, Yudanov VA value of the electric wind for heat exchange in technological devices based on corona discharge // Herald KRSU. - 2006 - T. 6. - number 5. - S. 147.

**Ш.А. Бахтаев, Г.В. Бочкарева, Г.Д. Мусапирова, Ф.Р. Авхадиева**

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

### ТӘЖДЕЛУШІ ЭЛЕКТРОД БЕТІНІҢ ҚИСЫҚТЫҚ РАДИУСЫН АНЫҚТАУ ТӘСІЛІ

**Аннотация.** Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау тәсілін өңдеу негізіне тәждік разряд қабы плазмасының, разрядтық қашықтыққа бір уақытта үлкен тұрақты және аз жоғарғы жиілікті (ЖЖ) айнымалы кернеудің зерттеу нәтижелері жатады. Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау әдісі жасалған, ол электродтар арасында қосымша амплитудасы жоғарғы вольтты тұрақты кернеу шамасынан аз мәнді жоғарғы вольтты кернеу беру арқылы іске асырылады, және оның жиілігін өзгерте отырып тәждік разрядтың плазма қабында резонанстық тербелмелі режим қалыптастырылады. Соңында тәждік разряд бар және жоқ болғанда тәждік қашықтықтың жоғарғы жиілікті өткізгіштігінің теңдігі кезінде, тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын резонанстық жиіліктер мәніне байланысты эквиваленттік радиустер алмастырмалы қисықтың көмегімен анықталады.

**Түйін сөздер:** тәждік разряд, қисықтық радиусы, ЖЖ-өткізгіштік, микроэлектродтар, тәж қабы, электрондық құрамы.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 180 – 185

UDK 621.01; 539.3; 539.62

**S.W. Dzholdasbekov, S.M. Ibraev, A.M. Sakenova,  
N.S. Imanbaeva, A.T. Nurmaganbetova**

U.A. Dzholdasbekov Institute of Mechanics and Machine Science, Almaty, the Republic of Kazakhstan  
[dgpimmash@mail.ru](mailto:dgpimmash@mail.ru), [sam2810@mail.ru](mailto:sam2810@mail.ru), [imanbaevan@mail.ru](mailto:imanbaevan@mail.ru)

## DESIGN OF HOISTING BAR MECHANISM WITH *APM WINMACHINE* COMPUTER SYSTEM

**Abstract.** Lifting tables are universal, designed for lifting and lowering of various masses, mobile due to the small size and low weight.

The design of the lifting mechanism aimed at lifting heavy masses should be durable and best for intermittent and continuous operation.

Therefore, the method of optimal design of hydraulic cylinder pusher in lifting mechanisms was established. The creation of mechanism for high load capacity and low countervailing force, with a low weight is a very urgent issue.

With the help of a computer system *APM Winmachine* there have been made a preliminary calculation of the strength of up-and-lever mechanism, and the size of the cross-sections of links have been found.

**Keywords:** hoist, mechanism, link, hydraulic cylinder, tensely deformed status.

ӘОК 621.01; 539.3; 539.62

**С.Ө. Жолдасбеков, С.М. Ибраев, А.М. Сакенова,  
Н.С. Иманбаева, А.Т. Нұрмағанбетова**

ҚР БҒМ ҒК «Академик Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика  
және машинатану институты» РМҚ, Алматы қ.

## ЖҮК КӨТЕРГІШ ИНТИРЕКТІ МЕХАНИЗМДІ *APM WINMACHINE* КОМПЬЮТЕРЛІК ЖҮЙЕСІ КӨМЕГІМЕН ЖОБАЛАУ

**Аннотация.** Жүк көтеру үстелдері әр түрлі салмақтағы жүкті кез-келген жерге ыңғайлы уақытта тасымалдау, жайғастыру сияқты көптеген операцияларды орындау барысында зор мүмкіншілікке ие.

Жүк көтеру механизмдерінің конструкциясы жоғары беріктікке ие, ауыр жүктерді көтеруге негізделген, үздіксіз және периодты жұмыс жасағанда, стационарлық орнату кезінде тиімді болуы керек.

Сондықтан осындай жүк көтергіш механизмдердегі гидроцилиндрлік тізбекті тиімді етіп жобалау әдістері жасалды. Жүк көтергіштігі жоғары, теңгеруші күш аз және салмағы жеңіл механизм түрлерін жасау өзекті мәселе болып табылады.

*APM Winmachine* компьютерлік жүйе көмегімен жүк көтергіш интиректі механизмді алдын-ала есептеу барысында беріктікке есептеп көлденең звенолар қимасының өлшемдерін анықтадық.

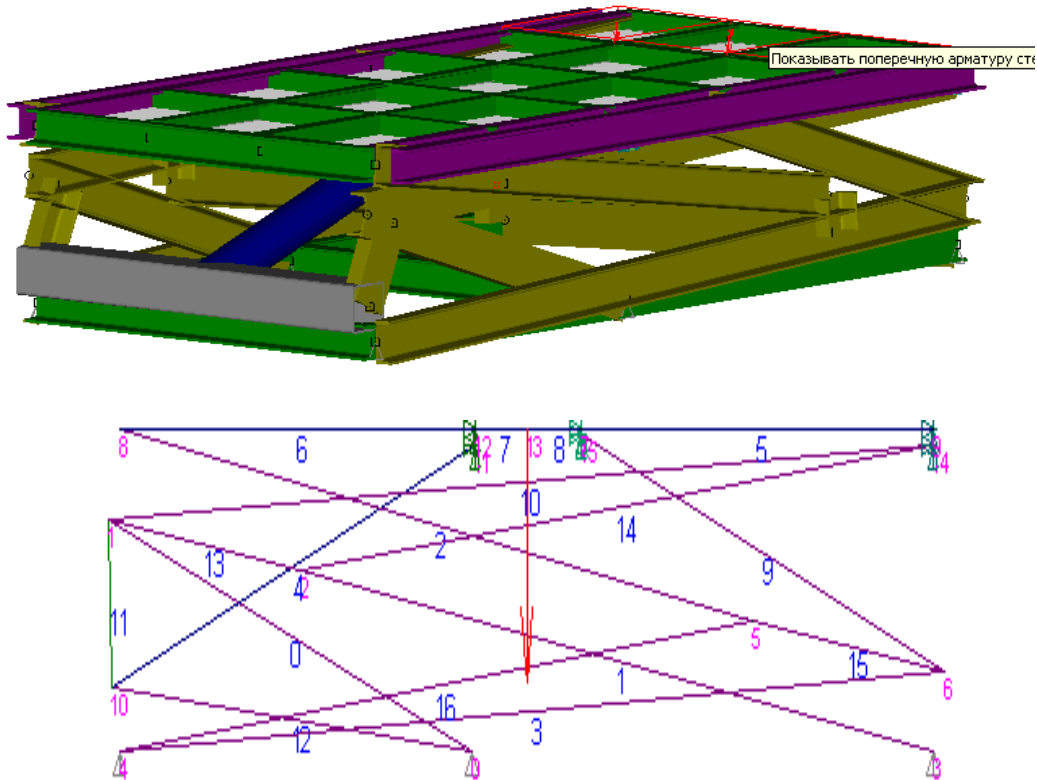
**Түйін сөздер:** жүк көтергіш, механизм, звено, гидроцилиндр, кернеулі-деформациялы күй.

*APM* structure 3D модулі сырықты жүйелерді сызуға және оның кернеулік–деформациялық күйін есептеп, нәтижелерін алуға мүмкіндік береді. Жүк көтергіш механизмнің кернеулік–

деформациялық күйін APM Winmachine компьютерлік жүйесіндегі APM structure 3D модулі көмегімен зерттейміз. Біз алдымен осы модуль көмегімен жүк көтергіш механизмнің сырықты кинематикалық сұлбасын сызып, оған түсірілген күштерді ескере отырып, сызбаны есептеуге жібердік.

Келесі суретте механизмнің жүк көтергіш платформасы 40 см-ге ғана көтерілген ең төменгі жағдайы көрсетілген.

Біз бұл механизмді есептегенде звеноларға әсер етуші сыртқы күштер мен ауырлық күштерінің мәнін береміз. Таңдап алынған механизмді APM Structure 3D програмасында есептейміз.



1 сурет – Механизмнің жалпы көрінісі

APM Structure 3D программасында берілген мәндер бойынша механизмнің бірінші орнын координаталары арқылы сызамыз. Себебі механизмнің ең төменгі жиналған жағдайына (платформаның биіктігі  $H=0,4\text{м}$ ) сәйкес келетін, осы 1-орында реакция күштерінің мәндері ең жоғары болады. Ендеше сырықтардың ең көп деформацияға ұшырауы да осы жағдайда болады. Механизм сырықтарына APM structure3D программасындағы базадан платформа жиектеріне және басқа бөліктеріне №10 швеллер ГОСТ 8240-89 қимасын таңдап алайық. 1-суретте көрсетілген қызыл түсті сандар түйіндердің, ал көк түспен боялған сандар сырықтар санын көрсетеді [1].

1 кесте – 13 - түйіндегі жүктеме көрсетілген

	Түрі	Түйіннің номері	Проекциялар		
			x	y	z
P	Күш, Н	13	0.00	0.00	-3000.00

Гидроцилиндрді Қарағанды гидроцилиндр зауытынан аламыз. Соның ішінде біздің таңдап алған моделіміз 80С56С900 (ЭО 2621).

Бұл моделде номиналды қысым 16 МПа, максималды қысым 20 МПа тең. Массасы 52,3 кг, ал поршеньдегі жүріс саны 900 тең.

2 кесте – Материалдың шығыны

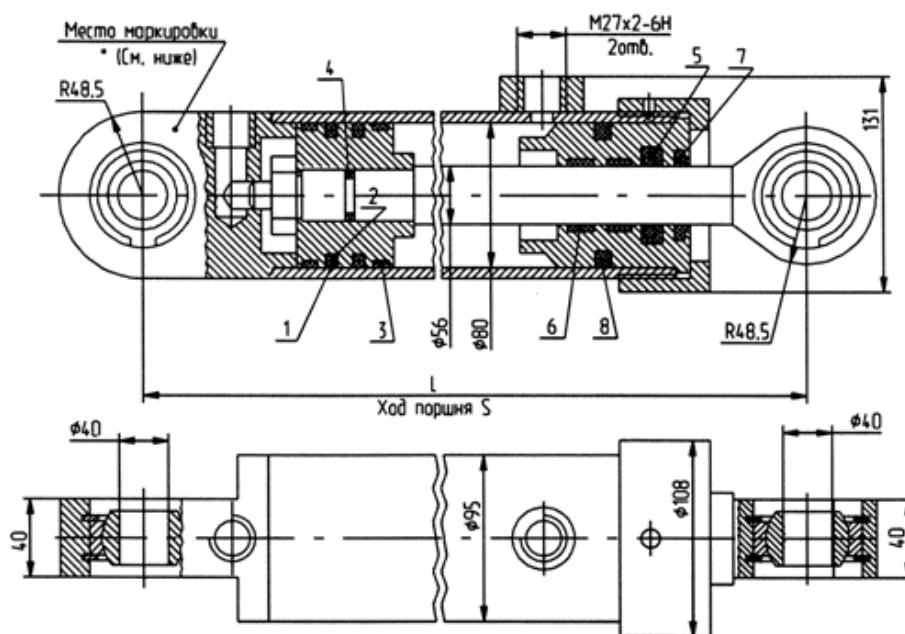
Аты	Саны	Ұзындығы [см]	Жалпы масса[кг]	Ауданы[см <sup>2</sup> ]
Болат				
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	96.30	8.25	3528.462
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	161.10	13.80	5903.121
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	161.11	13.80	5903.241
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	208.10	17.82	7625.013
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	88.59	6.22	2686.707
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	89.42	6.28	2711.782
Швеллер №8П ГОСТ 8240-89	1	13.03	0.92	395.112
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	13.86	0.97	420.187
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	96.30	8.25	3528.614
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	208.09	17.82	7624.925
Швеллер с уклоном №10 ГОСТ 8240-89	1	21.23	1.49	633.008
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	91.14	7.80	3339.570
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	48.99	4.20	1795.137
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	160.10	13.71	5866.451
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	48.99	4.20	1795.224
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	1	160.10	13.71	5866.474
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	11	1440.34	123.34	52776.231
Швеллер №10П ГОСТ 8240-89	4	204.89	14.40	6213.788
Швеллер с уклоном №10 ГОСТ 8240-89	1	21.23	1.49	633.008
<b>Барлығы</b>			<b>160.96</b>	<b>62710.509</b>

3 кесте – Гидроцилиндрдің параметрлері

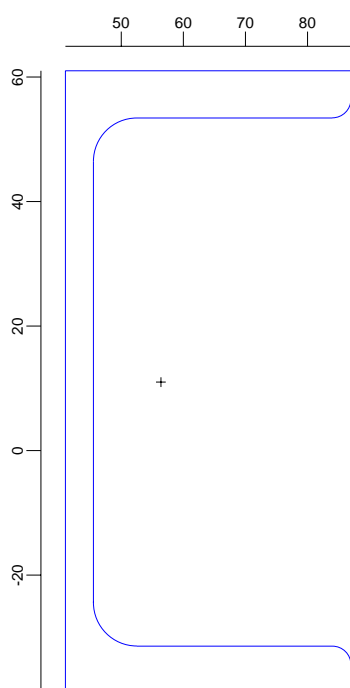
Гидроцилиндр 80x56x900 (ЭО 2621)			
Қысым, МПа	Поршень бойынша қымтағыш		
номиналды 16	1 – поршендік қымтағыш	2 дана	
максималды 20	2 – қысыңқырау сақинасы	2 дана	
Соташықтағы күш шамасы, кН (кГ);	3 – тірек-бағыттауыш сақинасы		
итеруші 80,38 (8038)	4 – резеңке қымтағыш сақина	1 дана	
3 кестенің жалғасы			
тартушы 40,99 (4099)	Соташық бойынша қымтағыш		
	5 –соташықты қымтағыш	1 дана	
	6 – тірек-бағыттауыш сақина	2 дана	
	7 – кір ажыратқыш	1 дана	
	8 – резеңке қымтағыш сақина	1 дана	

4–кесте APM structure 3D программасындағы топсалардағы реакциялар мәні

N	Түйін	Күш [Н]			Момент [Н*мм]		
		x	y	z	x	y	z
1	0	0.0000	-8991.0998	4578.237	-0.0000	0.0000	0.0000
2	3	-0.0000	9936.2	-1505.342	-0.0000	0.0000	0.0000
3	4	-0.0000	10054.8851	1238.945	-0.0000	0.0000	-0.0000



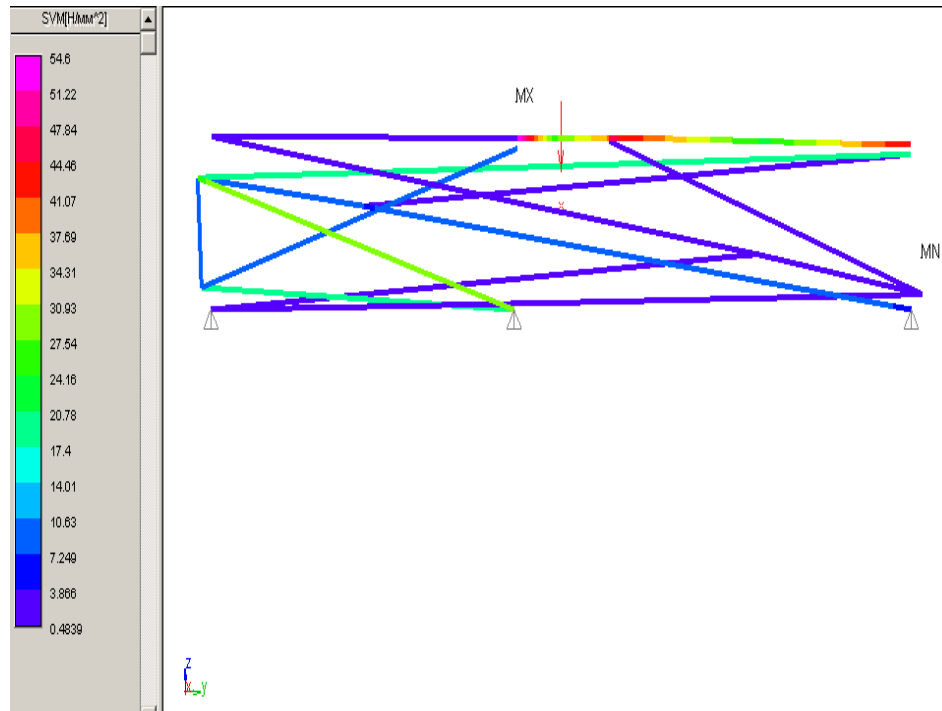
2 сурет – Гидроцилиндрдің жалпы көрінісі



3 сурет – №10 швеллер МЕСТ 8240-89

Қималар параметрлері: Ауданы 1097.88 кв.мм. Ауырлық центрі:  $X=56.374$   $Y=-10.994$ мм. Инерция моменті: X өсіне қатысты  $1752019.72\text{мм}^4$ , Y өсіне қатысты  $228374.01\text{мм}^4$ , полярлық  $1980393.73\text{мм}^4$ , негізгі орталық өстердің иілу бұрышы 0.01 градус.

APM structure-3D програмасында механизмнің моделін жасап, есептеуге жіберіп, нәтижесін аламыз.



4 сурет – Кернеу картасы

Нәтиже картасынан топсадағы реакциялардың және кернеудің мәндерін аламыз. Ең үлкен кернеуі 54.6 Н/мм<sup>2</sup>, ал топсадағы реакциялардың мәндері 5-кестеде көрсетілген.

Бұл нәтижелер ең үлкен кернеудің мәні,  $[\sigma]$  мүмкіндік кернеуінен (болат үшін  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ) әлде қайда төмен екендігін көрсетеді.

#### ӘДЕБИЕТ

[1] Ибраев С.М. Combined Approximation, Optimisation and Random Search technique for Adjustable Four-Bar Linkage Synthesis. Int. Sc. Journal of IFToMM "Mechanism and Machine Nheory" // Rectived for publication, Elsevier, UK – 2005 – Paper No MMT 38-115.

[2] А.Ж. Сейдахмет, А.М. Сакенова, Э.К. Масатбаев, Проектирование подъемного стола с использованием компьютерных систем АРМ WINMACHINE и INVENTOR // Бірінші халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының еңбектері «Белдік жасау, материалтану және машина жасау өндірісінің автоматты жобалауындағы жаңалық». – Алматы 2010ж. – 137-139 бб.

[3] Косболов С.Б., Рахматулина А.Б., Танжарикова Г.П.. Жүк көтергіш механизмнің жетекші кинематикалық тізбегін тиімді жобалау // Вестник КазНТУ. - Алматы, 2011. - №6(85). – С.71-74

[4] Рахматулина А.Б., Г.П. Танжарикова. Оптимальный синтез ведущего звена восьмизвенного грузоподъемного рычажного механизма // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2011. - №3(85). – 129-133 с

[5] Косболов С.Б., Рахматулина А.Б., Танжарикова Г.П.. Жүк көтергіш механизмнің моделін Autodesk Inventor программасымен жасау және кернеулік-деформациялық күйін зерттеу // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2011№6(85). – С.98-101.

[6] Косболов С.Б., Рахматулина А.Б., Бахытжанұлы Ж., Сакенова А.М. Жүк көтергіш механизмнің жетекші гидроцилиндрін тиімді жобалау. //Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии, оборудование и материалы в машиностроении». – Алматы, 2012. – С.446-450.

[7] Rakhmatulina A.B., Kosbolov S.B., Tanzharikova G.P. Optimization of plane transmission lever mechanisms // International Conference on European Science and Technology. – Germany, 2012 – P.271-276

[8] Kosbolov S.B., Rakhmatulina A.B., Tanzharikova G.P. Design of a New Load Lifting Mechanism // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2013.- Vol.83. - P. 689–692. *Scopus*

[9] Serikbay Kosbolov, Ayaulym Rakhmatulina and Nurbibi Imanbaeva. Optimal Design for a Leading Kinematical Chain of An Eight-Linked Planar Load- Lifting Linkage/ Advances in Natural and Applied Sciences 8(4) April 2014, Pages: 275-278 *Scopus*

[10] С.Ө. Жолдасбеков, Н.С. Иманбаева, Б. Тультаев, А.Т. Нурмаганбетова, А.Б. Рахматулина, Жүк көтергіш механизмнің моделін жасаудың инженерлік әдістемесі //Доклады НАН РК – 2014г. – №6. – 265-271 бб.

[11] Нурмаганбетова А. Т., Рахматулина А.Б., Иманбаева Н.С. Платформасы тіксызықты ілгерлемелі қозғалатын сегіззвеннолы механизмнің кинематикалық синтезі Материалы международной научной конференции «Актуальные проблемы механики и машиностроения» Алматы 19 -20 июня 2014 г. 363 - 371

[12] A.B.Rakhmatulina S.W.Dzholdasbekov, N.S. Imanbaeva, B.Tultaev, A.T. Nurmaganbetova, Engineering methods



development of models of hoisting devices // Reports of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Volume 6, Number (2014), 15-19 pp

[13] Ayaulym Rakhmatulina Serikbay Kosbolov, and Nurbibi Imanbaeva Optimal Design for a Leading Kinematical Chain of An Eight-Linked Planar Load-Lifting Linkage Mediterranean Journal of Social Sciences Volume 5, Number 23, 2014

#### REFERENCES

[1] Ibraev S.M. Combined Approximation, Optimisation and Random Search' technique for Adjustable Four-Bar Linkage Synthesis. Int. Sc. Journal of IFToMM "Mechanism and Machine Ntheory". Elsevier, UK.: Rectived for publication, **2005**, Paper No MMT 38-115 (in Eng.).

[2] A.Zh. Seydakhmet, A.M. Sakenova, E.K. Masatbaev, Proektirovanie pod'iemnogo stola s ispol'zovaniem komputernih system APM WINMACHINE i INVENTOR. *Birinshi khalykaralyk gilimy-tehnikalyk konferenciasinin enbekteri «Beldik zhasau, materialtanu zhane machine zhasau ondirisinin avtomatty zhabalauindagy zhanalyk»*, Almaty **2010**, 137-139 (in Kaz.).

[3] Kosbolov SB, Rahmatulina AB, GP .. Tanzharikova transport freight kotergish mehanizmnin zhetekshi kinematikalik tizbegin tiimdi zhabalau. Herald of KazNTU. - Almaty, **2011**. - №6 (85). - S.71-74

[4] A.B. Rakhmatulina, G.P. Tanzharikova. Optimal'nyi sintez veduchego zvena vos'mizvennogo gruzopod'emnogo rychazhnogo mehanizma. Vestnik KazNTU. – Almaty, **2011**. - №3(85). – 129-133 s (in Rus).

[5] Kosbolov S.B., Rahmatulina A.B., Tanzharikova G.P. Zhuk kotergish mehanizmnin modelin Autodesk Inventor programmasymen zhasau zhane keruelik-deformaciialik kyin zertteu. Vestnik KazNTU. – Almaty, **2011**, №6(85). – S.98-101 (in Kaz).

[6] Kosbolov S.B., Rakhmatulina A.B., Bahytzhanuly Zh., Sakenova A. M. Zhuk kotergish mehanizmnin gidrosilindrin tiimdi zhabalau. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya «Innavacionnye tehnologii, oborudovanie i materialy v machinostroeni». – Almaty, **2012**. – S.446-450 (in Kaz).

[7] Rakhmatulina A.B., Kosbolov S.B., Tanzharikova G.P. Optimization of plane transmission lever mechanisms. International Conference on European Science and Technology. – Germany, **2012** – P.271-276 (in Eng.)

[8] Kosbolov S.B., Rakhmatulina A.B., Tanzharikova G.P. Design of a New Load Lifting Mechanism. Procedia – Social and Behavioral Sciences. – **2013**.- Vol.83. - P. 689–692. *Scopus* (in Eng.).

[9] Serikbay Kosbolov, Ayaulym Rakhmatulina and Nurbibi Imanbaeva. Optimal Design for a Leading Kinematical Chain of An Eight-Linked Planar Load- Lifting Linkage/ Advances in Natural and Applied Sciences 8(4) April **2014**, Pages: 275-278 *Scopus* (in Eng.)

[10] S.W. Dzholdasbekov, N.S. Imanbaeva, B.Tul'taev, A.T. Nurmaganbetova, A.B. Rakhmatulina. Zhuk kotergish mehanizmnin modelin zhasaudin inzhenerlik adistemesi. *Doclady NAN RK №6*, **2014**. 265-271 (in Kaz.).

[11] Nurmaganbetova A.T., Rakhmatulina A.B., Imanbaeva N.S. Platformasy tiksyzkyty ilgerilemeli kozgalatyn segizzenoly mehanizmnin kinematikalik sintezi. Materialy mezhdunarodnoi konferensii «Aktual'nye problemy mihaniki i machinostroeniya», Almaty 19 -20 iunya **2014**. s.363 – 371(in Kaz).

[12] A.B.Rakhmatulina S.W.Dzholdasbekov, N.S. Imanbaeva, B.Tultaev, A.T. Nurmaganbetova, Engineering methods development of models of hoisting devices // Reports of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Volume 6, Number (**2014**), 15-19 pp (in Eng.).

[13] Ayaulym Rakhmatulina, Serikbay Kosbolov, and Nurbibi Imanbaeva. Optimal Design for a Leading Kinematical Chain of An Eight-Linked Planar Load-Lifting Linkage Mediterranean Journal of Social Sciences Volume 5, Number 23, **2014** (in Eng.).

УДК 621.01; 539.3; 539.62

**С.У. Джолдасбеков, С.М. Ибраев, А.М. Сакенова, Н.С. Иманбаева, А.Т. Нурмаганбетова**

«Институт механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова» КН МОН РК, г. Алматы

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ APM WINMACHINE

**Аннотация.** Грузоподъемные столы универсальны, рассчитаны на подъемы и спуск различных грузов по массе, мобильны из-за компактных размеров и малого собственного веса.

Конструкция грузоподъемного механизма, предназначенная для поднятия тяжелых грузов, должна быть прочной и оптимальной для периодической и непрерывной работы.

Поэтому был создан метод оптимального проектирования гидроцилиндрического толкателя в грузоподъемных механизмах. Создание механизма с высокой грузоподъемностью и малой уравновешивающей силой, с малым собственным весом – весьма актуальная проблема.

С помощью компьютерной системы APM Winmachine провели предварительный расчет на прочность подъемно-рычажного механизма, и нашли размеры поперечных сечений звеньев.

**Ключевые слова:** грузоподъемник, механизм, звено, гидроцилиндр, напряженно-деформированное состояние.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 186 – 192

**S.D. Fazylov, T.S. Zhivotova, O.A. Nurkenov, M.A. Abdykalykov,  
Zh.B. Satpaeva, A.B. Mukashev, A.N. Zhakupova, M.Z. Muldakhmetov**

Institute of organic synthesis and coal chemistry of the Republic of Kazakhstan, Karaganda,  
E-mail: [iosu8990@mail.ru](mailto:iosu8990@mail.ru), [zhzts2004@mail.ru](mailto:zhzts2004@mail.ru), [nurkenov\\_oral@mail.ru](mailto:nurkenov_oral@mail.ru), [iosu.kz@mail.ru](mailto:iosu.kz@mail.ru), [satpaeva\\_zh@mail.ru](mailto:satpaeva_zh@mail.ru),  
[alibek.mukashev.92@mail.ru](mailto:alibek.mukashev.92@mail.ru),

## DEVELOPMENT OF OPTIMAL PARAMETERS FOR PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES ON THE BASIS OF THE COAL SCREENING LEFTOVERS AND COAL SLURRIES

**Abstract.** The experimental data was obtained during the development of production technology of high-calorie coal briquette fuel. Studies were conducted to determine the optimal composition of batches on the basis of solid carbonaceous waste coal and coal slurries screenings. The processes of chemical adhesion between coal slurry and coal tailings in the presence of binding Na-CMC-75/400 and hydrophobic agent (coal tar) were studied. Assessments of quality of the obtained pellets were carried out using standard procedures and regulations on fuel briquettes test methods. The optimum pellet sizes within the batch as well quantitative composition of the briquettes were determined. The main qualitative indicators of coal fuel briquettes are determined to be: heat of combustion, mechanical strength and water resistance. The briquettes produced according to this technology are classified as domestic solid smokeless briquettes.

**Keywords:** briquette fuel, coal tailings, intensity of combustion, mechanical strength, water resistance.

УДК 622.788:662.712

**С.Д. Фазылов, Т.С. Животова, О.А. Нуркенов, Ж.Б. Сатпаева,  
М.А. Абдыкалыков, А.Б. Мукашев, А.Н. Жакупова, М.З. Мулдахметов**

Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, г. Караганда

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ БРИКЕТНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ УГОЛЬНЫХ ОТСЕВОВ И УГОЛЬНОГО ШЛАМА

**Аннотация.** Представлены экспериментальные данные, полученные при разработке технологии производства высококалорийного угольно-брикетного топлива. Проведены исследования по установлению оптимальных параметров составления шихты на основе твердых углеродсодержащих отходов угольных отсевов и угольных шламов. Изучены адгезионно-химические процессы композиции «угольный шлам+угольный отсев» в присутствии связующего (Na-КМЦ-75/400) и гидрофобизатора (каменноугольной смолы). Оценка качества полученных брикетов проводилась с использованием стандартных методик и нормативных документов на методы испытаний топливных брикетов. Установлены оптимальный гранулометрический состав шихты для брикетирования и количественный состав брикетов. Определены основные качественные показатели полученных углетопливных брикетов – теплота сгорания, механическая прочность и водостойкость. Получаемые при оптимальных технологических параметрах и составах брикеты, по содержанию летучих веществ относятся к категории бездымных бытовых твердых брикетов.

**Ключевые слова:** брикетное топливо, углеотходы, теплота сгорания, механическая прочность, водостойкость.

При переработке и добыче угля, в частности, при его обогащении, образуется огромное количество не утилизируемых (или утилизируемых), не квалифицированно тонкодисперсных отходов (в основном, в виде шламов), содержащих, в ряде случаев, до 50-70% угольного вещества. Накопление и складирование таких отходов не только наносит существенный ущерб экологии регионов, но и крайне невыгодно с экономической точки зрения. Проблема рационального использования этих углей связана, прежде всего, с большим содержанием мелких фракций, достигающим 50-65% от общего добываемого его количества [1,2]. Уровень переработки угля ведущими странами в настоящее время составляет более 60% в США, 75% – в Австралии, 80% – в Германии, 90% – в Великобритании [3, 4]. В Казахстане этот показатель не превышает 36%.

Как известно, Карагандинский угольный бассейн с площадью около 3,6 тыс. км<sup>2</sup> – один из крупнейших в мире, который по запасам угля занимал третье место в СССР после Кузбасса и Донбасса. Добыча ведется, главным образом, подземным способом. Основные центры добычи – города Караганда, Сарань, Абай, Шахтинск. Потребителями коксующихся углей являются металлургические заводы Казахстана и России, энергетических – железнодорожный транспорт, электростанции и промышленные предприятия. Проблема утилизации и переработки углеотходов в Карагандинском регионе особенно актуальна. Разработка технологии производства брикетно-угольного топлива для Центрально-Казахстанского региона на основе местных сырьевых ресурсов имеет большую практическую перспективу, позволит существенно снизить себестоимость брикетов и решить экологические проблемы, связанные с утилизацией углеотходов.

Брикетирование углей – одно из направлений превращения мелких классов углей в бытовое и энергетическое топливо для слоевого сжигания. Так, при сжигании отсева угля в слоевой топке коэффициент использования химической энергии угля составляет не более 40-45%. При сжигании в слое брикетов, полученных из того же отсева угля, коэффициент полезного использования химической энергии угля составляет 70-80%. Отсюда очевидны преимущества использования брикетного топлива [3-8]. В настоящее время известно большое количество различных способов брикетирования, отличающихся как по компонентному составу брикетов, так и по технологии их получения. Основные качественные показатели углеотопивных брикетов сводятся к следующим параметрам: теплота сгорания, механическая прочность и водостойкость. Помимо этого, готовый брикет должен быть экологически безвредным и иметь достаточно низкую себестоимость, оставаясь конкурентоспособным видом топлива на рынке энергоресурсов. Теплота сгорания брикетов определяется только качеством и составом компонентов брикетируемой шихты, которые могут целенаправленно изменяться [8-15]. Механические показатели композиционного брикета зависят как от состава шихты, так и от ряда технологических параметров брикетирования. Основным требованием к сырьевой смеси для производства брикетов являются гранулометрический состав шихты и расход связующего, оптимальный с точки зрения обеспечения заданной прочности, как готового брикета, так и брикета-сырца направляемого в сушку.

Нами в качестве объектов исследования использовались: угольный шлам обогатительной фабрики ЦОФ-7 (г.Караганда), угольные отсева Кузнецкого и Шахтинского разрезов Карагандинской области, в качестве связующего – клей Na-КМЦ-75/400, в качестве гидрофобизатора – каменноугольная смола ТОО «Сары-Арка-спецкокс» (г. Караганда). Предварительно определены качественные показатели использованных местных угольных материалов:

– угольный отсев Кузнецкого разреза, марка Б-3: зольность ( $A^d$ ) – 17,2-23,00%; влага общая ( $W^a$ ) – 16,56%; выход летучих веществ ( $V^{daf}$ ) – 47,20%; массовая доля серы ( $S^d_t$ ) – 0,50-0,71%; низшая теплота сгорания ( $Q_i^r$ , ккал/кг) – 4600-4930 ккал/кг;

– угольный отсев Шахтинского разреза, марка К-12: зольность ( $A^d$ ) – 18,3-27,4%; влага общая ( $W^a$ ) – 13,26-15,31%; массовая доля серы ( $S^d_t$ ) – 0,43-0,64%; низшая теплота сгорания ( $Q_i^r$ ) – 4600-4804 ккал/кг, высшая теплота сгорания ( $Q_s^{daf}$ ) – 7900 ккал/кг;

– угольный шлам ЦОФ-7 (марки КЖ, К, К-12): зольность – 34,5%; влага общая – 14,1-18,2%; выход летучих веществ – 25,6%; массовая доля серы ( $S^d_t$ ) – 0,63%; низшая теплота сгорания ( $Q_i^r$ ) – 4450 ккал/кг, высшая теплота сгорания ( $Q_s^{daf}$ ) – 6390 ккал/кг;

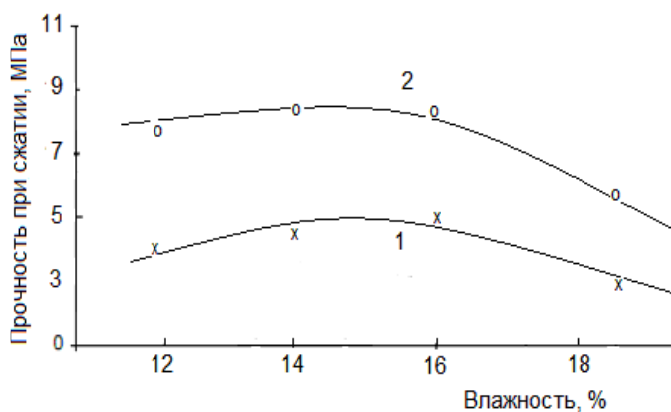
– клей Na-КМЦ-75/400, массовая доля основного вещества в абсолютно сухом техническом продукте, не менее 50%, активность водородных ионов (рН) водного раствора Na-КМЦ-75/400 с массовой долей 1,5% при температуре 20 °С;

– каменноугольная смола ТОО «Сары-Арка-Спецкокс»: зольность – 0,1%; плотность при 20 °С – 0,4 кг/м<sup>3</sup>; температура кипения: в парах – 315 °С, в жидкости 390 °С; выход пека 50%; массовая доля веществ, нерастворимых в толуоле 3,8%; содержание фенолов > 20%.

В условиях лабораторных испытаний для изготовления опытных образцов брикетов был выбран способ полусухого прессования. Углетопливные брикеты изготавливали цилиндрической формы диаметром 25 мм, длиной 100-120 мм. Оценку качества полученных брикетов проводили с использованием стандартных методик и нормативных документов на методы испытаний топливных брикетов [16-18].

В исследованиях брикетированию подвергались угольные шихты (угольный отсев + угольный шлам) с влажностью 12-18% при содержании угольной мелочи 50-90 масс.%, угольного шлама 10-50 масс.%, клея Na-КМЦ-75/400 3-8 масс.%. Клей приготовлен растворением Na-КМЦ-75/400 в воде в соотношении 20:1 и добавлен в шихту в количестве 5% от общей массы брикетной смеси. Угольный шлам ЦОФ-7 вводили в шихту для брикетирования с целью удешевления стоимости получаемых брикетов, а также повышения пластичности и улучшения зернового состава угольной шихты. Ситовый анализ угольных шламов ЦОФ-7 показал, что в его зерновом составе содержание фракций 1-2 мм и 0-1 мм составляет по 45-60%, частиц свыше 3 мм – не более 8-10%, что сокращает затраты на измельчение исходного сырья. В результате проведенных исследований установлено, что оптимальный гранулометрический состав шихты для брикетирования должен иметь следующий ситовый состав: 0-1 мм – 35-45%, 1-2 мм – 25-40%, 2-3 мм – 6-10%.

Влагосодержание шихты оказывает важное влияние на прочностные свойства брикета-сырца [15-18]. Поскольку на влажность шихты влияет большое количество факторов, учесть влияние которых затруднительно, нужную влажность подбирают опытным путём. Оптимальное значение влажности угольной шихты устанавливалось по значениям прочности при сжатии образцов при минимальном и максимальном давлении прессования. На рисунке 1 показана зависимость прочности брикета-сырца от влажности шихты при расходе водного раствора клея Na-КМЦ-75/400 в количестве 5% от общей массы шихты, откуда следует, что оптимальной для брикетирования является влажность воздушно-сухого состояния угольной смеси, находящаяся в пределах 14-16%.



Состав шихты: отсев Кузнецкого разреза марки Б-3 + шлам = 80:15.

Рисунок 1– Влияние содержания влаги угольной шихты на прочность брикетов при давлении прессования 20 МПа (кривая 1) и 50 МПа (кривая 2)

Увеличение содержания влаги в угольной шихте от 16 до 22% оказывало понижающее влияние на адгезию между углем и связующим из-за резкого нарушения непосредственных адсорбционных контактов в межфазной зоне, что и приводило к уменьшению прочности. Прочность сцепления частиц брикетируемой угольной смеси в значительной степени возрастает с увеличением давления прессования.

Сжигание полученных образцов брикетов показало, что брикетная композиция на основе угольного отсева Шахтинского разреза класса марки К-12 и угольного шлама лучше возгорается, горение происходит постепенно, не выделяет дыма и долго сохраняет тепло, брикеты раскаленные, в процессе горения не рассыпаются. Брикетные композиции на основе угольного отсева Кузнецкого разреза марки Б-3 уступают по этим показателям, они плохо воспламеняются, в процессе горения рассыпаются. Основные технические характеристики брикетов опытной партии приведены в таблице 1.

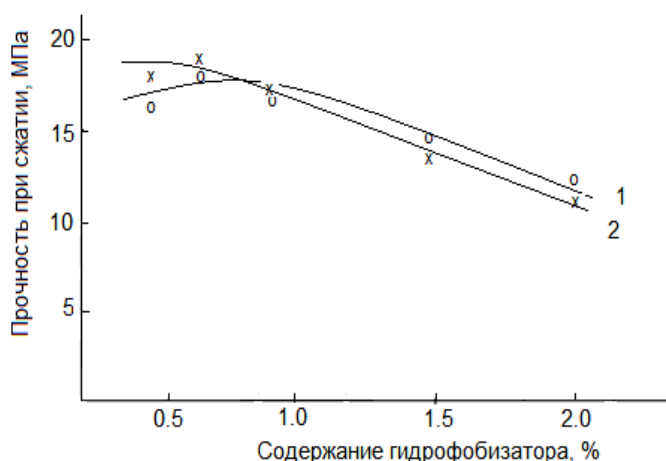
Таблица 1 – Основные технические характеристики углебрикетов опытной партии

Шихта	Состав брикета <sup>1</sup> , %		Показатель качества <sup>2</sup>						
	А	Б	$R_{сбр}$ , %	$R_{ист}$ , %	$A^d$ , %	$W^a$ , %	$V^{dav}$ , %	$Q_i^r$ , ккал/кг	$Q_s^{daf}$ , ккал/кг
Угольный отсев Кузнецкого разреза (А) + шлам (Б)	60	35	82,7	74,7	32,4	3,62	39,2	4215	6750
	70	25	84,2	78,4	30,2	3,58	37,7	4750	8050
	80	15	86,4	77,1	34,6	3,44	36,5	4788	8141
Угольный отсев Шахтинского разреза (А) + шлам (Б)	60	35	85,3	75,6	34,5	3,65	39,0	4750	6834
	70	25	86,4	80,4	37,2	3,53	36,4	4750	8243
	80	15	86,3	77,6	38,3	3,36	37,3	4750	8141

<sup>1</sup> Количество связующего - 5%.  
<sup>2</sup>  $R_{сбр}$  – механическая прочность при сбрасывании;  $R_{ист}$  – механическая прочность при истирании;  $A^d$  – зольность;  $W^a$  – влага общая;  $V^{dav}$  – выход летучих веществ;  $Q_i^r$  – низшая теплота сгорания;  $Q_s^{daf}$  – высшая теплота сгорания.

Для придания брикетам большей прочности и водостойкости нами в качестве гидрофобизатора была использована каменноугольная смола ТОО «Сары-Арка-спецкокс». Опытным путем было установлено, что гидрофобизатор и угольные компоненты целесообразно смешивать предварительно нагрев до температуры 50-60 °С. Как показали результаты проведенных опытов, для брикетирования при фракционном составе угольной шихты в пределах 0-2,0 мм с влажностью исходной шихты 6-8%, оптимальное количество гидрофобизатора не должно превышать 1-3%.

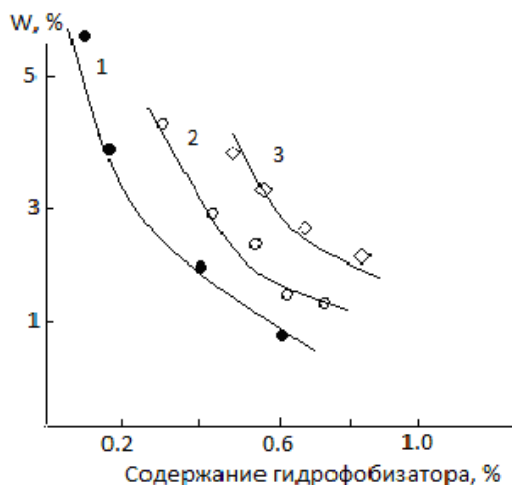
Брикеты изготавливались следующим образом. Вначале готовили затворяющую смесь. Для этого в подготовленный угольный отсев вводится каменноугольная смола, смесь подогревается (до температуры размягчения смолы) и перемешивается до получения однородной массы. Подготовленная таким образом затворяющая смесь (связующее) смешивалась с подогретым до 50-60 °С вторым углеродсодержащим компонентом – угольным шламом. Перемешивание проводили до полного смачивания частиц угля и получения однородной массы, а формование брикетов – из шихты, имеющей температуру 35-40 °С, давление прессования 10-25 Мпа. Содержание клея КМЦ-75/400 меняли в пределах 4-10% в зависимости от состава и влажности шихты. Упрочнение полученных брикетов возможно как в условиях естественного твердения при температуре окружающей среды 18-20 °С и относительной влажности 50-60%, так и при принудительной сушке. При сушке брикетов под действием молекулярно-поверхностных сил изменяется их структура. Естественная сушка дает возможность получить брикеты с минимальным количеством дефектов, так как при этом происходит медленная усадка материала. Однако интенсивность процессов структурообразования и количество кристаллических фаз, влияющих на свойства брикетов, увеличиваются при их температурной обработке. Результаты исследования зависимости прочности при сжатии от содержания гидрофобизатора представлены на рисунке 2, из которого следует, что оптимальное количество гидрофобизатора, для изучаемых составов шихты, находится в области 0,5-0,8%.



Брикетная шихта: 1 – отсев Кузнецкого разреза марки Б-3 + шлам = 80:15; 2 – отсев Шахтинского разреза марки К-12 + шлам = 80:15;  $C_{\text{КМЦ}}$ , 5%.

Рисунок 2 – Зависимости изменения прочности при сжатии композиционных углебрикетов от содержания гидрофобизатора

Результаты исследования водопоглощения углебрикета в зависимости от содержания связующих компонентов (рисунок 3), позволяют определить наиболее оптимальный диапазон расхода клея Na-КМЦ75/400 (5-8%) и гидрофобизатора (0,6-0,8%) для получения брикетов, имеющих водопоглощение не более 3,0-3,5%.



Брикетная шихта: отсев Кузнецкого разреза марки Б-3 + шлам = 80:15; расход Na-КМЦ75/400, %: 1 – 4,0; 2 – 6,0; 3 – 8,0.

Рисунок 3 – Зависимости изменения водопоглощения композиционных углебрикетов от содержания гидрофобизатора и связующего Na-КМЦ75/400

Оптимальный режим термообработки для полученных углебрикетных композиций составил: температура 95-100 °С, время выдержки – 3 ч, охлаждение – воздушное. Рост прочности с температурой, возможно, связан с увеличением скорости окислительных и полимеризационных процессов, протекающих в композиционной системе [19,20]. В результате этих процессов происходит его отверждение, образование твердых высокомолекулярных соединений, обеспечивающих прочную связь зерен брикетного материала.

Результаты испытаний брикетов с добавкой гидрофобизатора показали следующие показатели качества: механическая прочность при истирании 78-85%, сбрасывании – 85-90%, зольность – 30,2-32,5%, низшая теплота сгорания – 4320-4750 ккал/кг, высшая теплота сгорания – 7123-7480

ккал/кг. Характер горения брикетов с добавкой гидрофобизатора практически идентичен горению брикетов только со связующим Na-КМЦ75/400 – горение не сопровождается треском, зола по структуре пылевидная, термостойкость брикетов достаточно высокая. Получаемые при оптимальных технологических параметрах и составах брикеты, по содержанию летучих веществ относятся к категории бездымных бытовых твердых брикетов. Таким образом, проведенными исследованиями показана перспективность отработки технологии производства высококалорийного угольно-брикетного топлива на основе отходов угледобычи Карагандинского угольного бассейна.

Работа выполнена по гранту Комитета науки МОН РК № 2715/ГФ4.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Будаев С.С., Линева Б.И., Чигирин С.В. Разработка техники и технологии брикетирования Канско-Ачинских бурых углей и освоение промышленного производства топливных брикетов // Уголь. 2000. № 9. С.64-67.
- [2] Елишевич А.Т. Брикетирование угля со связующими. – М.: Недра. 1972. 162 с.
- [3] Шувалов Ю.В., Тарасов Ю.Д., Никулин А.Н. Обоснование рациональных технологий получения топливно – энергетического сырья на основе твердых горючих углеродсодержащих // Горный информационно–аналитический бюллетень. 2011. № 8. С. 243-247.
- [4] Шувалов Ю.В., Никулин А.Н. Ресурсосберегающие технологии получения тепловой энергии на основе переработки твердых горючих углеродсодержащих отходов // Записки горного института. – СПб.: СПГИ. 2007. Т. 170. Ч. 1. С. 139-141.
- [5] Малолетнев А.С., Мазнева О.А., Наумов К.И. Получение гранулированного бытового топлива из мелких классов углей Подмосковского и Канско-Ачинского бассейнов // Химия твердого топлива. 2012. N 2. С.47-54.
- [6] Лейкин В.З., Шестаков Н.С. Современные технологии эффективного сжигания топлива на ТЭС // Надеж. и безопас. энерг. 2013. N 3. С.20-27.
- [7] Литвинов В.В., Ширшиков В.И., Пилякин В.Н. Химия и технология брикетирования древесного угля // Изв. вузов. Лесной журнал. 2012. N 6(330). С.101-108.
- [8] Мальгин П.В., Любов В.К. Характеристики топливных гранул из различных видов древесных пород // Химия твердого топлива. 2015. N 5. С.61-69.
- [9] Манжай В.Н., Фуфаева М.С., Егорова Л.А. Топливные брикеты на основе мелкодисперсных частиц кокса и криогелей поливинилового спирта // Химия твердого топлива. 2013. N 1. С.44-47.
- [10] Мануйлов В.Е. Теоретическое обоснование возможности подачи углеотходов в сырьевой шлам // Информ. Цемент. 2011. N 4(34). С.66-69.
- [11] Мессерле А.В. Математическое моделирование процессов термохимической подготовки пылеугольных топлив к сжиганию в горелочных устройствах с плазменным источником // Горение и плазмохимия. - 2003. Т.1. N 2. С.153-160.
- [12] Роде В.В., Рыжков О.Г. Гуминовые препараты из бурых углей месторождений России // Химия твердого топлива. 1994. № 6. С.43-49.
- [13] Мингалеева Г.Р., Зацаринная Ю.Н., Назмеев Ю.Г. Последовательность расчета и термодинамическая эффективность индивидуальной системы подготовки угля с промежуточным бункером // Изв. РАН. Энергетика. 2006. N 2. С.67-73.
- [14] Мирошниченко Д.В. Размолоспособность углей // Кокс и химия. 2013. N 12. С.20-27.
- [15] Малолетнев А.С., Наумов К.И., Скрипченко Г.Б., Шведов И.М. Новые процессы получения окускованного топлива // Химия твердого топлива. 2011. N 3. С.45-51.
- [16] ГОСТ 21289-75. Брикеты угольные. Методы определения механической прочности. – Введ. 1977-01-07. –М. Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1986. 25 с.
- [17] Авгушевич И.В., Броновец Т.М., Головин Г.С. Стандартные методы испытания углей. Классификация углей. - М.: НТК «Трек». 2008. 368 с.
- [18] Карякин С.К., Загорин А.С., Маслов С.Г. Теплотехнические свойства углей Таловского месторождения Томской области // Изв. ТПУ. 2002. Т.305. N 2. С.131-136.
- [19] Угли бурые, каменные и антрацит. Номенклатура показателей качества. - ГОСТ 33130-2014. - Введ. впервые. - М.: Стандартинформ, 2015. 9 с.
- [20] Головин Г.С., Родэ В.В., Малолетнев А.С., Лунин В.В. Уголь – сырье для получения продуктов топливного и химико-технологического назначения // Химия твердого топлива. 2001. №4. С.3-29

#### REFERENCES

- [1] Budaev S.S., Lineva B.I., Chigirin S.V. *Ugol*, **2000**. 9. 64-67 (in Russ.).
- [2] Elishevich A.T. Briquetting of coal with connective. – М.: Nedra. 1972. 162 p.(in Russ.).
- [3] Shuvalov Yu.V., Tarasov Yu.D., Nikulin A.N. *Gornyy informatsionno–analiticheskiy byulleten*. **2011**. 8. 243-247(in Russ.).
- [4] Shuvalov Yu.V., Nikulin A.N. *Zapiski gornogo institute*, **2007**. 170. 1. 139-141(in Russ.).
- [5] Maloletnev A.S., Mazneva O.A., Naumov K.I. *Khimiya tverdogo topliva*. 2012. 2. 47-54 (in Russ.).
- [6] Leikin V.Z., Shestakov N.S. *Nadezhnost and bezopastnost energii*. **2013**. 3. 20-27 (in Russ.).

- [7] Litvunov V.V., Shirshikov V.I., Pialkin V.N. *Izv. Vuzov. Lesnoi zhurnal*. **2012**. 6(330). 101-108 (in Russ.).
- [8] Malygin P.V., Lyubob V.K. *Khimiya tverdogo topliva*. **2015**. 5. 61-69 (in Russ.).
- [9] Manjai V.H, Fufaeva M.C., Egorova L.A. *Khimiya tverdogo topliva*. **2013**. 1. 44-47 (in Russ.).
- [10] Manuilov V.E. *Inform Tsement*. **2011**. 4(34). 66-69 (in Russ.).
- [11] Messerle A.V. *Gorenie i Plazmochimiya*. **2003**. 1. 2. 153-160 (in Russ.).
- [12] Rode V.V., Ryzhkov O.G. *Khimiya tverdogo topliva*. **1994**. № 6. С.43-49(in Russ.).
- [13] Mingalieva G.P., Zatsarinnaya Yu. N., Nazmeev Yu.G. *Izv. RAN. Energetica*. **2006**. 2. 67-73 (in Russ.).
- [14] Miroshnichenko D.V. Koks and chimiya. **2013**. 12. 20-27 (in Russ.).
- [15] Maloletnev A.S., Naumov K.I., Skripchenko G.B., Shchedov I.M. *Khimiya tverdogo topliva*. **2011**. 3. 45-51 (in Russ.).
- [16] GOST 21289-75. Preforms coal. Methods of determination of mechanical durability. Vved. 1977-01-07. М.: GosstandartRossii. *Izd-vostandartov*, 1986. 25 p. il. 3. (in Russ.).
- [17] Avguchevish I.V., Bronovets T.M., Golovin G.S. Standard methods for testing coal. Classification of coals. М.: NTK «Trek». **2008**. 368 p (in Russ.).
- [18] Karyakin S.K., Zavorin A.S., Maslov S.G. *Izv. TPU*. **2002**. 305. 2. 131-136 (in Russ.).
- [19] Coal and peat and anthracite. Nomenclature of quality indices. GOST 33130-2014. М.: Standartinform. **2015**. 9 p (in Russ.).
- [20] Golovin G.S., Rode V.V., Maloletnev A.S., Lunin V.V. *Khimiya tverdogo topliva*. **2001**. 4. 3-29 (in Russ.).

**С.Д. Фазылов, Т.С. Животова, О.А. Нүркенов, М.А. Абдыкалыков,  
Ж.Б. Сатпаева, А.Б. Мұқашев, А.Н. Жақыпова, М.З. Молдахметов**

Қазақстан Республикасы Органикалық синтез және көмірхимиясы институты,  
Қарағанды қаласы

### **КӨМІР ҚАЛДЫҚТАРЫ МЕН КӨМІР ҚОҚЫСТАРЫ НЕГІЗІНДЕ БРИКЕТТІ ОТЫН АЛУДЫҢ ТИІМДІ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЖАСАУ**

**Аннотация.** Жоғары калориялы көмірлі-брикетті отынды алудың өндірістік технологиясын жасау барысында алынған тәжірибелік деректер келтірілген. Көмір өндірісінің қатты қалдықтары – көмір ұнтақтары мен көмірлі қоқыстардан шихтаны (қосындыны) жасаудың тиімді көрсеткіштерін іздестіру жұмыстары жүргізілген. «Көмір қоқысы-көмір ұнтағы» композициясының байланыструшы-желім (На-КМЦ-75/400) мен гидрофобизатор (таскөмір шайыры) қатысында адгезионды-химиялық процесстер зерттелген. Алынған брикеттердің сапалық көрсеткіштерін анықтау стандартты методикалар мен нормативті құжаттарға негізделінген әдістемелерді қолдану барысында бағаланған. Брикеттер алынатын шихталардың тиімді құрамы мен мөлшерлік құрамдары анықталған. Алынған көмірлі брикеттердің негізгі сапалық көрсеткіштері – жану жылулығы, механикалық беріктілігі мен суға тұрақтылығы. Тиімді технологиялық көрсеткіштер мен ыңтайлы құрам жағдайында алынатын брикеттер түтін болып ұшатын заттар көлемі бойынша түтінсіз жанатын тұрмыстық брикеттерге жатады.

**Түйін сөздер:** брикетті отын, көмір қалдықтары, жану жылуы, механикалық қаттылық, суға беріктілік.

#### **Сведения об авторах:**

Фазылов Серик Драхметович – д.х.н., проф.;  
Животова Татьяна Сергеевна – д.х.н., проф.;  
Нүркенов Оралгазы Ақтаевич – д.х.н., проф.;  
Сатпаева Жанаркуль Болсынбековна – научный сотрудник., магистр;  
Абдыкалыков Мейрам Ахмеджанович – к.б.н. вед. науч. сотрудник;  
Мұқашев Алибек Болатович – мл. науч. сотрудник;  
Жакупова Айнура Ныгметуллиновна – к.х.н., доцент зав. кафедрой химии;  
Молдахметов Марат Зайнулович – д.х.н., проф., член-корр. НАН РК



**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 193 – 200

**V.P. Malyshev, Y.S. Zubrina, A.M. Makasheva**Zh. Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan  
[eia\\_hmi@mail.ru](mailto:eia_hmi@mail.ru)**INTERCONNECTION OF HEAT AND MECHANICAL ENERGY  
IN THE DESTRUCTION OF MATERIALS**

**Abstract.** The destruction of solid materials is possible only due to heat exposure at the melting temperature. However, at low temperatures, the destruction may be achieved by mechanical energy impact which is supplemented to the thermal energy of the mill charge. The latter is described by the Boltzmann distribution, which may be applied to a solid state. In the framework of this distribution we can determine the probability of overcoming any energy barrier, taking into account thermal energy of the chaotic motion of particles.

On this basis, a formula to calculate the probability of destruction of matter by the summing action of thermal and mechanical energy was obtained. This ensures the relative decrease in the  $E_a$  activation barrier.

**Key words:** thermal energy, mechanical energy, interconnection, destruction, Boltzmann distribution, probability theory, activation factor, grinding.

УДК 622.8

**В.П. Малышев, Ю.С. Зубрина, А.М. Макашева**

Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева, Караганда, Казахстан

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕПЛОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ  
ПРИ РАЗРУШЕНИИ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** Разрушение твердых материалов возможно за счет только теплового воздействия при температуре плавления. Но при низких температурах разрушение может быть достигнуто с помощью энергии механического воздействия, которое дополняется к тепловой энергии измельчаемого материала. Последняя описывается распределением Больцмана, которое вполне можно применить к твердому состоянию. В рамках этого распределения можно определить вероятность преодоления любого энергетического барьера, учитывая тепловую энергию хаотического движения частиц.

На этой основе выведена формула для расчета вероятности разрушения вещества по суммарному воздействию тепловой и механической энергии. Тем самым обеспечивается относительное понижение барьера активации  $E_a$ .

**Ключевые слова:** тепловая энергия, механическая энергия, взаимосвязь, разрушение, распределение Больцмана, вероятностная теория, активационный фактор, измельчение.

**Введение**

Как известно, разрушение твердых материалов возможно без механического взаимодействия за счет только тепловой энергии при температуре плавления. Очевидно, при более низких температурах этот же эффект может быть достигнут за счет дополнения имеющейся тепловой энергии материала энергией механического воздействия. Это можно обосновать с помощью распределения (энергетического спектра) Больцмана по кинетической энергии хаотического движения частиц, вполне применимого и к твердому состоянию, как это показано в книге Леонтовича М.А. [1].

Равновесное распределение частиц по кинетической энергии хаотического (теплого) движения в зависимости от температуры было установлено Л. Больцманом в следующей форме [2]

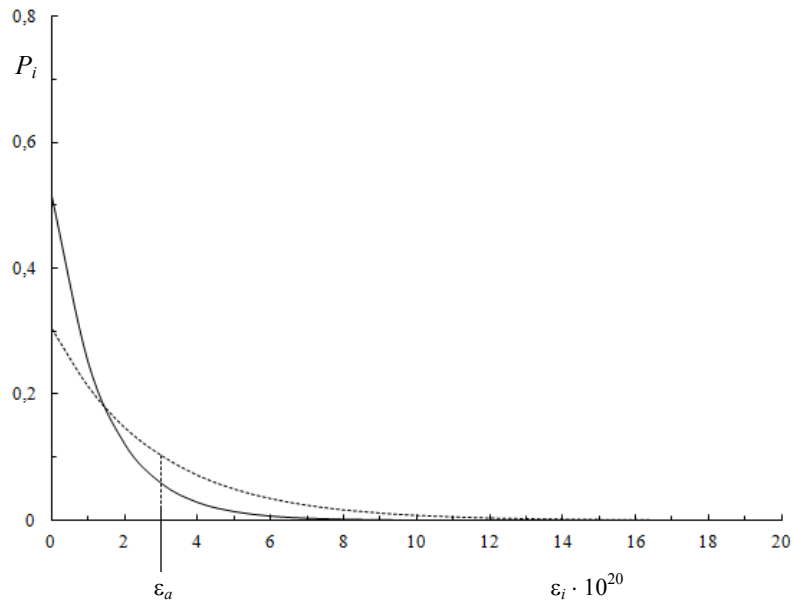
$$P_i = N_i/N = \exp(-\varepsilon_i/kT) / \sum_{i=1}^m \exp(-\varepsilon_i/kT), \quad (1)$$

где  $P_i$  и  $N_i$  – соответственно доля и число частиц с энергией  $\varepsilon_i$ ;  $N$  – общее число частиц;  $k$  – константа Больцмана (названная так М. Планком [2]);  $m$  – число учитываемых энергетических уровней. Величину  $P_i$  можно трактовать и как вероятность обнаружения частиц с энергией  $\varepsilon_i$ .

Одним из свойств этого распределения является запрет на большую заселенность последующего уровня энергии в сравнении с предшествующим по условию  $P_{i+1} \leq P_i$ . Другое свойство состоит в повышении равномерности заселения уровней с увеличением температуры. Так, при 0 К заселенным оказывается только первый уровень, а при  $T \rightarrow \infty$  достигается полная равномерность заселения всех уровней с  $P_i = 1/m$  и  $m = N$  [3-5]. Графически это распределение для двух произвольных температур выглядит следующим образом (рис. 1).

Как и предписывается этим распределением, оно имеет невозрастающий характер, т.е. соблюдается условие  $P_{i+1} \leq P_i$ . С повышением температуры распределение становится все более равномерным (при  $T \rightarrow \infty$  распределение становится горизонтальным и практически совпадает с осью абсцисс). Во всех случаях соблюдается условие

$$\sum_{i=1}^{m \leq N} P_i = 1. \quad (2)$$



$P_i$  – доля частиц, имеющих энергию  $\varepsilon_i \pm \Delta\varepsilon/2$ , Дж;  $\Delta\varepsilon$  – интервал варьирования  $\varepsilon_i$  (в данном случае  $\Delta\varepsilon = 10^{-20}$  Дж);  
 $\varepsilon_i$  – средняя энергия частицы на  $i$ -том уровне энергии, Дж. Сплошная линия – для температуры 1000 К,  
 пунктирная – для 2000 К.  $\varepsilon_a$  – энергетический барьер

Рисунок 1 - Распределение (энергетический спектр) Больцмана

В свою очередь ограничение  $m \leq N$  диктуется тем, что число учитываемых уровней энергии не может быть больше числа обладателей этого признака их различимости, т.е. самого числа частиц [5].

Для определения доли частиц, имеющих энергию, равную или большую, чем энергия некоторого барьера  $\varepsilon_a$ , необходимо просуммировать распределение вероятностей  $P_i$  выше барьера  $\varepsilon_a$ :

$$P_a = \sum_a^m \exp(-\varepsilon_i/kT) / \sum_1^m \exp(-\varepsilon_i/kT), \quad (3)$$

где  $a$  – номер уровня энергии, соответствующего энергии активации. Чтобы обеспечить определенность номера  $a$ , ему следует задавать некоторое целочисленное значение, исходя из соотношения

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_a / a, \quad (4)$$

где  $\Delta\varepsilon$  – постоянный энергетический интервал – шаг варьирования  $\varepsilon_i$ .

Для более точного выражения  $P_a$  необходимо от дискретного распределения энергии перейти к непрерывному, то есть перейти от суммирования к интегрированию. С этой целью вначале числитель и знаменатель дроби (3) умножаются на  $\Delta\varepsilon$  и этот множитель вводится под знак суммы:

$$P_a = \sum_a^m \Delta\varepsilon \exp(-\varepsilon_i/kT) / \sum_1^m \Delta\varepsilon \exp(-\varepsilon_i/kT). \quad (5)$$

При  $m \rightarrow \infty$  и  $\Delta\varepsilon \rightarrow d\varepsilon$  обеспечивается переход к интегральной форме

$$P_a = \int_{\varepsilon_a}^{\infty} \exp(-\varepsilon/kT) d\varepsilon / \int_0^{\infty} \exp(-\varepsilon/kT) d\varepsilon. \quad (6)$$

Данное выражение раскрывает геометрический смысл функции  $P_a$  (см. рис. 1): она равна отношению площади под кривой  $P = f(\varepsilon)$  (эта площадь и есть интеграл данной функции) справа от  $\varepsilon_a$  к площади под всей кривой. Из рис. 1 очевидно, что с повышением температуры площадь под кривой справа от  $\varepsilon_a$  увеличивается, а слева – уменьшается, поэтому доля сверхбарьерных частиц должна повышаться.

Математически данный результат получается после взятия интегралов. Так, первообразная функция для неопределенного интеграла  $\int \exp[-\varepsilon/(kT)] d\varepsilon$  имеет вид

$$F = -kT \exp[-\varepsilon/(kT)] + const. \quad (7)$$

При взятии несобственных интегралов в (6) константа интегрирования сокращается, поэтому для интеграла в числителе имеем

$$\int_{\varepsilon_a}^{\infty} \exp[-\varepsilon/(kT)] d\varepsilon = \left[ -kT \exp[-\varepsilon/(kT)] \right]_{\varepsilon_a}^{\infty} = kT \exp[-\varepsilon_a/(kT)]. \quad (8)$$

Интеграл в знаменателе равен

$$\int_0^{\infty} \exp[-\varepsilon/(kT)] d\varepsilon = \left[ -kT \exp[-\varepsilon/(kT)] \right]_0^{\infty} = kT. \quad (9)$$

В целом получается искомое выражение

$$P_a = \exp[-\varepsilon_a/(kT)], \quad (10)$$

из которого непосредственно следует необходимость увеличения доли надбарьерных частиц с повышением температуры.

Данное выражение использовалось в качестве составной части константы скорости еще в приближении уравнения Аррениуса, а затем и в более строгих выражениях формальной кинетики [6]. Не менее важным является интеграл (9), поскольку он имеет смысл среднеинтегральной тепловой энергии частицы при температуре  $T$ , с которой непосредственно сопоставляется энергия

барьера  $\varepsilon_a$  в формуле (10). В пересчете на моль эта формула примет вид

$$P_a = \exp[-E_a/(RT)], \quad (11)$$

в которой  $RT$  приобретает смысл среднеинтегральной тепловой энергии моля вещества при температуре  $T$ .

Вообще говоря, согласно теореме о среднем значении функции ее истинная, математически строгая величина может быть определена именно как среднеинтегральная [7]. Поэтому в дальнейшем будем называть величину  $RT$  просто средней тепловой энергией.

Детальное рассмотрение энергетического поведения отдельных частиц в рамках распределения Больцмана можно понимать как микроскопический подход, а с учетом оперирования средней тепловой энергией – как макроскопический. В этом соединении двух крайностей, по-видимому, и заключена непреходящая ценность подобного отображения сложных систем и возможность решения многих конкретных проблем [8], к числу которых относится и проблема адекватного отображения воздействия механической энергии на разрушение материалов.

### **Трактовка разрушаемости материалов под суммарным воздействием тепловой и механической энергии**

Основная причина неудач при попытках решения данной проблемы, рассмотренных в работе [9], на наш взгляд, состоит в слишком непосредственном сопоставлении механической энергии  $E_{mec}$  с энергией связи частиц  $E_b$ , которое заключается в вычитании первой из второй, как это можно выразить для различных вариантов активации разрушения

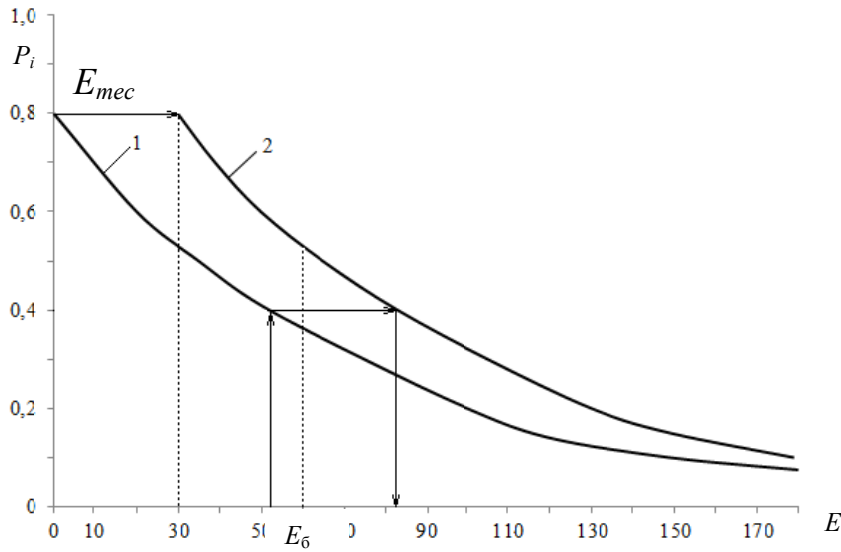
$$P_a = \exp\left(-\frac{E_b - E_{mec}}{RT}\right). \quad (12)$$

Здесь при возрастании механической энергии вероятность разрушения структуры закономерно увеличивается, но при  $E_{mec} > E_b$ , которое в реальных условиях разрушения может быть нормой, получаются абсурдные значения  $P_a > 1$ . К тому же при таком выражении активационного фактора, имеющего смысл вероятности разрушения, тепловая и механическая энергия противопоставляются друг другу.

Обсуждаемый способ выражения энергии активации заимствован, по-видимому, из молекулярной кинетики, в которой на самом деле преследуется цель понижения энергии активации за счет использования катализаторов.

Между тем при воздействии механической энергии на вещество чисто физически она **прибавляется** к тепловой энергии системы, а не вычитается из энергии связи частиц, что может быть следствием уже **совместного** воздействия тепловой и механической энергии на вещество.

В условиях неравновесности подвода механической энергии это возмущение можно представить как сдвиг всего распределения энергии на одинаковую для всех частиц величину механической энергии благодаря упругим свойствам кристалла (рис. 2).



$E_i$  – энергия частиц;  $E_0$  – энергия барьера, равная энергии активации разрушения  $E_a$ ;  
 $E_{mec}$  – механическая энергия;  $P_i$  – доля частиц с энергией  $E_i$  до удара (1)  
 и с энергией  $E_i + E_{mec}$  в момент механического воздействия (2).

Рисунок 2 - Сдвиг энергии частиц по распределению Больцмана при механическом воздействии (в расчете на моль вещества). Стрелками показано мгновенное повышение энергии произвольной частицы

Нельзя исключить и частичную релаксацию системы, сопровождаемую повышением температуры. При этом вероятность преодоления некоторого энергетического барьера  $E_0$ , т.е. вероятность разрушения, будет увеличиваться не за счет абсолютного, а за счет **относительного** понижения барьера благодаря увеличению суммарной энергии для всех частиц, из-за чего часть подбарьерных частиц становится сверхбарьерной (на рисунке это перемещение показано стрелками).

Таким образом, по физическим основаниям вероятность разрушения следует выразить как результат противодействия суммы тепловой и механической энергии активационному барьеру разрушения вещества:

$$P_a = \exp\left(-\frac{E_a}{RT + E_{mec}}\right). \tag{13}$$

Здесь, в отличие от (12), появление абсурдных результатов исключено при любом  $RT$  и  $E_{mec}$  и гарантируется соблюдение условия  $0 \leq P_a \leq 1$ , а при  $E_{mec} \gg RT$  роль тепловой энергии становится ничтожной.

Поскольку размерность  $RT$ , как  $E_a$ , выражается удельной мольной величиной (Дж/моль), к ней же необходимо привести и размерность механической энергии. Для этого достаточно учесть число молей в разрушаемом веществе и отнести величину механической энергии к этому числу:

$$P_a = \exp\left(-\frac{E_a}{RT + \frac{E_{mec}M}{m}}\right), \tag{14}$$

где  $m$  – масса разрушаемого вещества, кг;  $M$  – его молярная масса, кг/моль;  $E$  – прилагаемая механическая энергия, Дж.

В принципе, все выкладки справедливы для любого вида воздействующей энергии – звуковой, лучистой (в частности, лазерной), но наиболее распространенной оказывается энергия удара. Покажем это на примере применения формулы (14) в новой теории измельчения руд, наиболее

адекватно отображающей вероятностную природу этого процесса [10-16].

### Роль активационного фактора в вероятностной теории измельчения

В этой теории скорость измельчения рассматривается как произведение вероятностей последовательных событий совместного присутствия мелющих и измельчаемых тел в объеме их хаотизированной смеси (концентрационный фактор,  $P_{\text{конц}}$ ), их пространственной совместимости – контакта (стерический фактор,  $P_{\text{ст}}$ ), непосредственного удара мелющего тела в измельчаемый материал (активационный фактор,  $P_a$ ) при периодической возобновляемости этих событий (частотный фактор,  $Z$ ,  $\text{с}^{-1}$ ):

$$V=Z \cdot P_{\text{конц}} \cdot P_{\text{ст}} \cdot P_a. \quad (15)$$

При этом все факторы раскрываются через паспортные характеристики мельницы, физические константы и режимные параметры процесса измельчения, а также через энергию удара шара в зерно. Так, раскрытие активационного фактора (14) приводит к формуле

$$P_a = \exp \left[ - \frac{E_a}{RT + MgD(\gamma_{\text{ш}}/\gamma_3)(d_{\text{ш}}/d_j)^3} \right], \quad (16)$$

где  $E_a$  – энергия активации, принятая для модельных расчетов равной теплоте плавления кварца (основного порообразующего минерала руды) 9170 Дж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная 8,31441 Дж/(моль·К);  $T$  – абсолютная температура, приравненная к комнатной, 298 К;  $M$  – молекулярная масса кварца, 0,0601 кг/моль;  $g$  – ускорение силы тяжести, 9,807 м/с<sup>2</sup>;  $D$  – внутренний диаметр мельницы, для модельных расчетов взятый из характеристики промышленной мельницы равным 3,36 м;  $\gamma_{\text{ш}}$  и  $\gamma_3$  – плотность материала шаров и руды, соответственно 7874 и 2650 кг/м<sup>3</sup>;  $d_{\text{ш}}$  – диаметр шара, равный в среднем 0,06 м;  $d_j$  – размер зерен  $j$ -ой фракции.

Энергия удара учтена через приравненную ей потенциальную энергию шара, массой  $m_{\text{ш}}$ , при падении с высоты  $h = D$  [14] по формуле

$$E_{\text{mec}} = m_{\text{ш}} g h. \quad (17)$$

Из формулы (16) следует, что с уменьшением размера зерен и увеличением диаметра шара разрушаемость зерен резко увеличивается. Однако этому противодействует стерический (экранирующий фактор), который по геометрическим соотношениям размеров шара и зерна получает выражение

$$P_{\text{ст}} = 4 \left[ \frac{d_j}{d_{\text{ш}}} - \left( \frac{d_j}{d_{\text{ш}}} \right)^2 \right]. \quad (18)$$

Здесь, напротив, при таком же изменении размеров зерен и шаров величина данного фактора уменьшается. Их совместное воздействие иллюстрируется рисунком 3.

Полученные данные свидетельствуют о доминировании стерического фактора в общем ничтожном разрушении для всех мелких классов, от  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$  при всей разрушительной мощи прямого удара шара в зерно. Лишь с  $10^{-3}$  м начинается заметный рост разрушаемости за счет ослабления стерического фактора, но на фоне ослабления и активационного, что приводит к формированию максимума разрушаемости на уровне 13,3% для размера зерна 3 мм. Вне этой зоны энергия падения шара тратится буквально впустую либо из-за непопадания в мелкие зерна из «мертвого» (экранированного) пространства, либо ввиду недостаточной мощи удара для разрушения более крупных зерен.

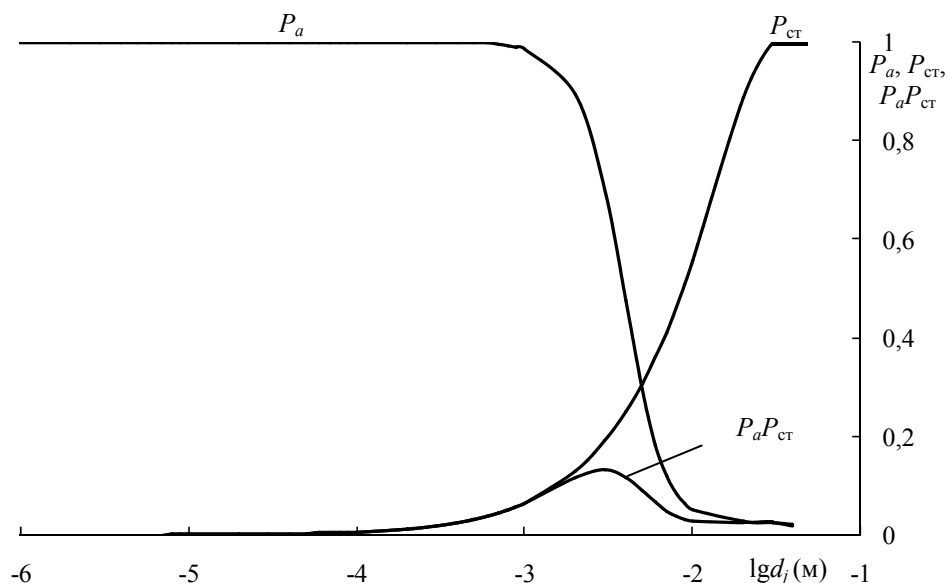


Рисунок 3 - Зависимость активационного и стерического факторов и их совместного воздействия в каждом цикле соударений от размера зерен

При этом впервые в рамках вероятностной теории измельчения дается объяснение крайне низкому энергетическому КПД процесса, который тем не менее требует не менее 90% всех затрат по горно-металлургическому циклу. Полученный результат можно рассматривать как еще одно свидетельство непреходящей ценности статистического распределения (энергетического спектра) Больцмана, сохраняющего до сих пор привлекательность для самых различных областей науки и практики [10].

### Заключение

Распределение Больцмана позволяет определить вероятность преодоления любого энергетического барьера за счет тепловой энергии хаотического движения частиц. Это воздействие может быть дополнено учетом приложенной механической энергии путем суммирования ее с тепловой. При этом полученная формула представляет собой вероятность разрушения вещества при суммарном воздействии тепловой ( $RT$ ) и механической ( $E_{mec}$ ) энергии

$$P_a = \exp\left(-\frac{E_a}{RT + E_{mec}}\right)$$

и обеспечивает относительное понижение барьера активации  $E_a$ . Данный активационный фактор использован в вероятностной теории измельчения материалов, и с его помощью раскрыта причина низкого энергетического КПД этого высокочрезвычайно затратного процесса.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Малышев В.П. Единый мир. Стихийность. Управляемость. Свобода. Паразитизм. – М.: Научный мир, 2012. – 216 с.
- [2] Больцман Л. Избранные труды. Молекулярно-кинетическая теория газов. Термодинамика. Статистическая механика. Теория излучения. Общие вопросы физики. – М.: Наука, 1984. – 590 с.
- [3] Малышев В.П. Основы термодинамики вещества при бесконечно высокой температуре. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 64 с.
- [4] Нурмагамбетова А.М., Малышев В.П., Мамяченков С.В. Энергетические аспекты распределения Больцмана // Вестник УГТУ-УПИ. – 2004. – № 5(35). – С. 215-218.
- [5] Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное отображение. – Алматы: Гылым, 1994. – 376 с.
- [6] Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. Учебник для химических факультетов. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1974. – 400 с.

- [7] Бронштейн М.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, 1987. – 544 с.
- [8] Чертиньяни К. Теория и приложения уравнения Больцмана. Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 496 с.
- [9] Ходаков Г.С. Физика измельчения. – М.: Наука, 1972. – 240 с.
- [10] Малышев В.П. Новый аспект в теории измельчения руд и управления этим процессом // Обогащение руд. – 1995. – № 4-5. – С. 4-14.
- [11] Малышев В.П., Турдукожаева (Макашева) А.М., Кайкенов Д.А. Развитие теории измельчения руд на основе молекулярной теории соударений и формальной кинетики последовательных реакций // Обогащение руд. – 2012. – № 4. – С. 29-35.
- [12] Малышев В.П. Молекулярный шарм и гремящее торнадо барабанных шаровых мельниц // Энциклопедия инженера-химика. – 2013. – № 9. – С. 54-59; – № 10. – С. 56-60; – № 11. – С. 44-52.
- [13] V.P. Malyshev, A.M. Turdukozhaeva. What Thunder There and is not Heard When Using Ball Mills? // Journal of Materials Science and Engineering A. – 2013. – V. 3. – № 2. – P. 131-144.
- [14] Малышев В.П., Турдукожаева А.М., Оспанов Е.А., Саркенов Б. Испаряемость и кипение простых веществ. – М.: Научный мир, 2010. – 304 с.
- [15] Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия: Учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1987. – 688 с.
- [16] Малышев В.П., Макашева А.М., Зубрина Ю.С. Влияние взаимного противодействия стерического и активационного факторов на эффективность процесса измельчения // Обогащение руд. – 2016. №1. – с. 22-26.

#### REFERENCES

- [1] Malyshev V.P. One World. Spontaneity. Controllability. Freedom. Parasitism. M.: Nauchnyj mir, **2012**, 216 p. (in Russ.).
- [2] Bol'cman L. Selected works. The molecular-kinetic theory of gases. Thermodynamics. Statistical mechanics. Radiation Theory. General questions of physics. M.: Nauka, **1984**, 590 p. (in Russ.).
- [3] Malyshev V.P. Fundamentals of thermodynamics of matter at an infinitely high temperature. Alma-Ata: Nauka, **1986**, 64 p. (in Russ.).
- [4] Nurmagambetova A.M., Malyshev V.P., Mamjachenkov S.V. *Vestnik UGTU-UPI*, **2004**, 5(35), 215-218. (in Russ.).
- [5] Malyshev V.P. Probabilistic and deterministic mapping. Almaty: Fylym, **1994**, 376 p. (in Russ.).
- [6] Jemanujel' N.M., Knorre D.G. Chemical Kinetics Course. Textbook for chemical faculties. Ed. 3rd, revised and additional. M.: Vysshaja shkola, **1974**, 400 p. (in Russ.).
- [7] Bronshtejn M.N., Semendjaev K.A. Handbook of mathematics for engineers and technical colleges students. 13th ed., revised. M.: Nauka, **1987**, 544 p. (in Russ.).
- [8] Chertin'jani K. The theory and applying of the Boltzmann equation. Trans. from English. M.: Mir, **1978**, 496 p. (in Russ.).
- [9] Hodakov G.S. Physics of grinding. M.: Nauka, **1972**, 240 p. (in Russ.).
- [10] Malyshev V.P. *Obogashhenie rud*, **1995**, 4-5, 4-14. (in Russ.).
- [11] Malyshev V.P., Turdukozhaeva (Makasheva) A.M., Kajkenov D.A. *Obogashhenie rud*, **2012**, 4, 29-35. (in Russ.).
- [12] Malyshev V.P. *Jenciklopedija inzhenera-himika*, **2013**, 9, 54-59; 10, 56-60; 11, 44-52. (in Russ.).
- [13] V.P. Malyshev, A.M. Turdukozhaeva. *Journal of Materials Science and Engineering A*, **2013**, 2, 131-144. (in Eng.)
- [14] Malyshev V.P., Turdukozhaeva A.M., Ospanov E.A., Sarkenov B. Evaporation and boiling simple substances. M.: Nauchnyj mir, **2010**, 304 p. (in Russ.).
- [15] Zhuhovickij A.A., Shvarcman L.A. Physical chemistry: textbook for high schools - 4th ed., revised and additional. M.: Metallurgija, **1987**, 688 p. (in Russ.).
- [16] Malyshev V.P., Makasheva A.M., Zubrina Ju.S. *Obogashhenie rud*, **2016**, 1, 22-26. (in Russ.).

**В.П. Малышев, Ю.С. Зубрина, А.М. Макашева**

Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қарағанды қ.,  
Қазақстан Республикасы

#### МАТЕРИАЛДАРДЫҢ БҮЛІНУІ КЕЗІНДЕГІ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУЛЫҚ ЭНЕРГИЯНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ

**Түйін сөздер:** жылулық энергия, механикалық энергия, өзара байланыс, бүліну, Больцманның таратуы, ықтималдық теория, активациялық фактор, ұсақтау.

**Аннотация.** Тек еру температурасындағы жылу әсері есебінен қатты материалдардың бүлінуі мүмкін. Алайда төмен температурада бүліну механикалық өзара байланыс энергиясының көмегімен жетуі мүмкін, және де ол ұсақталған материалдың жылулық энергиясына толықтырылады. Қатты күйге қолдануға болатын Больцманның таратуы ең соңғы болып жазылады. Осы бөлудің аясында бөлшектердің ретсіз қозғалуындағы жылулық энергияны ескере отырып, кез келген энергетикалық кедергіден өту ықтималдығын анықтауға болады.

Осы негізде заттектердің бүліну ықтималдылығын есептеу үшін формула шығарылған, ол жылулық және механикалық энергияның жалпы әсер етуін ескереді, осылайша  $E_a$  активация кедергісінің салыстырмалы төмендеуін қамтамасыз етеді.



**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 201 – 208

**S. Aidarova<sup>1</sup>, A. Tleuova<sup>1</sup>, A. Issayeva<sup>1</sup>, A. Sharipova<sup>1</sup>, D. Grigoriev<sup>2</sup>, R. Miller<sup>2</sup>**

1-Kazakh National Research Technical University after K.Satpayev

2- Max-Planck Institute of Colloids and Interfaces, Potsdam, Germany

\*E-mail: [zvezda.s.a@gmail.com](mailto:zvezda.s.a@gmail.com), [isa-asev@mail.ru](mailto:isa-asev@mail.ru)**APPLICATION OF THE PICKERING EMULSION  
FOR ENCAPSULATION OF HYDROPHOBIC AGENTS**

**Abstract.** Pickering emulsions represent the dispersions stabilized by the solid particles, fixed at the oil-water interface instead of conventional emulsifiers. Pickering emulsions are many medicinal and cosmetic medicines, insecticides, food emulsions, road (bituminous) emulsions. Besides, the emulsions stabilized by solid particles spontaneously formed during oil extraction and transportation, as well as wastewater treatment. Great interest to Pickering's emulsions for the last decades is shown in connection with the prospects of environmentally friendly and economic production of hybrid polymeric particles and nanocomposites with supramolecular colloidal structure. Emulsion or suspension polymerization in Pickering emulsions allows to receive *insitu* the strengthened nanostructured polymeric composites, unusual latex and microcapsules with unique properties.

In this work it is considered application of Pickering emulsions for capsulation of the active acting agents, methods of microencapsulation, micro- and nanoparticles at interfaces and their role in the Pickering emulsions.

**Key words:** Pickering emulsion, nanoemulsions, microencapsulation, emulsification, submicrocapsules, nanocapsules

УДК 541.64:678.744

**<sup>1</sup>С.Б. Айдарова\*, <sup>1</sup>А.Б.Тлеуова, <sup>1</sup>А.Б. Исаева,  
<sup>1</sup>А.А. Шарипова, <sup>2</sup>Д.О.Григорьев, <sup>2</sup>Р. Миллер**<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева, Казахстан, г. Алматы;<sup>2</sup> Институт им. Макса Планк, Германия, Потсдам/Гольм**ПРИМЕНЕНИЕ ЭМУЛЬСИИ ПИКЕРИНГА  
ДЛЯ ИНКАПСУЛЯЦИИ ГИДРОФОБНЫХ АГЕНТОВ**

**Аннотация.** Эмульсии Пикеринга представляют собой дисперсии, стабилизированные твердыми частицами, закрепленными на границе масло–вода, вместо обычных эмульгаторов. Эмульсиями Пикеринга являются многие лекарственные и косметические препараты, инсектициды, пищевые эмульсии, дорожные (битумные) эмульсии. Кроме того, эмульсии, стабилизированные твердыми частицами, самопроизвольно образуются в процессе добычи и транспортировки нефти, а также при очистке сточных вод. Большой интерес к эмульсиям Пикеринга за последние десятилетия проявляется в связи перспективами экологически чистого и экономичного производства гибридных полимерных частиц инанокмозитов с супрамолекулярной коллоидной структурой. Эмульсионная или суспензионная полимеризация в эмульсиях Пикеринга позволяет получать *insitu* – усиленные наноструктурированные полимерные композиты, необычные латексы и микрокапсулы с уникальными свойствами.

В настоящей работе рассматривается применение эмульсий Пикеринга для капсулирования активных действующих агентов, методы микрокапсулирования, микро- и наночастицы на границах раздела фаз и их роль в эмульсиях Пикеринга.

**Ключевые слова.** Пикеринг эмульсии, наноэмульсии, микроинкапсулирование, эмульгирование, субмикрокапсулы, нанокапсулы.

## Введение

Пикеринг эмульсии – это эмульсии любого типа, либо типа масло в воде (м/в), вода в масле (в/м) или даже несколько, стабилизированные твердыми частицами вместо поверхностно-активных веществ [1-3].

На рисунке 1 представлена схема капель эмульсии, стабилизированной твердыми частицами (а) и эмульсии, стабилизированной молекулами ПАВ (б)

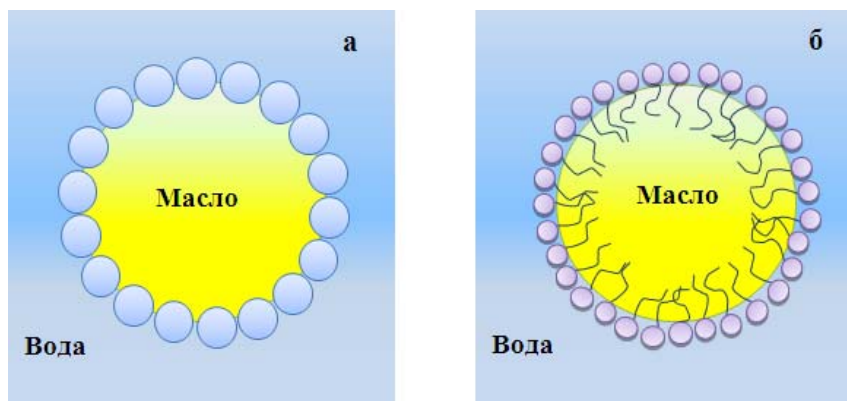


Рисунок 1 – Схемы эмульсии Пикеринга, (а) стабилизированной твердыми частицами и эмульсии, стабилизированной молекулами ПАВ (б)

Пикеринг эмульсии являются привлекательными, так как они просты и имеют сильное сходство с хорошо изученными эмульсиями, стабилизированными ПАВ.

Главными преимуществами систем, стабилизированных частицами являются сравнительно низкая себестоимость, экологичность и низкая токсичность в виду неиспользования или низкой концентрации традиционных ПАВ и высокомолекулярных соединений, что вызывает большой интерес за последние десятилетия для производства гибридных полимерных частиц и нанокompозитов с супрамолекулярной коллоидной структурой. Эмульсионная и суспензионная полимеризация в эмульсиях Пикеринга позволяет получать *insitu* усиленные наноструктурированные полимерные композиты, необычные латексы и микрокапсулы с уникальными свойствами [4].

Использование эмульсий с полимеризуемой «масляной» дисперсной фазой является универсальным методом приготовления контейнеров, заполненных соответствующими активными агентами. В частности, спонтанно эмульгированные Пикеринг эмульсии масло в воде могут быть использованы с этой целью [5].

Для того чтобы осуществить процесс эмульсионной полимеризации в эмульсиях, стабилизированных твердыми частицами, необходимо учитывать тот факт, что процесс, как правило, протекает в прямых эмульсионных системах, и поэтому необходимо выбирать в процессесинтеза такие частицы, величина краевого угла которых со стороны воды была бы чуть меньше  $90^\circ$ .

Процесс микрокапсулирования незаменим там, где необходима доставка капсулируемого вещества на место без взаимодействия со средой, в которой хранится это вещество. Применение микрокапсулирования позволяет разделить друг от друга несовместимые компоненты, превратить жидкость в свободно плавающие твердые частицы, защитить функционально активный агент от окисления или утраты целевых свойств из-за воздействия окружающей среды, маскировать неприятный запах, вкус капсулируемого вещества, а также контролировать место и время высвобождения активного компонента (продолженное или замедленное высвобождение) [5].

Микрокапсулирование даже очень близких по свойствам веществ в одних и тех же условиях может протекать по-разному. Факторами, влияющими на метод микрокапсулирования, являются следующие факторы. Во-первых, назначение продукта, определяющее условия, в которых используется капсулируемое вещество и проявляются его свойства, от этого зависит выбор пленкообразующего материала и среды для микрокапсулирования. Во-вторых, устойчивость и

растворимость капсулируемого вещества в условиях микрокапсулирования. Стоимость процесса также существенно влияет на целесообразность применения данного метода. С этой точки зрения более приемлемыми являются методы, состоящие из наименьшего числа стадий и осуществляемые как непрерывный процесс. Важными факторами также являются также размер микрокапсул, содержание в них капсулируемого вещества и эффективность микрокапсулирования. Так, жидкофазные методы позволяют получать микрокапсулы достаточно однородные по размерам, с большим содержанием основного вещества и меньших размеров.

Современные методы получения микрокапсул можно разделить на две группы: химические и физические, последний можно разделить на физико-химические и физико-механические методы [6].

Физико-химический метод, основанный на выделении новой фазы при использовании дисперсных систем с жидкой средой является метод коацервации. Метод коацервации проводят либо в водной, либо в органической среде. Коацервация в водной среде может проводиться только для капсулирования веществ, нерастворимых в воде (гидрофобные жидкие или твердые вещества). С другой стороны, коацервация в органической фазе позволяет инкапсулировать воднорастворимые материалы, но требуется использование органических растворителей. Метод коацервации бывает простым и сложным. Простая коацервация предполагает использование одного полимера, например, желатин или этилцеллюлоза, в водной или органической среде соответственно. Сложная коацервация включает использование двух противоположно заряженных полимерных материалов, таких как желатин и акации, которые растворимы в водной среде. В обоих случаях, коацервация вызвана постепенной десольватацией полностью сольватированными молекулами полимера. При микрокапсулировании коацервацией готовится водный раствор полимера (1-10%) при 40-50°C, в котором также диспергирован гидрофобное вещество ядра микрокапсулы. Для придания определенных свойств можно добавить подходящий стабилизатор. Постепенно вводится коацервирующий агент, который приводит к образованию частично десольватированных молекул полимера, и далее к их осаждению на поверхности частиц ядра. Далее смесь охлаждают до 5-20°C, с сопровождением добавления сшивающего агента для упрочнения оболочки, образующийся вокруг ядра частицы.

Таким образом, процесс коацервации состоит из трех стадий, которые проводятся при постоянном перемешивании. Первая стадия заключается в образовании эмульсии масло-вода (дисперсия масла в водном растворе, содержащем поверхностно-активный гидроколлоид), вторая стадия включает образование покрытия (осаждение полимера на капсулируемом веществе), последняя стадия заключается в стабилизации оболочки (упрочнение оболочки, используя термическую, сшивание или методы десольватации для образования устойчивых микрокапсул). Образование коацерватной оболочки вызвано разницей поверхностного натяжения между коацерватом, водой и гидрофобным материалом [7-9].

Физико-механическим методом микрокапсулирования в водной среде является высушивание распылением. Капсулируют гидрофобные вещества в водных растворах гидрофильных пленкообразующих материалов. Это одностадийный метод, основанный на высыхании капсулирующего материала при распылении. Концентрацию пленкообразующего материала в растворе подбирают так, чтобы при охлаждении в нем происходило гелеобразование. Раствор пленкообразующего материала смешивают с капсулируемым веществом, образуя эмульсию. После этого эмульсию подают в распыляющую насадку, в которую подается инертный газ или сжатый воздух.

Главным недостатком метода является необходимость нагревания продукта, что не позволяет микрокапсулировать легколетучие неполярные жидкости и накладывает ограничения на случаи микрокапсулирования термостабильных веществ, оборудование достаточно громоздкое и дорогое, более того, образуется тонкодисперсная пыль микрокапсул, которая требует дальнейшей обработки, как агломерация; общий термический КПД низок (использует большие объемы нагретого воздуха проходящий через камеру без контакта частиц, таким образом, не способствует непосредственно сушке). С другой стороны, использование техники сушки распылением для микрокапсуляции ограничено числом доступных подставных материалов с хорошей растворимостью в воде [10-11].

В описанных выше методах используют водорастворимые полимеры в качестве материалов оболочки микрокапсул, такими методами капсулируют вещества, не смешивающиеся с водой.

К методу микрокапсулирования в среде неполярной жидкости и с использованием растворов полимеров в органическом растворителе относится метод упаривания/выделения легколетучего растворителя. Капсулируемое вещество диспергируют в растворе полимера в летучем органическом растворителе. Со временем капли твердеют с образованием полимерных микрокапсул. Процесс твердения достигается путем удаления растворителя из капель полимера либо упариванием растворителя (нагревом или уменьшением давления), либо выделением растворителя (с помощью третьей жидкости, которая осаждает полимер, но смешиваема с водой и растворителем). Извлечение растворителя приводит к образованию микрокапсул с высокой степенью пористости, чем при их получении путем упаривания растворителя.

К химическим методам получения микрокапсул относится микрокапсулирование поликонденсацией. Этот метод является одним из наиболее универсальных и регулируемых химических методов. Это относится, в первую очередь, к поликонденсации на границе раздела фаз с образованием полиамидных и полиэфирных оболочек, которая протекает с большой скоростью, в мягких условиях и в системах любого типа – в прямых и обратных эмульсиях и в дисперсионных системах с твердыми веществами. Этот метод заключается в поликонденсации (конденсационная полимеризация) двух взаимодополняющих мономеров на границе раздела фаз двухфазной системы. Для приготовления микрокапсул осторожно смешивают две фазы при определенных условиях до образования мелких капель одной из фаз (дисперсной фазы). Материал, который должен быть инкапсулирован должен находиться (диспергирован или растворен) в каплях. Также необходимо использовать небольшое количество стабилизатора для предотвращения коалесценции капель или коагуляции частиц во время процесса поликонденсации и образования капсул [12].

Микрокапсулирование полимеризацией происходит при образовании полимера в системе, содержащей полимеризующиеся мономеры в виде раствора в одной или обеих жидких фазах или в газовой фазе, и отложении полимера на границе раздела с фазой капсулируемого вещества в результате нерастворимости полимера в системе или в результате полимеризации непосредственно на поверхности капсулируемого вещества.

Для иницирования полимеризации используют катализатор или инициатор, а также другие добавки, ускоряющие или снижающие температуру полимеризации.

В соответствии с этим методом мономер вводится по каплям в перемешивающуюся водную полимеризационную среду, содержащий материал, который должен быть инкапсулирован и подходящий эмульгатор. Полимеризация начинается и изначально образует молекулы полимера, осаждающиеся в водной среде, образуя первичные ядра. По мере протекания процесса, ядра растут постепенно и, одновременно захватывая материал ядра, до образования конечных микрокапсул.

Как правило, липофильные материалы (нерастворимый или малорастворимый в воде) наиболее подходят для инкапсуляции этим методом [13].

Важными достоинствами эмульсий Пикеринга, по сравнению с классическими эмульсиями, стабилизированными ПАВ, является их более высокая стабильность к коалесценции и изотермической перегонке. Это позволяет стабилизировать высококонцентрированные системы, а в некоторых случаях даже сохранять и восстанавливать структуру эмульсий даже после полного удаления дисперсионной среды [1]. Также отмечается устойчивость эмульсий Пикеринга к изменению pH среды, состава масляной фазы и введению добавок электролитов [14]. При флокуляции частиц может возникать дополнительный стабилизирующий эффект, связанный с образованием трехмерной гелевой структуры в объеме эмульсии.

Обычно использование ПАВ или других стабилизаторов с низким молекулярным весом является обязательным для предотвращения коалесценции капелек. Тем не менее, остается избыток ПАВ в образце, которые должны быть удалены после синтеза наночастиц, поскольку это может повлиять и усложнить их последующее применение, например, при формировании пленки. К тому же хорошо известно, что ПАВ могут привести к раздражению ткани или повреждению клеток, ставя под вопрос их использование в биомедицинских целях [15].

В отличие от эмульсий, стабилизированных ПАВ для эмульсий Пикеринга не требуется плотный слой – стабильные эмульсии образуются даже при 5%-м покрытии поверхности

частицами [16].

Стабилизация эмульсий смешанными системами полиэлектролит / ПАВ является ярким примером для применения в современных технологиях. Образование комплексов между полимерами и поверхностно-активными веществами, зависит от типа поверхностно-активного вещества (ионных, неионных) и от соотношения смешивания.

Поверхностная активность (гидрофильно-липофильный баланс) полученных комплексов является важной величиной для его эффективности в стабилизации эмульсии. Межфазные адсорбционные свойства, наблюдаемые на поверхности жидкость / масло более или менее эквивалентные тем, которые наблюдаются на поверхности водный раствор / воздух, тем не менее, соответствующие параметры межфазного растяжения и реологии сдвига отличаются весьма существенно.

Межфазные свойства напрямую связаны с объемными свойствами, которые поддерживают картину для образования комплексов смесей полиэлектролит / ПАВ, которое является результатом электростатических и гидрофобных взаимодействий. Для ПАВ с длинной алкильной цепью межфазное поведение сильно зависит от гидрофобных взаимодействий, в то время как образование комплексов с короткой цепью поверхностно-активных веществ в основном определяется электростатическими взаимодействиями [17].

В работе [18] были исследованы 3- (триметоксисиллил) пропилметакрилат (ТПМ) с ПАВ, он гидролизуется с помощью алкоксильных групп, присоединенных к кремнию, когда он вступает в контакт с водной фазой и образуют поверхностно-активные 3- (тригидроксисиллил) пропилметакрилат (ТПМ) молекулы. Их образование и адсорбции на границе раздела воздух/вода, т.е. уменьшение поверхностного натяжения может быть использован в качестве датчика, чтобы следить за процессом гидролиза, и может помочь объяснить роль этих молекул в процессе образования эмульсии и стабилизации. Кинетика реакции и, следовательно, поверхностного натяжения можно регулировать путем изменения величины рН водной фазы. Кроме того, можно предотвратить авто-колебания с помощью непрерывного осторожного перемешивания водной фазы, которая затем позволяет количественный контроль за скоростью реакции ТПМ / вода.

Эмульсии, стабилизированные смесью гидрофильных частиц диоксида кремния и катионным поверхностно-активным веществом СТАБ, были исследованы Раверой и др. [19]. Адсорбируясь на поверхности частицы, СТАБ становится по своей природе гидрофобным и способствует сегрегации частиц на границе раздела жидкость-жидкость. Исследование показывает, что количество поверхностно-активного вещества, адсорбированного на поверхности раздела фаз частицы, возрастает с увеличением концентрации СТАБ, а также усиливает их гидрофобность. Увеличение концентрации СТАБ далее позволяет адсорбировать частицы на границе раздела жидкость-жидкость и стабилизировать соответствующие эмульсии. Стоит заметить, что при более высоких концентрациях СТАБ формирование подобного твердому слоя происходит на границах жидкость-жидкость, в соответствии с которой также наблюдается переход формы капли эмульсии от сферической до полиморфного. Такие явления, вызванные изгибом вышеуказанного твердого слоя во время образования эмульсии, были исследованы глубже в работе [20], где диаграмма состояний для формы капель эмульсии определена на основе концентрации частиц и поверхностно-активных веществ.

Эмульсия, образованная дисперсией частиц сажи в растворах СТАБ и гексана, были изучены Сантини и др. [21]. Было отмечено, что ни СТАБ в отдельности, ни сами частицы не способны стабилизировать устойчивые эмульсии, в то время как объединение частиц и поверхностно-активного вещества позволяет образовать эмульсии, которые стабильны в течение нескольких месяцев. Кроме того, в этом случае стабильность является последствием формирования слоя частиц на границе раздела жидкость-жидкость.

В работе [22] изучены основные межфазные и эмульсионные (на границе гексан/вода) свойства смесей катионного полиэлектролитаполиаллиламин гидрохлорид (РАН) и анионные ПАВ натрия алкил сульфаты разной длины алкильной цепи от C10 до C16 с помощью дзета-потенциал( $\xi$ ), динамическим рассеянием света, поверхностного натяжения и растяжения реологических измерений. Установлено, что с увеличением поверхностно-активного вещества

длина алкильной цепи межфазное натяжение смесей с полимером уменьшается, как и ожидалось в то время  $\xi$  –potentials изменить заметно при переходе от C12 до C14. На основе гидродинамических радиусов образовавшихся комплексов можно сделать вывод, что для SDS наиболее плотные компактные статистические катушки поликомплексов формируются за счет электростатических и гидрофобных взаимодействий.

Также существуют исследования об эмульсиях Пикеринга, образованные частицами, диспергированными в водной фазе и поверхностно-активным веществом, растворенного в масляной фазе. В частности, Сантини и др.[23] изучали стабилизирующий эффект комплексов, образованных на межфазной поверхности вода/масло между гидрофильными частицами диоксида кремния и молекулами пальмитиновой кислоты. Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимальный состав для получения высокой стабильности достигается при таком соотношении частицы/ПАВ, которые обеспечивают монослой ПАВ, адсорбированного на поверхности частицы. Уайтби и др. [24], исследовали подобные эмульсии, образованные водной дисперсией частиц диоксида кремния и раствора октадециламина в гексане. Наблюдаемая стабильность хорошо коррелирует с особенностями адсорбционных слоев октадециламина, характеризующихся фазовым переходом поверхности от малых до больших агрегатов. Последние связывают частицы диоксида кремния в слой на границе раздела фаз, образуя пространственный барьер противостоящий слиянию капель. Наблюдения также могут быть соотнесены с измеренной дилатационной вязкоупругостью против частоты осцилляции, которые могут быть сгруппированы в различные закономерности в зависимости от концентрации октадециламина.

**Заключение.** Эмульсии Пикеринга, по сравнению с классическими эмульсиями, стабилизированными ПАВ, обладают более высокой стабильностью к коалесценции и изотермической перегонке. Это позволяет стабилизировать высококонцентрированные системы, а в некоторых случаях даже сохранять и восстанавливать структуру эмульсий даже после полного удаления дисперсионной среды. Также отмечается устойчивость эмульсий Пикеринга к изменению pH среды, состава масляной фазы и введению добавок электролитов. При флокуляции частиц может возникать дополнительный стабилизирующий эффект, связанный с образованием трехмерной гелевой структуры в объеме эмульсии.

В связи с вышеизложенным, возникает необходимость разработки научно-обоснованного подхода к получению такого рода материалов, которые относятся к наноматериалам, часто содержащих нанодисперсные частицы. Следовательно, это предполагает проведение комплексного и системного исследования физико-химических свойств как составляющих компонентов, так и эмульсий, их коллоидно-химических свойств в объеме и на различных межфазных границах.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aveyard R., Binks B.P., Clint J.H. Emulsions stabilized solely by solid colloidal nanoparticles // *Adv. Colloid Interface Sci.* – 2003. – Vol.100-102. – P.503-546.
- [2] Binks B.P. Particles as surfactants – similarities and differences // *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* – 2002. – Vol.7. – P.21-41.
- [3] Binks B.P., Hozorov T.S. *Colloidal particles at liquid interfaces.* CambridgeUniversityPress, 2006. –503 p.
- [4] Покидько Б.В., Ботин Д.А., Плетнев М.Ю. Эмульсии Пикеринга и их применение при получении полимерных наноструктурированных материалов // *Вестник МИТХТ.– М.: Изд.: Московская Государственная академия тонкой химической технологии им. М.В.Ломоносова,* – 2003. – Т.8, №1.– С.3–14.
- [5] Dubey R., Shami T.C., Bhasker K.U. Rao. Microencapsulation technology and applications // *Defence Science Journal.* – 2009. – Vol.59, №1. – P.82-95.
- [6] Ghosh S.K., *Functional coatings and microencapsulation: a general perspective,* in: Swapan Kumar Ghosh (Ed.) *Functional Coatings.* – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, 2006. – P. 1–28.
- [7] Pat. WO/2005/105290 WIPO. Encapsulation of oils by coacervation / Lumsdon S.O., Friedmann T.E., Green J.H.-2005.
- [8] Pat. 20090189304 United States. Encapsulation of oils by coacervation / Friedmann T.E., Lumsdon S.O., Green J.H.-2009.
- [9] Pat. Application WO/2011/117738 Wipo. Solid flavor encapsulation by applying complex coacervation and gelation technology / Sengupta T., Fernandez D.A., Kellogg D.S., Mishra M.K., Sweeney W.R. – 2011
- [10] Andrews N. *Advantages. – Disadvantages of Spray Drying.* – 2011.
- [11] De Cicco F., Porta A., Sansone F., Aquino R.P., Del Gaudio P. Nanospray technology for an in situ gelling nanoparticulate powder as a wound dressing // *International Journal of Pharmaceutics.*- 2014.- Vol.473, №1-2.- P. 134-143.

- [12] Liu C.-H., Yu X. Microencapsulation of biobased phase change material by interfacial polycondensation for thermal energy storage applications // *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*. – 2013.-№7 (3).- P. 331-335.
- [13] Rahul Kishore Hedao and VikasVithalGite. Renewable resource-based polymeric microencapsulation of natural pesticide and its release study: an alternative green approach // *The Royal Society of Chemistry*. – 2014.-№4.-P. 18637–18644.
- [14] Chen J., Vogel R., Werner S., Heinrich G. Clause D. Dutschk V. Influence of the particle type on the rheological behavior of Pickering emulsions // *Colloids & Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. – 2011. – №382 – P.238–245.
- [15] Schrade, K.Landfester, U.Ziener. Pickering-type stabilized nanoparticles by heterophase polymerization // *Chem. Soc. Rev.* – 2013. – Vol.42. – P.6823-6839.
- [16] Vignati E., Piazza R., Lockhart T.P. Pickering emulsions: Interfacial tension, colloidal layer morphology, and trapped-particle motion // *Langmuir*. – 2003. – Vol.19. – P.6650-6656.
- [17] S. Aidarova, A. Sharipova, J. Krägel, R.Miller. Polyelectrolyte/surfactant mixtures in the bulk and at water/oil interfaces// *Adv. Colloid and Interface Sci.* – 2014. – Vol.205. – P.87-93.
- [18] A. Tleuova, S. Aidarova, A. Sharipova, N. Bekturganova, M. Schenderleinb, D. Grigoriev. Using profile analysis tensiometry for monitoring auto-oscillationscaused by the hydrolysis of 3-(trimethoxysilyl)propylmethacrylatewhen contacting water// *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* (2015)
- [19] Ravera F., Ferrari M., Liggieri L., Loglio G., Santini E., Zanobini A. Liquid–liquid interfacial properties of mixed nanoparticle–surfactant systems // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2008. –Vol.323. – P. 99–108.
- [20] Schmitt-Rozières M., Krägel J., Grigoriev D. O., Liggieri L., Miller R., Vincent-Bonnieu S., Antoni M. From Spherical to Polymorphous Dispersed Phase Transition in Water/Oil Emulsions // *Langmuir*. – 2009. – Vol.25. – P. 4266–4270.
- [21] Santini E., Ravera F., Ferrari M., Alfè M., Ciajolo A., Liggieri L. Interfacial properties of carbon particulate-laden liquid interfaces and stability of related foams and emulsions // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2010. – Vol.365. – P.189–198
- [22] A. Sharipova, S. Aidarova, P. Cernoch, R. Miller. Effect of surfactant hydrophobicity on the interfacial properties of polyallylamine hydrochloride/sodium alkylsulphate at water/hexane interface// *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 438 (2013) 141– 147
- [23] Santini E., Guzmán E., Ferrari M., Liggieri L. Emulsions stabilized by the interaction of silica nanoparticles and palmitic acid at the water–hexane interface // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2014. – Vol.460. – P.333–341.
- [24] Whitby C. P., Fornasiero D., Ralston J., Liggieri L., Ravera F. Properties of Fatty Amine–Silica Nanoparticle Interfacial Layers at the Hexane–Water Interface // *J. Phys. Chem. C*. – 2012. – Vol.116. – P.3050–3058.

## REFERENCES

- [1] Aveyard R., Binks B.P., Clint J.H. Emulsions stabilized solely by solid colloidal nanoparticles // *Adv. Colloid Interface Sci.* – 2003. – Vol.100-102. – P.503-546.
- [2] Binks B.P. Particles as surfactants – similarities and differences // *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* – 2002. – Vol.7. – P.21-41.
- [3] Binks B.P., Hozorov T.S. Colloidal particles at liquid interfaces. CambridgeUniversityPress, 2006. –503 p.
- [4] Pokid'ko B.V., Botin D.A., Pletnev M.Ju. Jemul'sii Pikeringa i ih primenenie pri poluchenii polimernyh nanostrukturirovannyh materialov // *Vestnik MITHT.– M.: Izd.: Moskovskaja Gosdarstvennajaakademija tonkoj himicheskoj tehnologii im. M.V.Lomonosova*, – 2003. – T.8, №1.– S.3–14.
- [5] Dubey R., Shami T.C., Bhasker K.U. Rao. Microencapsulation technology and applications // *Defence Science Journal*. – 2009. – Vol.59, №1. – P.82-95.
- [6] Ghosh S.K., Functional coatings and microencapsulation: a general perspective, in: Swapan Kumar Ghosh (Ed.) *Functional Coatings*. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, 2006. – P. 1–28.
- [7] Pat. WO/2005/105290 WIPO. Encapsulation of oils by coacervation / Lumsdon S.O., Friedmann T.E., Green J.H.-2005.
- [8] Pat. 20090189304 United States. Encapsulation of oils by coacervation / Friedmann T.E., Lumsdon S.O., Green J.H.-2009.
- [9] Pat. Application WO/2011/117738 Wipo. Solid flavor encapsulation by applying complex coacervation and gelation technology / Sengupta T., Fernandez D.A., Kellogg D.S., Mishra M.K., Sweeney W.R. – 2011
- [10] Andrews N. Advantages. – Disadvantages of Spray Drying. – 2011.
- [11] De Cicco F., Porta A., Sansone F., Aquino R.P., Del Gaudio P. Nanospray technology for an in situ gelling nanoparticulate powder as a wound dressing // *International Journal of Pharmaceutics*.- 2014.- Vol.473, №1-2.- P. 134-143.
- [12] Liu C.-H., Yu X. Microencapsulation of biobased phase change material by interfacial polycondensation for thermal energy storage applications // *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*. – 2013.-№7 (3).- P. 331-335.
- [13] Rahul Kishore Hedao and VikasVithalGite. Renewable resource-based polymeric microencapsulation of natural pesticide and its release study: an alternative green approach // *The Royal Society of Chemistry*. – 2014.-№4.-P. 18637–18644.
- [14] Chen J., Vogel R., Werner S., Heinrich G. Clause D. Dutschk V. Influence of the particle type on the rheological behavior of Pickering emulsions // *Colloids & Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. – 2011. – №382 – R.238–245.
- [15] Schrade, K.Landfester, U.Ziener. Pickering-type stabilized nanoparticles by heterophase polymerization // *Chem. Soc. Rev.* – 2013. – Vol.42. – P.6823-6839.
- [16] Vignati E., Piazza R., Lockhart T.P. Pickering emulsions: Interfacial tension, colloidal layer morphology, and trapped-particle motion // *Langmuir*. – 2003. – Vol.19. – P.6650-6656.

[17] S. Aidarova, A. Sharipova, J. Krägel, R. Miller. Polyelectrolyte/surfactant mixtures in the bulk and at water/oil interfaces // *Adv. Colloid and Interface Sci.* – 2014. – Vol.205. – P.87-93.

[18] A. Tleuova, S. Aidarova, A. Sharipova, N. Bekturganova, M. Schenderlein, D. Grigoriev. Using profile analysis tensiometry for monitoring auto-oscillations caused by the hydrolysis of 3-(trimethoxysilyl)propylmethacrylate when contacting water // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* (2015)

[19] Ravera F., Ferrari M., Liggieri L., Loglio G., Santini E., Zanobini A. Liquid-liquid interfacial properties of mixed nanoparticle-surfactant systems // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* – 2008. – Vol.323. – P. 99–108.

[20] Schmitt-Rozières M., Krägel J., Grigoriev D. O., Liggieri L., Miller R., Vincent-Bonnieu S., Antoni M. From Spherical to Polymorphous Dispersed Phase Transition in Water/Oil Emulsions // *Langmuir.* – 2009. – Vol.25. – P. 4266–4270.

[21] Santini E., Ravera F., Ferrari M., Alfè M., Ciajolo A., Liggieri L. Interfacial properties of carbon particulate-laden liquid interfaces and stability of related foams and emulsions // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* – 2010. – Vol.365. – P.189–198

[22] A. Sharipova, S. Aidarova, P. Cernoch, R. Miller. Effect of surfactant hydrophobicity on the interfacial properties of polyallylamine hydrochloride/sodium alkylsulphate at water/hexane interface // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 438 (2013) 141– 147

[23] Santini E., Guzmán E., Ferrari M., Liggieri L. Emulsions stabilized by the interaction of silica nanoparticles and palmitic acid at the water-hexane interface // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* – 2014. – Vol.460. – P.333–341.

[24] Whitby C. P., Fornasiero D., Ralston J., Liggieri L., Ravera F. Properties of Fatty Amine-Silica Nanoparticle Interfacial Layers at the Hexane-Water Interface // *J. Phys. Chem. C.* – 2012. – Vol.116. – P.3050–3058.

**С.Б. Айдарова<sup>1\*</sup>, А.Б.Тлеуова<sup>1</sup>, А.Исаева<sup>1</sup>, А.А. Шарипова<sup>1</sup>,  
Д.О.Григорьев<sup>2</sup>, Р. Миллер<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ.

<sup>2</sup> Макс Планк институты, Германия, Потсдам/Гольм

#### **ГИДРОФОБТЫ АГЕНТТЕРДІ ИНКАПСУЛЯЦИЯЛАУДА ПИКЕРИНГ ЭМУЛЬСИЯСЫН ҚОЛДАНУ**

**Аннотация.** Пикеринг эмульсиясы қатты бөлшектерімен тұрақтандырылған, кәдімгі эмульгаторлардың орнына май-су шекарасында бекітілген дисперсияны білдіреді. Пикеринг эмульсиясы ретінде көптеген дәрілік және косметикалық препараттар, инсектицидтер, азықтық эмульсиялар, жол (битумдық) эмульсиялар болып табылады. Сондай-ақ қатты бөлшектермен тұрақтандырылған эмульсиялар өздігінен мұнай өндеуде және тасымалдауда, ағын суларды тазалауда түзіледі. Пикеринг эмульсияларына қызығушылық соңғы онжылдықта Соңғы онжылдықта Пикеринг эмульсияларына зор қызығушылық гибридіті полимер бөлшектер және коллоидтық нанокомпозиттерінің супрамолекулалық құрылымының экологиялық таза және экономикалық өндіріс болашағына байланысты көрсетіледі.

Пикеринг эмульсияларында эмульсиялы немесе суспензиялы полимерлеу *in situ* күшейтілген наноқұрылымды полимерлі композиттер, ерекше латекс және бірегей қасиеттері бар микрокапсулалар алуға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста Пикеринг эмульсиясын белсенді агенттерді қапшықтауда қолдану, микроқапшықтау әдістері, фазалар бөліну шекарасында микро және нанобөлшектер және олардың Пикеринг эмульсиясында алатын орны қарастырылады.

**Түйін сөздер:** Пикеринг эмульсиясы, наноэмульсиялар, микроинкапсуляциялау, эмульгирлеу, субмикрокапсулалар, нанокапсулалар.



**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 209 – 213

**A. Mamyrbekova, A.B. Bayeshov<sup>2</sup>, A. Mamyrbekova<sup>3</sup>**<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan;<sup>2</sup>D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan;<sup>3</sup>Kh.A. Yasavi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan)e-mail: [aigul\\_akm@mail.ru](mailto:aigul_akm@mail.ru)**ELECTROCHEMICAL BEHAVIOUR OF SULPHUR  
IN VARIOUS ENVIRONMENTS AT POLARIZATION  
BY NON-STATIONARY CURRENTS**

**Abstract.** The electrochemical behavior of sulphur in the alkaline and acidic environments at polarization pulse, symmetric and asymmetrical alternating current has been researched. Influence of ratios of amplitude of anode and cathode half-cycles on regularity of electrochemical behavior of sulphur and influence of current frequency in different environments has been studied. It is found that in alkaline and acidic environments, sulphur discharge ionization process occurs via different mechanisms, thereby changing the qualitative composition of the ions. The change of the ratio of the amplitudes of anodic and cathodic half-periods gives a possibility to regulate the electrochemical process and receive various sulphur compounds. It is found that the maximum content of sulfite ions is observed at 50 Hz current frequency, both in alkaline and acidic environments. Increase of frequency of an alternating current from 50 to 1000 Hz leads to reduction of an output on education current sulfite ions to 63% in alkaline and 46,8% in sour the environments.

**Keywords:** Sulphur, sulphur-graphite electrode, electrodisolution, non-stationary current, electroconductive.

УДК 541.135.7

**A. Мамырбекова<sup>1</sup>, А.Б. Баешов<sup>2</sup>, А.Мамырбекова<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент;<sup>2</sup>Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы;<sup>3</sup>Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави, Туркестан, Казахстан)**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СЕРЫ В РАЗЛИЧНЫХ  
СРЕДАХ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ НЕСТАЦИОНАРНЫМИ ТОКАМИ**

**Аннотация.** Исследовано электрохимическое поведение серы в щелочной и кислой средах при поляризации импульсным, симметричным и несимметричным переменным током. Изучено влияние соотношений амплитуды анодного и катодного полупериодов на закономерность электрохимического поведения серы и влияние частоты тока в различных средах. Установлено, что в щелочной и кислой средах процесс разряда-ионизации серы протекает по разным механизмам, вследствие чего меняется качественный состав ионов. Изменение величины соотношения амплитуд анодного и катодного полупериодов дает возможность регулировать электрохимический процесс и получать различные соединения серы. Установлено, что максимальные значения содержания сульфит-ионов наблюдается при частоте тока – 50 Гц как в щелочной, так и в кислой средах. Повышение частоты переменного тока от 50 до 1000 Гц приводит к уменьшению выхода по току образования сульфит-ионов до 63% в щелочной и 46,8% в кислой средах.

**Ключевые слова:** сера, серо-графитовый электрод, электрорастворение, нестационарный ток, электропроводность.

**Введение.** Исследования в области нестационарного электролиза показали, что применение переменного тока расширяет возможности исследования механизма катодных и анодных процессов, открывает принципиально новые способы решения технологических вопросов. Однако преимущества нестационарного электролиза не используются в полной мере из-за недостаточной

изученности. Обзор отечественной и зарубежной литературы показал, что в последние годы переменный ток находит все более широкое применение в различных отраслях химической технологии, однако электрохимическое поведение серы и ее соединений при поляризации переменным током практически не изучено [1-3].

Целью настоящей работы являлось изучение влияния соотношений амплитуды анодного и катодного полупериодов переменного тока и частоты тока на электрохимическое поведение серы в щелочной и кислой средах.

### Методика эксперимента

Для проведения исследований влияния формы тока осуществляли поляризацию электропроводного серо-графитового электрода специальной конструкции асимметричным и импульсным токами с помощью специальной установки. Установка состоит из системы диодов и сопротивлений, позволяющих получать импульсный, симметричный, асимметричный токи с нужным соотношением катодных и анодных составляющих. Поляризацию электродов при электролизе осуществляли источником переменного тока типа В-24. За изменениями в синусоидальной волне переменного тока в ходе электролиза наблюдали с помощью электронного осциллографа С1-77. Осциллографом и амперметрами контролировали соотношение величин амплитуды анодного и катодного полупериодов переменного тока.

В ранее проведенных исследованиях нами применялся в качестве вспомогательного электрода – титановый проволочный электрод [4], в работе с асимметричным током титановый электрод заменяли на графитовый, так как титановый электрод обладает выпрямляющим эффектом.

Эксперименты проводили в 2 М растворе гидроксида калия и 0,5 М растворе серной кислоты, при комнатной температуре, продолжительностью электролиза – 0,5 ч с разделением электродных пространств катионитовой мембраной МК-40. Изменения величин соотношения амплитуды токов катодного и анодного полупериодов осуществляли, поддерживая в одном полупериоде постоянную плотность тока, в другом – меняя ее от 0 до 200 А/м<sup>2</sup>. Количественное содержание образовавшихся ионов в растворе определяли титриметрическими методами анализа [5], соответственно по величине анодного и катодного полупериода переменного тока рассчитывали выход по току.

### Экспериментальная часть

Нами была изучена зависимость влияния амплитуды катодного полупериода на растворение серы при постоянной анодной составляющей  $i_k/i_a$  (рис. 1).

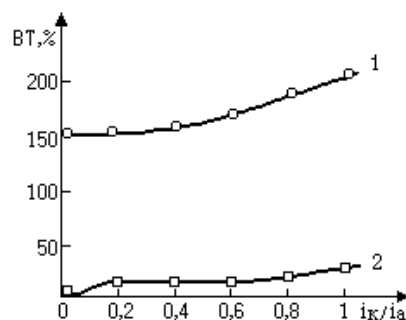
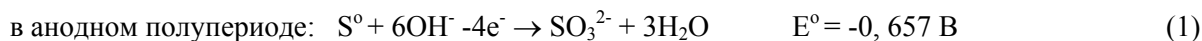


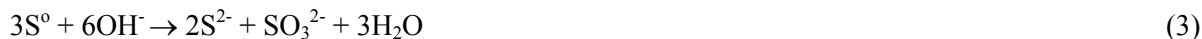
Рисунок 1 – Зависимость выхода по току растворения серы от соотношения  $i_k/i_a$  ( $i_a=100$  А/м<sup>2</sup>) в 2 М растворе гидроксида калия с образованием: 1 –  $SO_3^{2-}$ ; 2 –  $S^{2-}$

Поляризация электропроводного серо-графитового электрода анодными импульсными токами при  $i_k=0$  ведет к растворению серы с образованием в электролите сульфит-ионов. Кажущийся выход по току образования сульфит-ионов составляет 150%. Постепенное повышение величины амплитуды катодного тока ведет к образованию в электролите сульфид-ионов и заметному росту кажущегося выхода по току образования сульфит-ионов. При  $i_k/i_a = 1$  кажущийся выход по току сульфит- и сульфид-ионов равен 200% и 25% соответственно. Распределение тока и количества прошедшего электричества в катодном и анодном полупериодах существенно влияет на долю электрохимического растворения серы.

При электролизе протекают следующие реакции:



Высокие выходы по току (более 100 %) сульфит-ионов позволяют предположить протекание реакции химического диспропорционирования наряду с электрохимическим процессом:



При поляризации серы в 0,5 М растворе серной кислоты анодным импульсным током также ведет к ионизации серы с образованием сульфит-ионов (рис. 2). Но кажущийся выход по току образования сульфит-ионов значительно выше, чем при поляризации анодными импульсами в щелочной среде и достигает 450%.

Постепенное увеличение амплитуды катодного импульса до симметричной формы тока приводит к снижению кажущегося выхода по току образования сульфит-ионов до 290%.

Количественное определение сульфид-ионов показало, что содержание их в растворе незначительное и практически не зависит от соотношения  $i_k/i_a$ . Вероятно, в растворе протекает следующая реакция:

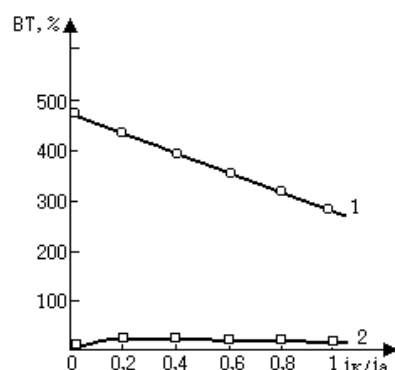


Рисунок 2 – Зависимость выхода по току растворения серы от соотношения  $i_k/i_a$  ( $i_a=200 \text{ А/м}^2$ ) в 0,5 М растворе серной кислоты с образованием: 1 –  $\text{SO}_3^{2-}$ ; 2 –  $\text{S}^{2-}$

Высокие кажущиеся выходы по току образования сульфит-ионов в серной кислоте предположительно можно объяснить непосредственным разрядом ионов сульфата с образованием кислорода и последующей регенерацией ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ :



Для полного представления характера протекания электрохимических процессов разряда-ионизации серо-графитового электрода нами было изучено и влияние соотношения амплитуды анодного полупериода при постоянной катодной составляющей ( $i_k/i_a$ ) на электрохимическое поведение серы в щелочной и кислой средах.

На рисунке 3 представлена зависимость влияния величины амплитуды анодного полупериода на поведение серы в растворе гидроксида калия. Как видно из представленной зависимости, при постоянной катодной составляющей окисление-восстановление серы протекает по следующему механизму: сера в катодный полупериод восстанавливается до сульфид-ионов по реакции (2) и полисульфид-ионов:



Приэлектродное пространство при этом приобретает желтый цвет, обусловленный образованием полисульфид-ионов. Наряду с полисульфид-ионами ( $\text{S}_n^{2-}$ ) в растворе присутствуют и тиосульфат-ионы ( $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ), содержание которых в электролите незначительно. Сопоставление полученных данных с ранее проведенными нами исследованиями электрохимического поведения серы в щелочной среде также свидетельствует в пользу высказанных суждений о протекании

реакции химического диспропорционирования:



Химический анализ продуктов электролиза показал, что в растворе электролита присутствуют также сульфит-ионы. Присутствие этих ионов можно объяснить протеканием реакции химического растворения серо-графитового электрода в щелочной среде по реакции (3). Постепенное увеличение амплитуды анодного импульса ведет к снижению выхода по току образования  $S_n^{2-}$  и  $S_2O_3^{2-}$ , а при соотношении  $i_a/i_k = 1$  установлено отсутствие полисульфид- и тиосульфат-ионов в электролите.

Исследование соотношений анодных и катодных полупериодов в растворе серной кислоты представлено на рисунке 4. Состав ионов существенно отличается от состава электролита при поляризации серо-графитового электрода в щелочной среде. Опыты показали, что в растворе присутствуют сульфид-ионы. При соотношении  $i_a/i_k = 0$  ( $i_k = 100 \text{ A/m}^2$ ) наблюдается выделение сероводорода по реакции:



На зависимости указано суммарное значение выхода по току образования сульфид-ионов, образовавшихся как в виде газа, так и в растворе электролита.

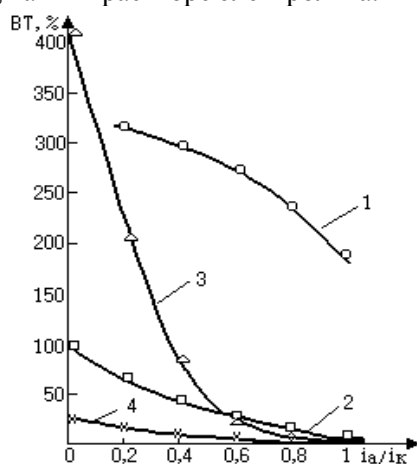


Рисунок 3 – Зависимость выхода по току растворения серы от соотношения  $i_a/i_k$  ( $i_k = 100 \text{ A/m}^2$ ) в 2 М растворе гидроксида калия с образованием: 1 –  $SO_3^{2-}$ ; 2 –  $S^{2-}$ ; 3 –  $S_n^{2-}$ ; 4 –  $S_2O_3^{2-}$

Рост соотношения до  $i_a/i_k = 1$  приводит к дальнейшему растворению серо-графитового электрода с образованием сульфит-ионов, что закономерно связано с увеличением доли анодного тока.

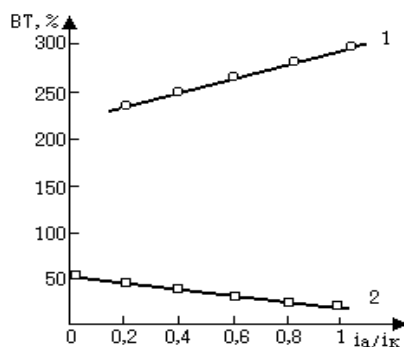


Рисунок 4 – Зависимость выхода по току растворения серы от соотношения  $i_a/i_k$  ( $i_k = 200 \text{ A/m}^2$ ) в 0,5 М растворе серной кислоты с образованием: 1 –  $SO_3^{2-}$ ; 2 –  $S^{2-}$

Нами также изучено влияние частоты промышленного переменного тока на электрорастворение серы в щелочной и кислой средах. Установлено, что максимальные значения

содержания сульфит-ионов наблюдаются при частоте тока – 50 Гц как в щелочной, так и кислой средах. Кажущийся выход по току образования сульфит-ионов составляет 205% и 290% соответственно. Повышение частоты переменного тока от 50 до 1000 Гц приводит к уменьшению выхода по току образования сульфит-ионов до 63% в щелочной и 46,8% в кислой средах.

**Выводы.** Таким образом, нами исследовано влияние соотношений амплитуд анодного и катодного полупериодов и частоты тока на электрохимическое поведение серы. Установлено, что в щелочной и кислой средах процесс разряда-ионизации серы протекает по разным механизмам. Вследствие чего меняется качественный состав ионов. Изменение величины соотношения амплитуд анодного и катодного полупериодов дает возможность регулировать электрохимический процесс и получать различные соединения серы. В работе определена оптимальная частота промышленного переменного тока в щелочной и кислой средах. Показано, что изменение частоты переменного тока оказывает влияние на скорость растворения серографитового электрода при поляризации промышленным переменным током.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Озеров А.М., Кривцов А.К., Хамаев В.А. Нестационарный электролиз. - Волгоград: Ниж-Волж. кн. изд-во, 1972. - 160 с.
- [2] Баешов А. Электрохимические методы извлечения меди, халькогенов и синтеза их соединений. – Алматы: Наука КазССР, 1989. – 107 с.
- [3] Костин Н.А., Кублановский В.С., Заблудовский В.А. Импульсный электролиз. - Киев: Наукова думка, 1989. - 167 с.
- [4] Мамырбекова А.К., Баешов А.Б., Капсалямов Б.А., Баешова С.А. Исследование электрохимического поведения серы в щелочной среде при поляризации промышленным переменным током // Вестник КазНУ им. аль-Фараби, хим. серия. - 2004. - №3 (35). – С. 221-224.
- [5] Уильямс У.Дж. Определение анионов. - М.: Химия, 1982.- 622 с.

#### REFERENCES

- [1] Ozerov A.M., Krivcov A.K., Hamaev V.A. Nonstationary electrolysis. - Volgograd: Nizh-Volzh. kn. izd-vo, 1972. 160 p. (in Russ.).
- [2] Baeshov A. Electrochemical methods of extracting copper, chalcogen compounds and synthesis. – Almaty: Nauka KazSSR, 1989. 107 p. (in Russ.).
- [3] Kostin N.A., Kublanovskij V.S., Zabludovskij V.A. Pulsed electrolysis. - Kiev: Naukova dumka, 1989. 167 p. (in Russ.).
- [4] Mamyrbekova A.K., Baeshov A.B., Kapsalyamov B.A., Baeshova S.A. *Vestnik KazNU im. al'-Farabi, him. serija*, 2004, №3 (35), 221-224 (in Russ.).
- [5] Uil'jams U.Dzh. Determination of anions. - M.: Himija, 1982. - 622 p. (in Russ.).

**А. Мамырбекова<sup>1</sup>, А.Б. Баешов<sup>2</sup>, А. Мамырбекова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент;

<sup>2</sup>Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы;

<sup>3</sup>Қ.А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

#### ӘР ТҮРЛІ ОРТАЛАРДА СТАЦИОНАРЛЫ ЕМЕС ТОҚПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАУ КЕЗІНДЕГІ КҮКІРТТІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІ

**Аннотация.** Сілтілік және қышқылдық орталарда импульсті, симметриялық және симметриялық емес айналымы тоқпен поляризациялау кезіндегі күкірттің электрохимиялық қасиеттері зерттелді. Әр түрлі орталарда күкірттің электрохимиялық қасиеттеріне анодты және катодты жартылай периодтарының амплитуда қатынастарының және ток жиілігінің әсері зерттелді. Күкірттің разряд-ионизациялану процесі сілтілік және қышқылдық ортада ерекше механизмдер бойынша іске асатындығы, осыған байланысты иондардың сапалық құрамы да өзгертіндігі анықталды. Анодты және катодты жартылай периодтарының амплитудалар арақатынасы шамасының өзгеруі электрохимиялық процесі реттеуге және күкірттің бірнеше қосылыстарын алуға мүмкіндік береді. Сульфит-иондар мөлшерінің максималды мәндері тоқ жиілігі – 50 Гц кезінде қышқылдық және сілтілік ортада байқалатыны анықталды. Айналымы ток жиілігінің 50 ден 1000 Гц дейін өсуі сульфит-иондарының ток бойынша шығымын 63%-ға сілтілік және 46,8 % -ға дейін қышқылдық ортада азаюына әкеледі.

**Түйін сөздер:** күкірт, күкірт-графитті электрод, электрохимиялық еру, стационарлы емес ток, электрөткізгіштік.

#### Сведения об авторах:

Мамырбекова Айгуль Кумекбаевна – к.х.н., доцент;

Баешов Абдуали Баешович – д.х.н., профессор;

Мамырбекова Айжан Кумекбаевна – к.х.н., доцент

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 214 – 221

**A.E.Konurbaev, A.B.Baeshov**

Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky, Almaty, Kazakhstan

**ELECTROCHEMICAL METHOD FOR PRODUCING OF ZINC  
SULPHIDE BY USING SULFUR- GRAPHITE COMPOSITE ELECTRODE**

**Abstract:** For the creation of an electrochemical method of synthesis zinc sulfide, electrochemical properties were investigated on composite sulfur-graphite and zinc electrodes in neutral and alkaline media and optimal process parameters were established.

Cathodic reduction of sulfur consisting of composite sulfur-graphite electrode in sodium hydroxide solution was studied by taking the cyclic polarization curve on the "Autolab" potentiostat. On the obtained polarization curves two reduction waves were observed which in the potential of the "minus" 475 mV and "minus" 750 mV, the first restoration wave corresponds to the formation of polysulfide ions, further, it is reduced to monosulfide ion.

Galvanostatic synthesis of zinc sulfide was carried out in three sectional electrolyzer, where the electrode spaces are divided by cationite (MC-40) and anionite (MA-40) membranes. The cathode section is divided by anionite and the anode section – by cationite membrane, as cathode it was used sulfur-graphite electrode and as anode - zinc electrode. Cathodic space of electrolysis cell was filled with a solution of sodium hydroxide, anodic space sulfuric acid solution and the intermediate space was filled with a solution of sodium sulfate. Zinc sulfide is formed in central zone of the cell from sulfide ions that pass from the catholyte through the anion exchange membrane and zinc ions from the anolyte through the cationite membrane interacting with each other.

It is shown that, at current density on the sulfur-graphite electrode in the range of 5-15 A/m<sup>2</sup> sulfide ions formation current efficiency is 80%, by the increasing of cathodic current density to 25 A/m<sup>2</sup>, the current efficiency zinc sulfide increases to -400%. The effect of the sodium hydroxide concentration on the formation of zinc sulfide current efficiency was studied, it is found that by the increasing of alkali concentration in the solution in the range of 0.5-3.0 M that leads to a sharp increase in the sulfide ions formation current output.

**Key words:** sulfur- graphite composite electrode, cathode, electrolysis, concentration, zinc sulfide, the polarization curve, luminophore, reactant, electrode.

**А.Е. Конурбаев, А.Б. Баешов**

Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан

**КОМПОЗИЦИЯЛЫ КҮКІРТ- ГРАФИТ ЭЛЕКТРОДЫН  
ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ МЫРЫШ СУЛЬФИДІН  
ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЖОЛМЕН АЛУ**

**Аннотация.** Жұмыста мырыш сульфиді қосылысын синтездеудің электрохимиялық тәсілін жасау үшін композициялық күкірт-графит электроды мен мырыш электродтарының сілтілі және бейтарап ортадағы электрохимиялық қасиеттері зерттеліп, үрдістің тиімді параметрлері анықталды. Композитті күкірт-графит электроды құрамындағы күкірттің катодты тотықсыздануы натрий гидроксиді ерітіндісінде "Autolab" потенциостатында цикліді поляризациялық қисықтарту арқылы зерттелді. Алынған поляризациялық қисықтар күкірттің "минус" 475 мВ пен "минус" 750 мВ потенциал аумағында сатылы тотықсыздану толқындары байқалатынын, алғашқыда полисульфид-иондарының, одан әрі моносульфид-ионының түзілгенін көрсетті.

Мырыш сульфидін синтездеу, катионитті (МК-40) және анионитті (МА-40) мембраналарыбар, үш кеңістікке бөлінген электролизерде жүргізілді. Электролизердің катод бөлігі- анионитті, ал анод кеңістігі катионитті мембранамен оқшауланып, катод кеңістігіне күкірт-графит электроды, ал анод кеңістігіне мырыш электроды орнатылды. Электролизердің катод кеңістігі - натрий гидроксиді ерітіндісімен, анод кеңістігі - күкірт қышқылы ерітіндісімен, ал ортадағы аралық кеңістік - натрий сульфаты ерітіндісімен толтырылды. Мырыш сульфиді, электролизердің орталық кеңістігінде, катод кеңістігінен анионитті мембрана арқылы өткен сульфид-ионы мен анод кеңістігінен катионитті мембрана арқылы өткен мырыш иондардың бір- бірімен әрекеттесуі негізінде түзілді.

Күкірт-графит электродындағы ток тығыздығын  $5-15 \text{ A/m}^2$  аралығында жоғарылатқанда, сульфид иондарының түзілуінің ток бойынша шығымының мәні  $\sim 80\%$  құрап, ток тығыздығын одан әрі  $25 \text{ A/m}^2$  дейін көтергенде,  $400\%$ -ға дейін өсетіні көрсетілді.

Сульфид-иондарының түзілуінің ток бойынша шығымына ерітіндідегі натрий гидроксиді концентрациясының әсері зерттеліп, сілті концентрациясын  $0,5-3,0 \text{ M}$  аралығында өсіргенде, сульфид-иондарының түзілуінің ток бойынша шығымының күрт артатыны анықталды.

**Түйін сөздер:** Композициялы күкірт-графит электроды, катод, электролиз, концентрация, мырыш сульфиді, поляризациялық қисық, люминофор, реагент, электрод.

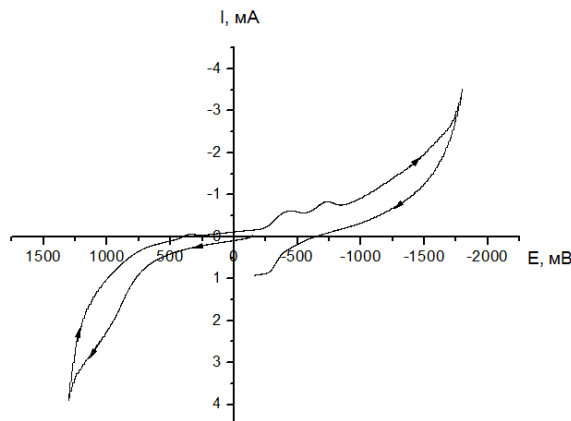
Қазіргі кезде- мұнай, химия өнеркәсіптері, металлургия сондай-ақ өндірістің басқа да салаларында күкірттің - сульфиді, полисульфиді, тиосульфаты, сульфитті және сульфаты қосылыстарына деген сұраныс әлемде жылдан жылға өсіп келеді. Сол себепті, өндірістерге, халық шаруашылығына қажетті күкіртқұрамды қосылыстарға деген сұранысты қанағаттандыру үшін, тиімді технологияны пайдалана отырып, техногенді күкірттен оның қосылыстарын алудың отандық өндіріс саласын құру актуальді проблемалардың бірі. Осыған байланысты табиғи және техногенді шикізаттардан күкірттің бағалы өнімдерді алудың экономикалық тиімді технологиясын жасау маңызды іс шара болып табылады. Бұл, Қазақстанның өндірістік өнім шығару аумағын кеңейтіп қана қоймай, әрі экономикалық жағынан тиімді болып және еліміздің экологиялық ахуалын жақсартады[1-4].

Біздің жұмыстың негізгі мақсаты, мырыш сульфиді қосылысын синтездеудің электрохимиялық жаңа тәсілін жасау үшін, алдымен композициялық күкірт-графит электродының электрохимиялық қасиеттерін сілтілі және бейтарап ортада жан- жақты зерттеп, үрдістің тиімді параметрлерін анықтау. Осы мақсатта композитті күкірт-графит электроды жасалынды, электрод құрамындағы күкірттің тотықсыздану реакциясының кинетикасы мен механизмін потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру тәсілімен зерттелінді. Күкірт-графит композициялы электродында бұл элементтердің массалық ара қатынасы –  $S:C = 10:90$  болды.

Бос күйіндегі элементті күкірт диэлектрик болғандықтан, композитті күкірт-графит электроды құрамындағы күкірттің катодты тотықсыздануын натрий гидроксиді ерітіндісінде циклді поляризациялық қисықтар түсіру арқылы "Autolab" потенциостатында зерттелінді, салыстырмалы электрод ретінде күміс хлор электроды қолданылды. Ал күкірт - графит электродында түсірілген поляризациялық қисықта күкірттің "минус"  $475 \text{ мВ}$  пен "минус"  $750 \text{ мВ}$  потенциал аумағында тотықсыздану толқындары байқалды(1-сурет). Бұл катодты толқындар элементті күкірттің полисульфид-иондарына онан соң моноссульфид-иондарына дейін тотықсыздануы сатылы түрде жүретіндігін көрсетеді:



Бұл реакция бірнеше стадиядан өтуі мүмкін, ал біздің жағдайда полярограммада тек екі толқын ғана тіркелді. Шыныкөміртек электродында минус  $1500 \text{ мВ}$  потенциал аймақтарында сутегінің бөліну тогы байқалды.

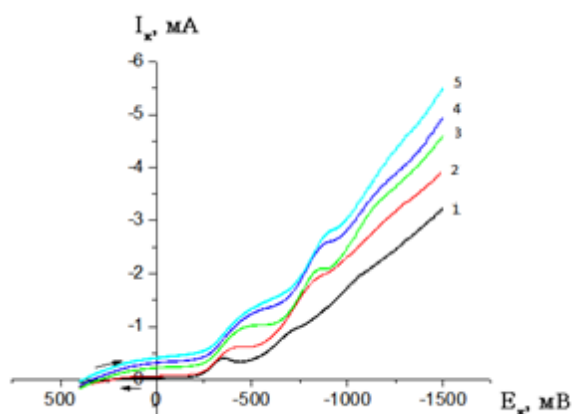


$S:C (10:90)$ ,  $0,5 \text{ N NaOH}$ ,  $t=25^\circ\text{C}$ ;  $V=15 \text{ мВ/с}$

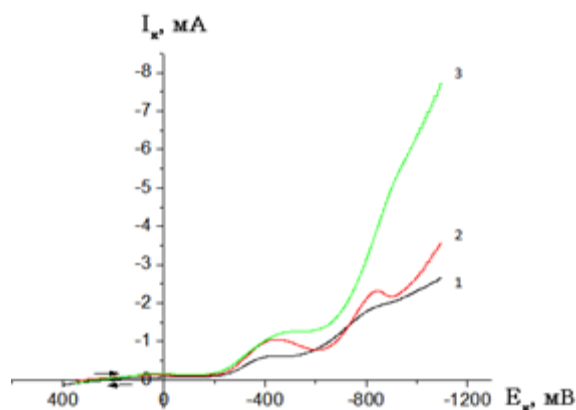
1 сурет – Күкірт-графит композициялы электродының  $\text{NaOH}$  ерітіндісіндегі циклді поляризациялық қисығы

Күкірт-графит электродын потенциал беру жылдамдығын 15-200 мВ/с мәндері аралығында потенциодинамикалық тәсілмен зерттеу жүргізгенде, потенциал беру жылдамдығының өсуімен катодтық ток толқындарының биіктігінің жоғарылауы байқалды (2-сурет, 1-5 қисықтар). Бұл кезде катодтық поляризациялық қисықтағы бірінші және екінші катод толқын потенциалдары теріс потенциалдар аумағына ығысқанын байқауға болады.

Күкірт-графит композициялы электродын натрий гидроксиді ерітіндісінің әр түрлі концентрацияларында (0,5-5н.) түсірілген катодты поляризациялық қисықтар 4- суретте келтірілген. Натрий гидроксидінің концентрациясының артуы тотықсыздану ток толқындарының мәндерін жоғарылатады (3-сурет, 1-3 қисықтар), одан басқа поляризациялық қисықтағы бірінші және екінші толқын шыңдарының катод потенциалдар аумағына қарай ығысқанын көруге болады.

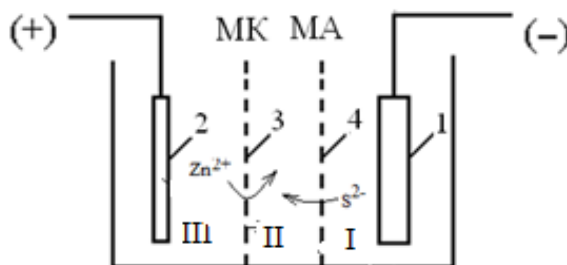


S:C (10:90) 0,5н NaOH,  $t=25^{\circ}\text{C}$ ;  
V, мВ/с: 1- 15; 2- 50; 3- 100; 4-150; 5- 200;  
2 сурет – Күкірт-графит композициялы электродында әр түрлі потенциал беру жылдамдықтарында түсірілген катодты поляризациялық қисықтар



S:C (10:90),  $t=25^{\circ}\text{C}$ ; V=50 мВ/с;  
 $C_{\text{NaOH}}$ , н: 1- 0,5; 2- 2,0; 3- 5,0;  
3 сурет – Күкірт-графит композициялы электродында әр түрлі натрий гидроксидінің концентрацияларында түсірілген катодты поляризациялық қисықтар

Мырыш сульфидін синтездеуді катионитті(МК-40) және анионитті (МА-40) мембраналар көмегімен үш кеңістікке бөлінген электролизерде іске асырдық. Электролизердің катод жағына анионитті, ал анод жағына катионитті мембрана орналастырылды. Катод кеңістігіне күкірт-графит электрод, ал анод кеңістігіне мырыш электроды салынды. Электролизердің катод кеңістігі натрий гидроксиді ерітіндісімен, анод кеңістігі күкірт қышқылы ерітіндісімен, ал ортадағы кеңістік натрий сульфаты ерітіндісімен толтырылды (4-сурет). Мырыш сілтілі ерітінділерде анодты нашар ериді, сол себепті күкірт қышқылы ерітіндісі қолданылды.



4 сурет – Композициялы күкірт-графит электродын қолдану арқылы мырыш сульфидін алуға арналған электролизердің принципиальды схемасы: 1- композициялы күкірт-графит электроды; 2- мырыш электроды; 3- катионитті (МК-40), ал 4- анионитті (МА-40) мембраналар; I – электролизердің катод кеңістігі – натрий гидроксиді ерітіндісімен, III- анод кеңістігі күкірт қышқылы ерітіндісімен, II – орта кеңістік – натрий сульфаты ерітіндісімен толтырылды



Жоғарыда көрсетілген электролизердегі электродтарды поляризациялаған кезде электродтарда төмендегідей реакциялар орын алады:

Анодты поляризацияланған мырыш электроды күкірт қышқылы ерітіндісінде оңай ионизацияланып мырыш иондары түзіледі:

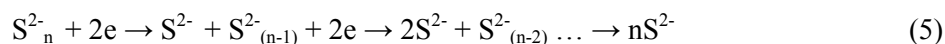


Түзілген мырыш иондары катионитте мембрана арқылы электролизердің орта камерасына өтеді, бірақ ол анионитті мембрана тұрғандықтан катод кеңістігіне өте алмайды.

Катодты поляризацияланған күкірт-графит электроды құрамындағы күкірт тотықсызданып, келесі реакциялар орын алады:



Ал полисульфид-иондары біртіндеп моносұльфид-иондарына дейін тотықсызданады:



Түзілген сульфид иондарының мөлшері ионометриялық және фотокалориметриялық әдістермен анықталды.

Айта кету керек, арнайы жүргізілген зерттеулердің нәтижелері, алғашқы кезде катод кеңістігіндегі электролит қызыл-сары түске боялып, ал электролитті ұзақ уақыт инертті электрод (графит) қолданып катодты поляризациялағанда, бұл электролиттің біртіндеп түссізденетінін көрсетті. Бұл құбылыс полисульфид-иондарының толық моносұльфид-иондарына өткен кезде ғана байқалады. Себебі, полисульфид иондарына қызыл-сары түс беретін, олардың құрамындағы күкірттің өз адатомдары.

Түзілген моносұльфид иондары анионитті мембрана арқылы электролизердің орта кеңістігіне өтіп, ондағы мырыш иондарымен әрекеттесіп мырыш сульфиді түзіледі:

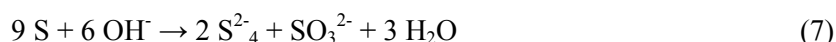


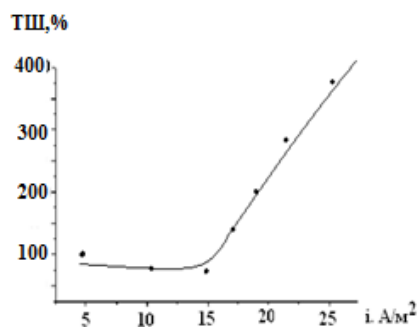
Жоғарыда көрсетілген электролизерді қолдана отырып электролиз жүргізіп, электродтарда жүріп жатқан реакцияларға мән бердік. Мырыш электродының күкірт қышқылы ерітіндісінде анодты жақсы еритіндігі әдебиеттерден белгілі.

Катод кеңістігінде катодты поляризацияланған күкірт-графит электроды құрамындағы күкірттің тотықсыздануына әртүрлі параметрлердің әсері зерттелді. Алғашқы зерттеулері мырыш электродының орнына графит электроды қолданылды.

Күкірт-графит электродының сульфид-иондарын түзе тотықсыздануы – ток тығыздығының, натрий гидроксиді концентрациясының әсерлері зерттелінді.

Күкірт-графит электродындағы ток тығыздығын 5-15 А/м<sup>2</sup> аралығында жоғарылатқанда, сульфид иондарының түзілуінің ток бойынша шығымының мәні ~ 80% құрайды. Ал ток тығыздығын одан әрі 25 А/м<sup>2</sup> дейін көтергенде 400%-дейін өседі (5-сурет). Сульфид иондарының түзілуінің ток бойынша шығымының күрт өсуі, композициялы электрод құрамындағы күкірттің гидроксид иондарымен әрекеттесе отырып диспропорция реакциясының орын алуымен түсіндіруге болады:

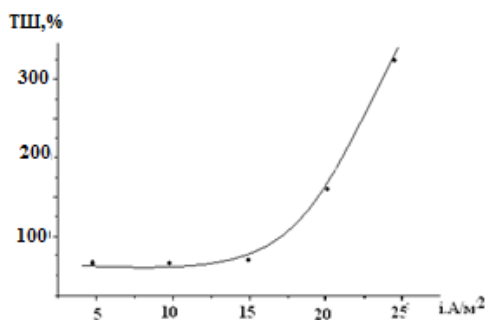




$\tau = 0,5 \text{ сағ, NaOH} - 1 \text{ М}$

5 сурет – Электролизерді катод кеңістігінде сульфид-иондарының түзілуінің ток бойынша шығымына күкірт-графит электродындағы ток тығыздығының әсері

Электролиз жүргізе отырып 0,5 сағаттан кейін, катодта түзілген сульфид иондарының анионитті мембрана арқылы орта камераға өту заңдылықтары зерттелді. 6- суретте күкірт-графит электродындағы ток тығыздығының электролизердің орта камерасына өткен сульфид – иондарының ток бойынша шығымына әсері келтірілген.

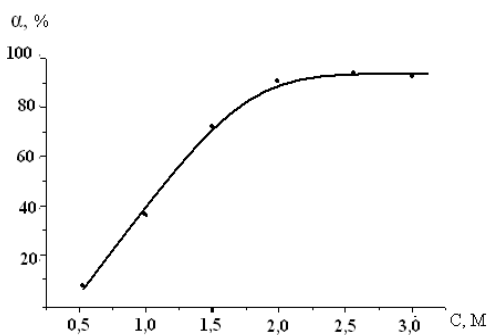


$\tau = 0,5 \text{ сағ, NaOH} - 1 \text{ М}$

6 сурет – Күкірт-графит электродындағы ток тығыздығының электролизердің орта камерасына өткен сульфид – иондарының ток бойынша шығымына әсері

6- суретте келтірілген зерттеу нәтижелері, катодта түзілген сульфид иондарының электролизердің орта кеңістігіне өте оңай өтетіндігін көрсетеді.

Келесі зерттеулерде сульфид-иондар түзілуін ерітіндідегі натрий гидроксиді концентрациясының әсері зерттелді. Сілті концентрациясын 0,5-3,0 М аралығында өсіргенде сульфид иондарының түзілуінің ток бойынша шығымының күрт өсетіндігін көрсетті.

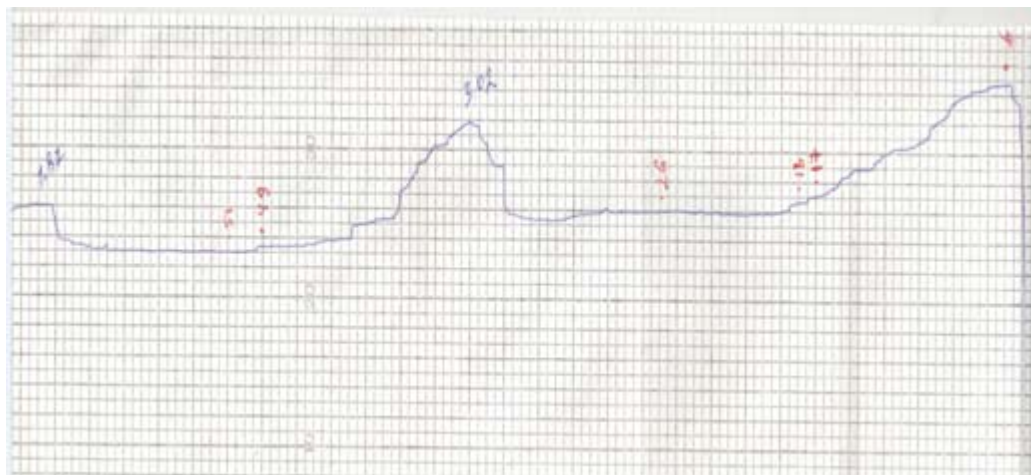


$i=15A/m^2, \tau=0,5 \text{ сағ}$

7 сурет – Электролизердің катод кеңістігінде түзілген сульфид иондарының түзілуінің ток бойынша шығымына натрий гидроксиді концентрациясының әсері

Бұл зерттеулер де, түзілген сульфид-иондарының электролизердің орта кеңістігіне анионитті

мембрана арқылы оңай өтетіндігін көрсетті.



8 сурет – Электрохимиялық жолмен алынған мырыш сульфидінің рентгенофазалық талдау тәсілімен алынған рентгенограммасы.

Күкірт-графит және мырыш электродтарын қолданып, үш камералы электролизерде электролиз жүргізіп мырыш сульфиді қосылысы алынды. Электролизердің орта камерасында (6) реакция нәтижесінде ақ тұнба түзілетіні анықталды 8 - суретте алынған тұнбаның рентгенограммасы келтірілген. Бұл өнімнің рентгенофазалық талдау нәтижелері алынып, 3.0А; 1.87; 1.60 рефлекстері мырыш сульфиді (ZnS) (ASTM 39-1363) қосылысы түзілетіндігін көрсетті.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Башов А.Б., Қоңырбаев А. Сарбаева М.Г. Мырыш сульфидін электрохимиялық әдіспен алу. Известия НАН РК, 2014, № 6, с. 44-49.
- [2] Башов А.Б., Иванов Н.С. Мырзабеков Б.Э. Композициялы күкірт-графит электродының анодты поляризациясы. Известия НАН РК, 2014, № 6, с.3-4.
- [3] Башов А.Б., Қоңырбаев А.Е. Ибрагимова Г.Н. Мырыш сульфидін электрохимиялық тәсілмен алу. Материалы Международной научно-прак. Конференции посвященной 90 летию Е.Ф.Букетова «Научные и творческое наследие академика Е.А.Букетова», г.Караганда, 2015 г., с. 117- 202.
- [4] Қоңырбаев А.Е., Башов А.Б., Мыршышова А.С. Мырыш электродтарының натрий сульфиті ерітіндісінде анодты еруі. Известия НАН РК, 2015, № 5,с. 7783.
- [5] Башов А.Б., Битурсын С.С. Башова А.К. Электрохимическое поведение цинкового электрода в растворе сульфата натрия при поляризации промышленным переменным током./ В сб.: Материалы докладов XVI Российской конференции «Физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов» Екатеринбург, 2013, с. 19-23.
- [6] Конурбаев А.Е. Башов А.Б., Башова А.К. Адайбекова А.А. Композициялы күкірт-графит электродының кальций хлориді ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеттері . Доклады НАН РК, 2016, № 1, с.57-66.
- [7] Башов А., Конурбаев А.Е., Башова А.К., Капсалямов Б.А. Түсті металл кендерін байытуда қолданылатын натрий сульфидін синтездеудің жаңа инновациялық тәсілі // Сборник материалов Международных XII Байконуровских чтений и его вклад в развитие горного дела, науки и образования Казахстана. – Жезказган, 2012. – б. 151-154.
- [8] Башов А.Б., Конурбаев А.Е., Асабаева З.К., Башова А.К. Электрохимический синтез полисульфида натрия с использованием кусковых электродов // Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы электрохимии и защиты от коррозии в решении экологических проблем». /Материалы докладов I международной научно-практической конференции. Тамбов, 2012, с. 144-145.
- [9] Башов А.Б., Конурбаев А.Е., Журинов М.Ж., Башова А.К. Проблемы утилизации серы и возможность создания технологии получения флотореагентов / Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана». Актау, 2013. Т.2. с.448- 451.
- [10] Башов А.Б., Конурбаев А.Е., Минтаева Г. А., Башова А.К. Электросинтез полисульфида натрия с использованием сераграфитовых композиционных электродов // 20-летию РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК» и 55-летию Химико-металлургического института им. Ж.А.Абишева // Материалы международной научно-практической конференции. Караганда, 2013. – С.261-263.
- [11] Доспаев М.М., Башов А.Б., Фигуриняйте И.В. Электрохимические методы получения порошковых сульфидов меди/ Труды международной конференции по химии и химической технологии, Ереван, 2007 с. 158
- [12] Башов А.Б., Доспаев М.М. Фигуриняйте И.В. Токаева З.М. Сульфидизация труднообогатимых окисленных медных руд с использованием электрохимических процессов. Труды международной конференции по химии и химической технологии, Ереван, 2007 с. с. 160.

[13] Баешов А.Б., Битұрсын С.С. Сарбаева Г.Т. Журинов М.Ж. Зайков Ю.П. Стационарлы емес токпен поляризацияланған мырыш электродының күкірт қышқылы ерітіндісінде еруі. Известия НАН РК, сер.химия и хим.технология, № 1, 2014, с.76-82

[14] Конурбаев А.Е. Баешов А.Б. Электрохимическая технология получения сульфидов натрия из серы Нефть и газ, № 5 (83), 2014, с. 59-66.

[15] Баешова А.К. Создание научных основ технологии переработки серы с получением флотореагента – моносulfида натрия. Материалы межд. Научно-практической конференции «Нефтепереработка - 2013», Уфа. 2013, с. 208-210

[16] Иванов Н.С. Битұрсын Н.С. Журинов М.Ж. Зайков Ю.П. Натрий сульфаты ерітіндісінде потенциодинамикалық поляризациялық қысықтар түсіру әдісі арқылы мырыштың электрохимиялық қасиетін зерттеу. VI международная научно-практическая конференция «Проблемы Инновационного развития нефтегазовой индустрии», Алматы, КБТУ, 2014, с. 283-289.

[17] Инновационный патент РК №22657. Способ получения сульфида цинка. / Баешов А.Б., Асабаева З.К., Баешова С.А., Мусина З. опубл., 15.07.2010. бюл. №7. -3 с.

[18] Инновационный патент РК № 2012/1020.1 Электрохимический способ получения полисульфидов щелочных металлов / Баешов А., Конурбаев А.Е., Асабаева З.К. и др.; дата приор. 04.10.12.

[19] Иннов. патент № 27319 РК Способ получения полисульфидов щелочных металлов / Баешов А.Б., Конурбаев А.Е., Асабаева З.К, Баешова А.К.; опуб. 16.09.2013 г. Бюл. № 9.

[20] Инновационный патент РК № 255500. Способ получения гидросульфида кальция / Баешов А., Конурбаев А.Е., Асабаева З.К. и др.; опубл. 05.04.2011, Бюл. № 3.

## REFERENCES

[1] Baeshov A.B., Қонурбаев А. Sarbaeva M.G. Myrysh sul'fidin jelektrohimijalyқ әдіспен алу. Izvestija NAN RK, 2014, № 6, s. 44-49.

[2] Baeshov A.B., Ivanov N.S. Myrzabekov B. Je. Kompozicijaly қыкірт-графит jelektrodynың anody poljarizacijasy. Izvestija NAN RK, 2014, № 6, s.3-4.

[3] Baeshov A.B., Қонурбаев А.Е. Ibragimova G.N. Myrysh sul'fidin jelektrohimijalyқ тәсілмен алу. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prak. Konferencii posvjashhennoj 90 letiju E.F.Buketova «Nauchnye i tvorcheskoe nasledie akademika E.A.Buketova», g.Karaganda, 2015 g., s. 117- 202.

[4] Қонурбаев А.Е., Баешов А.Б., Мыршышова А.С. Мырыш jelektrodtaryнның натрий sul'fidi eritindisinde anody erui. Izvestija NAN RK, 2015, № 5, s. 7783.

[5] Baeshov A.B., Bitursyn S.S. Baeshova A.K. Jelektrohimicheskoe povedenie cinkovogo jelektroda v rastvore sul'fata natrija pri poljarizacii promyshlennym peremennym tokom./ V sb.: Materialy dokladov XVI Rossijskoj konferencii «Fizicheskaja himija i jelektrohimija rasplavlennyh i tverdyh jelektrolitov» Ekaterinburg, 2013, s. 19-23.

[6] Konurbaev A.E. Baeshov A.B., Baeshova A.K. Adajbekova A.A. Kompozicijaly қыкірт-графит jelektrodynың kal'cij hlориди eritindisindegi jelektrohimijalyқ қасиеттері. Doklady NAN RK, 2016, № 1, s.57-66.

[7] Baeshov A., Konurbaev A.E., Baeshova A.K., Kapsaljamov B.A. Tysti metall kenderin bajytuda қолданылатын натрий sul'fidin sintezdeudiң zhaңa innovacijalyқ тәсілі // Сbornik materialov Mezhdunarodnyh XII Bajkonurovskih chtenij i ego vklad v razvitie gornogo dela, nauki i obrazovanija Kazahstana. – Zhezkazgan, 2012. – b. 151-154.

[8] Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Asabaeva Z.K., Baeshova A.K. Jelektrohimicheskij sintez polisul'fida natrija s ispol'zovaniem kuskovyh jelektrodov // Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Aktual'nye voprosy jelektrohimii i zashhity ot korrozii v reshenii jekologicheskikh problem». /Materialy dokladov I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Tambov, 2012, s. 144-145.

[9] Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Zhurinov M.Zh., Baeshova A.K. Problemy utilizacii sery i vozmozhnost' sozdaniya tehnologii poluchenija flotoreagentov / Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacionnoe razvitie neftegazovogo kompleksa Kazahstana». Aktau, 2013. T.2. s.448- 451.

[10] Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Mintaeva G. A., Baeshova A.K. Jelektrosintez polisul'fida natrija s ispol'zovaniem seragrafitovyh kompozicionnyh jelektrodov // 20-letiju RGP «Nacional'nyj centr po kompleksnoj pererabotke mineral'nogo syr'ja RK» i 55-letiju Himiko-metallurgicheskogo instituta im. Zh.A.Abisheva // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Karaganda, 2013. – С.261-263.

[11] Dospaev M.M., Baeshov A.B., Figurinajte I.V. Jelektrohimicheskie metody poluchenija poroshkovyх sul'fidov medi/ Trudy mezhdunarodnoj konferencii po himii i himicheskoy tehnologii, Erevan, 2007 s. 158

[12] Baeshov A.B., Dospaev M.M. Figurinajte I.V. Tokaeva Z.M. Sul'fidizacija trudnoobogatimyx oksilennyh mednyh rud s ispol'zovaniem jelektrohimicheskikh processov. Trudy mezhdunarodnoj konferencii po himii i himicheskoy tehnologii, Erevan, 2007 s. s. 160.

[13] Baeshov A.B., Битұрсын С.С. Сарбаева Г.Т. Журинов М.Ж. Зайков Ю.П. Стационарлы емес токпен поляризацияланған мырыш jelektrodynың қыкірт қышқылы eritindisinde erui. Izvestija NAN RK, ser.himija i him.tehnologija, № 1, 2014, s.76-82

[14] Konurbaev A.E. Baeshov A.B. Jelektrohimicheskaja tehnologija poluchenija sul'fidov natrija iz sery Neft' i gaz, № 5 (83), 2014, s. 59-66.

[15] Baeshova A.K. Sozdanie nauchnyh osnov tehnologii pererabotki sery s polucheniem flotoreagenta – monosul'fida natrija. Materialy mezhd. Nauchno-prakticheskoy konferencii «Нефтепереработка - 2013», Ufa. 2013, s. 208-210

[16] Ivanov N.S. Bitursyn N.S. Zhurinov M.Zh. Zajkov Ju.P. Natrij sul'faty eritindisinde potenciodinamikalyk poljarizacijalyk kysyktar tysiru әdisi arqyly myryshtyn jelektrohimiya kasetin zertteu. VI mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Problemy Innovacionnogo razvitiya neftegazovoj industrii», Almaty, KBTU, 2014, s. 283-289.

[17] Innovacionnyj patent RK №22657. Sposob polucheniya sul'fida cinka. / Baeshov A.B., Asabaeva Z.K., Baeshova S.A., Musina Z. opubl., 15.07.2010. bjul. №7. -3 s.

[18] Innovacionnyj patent RK № 2012/1020.1 Jelektrohimichesij sposob polucheniya polisul'fidov shhelochnyh metallov / Baeshov A., Konurbaev A.E., Asabaeva Z.K. i dr.; data prior. 04.10.12.

[19] Innov. patent № 27319 RK Sposob polucheniya polisul'fidov shhelochnyh metallov / Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Asabaeva Z.K., Baeshova A.K.; opub. 16.09.2013 g. Bjul. № 9.

[20] Innovacionnyj patent RK № 255500. Sposob polucheniya gidrosul'fida kal'cija / Baeshov A., Konurbaev A.E., Asabaeva Z.K. i dr.; opubl. 05.04.2011, Bjul. № 3.

#### **А.Е. Конурбаев, А.Б. Башов**

Акционерное общество "Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского", г. Алматы,  
Республика Казахстан

### **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФИДА ЦИНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО СЕРА-ГРАФИТОВОГО ЭЛЕКТРОДА**

**Аннотация.** Для создания электрохимического способа синтеза сульфида цинка исследовано электрохимическое поведение композиционного сера-графитового и цинкового электродов в нейтральных и щелочных средах и установлены оптимальные параметры процесса.

Катодное восстановление серы в составе композиционного сера-графитового электрода в растворе гидроксида натрия изучали методом снятия циклических поляризационных кривых на потенциостате "Autolab". На полученных поляризационных кривых обнаружено две волны восстановления серы при  $E = -475$  мВ и  $E = -750$  мВ, первая волна восстановления соответствует образованию полисульфид ионов, и далее - моносулфид-иона.

Гальваностатический синтез сульфида цинка проводили в трехсекционном электролизере, где электродные пространства разделены катионитовой (МК-40) и анионитовой (МА-40) мембранами. Катодная секция отделена анионитовой, а анодная секция – катионитовой мембраной, в качестве катода использовали сера-графитовый электрод, а анода-цинковый электрод. Катодное пространство электролизера заполнено раствором гидроксида натрия, анодное пространство - раствором серной кислоты, средняя зона, т.е. промежуточное пространство заполнено раствором сульфата натрия. Сульфид цинка образуется в средней зоне электролизера из сульфид-ионов, проникающих из катода через анионитовую мембрану и ионов цинка, поступающих из анода через катионитовую мембрану при их взаимодействии.

Показано, что при плотности тока на сера-графитовом электроде, равной  $5-15$  А/м<sup>2</sup>, выход по току образования сульфид-ионов составляет 80%, увеличение катодной плотности тока до  $25$  А/м<sup>2</sup> увеличивает выход по току сульфида цинка до 400 %. Исследовано влияние концентраций гидроксида натрия на выход по току образования сульфида цинка. Установлено, что увеличение концентрации щелочи в растворе в интервале  $0,5-3,0$  М приводит к резкому увеличению выхода по току образования сульфид ионов.

**Ключевые слова:** сера-графитовый композиционный электрод, катод, электролиз, концентрация, сульфид цинка, поляризационная кривая, люминофор, реагент, электрод.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 222 – 230

UDC 541.13

A.B.Baeshov, A.E.Konurbaev, A.A.Adaybekova, A.K.Baeshova

«Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry of D.V. Sokolsky», Almaty, Kazakhstan  
[bayeshov@mail.ru](mailto:bayeshov@mail.ru), [777altin@mail.ru](mailto:777altin@mail.ru)

JOINT RESTORATION OF ZINC AND SULFITE IONS  
ON GLASS GRAPHITE ELECTRODES

**Annotation.** For the first time, reduction of zinc and sulfite ions on glass graphite was investigated by removing the cyclic and cathodic potentiodynamic polarization curves. On the restoration process of zinc and sulfate ions were examined the impact of the concentration of sodium sulfite and zinc sulphate, scan rate and electrolyte temperature.

The concentration of sodium sulfite were investigated in the range of 2,5-10 g / l, and zinc sulfate in the range of 1,0-15,0 g / l. By the increasing of sulfite and zinc concentration, cathodic reduction waves on the polarogram increased too, which shown restoring of ions occurs in the potential of "minus" 1,18-1,20 V.

A temperature increase in the range 25-65<sup>0</sup>C, the value of cathodic current on voltammetric curve has grown. Dependence of temperature and current logarithms calculated on the basis of  $(I_{gi} - 1/T)$ , the effective value of the activation energy is 4,76 kJ / mol, this shows that reactions occurring in the cathode electrode pass with diffusion mode.

An increase of temperature and scan rate determined that increased the joint maximum restoration of zinc and sulfite ions.

The joint recovery of zinc and sulfite ions was studied in an aqueous solution by removing the potentiodynamic polarization curves and it found that zinc sulfide is formed. These studies can be used in order to obtain zinc sulfide.

**Keywords:** glass graphite, sodium sulfite, zinc sulfate, zinc sulfide, sodium sulfate, electrode polarization, electrolyzer, the electrolyte

ӘОЖ 541.13

А.Б. Баешов, А.Е. Коңырбаев, А.А. Адайбекова, А.К. Баешова

«Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

МЫРЫШ ЖӘНЕ СУЛЬФИТ ИОНДАРЫНЫҢ ШЫНЫГРАФИТ  
ЭЛЕКТРОДЫНДА БІРГЕ ТОТЫҚСЫЗДАНУЫ

**Аннотация.** Алғаш рет шыныграфит электродында мырыш және сульфит- иондарының тотықсыздануы циклдік және катодтық потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру арқылы зерттелді. Мырыш және сульфит-иондарының бірге тотықсыздану процесіне натрий сульфиті мен мырыш сульфаты концентрацияларының, потенциал өзгеру жылдамдығының және электролит температурасының әсерлері қарастырылды.

**Кілт сөздер:** шыныграфит, натрий сульфиті, мырыш сульфаты, мырыш сульфиді, натрий сульфаты, электрод, поляризация, электролизер, электролит.

Натрий сульфитінің концентрациясы 2,5 – 10,0 г/л, ал мырыш сульфатының концентрациясы 1,0 – 15,0 г/л аралығында өзгертілді. Бұл кезде мырыш иондарының және сульфит-иондарының концентрацияларының артуы полярограммадағы мырыштың катодты тотықсыздану толқынының биіктігін өсіреді, демек, «минус» 1,18 – 1,20 В потенциалдарда бұл иондардың бірге тотықсыздануы орын алады.

Электролит температурасы 25-65<sup>0</sup>С интервалында өскенде, вольтамперметрлік қисықтағы катодтық ток мәндерінің өсетіндігі көрсетілді. Температура және ток логарифмі тәуелділіктері ( $\lg i - \frac{1}{T}$ ) негізінде есептелген эффективті активтендіру энергиясының мәні 4,76 кДж/моль-ге тең болды, бұл электродта жүріп жатқан катодты реакциялардың диффузиялық режимде жүретіндігін көрсетеді.

Ерітінді температурасының өсуі мен потенциал беру жылдамдығының өсуі, мырыш және сульфит-иондарының бірге тотықсыздану максимумының мәнін жоғарылататындығы анықталды.

Сулы ерітіндідегі мырыш және сульфит-иондарының бірге тотықсыздануы зерттеліп, нәтижесінде мырыш сульфидінің түзілу мүмкіндігі алғаш рет потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру негізінде анықталды. Зерттеу нәтижелерін мырыш сульфидін алу мақсатында қолдануға болады.

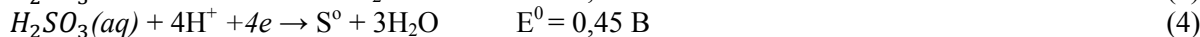
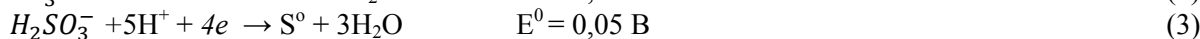
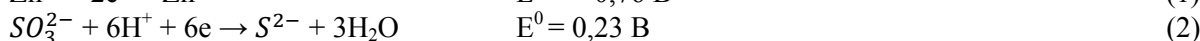
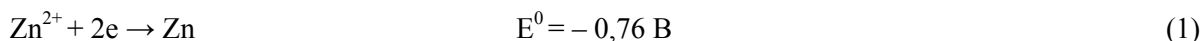
Мырыш сульфиті (ZnS) бояу өндірісінде кеңінен қолданыс тауып келеді. Құрамында мыс немесе күміс бар бұл қосылыс люминесценттік қасиетке ие екендігі белгілі [1]. Сол себепті мырыш иондарымен бірге күкірт (IV) иондарын катодты тотықсыздандыру арқылы мырыш сульфидін алу реакцияларын зерттеу актуальді проблемалардың бірі және оның теориялық та, практикалық маңызы өте зор [2,3].

Табиғатта мырыш сульфиді – сфалерит және вюрцит минералдары түрінде кездеседі. Мырыш сульфиді суда ерімейтін, ылғалды ауада мырыш сульфатына дейін тотықсызданатын ақ түсті ұнтақ болып табылады [4-6]. Өндірісте мырыш сульфидін күкіртті сутек газын мырыш тұздарынан өткізу арқылы алынады.

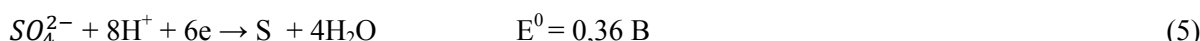
Мырыш электродының электрохимиялық қасиеті профессор А. Баешовтың шәкірттерімен жүргізген жұмыстарда зерттелген [7-18].

Бұл ғылыми жұмысымызда, мырыш және сульфит иондарының шыныграфит электродында мырыш сульфидін түзе катодты тотықсыздану реакциялары қарастырылды.

Мырыш және сульфит иондары бар сулы ерітінділерде төмендегі катодты электрохимиялық реакциялар орын алуы мүмкін:

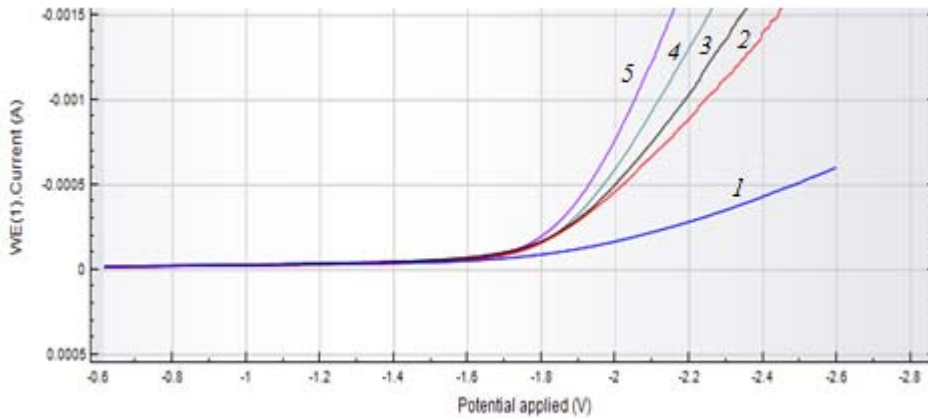


Термодинамикалық тұрғыдан сульфат – иондары да күкіртке дейін катодты тотықсыздана алатыны белгілі, бірақ әдеби мәліметтер бойынша бұл реакция өте жоғары аса кернеулікпен жүреді:



Сулы ерітінділерде мырыш сульфидінің мырыш және сульфит иондарының бірге катодты тотықсыздану процесінің механизмін түсіну мақсатында, натрий сульфаты фонды ерітіндісінде – мырыш және сульфит иондарының бөлек және бірге болған кездердегі – катодты, анодты және цикльді потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары түсірілді. Салыстырмалы электрод ретінде хлоркүміс электроды қолданылды және потенциалдар мәндері осы электродқа салыстыра келтірілді. Поляризациялық қисықтар Autolab потенциостатында түсірілді.

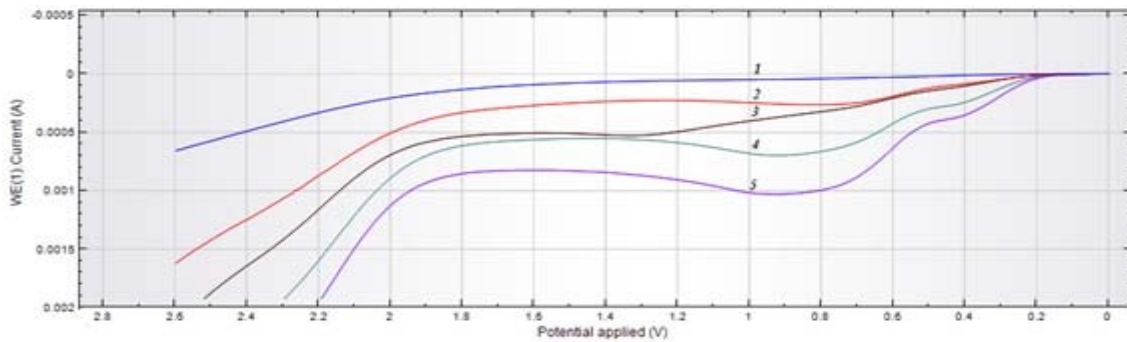
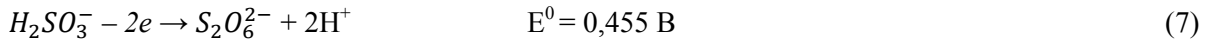
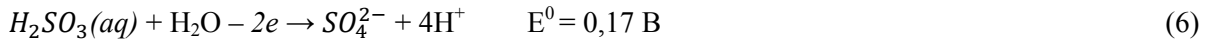
1 – суретте натрий сульфиті ерітіндісінде шыныграфит электродында түсірілген катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар келтірілген. «Минус» 1,7 – 1,8 В аралықтарында су молекуласының сутегі газын түзе тотықсыздану тоғы полярограммада тіркелді. Сульфит иондарының концентрациясының 1-20 г/л аралығында өсуі сутегі газының бөліну аса кернеулігін азайтады. Ал, полярограммада сульфит иондарының тотықсыздануы сутегі газы бөлінгенге дейінгі потенциалдарда тіркелмейді.



Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, г/л: 1– 1,0; 2–5; 3 –10; 4 – 15; 5 – 20; v=50мВ/с; t=25<sup>0</sup>С;

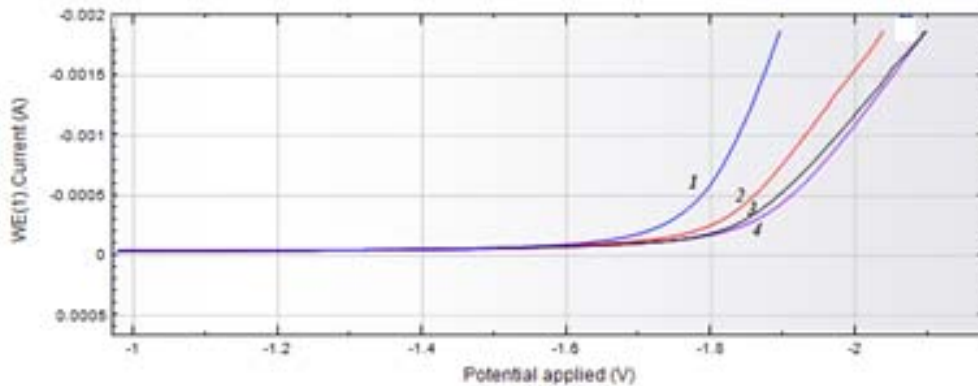
1 сурет – Сульфит иондарының шыныграфит электродындағы катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары

Сульфит иондарының анодты поляризациялық қисықтарында «плюс» 1,8 – 2,0 В потенциалдар аумағында оттегі газының бөліну тоғы поляраграммада тіркеледі (2-сурет). Натрий сульфиті концентрациясы 5 г/л болған кезде «плюс» 0,4 – 0,8 В потенциалдар аумағында сульфит-иондарының тотығу толқындары тіркеледі, ал концентрация 10 г/л-ден бастап қос тотығу толқыны тіркеледі, бұны төменгі реакциялардың орын алуымен байланысты деп түсіндіруге болады:



Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, г/л: 1– 1,0; 2–5; 3 –10; 4 – 15; 5 – 20; V=50мВ/с; t=25<sup>0</sup>С;

2 сурет – Сульфит иондарының шыныграфит электродындағы анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары



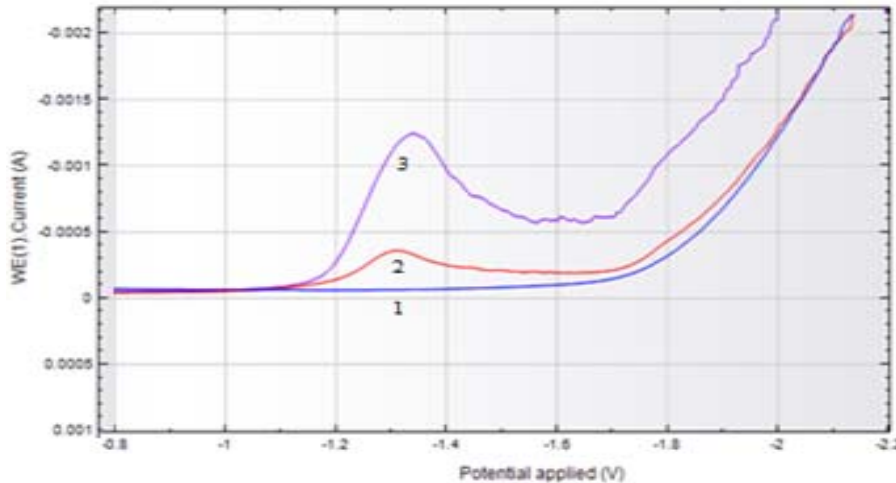
1) C= 10 г/л NaOH; 2) C= 5 г/л Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>+10 г/л NaOH; 3) 10 г/л Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>+10 г/л NaOH; 4) 15 г/л Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>+10 г/л NaOH; V=50мВ/с; t=25<sup>0</sup>С;

3 сурет – Шыныграфит электродының катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары Натрий гидроксиді ерітіндісінде де сульфит – иондарының катодты тотықсыздану толқыны



тіркелмейді (3-сурет), «минус» 1,7-1,8 В потенциалдар аумағында сутегі газының бөліну тоғы полярограммада тіркеледі. Бұл кезде натрий сульфиті концентрациясы өскен сайын, сутегі газының бөлінуінің аса кернеулігінің өсуі байқалады.

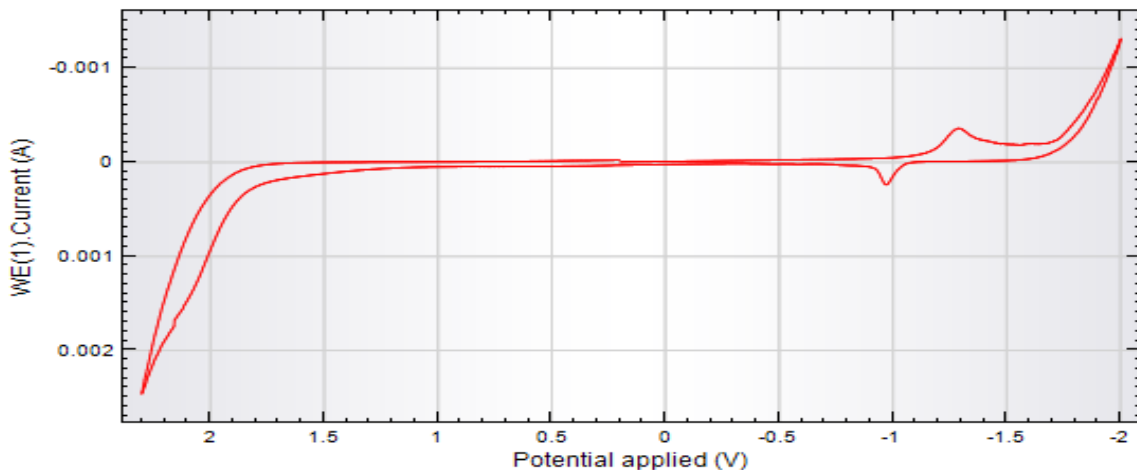
Келесі зерттеулерімізде 50 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  фонды ерітіндіде мырыш иондарының катодты поляризациялық қисықтары түсірілді. Катодты поляризациялық қисықтарда «минус» 1,1 – 1,3 В потенциалдар аумағында мырыш иондарының тотықсыздану максимумы тіркеледі (4 -сурет). Мырыш иондарының концентрациясының өсуі, оның тотықсыздану максимумының мәнін өсіреді. «Минус» 1,7 – 1,8 В потенциалдарда сутегі газының бөліну тоғы полярограммада байқалады.



1) 50 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 2) 50 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 1 г/л  $\text{ZnSO}_4$ ; 3) 50 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 10 г/л  $\text{ZnSO}_4$ ;  $v=50\text{ мВ/с}$ ;  $t=25^\circ\text{C}$ ;

4 сурет – Шыныграфит электродында мырыш иондарының катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисығы

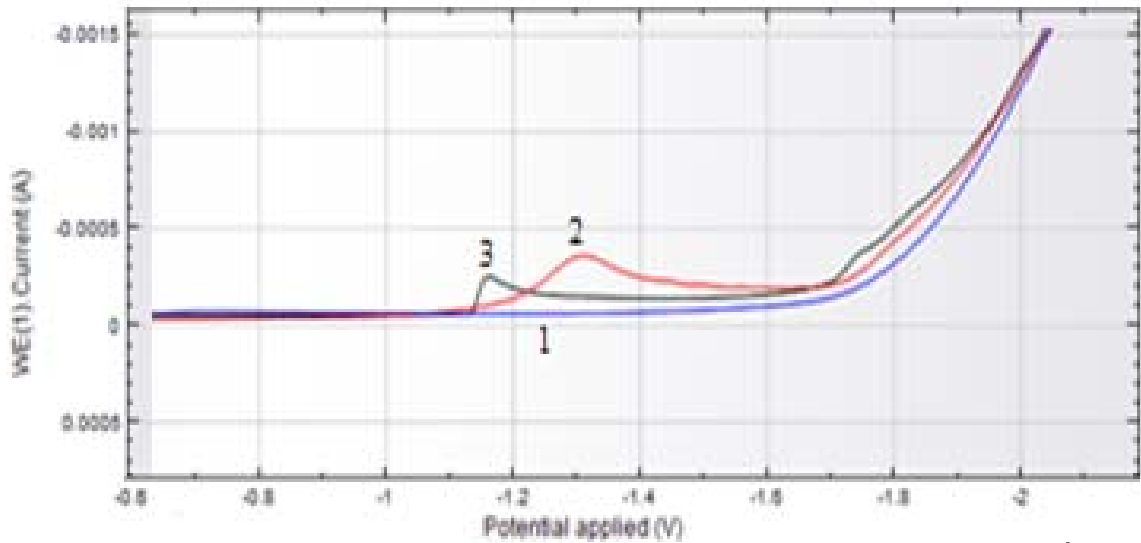
Катод-анод цикліді поляризациялық қисықтарда катод бағытында мырыш иондарының элементті мырышқа дейін тотықсыздану максимумы тіркелсе, ал катод-анод бағытында «минус» 1,7 – 0,9 В потенциалдарында түзілген металдың қайта тотығу максимумы орын алады (5-сурет):



$C= 50 \text{ г/л } \text{Na}_2\text{SO}_4 + 1 \text{ г/л } \text{ZnSO}_4$ ;  $V=50 \text{ мВ/с}$ ;  $t=25^\circ\text{C}$ ;

5 сурет – Шыныграфит электродының мырыш иондары бар ерітіндідегі цикліді анодты-катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисығы

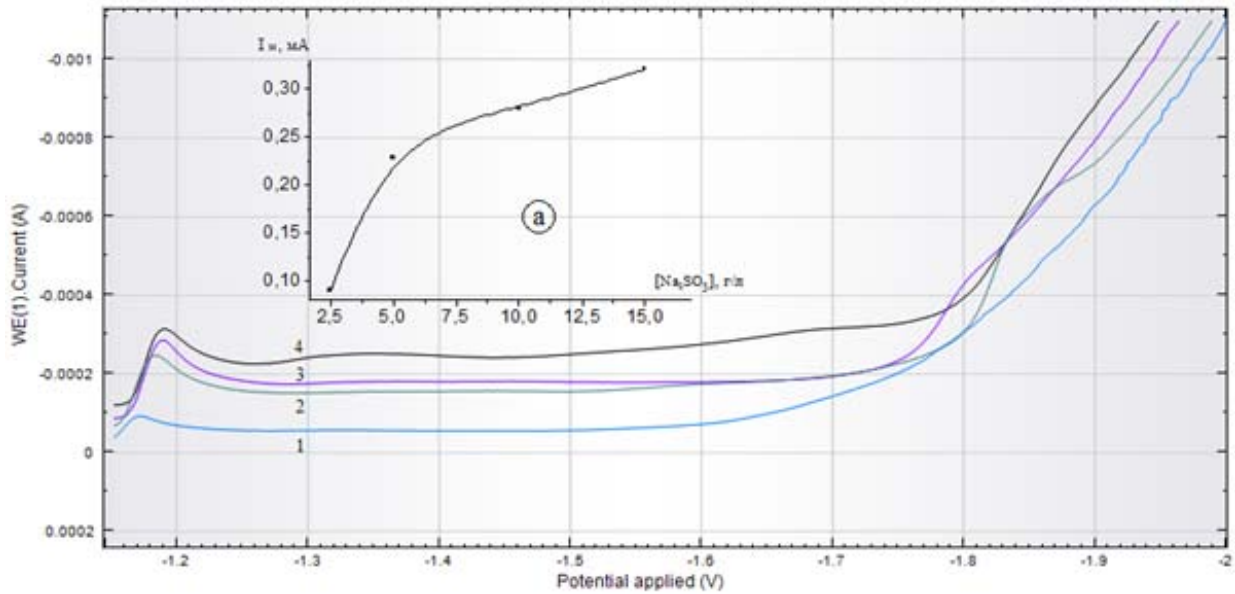
6 – суретте фонды 50 г/л натрий сульфаты ерітіндісінде жеке мырыш ионының, және мырыш пен сульфит иондарының бірге тотықсыздану потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары келтірілген. Егер назар аударатын болсақ, мырыш иондары сульфит иондарының тотықсыздануына депполяризациялық әсер тигізетініне көз жеткізуге болады (3 - қисық).



1) фон – 50 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 2) фон + 1 г/л  $\text{ZnSO}_4$ ; 3) фон + 1 г/л  $\text{ZnSO}_4$  + 1 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ;  $v=50\text{ мВ/с}$ ;  $t=25^\circ\text{C}$ ;

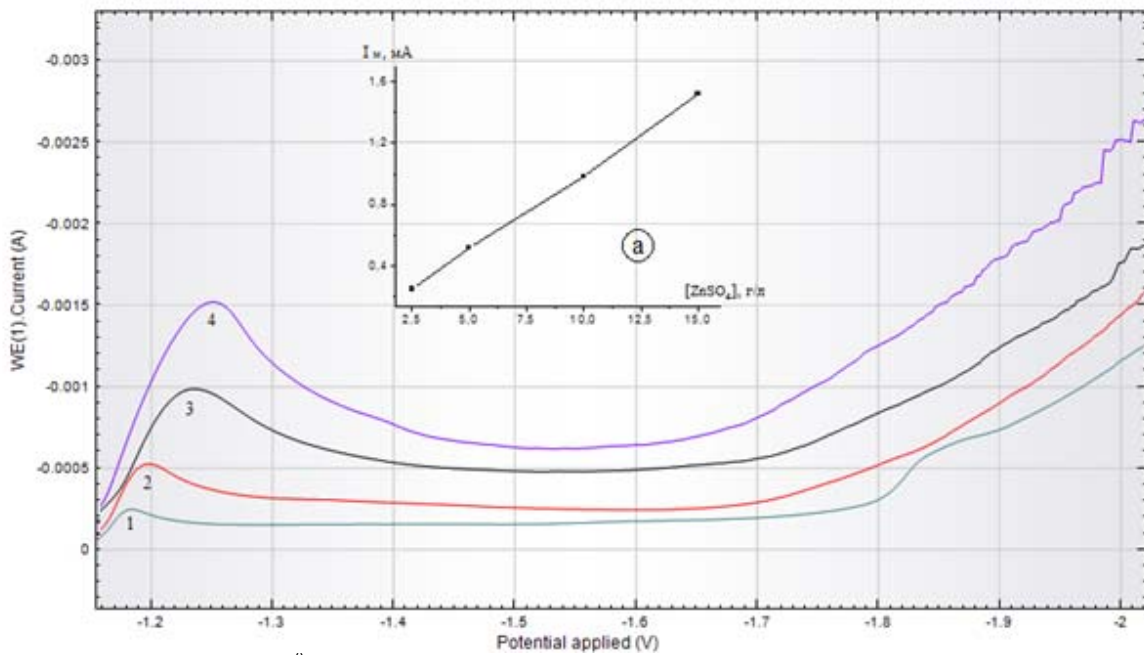
6-сурет – Шыныграфит электродының катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары

Натрий сульфаты ерітіндісінде мырыш иондарының да және сульфит иондарының концентрацияларының өсуі мырыштың полярограммадағы мырыштың катодты тотықсыздану толқынының мәнін өсіреді, демек «минус» 1,18 – 1,20 В потенциалдар аумағында бұл иондардың бірге тотықсыздануы орын алады деп тұжырым жасауға болады (7,8 – сурет).



$V=50\text{ мВ/с}$ ;  $t=25^\circ\text{C}$ ; 50 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 1 г/л  $\text{ZnSO}_4$  +  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , г/л: 1 – 2,5; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15;

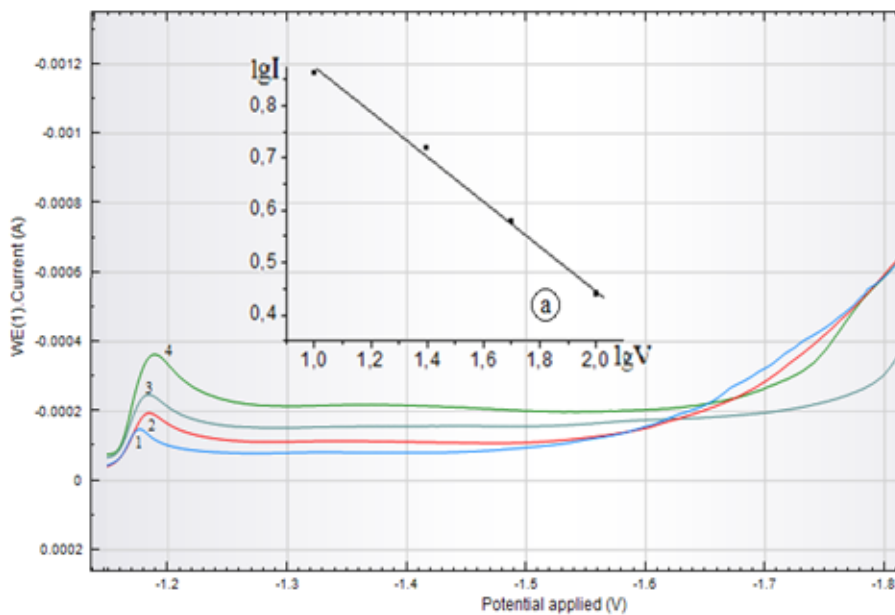
7 сурет – Құрамында мырыш және сульфит иондары бар ерітіндіде шыныграфит электродында түсірілген катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар



$V=50$  мВ/с;  $t=25^0\text{C}$ ; 50 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 5 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  +  $\text{ZnSO}_4$ , г/л: 1 – 1,0; 2 – 2,5; 3 – 5,0; 4 – 10;

8-сурет – Құрамында сульфит- және мырыш иондары бар ерітінділерде шыныграфит электродында түсірілген катодты потенциодинамикалық поляризациялық кысықтар

Ерітінді температурасының өсуі мен потенциал беру жылдамдығының өсуі, мырыш және сульфит иондарының бірге тотықсыздану максимумының мәнін жоғарылататындығы анықталды (9,10 – сурет). Горбачев [19-20] әдісі бойынша  $\lg i_p - 1/T$  тәуелділік графигінен эффективті активтену энергиясының мәні есептелді, оның мәні 4,76 кДж/моль-ге тең және потенциал беру жылдамдығына байланысты иондардың тотықсыздану максимумының өсуі, электродта жүріп жатқан катодты реакциялардың диффузиялық режимде жүретіндігін көрсетеді.



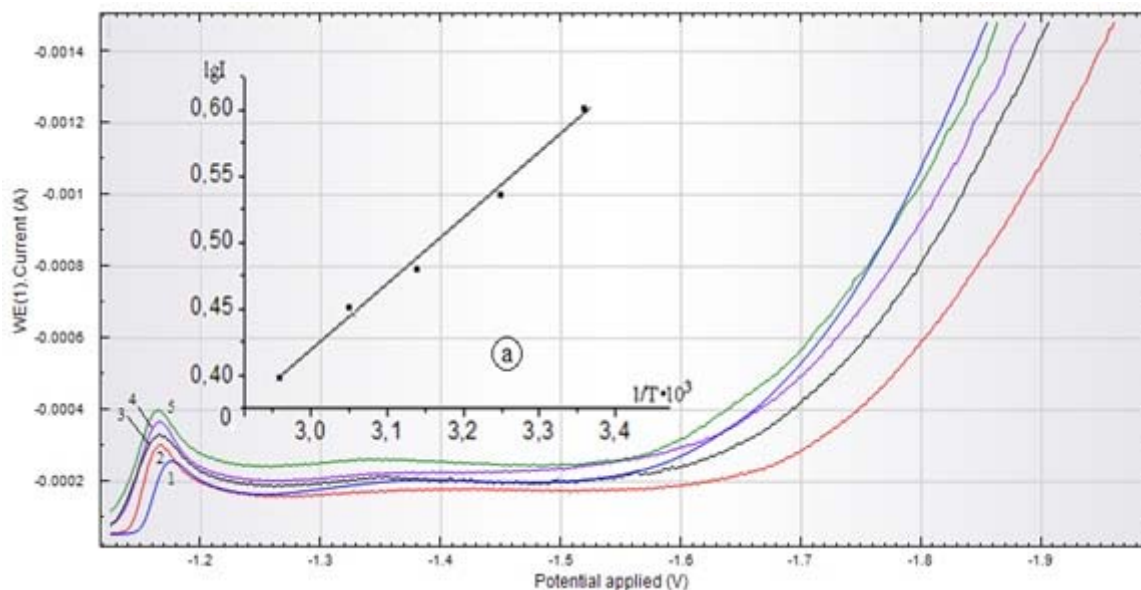
$v$ , мВ/с: 1-10; 2-25; 3-50; 4-100;  $t=25^0\text{C}$ ;  $C= 50$  г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 1 г/л  $\text{ZnSO}_4$  + 5 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ;

9-сурет – Шыныграфит электродында әр түрлі потенциал беру жылдамдығында түсірілген катодты потенциодинамикалық поляризациялық кысықтар (а-мырыш тотықсыздануының максимум тоғы және потенциал беру жылдамдығы логарифдерінің тәуелділігі )

Шыныграфит электроды бетінде 1 – реакция нәтижесінде түзілген мырыш атомы мен (3), (4) реакциялар нәтижесінде түзілген элементті активті күкірт бір-бірімен әрекеттесіп, төменгі реакция бойынша мырыш сульфиті түзіледі:



Біздің бұрынғы зерттеулерімізде мыс (II) иондарымен сульфит-иондарының бірге тотықсыздану кезінде мыс сульфитінің түзілетіндігін көрсеткен болатын [3,21], ал композициялы күкірт-графит электродын қолдану арқылы темір сульфидін [22] және натрий мен кальций сульфидтерін [23,24] синтездеуге болатындығы көрсетілген.



$t, ^\circ\text{C}$ : 1 – 25; 2 – 35; 3 – 45; 4 – 55; 5 – 65;  $C = 50 \text{ г/л Na}_2\text{SO}_4 + 5 \text{ г/л Na}_2\text{SO}_3 + 1 \text{ г/л ZnSO}_4$ ;  $v = 50 \text{ мВ/с}$ ;

10 сурет – Шыныграфит электродында мырыш және сульфит иондарының тотықсыздануына электролит температурасының әсері (а-  $\lg|I|$  мәнінің температураға ( $1/T \cdot 10^3$ ) тәуелділігі ( $\Delta E = -1,18\text{В}$ ))

Қорыта айтқанда, алғаш рет сулы ерітіндідегі мырыш және сульфит иондарының бірге тотықсыздануы зерттеліп, нәтижесінде мырыш сульфиді түзілетіні алғаш рет потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру негізінде анықталды. Бұл ғылыми зерттеу нәтижелерін мырыш сульфиді қосылысын алу мақсатында қолдануға болады деп есептейміз.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Карапетьянц М. Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия // Высшая школа, 2000, 592 С.
- [2] Баешов А. Б., Жданов С. И., Тулебаев А. К. и др. Электрохимия серы и ее соединений // Алматы Ғылым.1997, 160 с
- [3] Баешов А.Б., Борова Е.Н., Баешова А.К. и др. Совместное восстановления серы (IV) и меди (II) в сернокислом растворе // Электрохимия, 1988, 24, вып 11, с 1564-1966
- [4] Баешов А. Б., Қоңырбаев А.Е., Сарбаева М. Т. Мырыш сульфидін электрохимиялық жолмен алу // Известия НАН РК, 2014, 6, с 44-48
- [5] Горбунов А. И. И др. Теоритические основы общей химии // МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2004, 777 с.
- [6] Greenwood N.N., Eamshaw A. Chemistry of the Elements // 2<sup>nd</sup> Oxford Butterword-Heinemann, 1998, p. 1340
- [7] Баешов А. Б., Битурсын С. Сульфат иондары бар ерітінділердегі стационарлы емес токпен поляризацияланған мырыш электродының қасиеті // Поиск (Ізденіс), 2008, 4, с.6
- [8] Баешов А. Б., Битурсын С. Электрохимическое поведение цинка в щелочной среде // Материалы международной научно-практической конференции «Комплексная переработка минерального сырья», Караганда, 2008, с.431
- [9] Баешов А. Б., Жылысбаева Г.Н., Исмаилова С.С. Электрохимическое поведение цинковых электродов в сернокислом растворе при поляризации промышленным переменным током // Труды Респ. Научно-теоретической конференции «Экология, знание, наука и общество» Приуроченная к 60-летию лауреата Гос. Прем. РК проф. А. Баешова, Кентау-2006, с.6-11

- [10] Баешов А. Б., Битұрсын С.С. Сарбаева Г.Т. Журинов М.Ж. Зайков Ю.П. Стационарлы емес токпен поляризацияланған мырыш электродының күкірт қышқылы ерітіндісінде еруі // Известия НАН РК № 1, 2014, с.7
- [11] Битұрсын С. Баешов А. Б. Сарбаева Г.Т. Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының натрий нитраты ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеті // «Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институтының «Минералды шикізатты кешенді ұқсату» Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары, Қарағанды, 2013 с. 77-81
- [12] Баешов А. Б., Битұрсын С.С. Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының сірке қышқылы ерітіндісінде еруі // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития горно-металлургической отрасли: теория и практика», Караганда, 2013, с. 217
- [13] Bitursyn S.S. Sarbaeva M., Baeshov A.B. Electrochemical behavior of zink electrode in an neutral environment at polarization with industrial alternating current // *Advanced Materials Reseach Vols. 781-784*, pp.367-371
- [14] Баешов А. Б., Асабаева З.К. Баешова С.А. Композициялы күкірт-графит электродын қолдану арқылы мырыш сульфидінің түзілуін зерттеу // Тезисы докладов Международной конференции студентов молодых ученых «Мир Науки», КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, 2010, С.6.
- [15] Баешов А. Б., Қонурбаев А.К. Электрохимическая технология получения сульфидов натрия из серы // Нефть и газ, № 5 (83), 2014, с. 59-66.
- [16] Баешов А. Б., Қоңырбаев А.Е., Ибрагимова Г.Н. Мырыш сульфидін электрохимиялық тәсілмен алу // Материалы Международной научно-прак. Конференции посвященной 90 летию Е.Ф.Букетова «Научные и творческое наследие академика Е.А.Букетова», г.Караганда, 2015 г., С. 117.
- [17] Баешов А. Б., Мырышова А.С., Қоңырбаев А.Е. Мырыш электродының натрий сульфиті ерітіндісінде анодта еруі // Известия НАН РК, 5, 2015, с 77-81
- [18] Битұрсын С. Баешов А. Б., Журинов М.Ж. Стационарлы емес токпен поляризацияланған мырыш электродының натрий сульфаты ерітіндісінде еруі // Хабаршы, Алматы – 2012, 2,45-49 с
- [19] Левин А.И. Теоретические основы электрохимии // *Металлургия*, 1972, 432 С.
- [20] Горбачев С.В. Влияние температуры на электролиз как кинетический метод исследования природы электрохимических процессов // *Труды IV всесоюзного совещания по электрохимии.* – М.: Наука.-1959, С. 61-71.
- [21] Баешов А. Б., Әбіжанова Д.Ә. Тоқтар Г. Сулы ерітінділерде мыс (II) және сульфит иондарының бірге тотықсыздануы // Доклады НАН РК, 2014, 5, с.61.
- [22] Баешов А. Б., Баешова К.Ж. Способ получения сульфида железа. Инновационный патент РК 19749, Бюл. 8, 2008
- [23] Баешов А. Б., Асабаева З.К., Баешова С.А. Способ получения полисульфида натрия. Инновационный патент РК 25317, Бюл. 12, 2011
- [24] Баешов А. Б., Асабаева З.К., Қонурбаев А.Е. и др. Способ получения гидросульфида кальция. Инновационный патент РК 25550, Бюл. 3, 2012

## REFERENCES

- [1] Karapet'yants M.H., Drakin S.I. General and inorganic chemistry. *Higher School*, **2000**, 592 (in Russ).
- [2] Baeshov A. B., Zhdanov S. I., Tulebaev A. K. Electrochemistry of sulphur and her connections. *Almaty:Gylym*, **1997**, 160 (in Russ).
- [3] Baeshov A. B., Borova E.N., Baeshova A.K. and oth.*ELECTROHIMIY*,**1988**, 24, 1564-1966 (in Russ).
- [4] Baeshov A. B., Konurbaev A.E., Sarbaeva M. T. *YZVESTIY NAN RK*. **2014**, 6, 44-48. (in Kaz).
- [5] Gorbunov A. I and others. Theoretically basics of general chemistry. *Moscow Publishing House MSTU. Bauman*, **2004**, 777 (in Russ).
- [6] Greenwood N.N., Eamshaw A. Chemistry of the Elements. *2<sup>nd</sup> Oxford Butterword-Heinemann*, **1998**, 1340 (in Eng).
- [7] Baeshov A. B., Bitursyn S.S. *Poysk*. **2008**, 4, 6 (in Kaz).
- [8] Baeshov A. B., Bitursyn S.S. *Materialy mejdunarodnii nau-practixeskoj konferencii «Komplecsnaiy pererabotka mineralnogo siria», Karaganda*, **2008**, 431(in Russ).
- [9] Baeshov A. B., Jylyysbaeva G.N., Ismaylova S.S. *Trudy Pesp. Nauxno-teoret. Konferensia, Priuroxennaia c 60-letiu laureate Gos. Prem. RK. Prof. A. Baeshova, Kenmay*, **2006**, 6-11(in Russ).
- [10] Baeshov A. B., Bitursyn S.S. Sarbaeva G. T. Jurinov M. J., Zaikov IY. P. *YZVESTIY NAN RK*. **2014**, 1, 7-14. (in Kaz).
- [11] Baeshov A. B., Bitursyn S.S., Sarbaeva G. T., «*J. Abishev atindagi Himia-metallurgia Institut, Halilaralik gilimijr.konferensia materialdari*, Karaganda, **2013**,77-81(in Kaz).
- [12] Baeshov A. B., Bitursyn S.S. *Materiali mejdunarodnoi nauxno-prak. konferensii «Problemi I perspective razvitia gorno-metallurgixeskoj otrasli: teoria i practica», Karaganda*, **2013**, 217 (in Kaz).
- [13] Bitursyn S.S. Sarbaeva M., Baeshov A.B. *Advanced Materials Reseach Vols. 781-784*, pp.367-371 (in Eng).
- [14] Baeshov A.B., Asabaeva Z.K., Baeshova S.A. *Tezisy docladov mejd. konferensia studentov molodih uxenih «Mir Nauky», KazNY um. Al-Farabi, Almaty*, **2010**, 6 (in Kaz).
- [15] Baeshov A. B., Konurbaev A.E.*Neft i gaz.Almaty*,**2014**, 5 (83), 59-66 (in Russ).
- [16] Baeshov A. B., Konurbaev A.E., Ibragimova G.N. Materialy Mejdunarodnoi nauxno-prak. konferensii posviashennoi 90-letiy E.F. Buketova «Nauxnie i tvor. nasledie academica E.F. Buketova», *Karaganda*, **2015**, 117 (in Kaz).
- [17] Baeshov A. B., Mirishova A.S., Konurbaev A.E. *YZVESTIY NAN RK*. 5, **2015**, 77-81(in Kaz).
- [18] Baeshov A. B., Bitursyn S.S., Jurinov M. J. *Vestnik NAN RK*, **2012**, 2, 45-49 (in Kaz).
- [19] Levin A.I. Teoreticheskie osnovy ehlektrokhimii. M.: *Metallurgiya*, **1972**, 432 (in Russ).

- [20] Gorbachev S.V. Trudy IV vsesoyuznogo soveshchaniya po ehlektrokhimii. M.: Nauka, 1959, 61-71 (in Russ).  
[21] Baeshov A. B., Abijanov D.A., Tohtar G. *Doklady NAN RK, Almaty*, 2014, 5, 61 (in Kaz).  
[22] Baeshov A.B., Baeshova K.J. *Innovatsionnyy patent RK 19749*, 2008, biyl.8 (in Russ).  
[23] Baeshov A.B., Asabaeva Z.K., Baeshova S.A. *Innovatsionnyy patent RK 25317*, 2011, biyl.12 (in Russ).  
[24] Baeshov A.B., Asabaeva Z.K., Konurbaev A.E. and oth. *Innovatsionnyy patent RK 25550*, 2012, biyl. 3 (in Russ).

**А.Б. Бешов, А.Е. Конурбаев, А.А. Адайбекова, А.К. Бешова**

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В.Сокольского», Алматы, Казахстан

### **СОВМЕСТНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ ЦИНКА И СУЛЬФИТ-ИОНОВ НА В СТЕКЛОГРАФИТОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ**

**Аннотация.** Впервые путем снятия циклических и потенциодинамических поляризационных кривых исследован процесс восстановления ионов цинка и сульфит-ионов на стеклографитовом электроде. Установлено влияние концентрации сульфита натрия и сульфата цинка, температуры электролита и скорости изменения потенциала на процесс восстановления ионов цинка и сульфит-ионов.

Концентрация сульфита натрия варьировалась в интервале 2,5-10 г/л, а сульфата цинка - в интервале 1,0-15,0 г/л. Увеличение концентрации ионов цинка и сульфит-ионов приводит к увеличению высоты волны катодного восстановления цинка при потенциале «минус» 1,18-1,20 В, что можно увидеть на полярограмме, следовательно, имеет место совместное восстановление ионов.

Увеличение температуры в интервале 25-65<sup>0</sup>С приводит к увеличению значения катодного тока на вольтамперной кривой.

Построена зависимость логарифмов величин тока от обратной температуры ( $\lg i - 1/T$ ), на ее основе рассчитано эффективное значение энергии активации, оно равно 4,76 кДж/моль, это показывает, что катодные реакции на электроде протекают в диффузионном режиме.

Установлено, что при увеличении температуры и скорости развертки потенциала повышается максимум тока совместного восстановления ионов цинка и сульфит-ионов.

Изучено совместное восстановление ионов цинка и сульфит-ионов в водных растворах путем снятия потенциодинамических поляризационных кривых и установлена возможность образования сульфида цинка. Результаты исследований можно использовать в целях получения сульфида цинка.

**Ключевые слова:** стеклографит, сульфит натрия, сульфат цинка, сульфид цинка, сульфат натрия, электрод, поляризация, электролизер, электролит

**M.Z. Bitimbayev<sup>1</sup>, Y.P. Morozov<sup>2</sup>, I.H. Khamidullin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>"Kazakhmys Corporation" LLP, JSC "MMC "Kazakhaltyn"

<sup>2</sup> FGBOU VO «Ural State Mining University» (Yekaterinburg, Russia)

mbitimbayev@mail.ru

## STUDY OF GOLD ACCUMULATION REGULARITIES IN CLOSED GRINDING CYCLES

**Abstract.** The peculiarity of gold ore processing is the accumulation of gold during grinding cycles of the circulating equipment. It has been shown that the use of roll grinders and advanced mode of hydrocyclone operation can effectively recycle high gold grades, resulting in extraction of rich gold concentrate.

**Key words:** water-shredding concentration, mechanism, grinding and classification units, indicators of gold concentration.

**М.Ж. Битимбаев<sup>1</sup>, Ю.П. Морозов<sup>2</sup>, И.Х. Хамидулин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Эксперт ТОО «Корпорация Казахмыс», член совета директоров АО «ГМК Казахалтын»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЗОЛОТА В ЗАМКНУТЫХ ЦИКЛАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

**Аннотация.** Особенностью переработки золотосодержащих руд является накопление золота в циркулирующих продуктах циклов измельчения. Показано, что использование измельчения в валковом измельчителе и использование усовершенствованного режима работы гидроциклона позволяет эффективно перерабатывать богатые золотосодержащие продукты с получением золотосодержащих шлихов для аффинажа при высоком извлечении в них золота.

**Ключевые слова:** циркуляционно-измельчительная концентрация, механизм, аппараты измельчения и классификации, показатели концентрации золота.

В настоящее время в горной промышленности остро встала проблема повышения извлечения полезных компонентов из золотосодержащих руд и техногенных материалов. Для извлечения благородных металлов наиболее применимы гравитационные методы обогащения. Также внимание привлекает проблема извлечения тонкодисперсных частиц золота и частиц пластинчатой формы, которые плохо извлекаются существующими технологиями. При ее решении возникают новые задачи развития теории процессов обогащения, совершенствования технологий и аппаратурного оснащения процессов обогащения руд и техногенного сырья.

Особенностью переработки золотосодержащих руд является накопление золота в циркулирующих продуктах замкнутых циклов измельчения. В зависимости от крупности золотин в руде степень концентрации золота в замкнутых циклах измельчения в промышленных условиях при измельчении руды в шаровых мельницах находится в диапазоне от 2 до 8 и более [1]. Чем крупнее золото в руде, тем выше степень концентрации его в циркулирующих продуктах.

Накопление золота в циркулирующих продуктах циклов измельчения объясняется тем, что достаточно крупные частицы золота плохо измельчаются и не выходят в слив классифицирующего аппарата до тех пор, пока их крупность не снизится до размеров, при которых в соответствии с сепарационной характеристикой классифицирующего аппарата появляется возможность их выхода в слив.

Процесс накопления золота в циркулирующих продуктах зависит от эффективности классификации классифицирующего оборудования. Так, в гидроциклонах эффективность классификации составляет 55-60 %. Следовательно, 20-30 % частиц крупнее крупности разделения теряются со сливом гидроциклона.

Для обеспечения максимальных показателей накопления золота в циркуляционно-измельчительной концентрации необходимо снижать переизмельчение частиц золота и обеспечить высокую эффективность классификации.

Измельчение золотин существенно снижается при использовании измельчения методом раздавливания в валковых измельчителях или методом удара в центробежно-ударных мельницах.

Для повышения эффективности классификации нами предложено в циркуляционно-измельчительной концентрации устанавливать режим работы гидроциклона, при котором частицы золота заданной крупности не могут выходить в слив гидроциклона [1, 2, 3]. Для заданных условий определяется сепарационная характеристика гидроциклона при работе в открытом цикле. Пример такой сепарационной характеристики приведён на рис. 1.

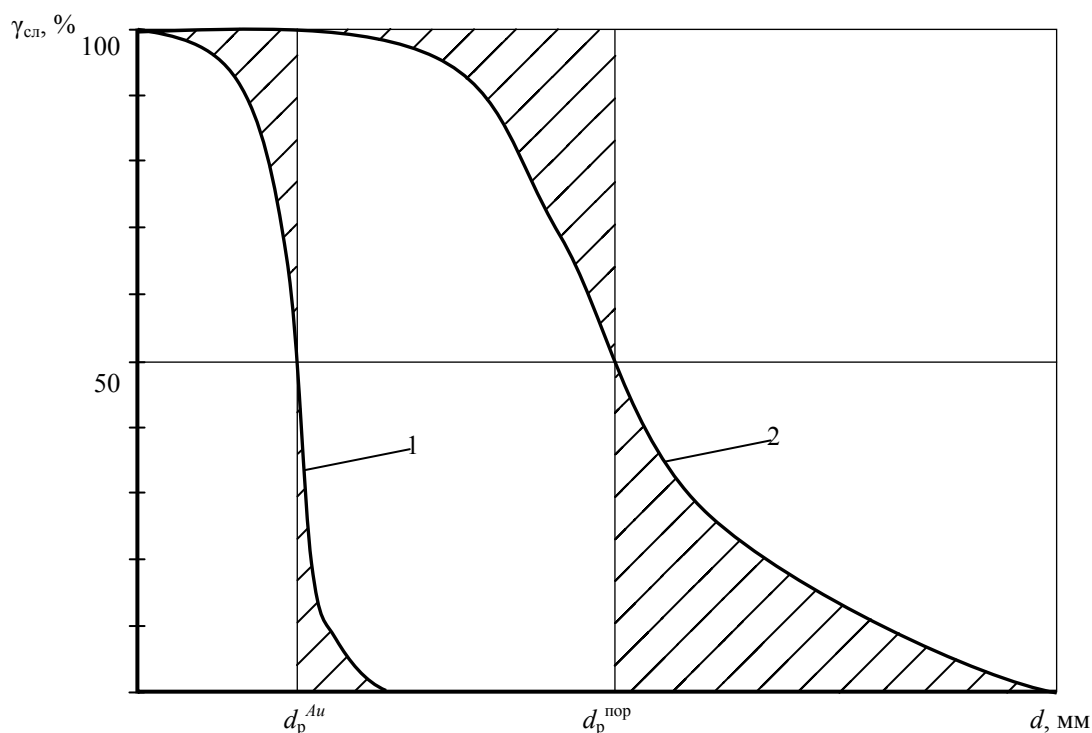


Рисунок 1 – Сепарационные характеристики по золоту (1) и по породе (2) при работе гидроциклона в открытом цикле:  $\gamma_{сл}$  – выход в слив;  $d$  – крупность частицы;  $d_p^{Au}$  – крупность разделения по золоту;  $d_p^{пор}$  – крупность разделения по породе

На полученной сепарационной характеристике заштрихованные участки показывают взаимозасорение слива и песков. Для исключения потерь частиц заданной крупности в слив гидроциклона, режим работы гидроциклона должен быть таким, чтобы крупность разделения по золоту была равной  $d_{рц}^{Au}$ . Тогда сепарационная характеристика приближается к идеальной, которая показана на рис. 2.

Для обеспечения минимальных потерь в слив золота крупностью более  $d_{рц}^{Au}$  необходимо выбрать гидроциклон и установить режим его работы при котором  $d_p^{Au} \approx 0,5d_{рц}^{Au}$ .



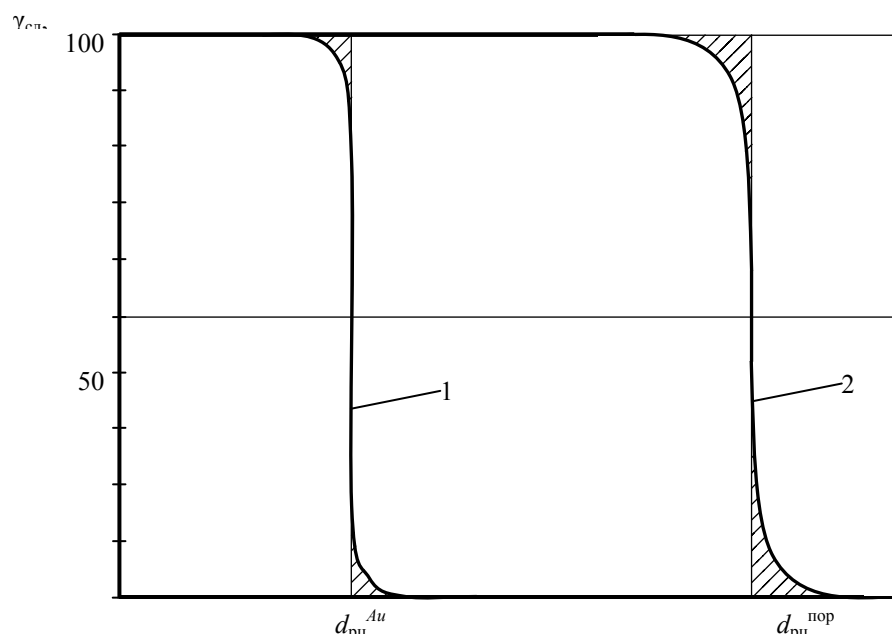


Рисунок 2 – Сепарационные характеристики по золоту (1) и по породе (2) при работе гидроциклона в режиме циркуляционной концентрации:

$\gamma_{\text{сп}}$  – выход в слив;  $d$  – крупность частицы;  $d_{\text{рц}}^{\text{Au}}$  – крупность разделения по золоту;  
 $d_{\text{рц}}^{\text{пор}}$  – крупность разделения по породе

Нами выполнены исследования циркуляционно-измельчительной концентрации с использованием валкового измельчителя ИВ-100, разработанного в соответствии с [4]. Установка циркуляционного модуля состоит из гидроциклона, накопительного зумпфа, насоса. В установке использован гидроциклон диаметром 100 мм и углом конусности 32°. Диаметр загрузочного патрубка гидроциклона равен 19 мм, пескового – 5 мм. Ёмкость накопительного зумпфа составляет 15 л. Для подачи питания в гидроциклон использован центробежный насос БЦ-0,4-20-У11 «Агидель», производительностью до 3 м<sup>3</sup>/ч по воде [5].

Циркуляционно-измельчительной концентрации подвергался продукт обогащения золотосодержащего материала с массовой долей золота 0,16 %, крупностью 82 % класса плюс 0,1 мм.

Исходный материал в количестве 10 кг подвергали циркуляционно-измельчительной концентрации с отбором проб слива гидроциклона за каждые две минуты. Полученные дискретные пробы слива и конечные пески подвергнуты пробирному анализу. Результаты исследований после математической обработки приведены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1 – Результаты циркуляционно-измельчительной концентрации золотосодержащего продукта

Продолжительность концентрации, мин.	Наименование продукта	Показатели обогащения		
		Выход, %	Массовая доля золота, %	Извлечение золота, %
2	Пески гидроциклона 1	70,90	0,22	99,70
4	Пески гидроциклона 2	40,70	0,39	99,40
6	Пески гидроциклона 3	15,10	1,05	99,15
8	Пески гидроциклона 4	9,40	1,68	98,91
10	Пески гидроциклона 5	5,10	3,1	98,69
12	Пески гидроциклона 6	2,46	6,4	98,49
14	Пески гидроциклона 7	0,99	15,8	98,30
16	Пески гидроциклона 8	0,61	25,74	98,12
18	Пески гидроциклона 9	0,33	47,49	97,94
20	Пески гидроциклона 10	0,18	86,93	97,80
	Исходный продукт	100,00	0,16	100,00

Установлено, что циркуляционно-измельчительная концентрация, реализующая предложенные технические решения, позволяет эффективно обогащать богатые золотосодержащие продукты с получением шлихового золотосодержащего продукта с массовой долей золота более 86 % при извлечении в него золота 97,88 %.

В целом, циркуляционно-измельчительная концентрация является эффективным методом концентрации золота в циркулирующем продукте цикла измельчения и может быть рекомендована на последних стадиях доводки золотосодержащих продуктов при получении товарной продукции для аффинажа золота.

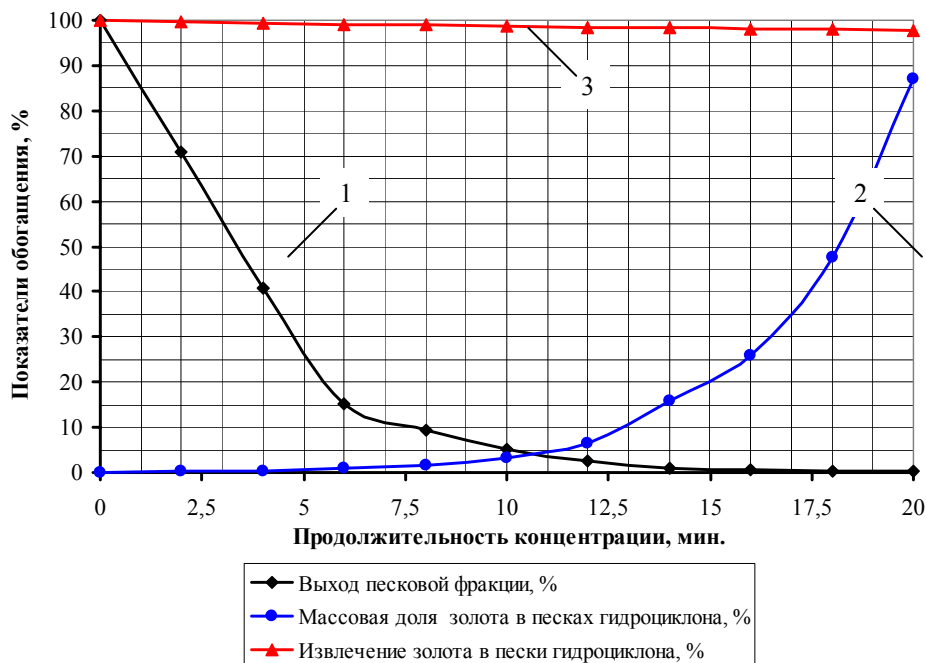


Рисунок 3 – Зависимости выхода песковой фракции (1), массовой доли золота (2) и извлечения золота (3) от продолжительности концентрации

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Морозов Ю.П. Теоретическое обоснование и разработка новых методов и аппаратов извлечения тонкодисперсных благородных металлов из руд техногенного сырья. Дисс... докт. техн. наук. Екатеринбург. – 2001. – 397 с.
- [2] Хамидулин И.Х. Развитие процесса циркуляционной концентрации. Магистерская диссертация. Екатеринбург. – 2006. – 73 стр.
- [3] Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х., Фалей Е.А., Черкасов В.Ю. Накопительные технологии гравитационного извлечения золота при обогащении сульфидных руд // Известия вузов. Горный журнал. 2013. № 7. С. 102-106.
- [4] Патент № 2132233 (РФ). Валковый измельчитель /Морозов Ю.П., Афанасьев А.И., Тимофеев Н.И. и др. //Заявл. 20.10.97. - № 97117203/03. Оpubл. 27.06.99. – Бюлл. № 18.
- [5] Хамидулин И.Х., Комлев С.Г., Морозов Ю.П. Обогащение техногенных продуктов циркуляционной концентрацией // Изв. вузов. Горный журнал. 2015. № 7. С. 106–109.
- [6] Авторское свидетельство № 54220 (РК). Установка для извлечения золота из упорных сульфидных руд / Битимбаев М.Ж., Джумабаев Е.И., Мейрамкулов М.Х.
- [7] Битимбаев М.Ж., Чернецов Г.Е. и др. Теоретическая основа применения ультразвука для интенсификации выщелачивания, сорбции и десорбции металлов // Сборник трудов ИГД им. Д.А. Кунаева, т.67. – Алматы, 2008.

#### REFERENCES

- [1] Morozov Ju.P. Teoreticheskoe obosnovanie i razrabotka novyh metodov i apparatov izvlechenija tonkodispersnyh blagorodnyh metallov iz rud tehnogenного syr'ja. Diss... dokt. tehn. nauk. Ekaterinburg. – 2001. – 397 s.
- [2] Hamidulin I.H. Razvitie processa cirkuljacionnoj koncentracii. Magisterskaja dissertacija. Ekaterinburg. – 2006. – 73 str.
- [3] Morozov Ju.P., Hamidulin I.H., Falej E.A., Cherkasov V.Ju. Nakopitel'nye tehnologii gravitacionnogo izvlechenija zlota pri obogashhenii sul'fidnyh rud // Izhvestija vuzov. Gornyj zhurnal. 2013. № 7. S. 102-106.
- [4] Patent № 2132233 (RF). Valkovyy izmel'chitel' /Morozov Ju.P., Afanas'ev A.I., Timofeev N.I. i dr. //Zajavl. 20.10.97. - № 97117203/03. Opubl. 27.06.99. – Bjull. № 18.

[5] Hamidulin I.H., Komlev S.G., Morozov Ju.P. Obogashhenie tehnogennyh produktov cirkuljacionnoj koncentraciej // Izv. vuzov. Gornyj zhurnal. 2015. № 7. S. 106–109.

[6] Avtorskoe svidetel'stvo № 54220 (RK). Ustanovka dlja izvlechenija zolota iz upornyh sul'fidnyh rud / Bitimbaev M.Zh., Dzhumabaev E.I., Mejramkulov M.H.

[7] Bitimbaev M.Zh., Chernecov G.E. i dr. Teoreticheskaja osnova primenenija ul'trazvuka dlja intensivifikacii vyshhelachivaniya, sorbcii i desorbicii metallov // Sbornik trudov IGD im. D.A. Kunaeva, t.67. – Almaty, 2008.

**М.Ж. Бітімбаев, Ю.П. Морозов, И.Х. Хамидулин**

**ЖАБЫҚ ҰСАҚТАУ ЦИКЛДА АЛТЫННЫҢ  
ЖИНАЛУЫНЫҢ ЗАҢДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Алтын кендерді өндеудің ерекше айырмашылығы алтынның ұсақтауда айналатын цикл кезінде өнімде жиналып қалуы. Валдық ұсақтау кезінде және жұмыс режимін жетілдірген кезде гидроциклонның жұмысы тиімді түрде алтын кенді өнімді қайта өңдеп, алтын кенді шлихтарды аффинажға өте жоғарғы ұсақтауда алтынды жинайтындығы көрсетілген.

**Түйін сөздер:** циркуляциялы-ұсақтау концентрациясы, механизм, ұсақтау және ласификациялау құрылғылары.

**Сведения об авторах:**

Битимбаев М.Ж. – эксперт ТОО «Корпорация Казахмыс», член Совета директоров АО «ГМК «Казахалтын»;  
Морозов Ю.П. – ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (г. Екатеринбург, Россия), проф. кафедры обогащения;

Хамидуллин И.Х. – ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», инженер.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 236 – 244

M.Z. Bitimbayev<sup>1</sup>, V.S. Shemyakin<sup>2</sup>, S.V. Skopov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Expert of "Kazakhmys Corporation" LLP, JSC "MMC "Kazakhaltyn"

<sup>2</sup>JSC "Scientific-Production Company "Technogen", Yekaterinburg  
[mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru), [shemiyakin@mail.ru](mailto:shemiyakin@mail.ru), [sws54@mail.ru](mailto:sws54@mail.ru)

X-RAY RADIOMETRIC ENRICHMENT OF COPPER  
AND COPPER ZINC ORES OF KAZAKHSTAN

**Abstract.** The quality of copper and copper-zinc ores in Kazakhstan is deteriorating from year to year. There were studies and pilot-scale tests on the different fields samples conducted in order to assess the fundamental possibility of using the X-ray radiometric separation for pre-enrichment of copper and copper-zinc ores in Kazakhstan. In preliminary studies the optimum material of X-ray tube anode was chosen, boundaries and analytical fields of X-ray characteristic registration of copper, zinc, iron and the scattered X-rays were determined, as well as the optimum of Pi analytical parameter (separation algorithm), which takes into account only copper and scattered radiation intensity values, was installed.

Pilot scale tests of copper and copper-zinc enrichment from different deposits in Kazakhstan were carried out on an industrial X-ray radiometric separator SRF2-300. It was determined that copper zinc ore of the Irtysh deposit and copper ore of the Shatyrkul Sayak deposit, as well as Jaman-Aibat and Zhezkazgan can be recommended for their enrichment on a stage of the raw materials ore preparation by X-ray radiometric separation method. The ores of these deposits have good contrast and good raw material prerequisites for their enrichment in a lumpy condition. X-ray radiometric separation method allows to obtain separation tailings which contains the major valuable components (Cu and Zn) below the cut-off grade. With the purpose to develop technological regulations and to design ore sorting complexes construction the basic technological pre-enrichment scheme has been developed.

**Keywords:** copper zinc and copper ore, X-ray radiometric separation, preliminary enrichment, X-ray emission spectra, the analytical parameter.

УДК 622.722

М.Ж. Битимбаев<sup>1</sup>, В.С. Шемякин<sup>2</sup>, С.В. Скопов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ТОО «Корпорация Казахмыс», Казахстан; <sup>2</sup>ЗАО «НПК «Техноген», Россия

РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОБОГАЩЕНИЕ МЕДНЫХ  
И МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД КАЗАХСТАНА

**Аннотация.** Качество медных и медно-цинковых руд Казахстана с каждым годом ухудшается. С целью оценки принципиальной возможности применения рентгенорадиометрической сепарации для предварительного обогащения медных и медно-цинковых руд Казахстана были проведены исследования, тестовые и опытно-промышленные испытания на пробах различных месторождений. На стадии предварительных исследований был выбран оптимальный материал анода рентгеновской трубки, определены границы и аналитические области регистрации характеристического рентгеновского излучения меди, цинка, железа и рассеянного рентгеновского излучения, а также установлен оптимальный аналитический параметр  $P_i$  (алгоритма разделения), учитывающий значения интенсивностей только меди и рассеянного излучения

Тестовые и опытно-промышленные испытания по обогащению медных и медно-цинковых руд различных месторождений Казахстана проводили на промышленном рентгенорадиометрическом сепараторе СРФ2-300. Было установлено, что медно-цинковая руда месторождения Иртышское и медная руда месторождений Шатыркуль, Саяк, Жаман-Айбат и Жезказган могут быть рекомендованы для их обогащения на стадии рудоподготовки сырья методом рентгенорадиометрической сепарации. Руды данных

месторождений контрастны и обладают хорошими сырьевыми предпосылками для их обогащения в крупнокусковом состоянии. Метод рентгенорадиометрической сепарации позволяет получить хвосты сепарации с содержанием основных ценных компонентов (Cu и Zn) ниже бортового содержания. Для разработки технологических регламентов и проектирования строительства рудосортировочных комплексов разработана принципиальная технологическая схема предварительного обогащения.

**Ключевые слова:** медно-цинковая и медная руда, рентгенорадиометрическая сепарация, предварительное обогащение, характеристическое рентгеновское излучение, спектры, аналитический параметр.

В Республике Казахстан разведано более 90 месторождений меди [1]. Добычу медьсодержащих руд на территории Казахстана осуществляют предприятия компании ТОО «Корпорация Казахмыс», ТОО «Казцинк», Актюбинская медная компания, «Майкаинзолото» и другие. На долю компании ТОО «Корпорация Казахмыс» приходится около ~ 85% выпускаемой в Казахстане меди в концентрате.

Основное практическое значение на медных и медно-цинковых месторождениях имеют сульфидные руды. Окисленные руды имеют весьма ограниченное распространение. Как правило, основными рудными минералами, слагающими первичные сульфидные руды медно-цинковых месторождения, таких как Иртышское, Космурун и Акбастау, являются пирит и халькопирит. В верхних горизонтах присутствует сфалерит, галенит, блеклая руда и мельниковит-пирит. Жильные минералы представлены кварцем, баритом, хлоритом, серицитом и гипсом. Наряду с медью и цинком довольно часто в рудах присутствует золото, серебро, кобальт, селен, теллур, молибден и висмут.

Минеральный состав сульфидных руд медных месторождений, таких как Шатыркуль, Саяк, Жаман-Айбат и Жезказган, представлен халькозином, борнитом и халькопиритом, в меньшей степени присутствуют галенит и сфалерит. Рудовмещающие породы сложены разномерными песчаниками, гравеллитами, меж- и внутрiformационными конгломератами, алевролитами и аржиллитами. Основными породообразующими минералами являются хлоритизированный полевой шпат, обычный полевой шпат, кварц, кальцит, измененные туфы и микрофелзиты. Разубоживание товарной медной или медно-цинковой руды колеблется от 10 до 20%.

Качество медных и медно-цинковых руд Казахстана с каждым годом ухудшается. В частности, в переработку вовлекаются руды Жезказганского месторождения с содержанием меди не более 0,4-0,5%, что резко снижает эффективность процессов обогащения и повышает себестоимость производства меди. В этом случае, наиболее перспективными могут быть методы предварительного обогащения, которые позволяют на первоначальных стадиях переработки медных и медно-цинковых руд удалить значительное количество разубоживающей породы и повысить качество сырья, поступающего на обогатительные фабрики. Одним из таких методов является рентгенорадиометрическая сепарация крупнокускового материала.

При рентгенорадиометрической сепарации анализируемая толщина материала зависит от энергий первичного и вторичного излучений (но более всего от характеристического рентгеновского излучения анализируемых элементов) и составляет от 0,01 до 1,00 мм – работает только поверхностный слой. Поверхностное распределение характерно для минералов, образовавшихся вследствие циркуляции рудоносных растворов по трещинам горных пород [2]. Сульфидные минералы медных и медно-цинковых руд, в основном, прошли подобный процесс образования. В этих трещинах концентрируются минералы, а вместе с тем эти трещины являются наиболее ослабленными направлениями, по которым происходит раскалывание целика при добыче. Эта особенность определяет основные физические и методические основы рентгенорадиометрической сепарации, а также и требования к самой технологии [3].

С целью оценки принципиальной возможности применения рентгенорадиометрической сепарации для предварительного обогащения медных и медно-цинковых руд Казахстана были проведены исследования, тестовые и опытно-промышленные испытания на пробах различных месторождений. Общая масса проб составляла более 50 тонн. Все поступившие технологические пробы характеризуют сорта балансовых руд своих месторождений. Крупность исходных проб (в основном) не превышала 300 мм. Отобранный материал являлся представительным для своих месторождений, как по гранулометрическому, так и по химико-минералогическому составам.

Рудоподготовку и предварительные исследования по рентгенометрической сепарации проводили по программе [4], которая включала в себя:

- классификацию поступивших технологических проб медной или медно-цинковой руды по крупности с выделением классов крупностью +300, -300+150, -150+100, -100+50, -50+30 и -30 мм (рис. 1);

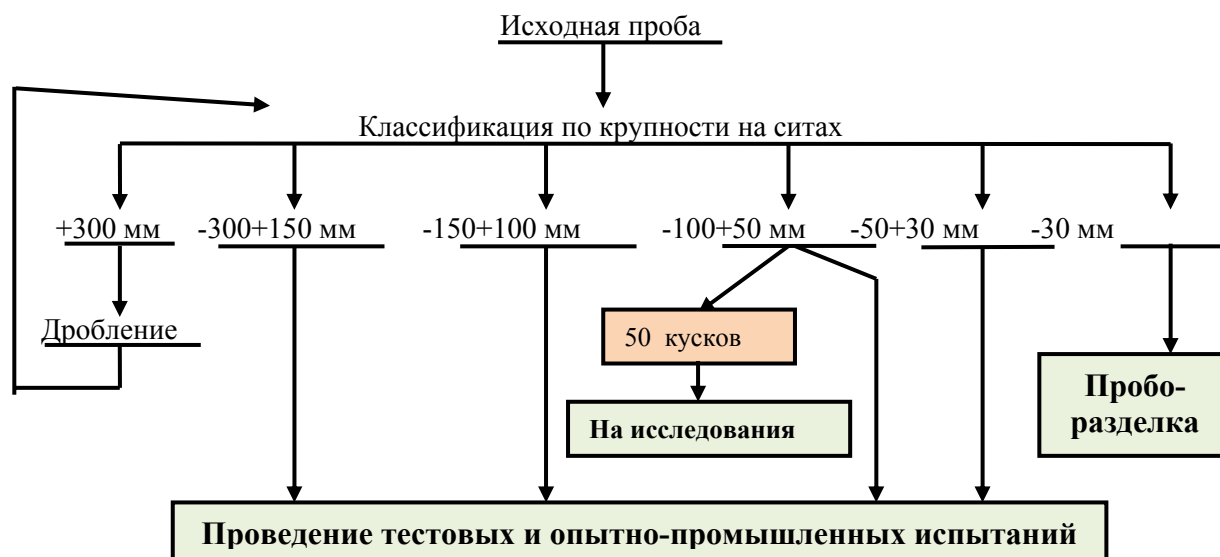


Рисунок 1 – Схема рудоподготовки пробы медной или медно-цинковой руды

- отбор наиболее характерных образцов в количестве до 50 кусков от машинного класса каждой медной или медно-цинковой руды крупностью -100+50 мм для проведения предварительных исследований на рентгенометрическом сепараторе СРФ1-100;

- предварительные исследования, включающие выбор алгоритма, аналитических областей регистрации характеристического рентгеновского излучения меди, цинка и железа, а также рассеянного рентгеновского излучения, определение значений алгоритма для отобранных образцов руды, снятие вторичных характеристических спектров от кусков руды и определение других параметров сепарации в соответствии с разработанной методикой.

В программном обеспечении сепаратора заложено два основных режима его работы [5]:

▪ «анализ» – режим работы, при котором можно производить «снятие» спектров от образцов за длительное время 0,1-30,0 сек. без выдачи сигнала на исполнительные механизмы (проверочный, исследовательский режим);

▪ «сепарация» – режим непосредственной сортировки, с использованием всех параметров настройки работы сепаратора, с выдачей сигнала на исполнительные механизмы.

На стадии предварительных исследований в соответствии с методикой, были установлены следующие основные параметры работы сепаратора в режиме «анализ»:

• выбран оптимальный материал анода рентгеновской трубки. В связи с тем, что вторичные характеристические рентгеновские спектры меди и молибдена расположены значительно ближе друг к другу (в таблице рентгеновских характеристик элементов Периодической системы элементов Менделеева они находятся под номерами 29 и 42 соответственно), чем спектры меди и рения (которые расположены под номерами 29 и 75 соответственно), то на сепараторе рентгенометрическом сепараторе СРФ1-100 для проведения исследований была установлена рентгеновская трубка с рениевым анодом;

• определены границы и выбраны аналитические области регистрации характеристического рентгеновского излучения меди, цинка, железа и рассеянного рентгеновского излучения. По мишеням, изготовленным из железа, меди и цинка, были определены реперные точки отсчета для нахождения аналитических областей. Было установлено, что пик железа находится в 64 канале, пик меди в 82 канале, пик цинка в 88 канале и пик свинца в 96 канале. В этом случае, аналитическая область регистрации характеристического рентгеновского излучения была принята:

- для железа - 56 – 70 каналы;
- для меди - 72 – 83 каналы;
- для цинка - 84 – 90 каналы;
- для свинца - 93 – 98 каналы;
- для рассеянного излучения - 120 – 250 каналы.

• произведен выбор оптимального аналитического параметра  $P_i$  (алгоритма разделения). По характеристическим рентгеновским спектрам кусков, взятых в качестве наиболее характерных образцов и относящихся к медно-цинковой руде одного из месторождений Казахстана, достаточно четко видно различие по интенсивности спектров принадлежащих Cu и Fe (рис. 2 и 3).

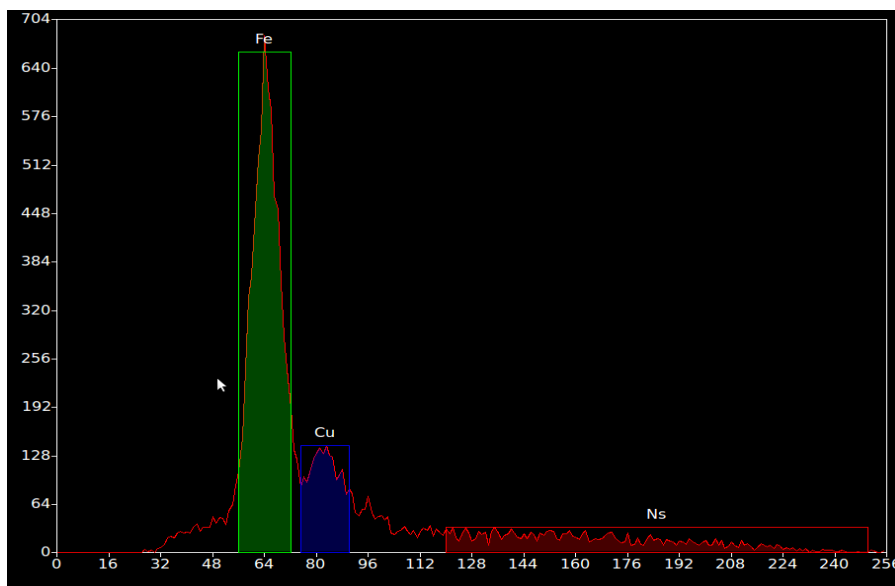


Рисунок 2 – Спектр куска с низким содержанием меди

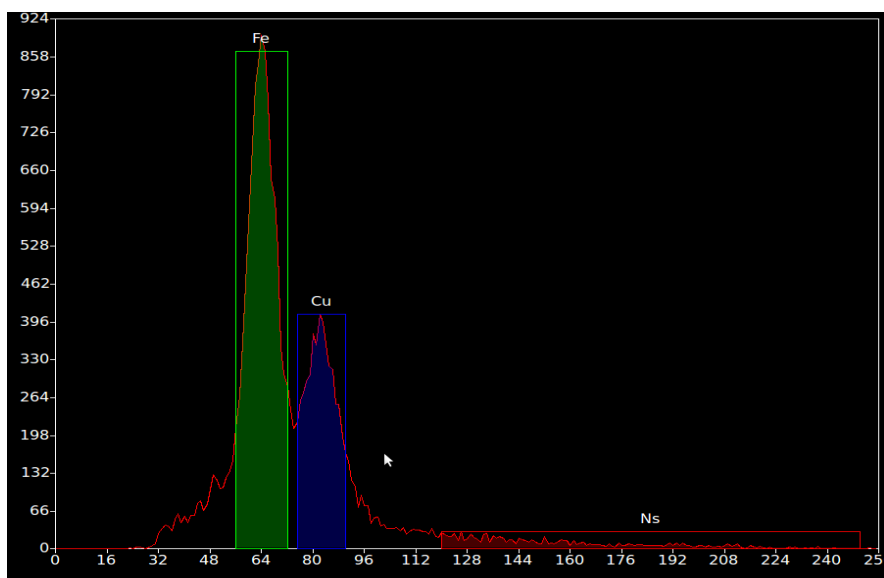


Рисунок 3 – Спектр куска с высоким содержанием меди

Спектры, принадлежавшие цинку, располагаются рядом со спектрами меди и практически сливаются со спектрами меди. Изменение интенсивности рентгеновских спектров в канале принадлежащих свинцу, практически для всех отобранных для исследований образцов, обнаружено не было. Вероятно, это объясняется относительно невысоким его содержанием в руде.

При выборе аналитического параметра сепарации было рассмотрено несколько вариантов, в

частности:

- изучалась возможность разделения только по спектрам меди:

$$P_{Cu} = \frac{N_{Cu}}{N_S}, \text{ ед.}$$

где:  $N_{Cu}$  – интенсивность вторичного характеристического рентгеновского излучения меди от исследуемого куска руды;  $N_S$  – интенсивность от этого же куска рассеянного рентгеновского излучения первичного спектра источника рентгеновского облучения – портативного маломощного рентгеновского излучателя ПРАМ-50М с рентгеновской трубкой прострельного типа БХВ-10 (Re);

- изучалась возможность разделения по спектрам меди и цинка:

$$P_{Cu,Zn} = \frac{N_{Cu} + k_1 N_{Zn}}{N_S}, \text{ ед.}$$

где:  $N_{Zn}$  – регистрируемая от куска интенсивность вторичного характеристического рентгеновского излучения цинка;  $k_1$  – спектральный коэффициент (на стадии исследований менялся от 0,5 до 1,0 ед.).

- изучалась возможность разделения по спектрам меди, цинка и свинца:

$$P_{Cu,Zn,Pb} = \frac{N_{Cu} + k_1 N_{Zn} + k_2 N_{Pb}}{N_S}, \text{ ед.}$$

где:  $N_{Pb}$  – регистрируемая от куска интенсивность вторичного характеристического рентгеновского излучения свинца;

$k_2$  – спектральный коэффициент (на стадии исследований менялся от 0,5 до 1,0 ед.).

В качестве примера, в табл. 1 представлены значения алгоритмов только по десяти наиболее характерным образцам медно-цинковой руды одного из месторождений Казахстана.

Таблица 1 – Значения алгоритмов разделения по вариантам

№ образца	Значения алгоритма, ед.		
	$P_1 = \frac{N_{Cu}}{N_S}$	$P_2 = \frac{N_{Cu} + 0,5N_{Zn}}{N_S}$	$P_3 = \frac{N_{Cu} + 0,5N_{Cu} + 0,5N_{Pb}}{N_S}$
1	0,799	1,130	2,270
2	0,439	0,785	1,570
3	1,700	0,780	1,560
4	1,332	0,603	1,210
5	0,987	0,791	1,580
6	0,528	0,666	1,330
7	1,005	0,825	1,650
8	1,250	1,390	2,780
9	0,599	0,776	1,550
10	0,479	0,867	1,730

Анализ представленных в таблице № 1 данных, позволяет рекомендовать для предварительного обогащения медно-цинковой руды в качестве алгоритма разделения аналитический параметр  $P_1$ , учитывающий значения интенсивностей только меди и рассеянного излучения. В этом случае диапазон значений  $P_1$  почти в два-три раза шире, чем значений  $P_2$  и  $P_3$ . Характеристическое излучение свинца значительного влияния на процесс сепарации не оказывает и в аналитическом параметре не учитывается. Аналогичным образом было установлено, что оптимальным аналитическим параметром для рентгенорадиометрической сепарации медных руд также является  $P_{Cu}$ , который определяется как спектральное отношение  $N_{Cu} : N_S$ .

С целью определения содержания меди в кусках руды, имеющих различные значения аналитического параметра  $P_{Cu} = N_{Cu} : N_S$ , были проведены дополнительные исследования. Для этого, от десяти образцов руды представленных в табл. 1, было отобрано шесть наиболее



характерных кусков, которые после проборазделки были направлены на химический анализ с целью определения в них содержания меди (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты анализа наиболее характерных образцов медно-цинковой руды

№ куска	$P_{Cu} = N_{Cu} : N_S$ ед. (определен на сепараторе СРФ1-100)	Содержание Cu, %
1	0,439	0,025
2	0,528	0,164
3	1,005	0,774
4	1,250	0,908
5	1,332	1,539
6	1,700	2,806

Данные, представленные в табл. 2 достаточно определенно указывают на следующую закономерность – чем выше значение  $P_{Cu}$  кусков руды, тем более высокое содержание меди в них, и наоборот, чем ниже значения  $P_{Cu}$  кусков руды, тем ниже в них содержание меди. Поэтому, в качестве разделительного признака для проведения тестовых и опытно-промышленных испытаний по обогащению медных и медно-цинковых руд было выбрано отношение характеристического рентгеновского излучения меди к рассеянному излучению рентгеновской трубки (метод спектральных отношений).

Тестовые и опытно-промышленные испытания по обогащению медных и медно-цинковых руд различных месторождений Казахстана проводили на промышленном рентгенорадиометрическом сепараторе СРФ2-300 (рис. 4).



Рисунок 4 – Опытно-промышленный участок с сепараторами СРФ2-300 и СРФ1-100

На испытания поступило 11 технологических проб медных и медно-цинковых руд с семи месторождений ТОО «Корпорация Казахмыс». В процессе исследований было установлено, что величина  $P_{Cu}$  наиболее характерных кусков практически для всех поступивших проб различных месторождений колеблется в достаточно широком диапазоне (табл. 3).

Таблица 3 – Значения алгоритма разделения  $P_{Cu}$  для различных медных и медно-цинковых месторождений Казахстана

Тип руды	Месторождение	Значение $P_{Cu}$ , ед.
медно-цинковая	Иртышское	0,53 - 3,55
	Космурун	1,33 - 4,27
медная	Шатыркуль	0,43 - 2,94
	Саяк	0,38 - 3,17
	Жаман-Айбат	0,56 - 3,28
	Жезказган	0,41 - 2,09

Такой диапазон колебаний аналитического параметра  $P_{Cu}$  отдельных кусков позволяет говорить о хороших потенциальных возможностях применения рентгенорадиометрической

сепарации в качестве метода разделения для основной массы медных и медно-цинковых месторождений Казахстана. Однако стоит отметить, что если медно-цинковая руда Иртышского месторождения в своем составе имеет куски с достаточно низкими значениями  $P_{Cu}$  (около 0,5-0,6 ед.), что позволяет говорить о наличии значительного количества кусков пустой породы и кусков с низким содержанием меди в данной руде, то в медно-цинковой руде месторождения Космурун присутствуют куски со значением  $P_{Cu}$  не менее 1,3 ед., что указывает на практическое отсутствие кусков пустой породы и кусков с низким содержанием меди. Следовательно, из медно-цинковой руды Иртышского месторождения может быть выделено в отвал значительное количество хвостов сепарации с малым содержанием меди, в то время как применение рентгенорадиометрической сепарации для обогащения медно-цинковой руды месторождения Космурун проблематично в связи с вероятно малым выходом хвостов сепарации.

Очевидно, что для обогащения достаточно богатых медных руд таких месторождений как Шатыркуль, Саяк и Жаман-Айбат с достаточно широким диапазоном значений  $P_{Cu}$  и большим количеством кусков с малыми значениями аналитического параметра ( $P_{Cu}$  от 0,4 до 0,6 ед.) метод рентгенорадиометрической сепарации может оказаться достаточно эффективным, т.е. позволит получить значительное количество отвальных хвостов и обогащенный продукт с высоким содержанием меди.

Значения аналитического параметра кусков медной руды месторождения Жезказган ( $P_{Cu}$  изменяется от 0,41 до 2,09 ед.) позволяют предположить возможность получения достаточно высокого количества хвостов с малым содержанием меди, а также выделение обогащенного продукта не очень высокого качества.

В таблице 4 представлены результаты опытно-промышленных испытаний по обогащению медных и медно-цинковых руд ряда месторождений ТОО «Корпорация Казахмыс».

Таблица 4 – Обобщающие результаты опытно-промышленных испытаний

Месторождение	Продукты сепарации	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			Cu	Zn	Cu	Zn
Иртышское	Обогащенный продукт	74,1	2,05	3,18	95,5	97,5
	Хвосты сепарации	25,9	0,28	0,24	4,5	2,5
	Исходная руда	100,0	1,59	2,42	100,0	100,0
Шатыркуль	Обогащенный продукт	72,0	1,90	-	95,7	-
	Хвосты сепарации	28,0	0,22	-	4,3	-
	Исходная руда	100,0	1,43	-	100,0	-
Саяк	Обогащенный продукт	63,2	3,08	-	95,9	-
	Хвосты сепарации	36,8	0,23	-	4,1	-
	Исходная руда	100,0	2,03	-	100,0	-
Жаман-Айбат	Обогащенный продукт	73,7	1,94	-	96,5	-
	Хвосты сепарации	26,2	0,20	-	3,5	-
	Исходная руда	100,0	1,48	-	100,0	-
Жезказган	Обогащенный продукт	68,0	0,78	-	91,7	-
	Хвосты сепарации	32,0	0,15	-	8,3	-
	Исходная руда	100,0	0,57	-	100,0	-

На наш взгляд, медно-цинковая руда месторождения Иртышское и медная руда месторождений Шатыркуль, Саяк, Жаман-Айбат и Жезказган могут быть рекомендованы для их обогащения на стадии рудоподготовки сырья методом рентгенорадиометрической сепарации. Руды данных месторождений контрастны и обладают хорошими сырьевыми предпосылками для их обогащения в крупнокусковом состоянии. Метод рентгенорадиометрической сепарации позволяет получить хвосты сепарации с содержанием основных ценных компонентов (Cu и Zn) ниже бортового содержания.

На основании проведенных опытно-промышленных испытаний по обогащению медно-цинковых и медных руд месторождений ТОО «Корпорация Казахмыс» с применением метода рентгенорадиометрической сепарации для разработки технологических регламентов и проектирования строительства рудосортировочных комплексов нами рекомендуется принципиальная технологическая схема предварительного обогащения на стадии рудоподготовки

минерального сырья (рис. 5).

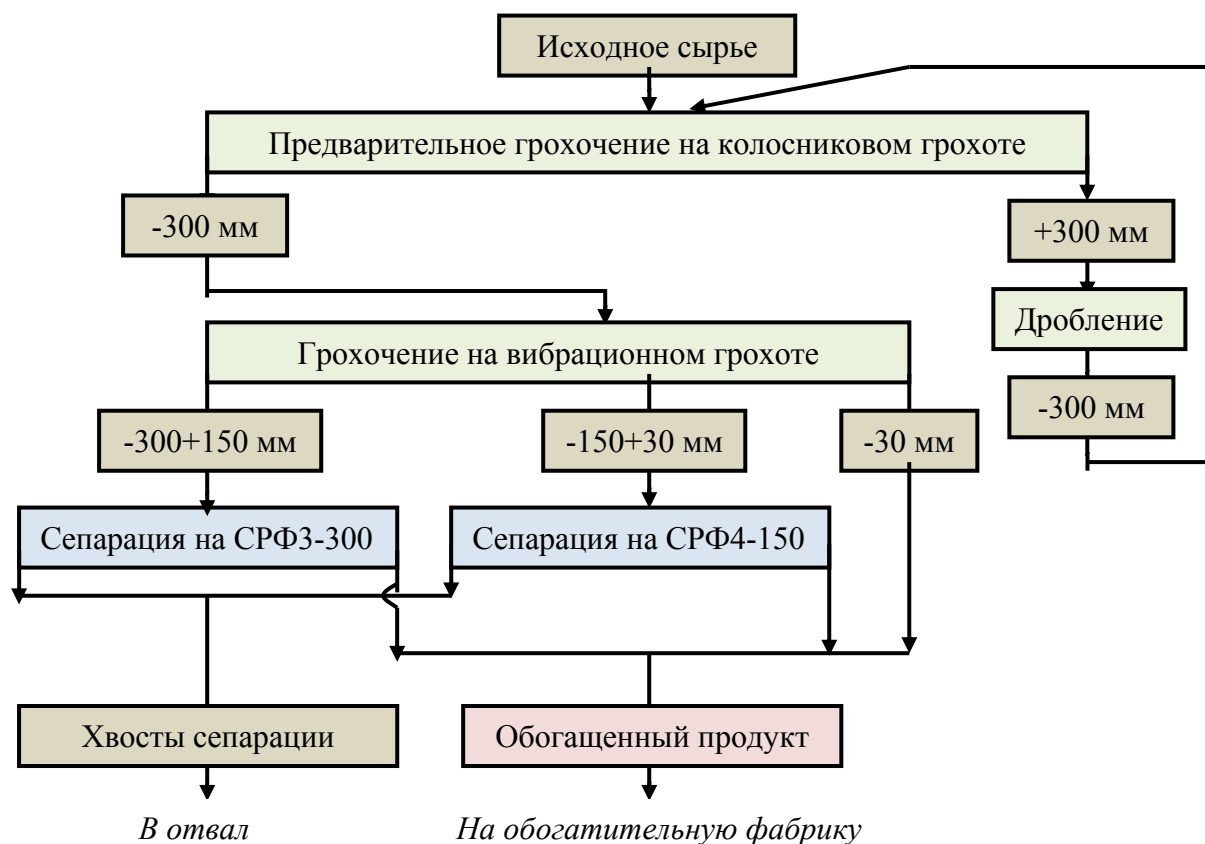


Рисунок 5 – Принципиальная технологическая схема обогащения

Для медной и медно-цинковой руды каждого конкретного месторождения на стадии выполнения технологического регламента будет произведен выбор оборудования, определено его количество, а также осуществлена предварительная оценка капитальных и эксплуатационных затрат.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Авдонин В. В. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов / В. В. Авдонин, Г. В. Ручкин, Н. Н. Шатагин, Т. И. Лыгина, М. Е. Мельников М.: Фонд «Мир». 2007. 540 с.
- [2] Мокроусов В. А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд / В.А. Мокроусов, В. А. Лилеев - М.: Недра. 1979. 192 с.
- [3] Татарников А.П. Ядерно-физические методы обогащения полезных ископаемых – М: Атомиздат. 1974. -114 с.
- [4] Шемякин В.С. Теория и практика рентгенорадиометрического обогащения: научная монография / В.С. Шемякин, Е.Ф. Цыпин, Ю.О. Федоров и др. - Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2013. 253 с.
- [5] Шемякин В.С. Основы рентгенорадиометрического обогащения полезных ископаемых: научная монография / В.С.Шемякин, Ю.О.Федоров, М.Ю.Федоров, А.В.Шемякин, А.Ю.Федоров, С.В.Скопов – г. Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть». 2015. 250 с.
- [6] Инновационный Патент № 23419(РК), Способ безреагентного извлечения металлов / Битимбаев М.Ж., Рогов Е.И. и др.

#### REFERENCES

- [1] Avdonin V. V. Poiski i razvedka mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh: Uchebnik dlja vuzov / V. V. Avdonin, G. V. Ruchkin, N. N. Shatagin, T. I. Lygina, M. E. Mel'nikov M.: Fond «Mir». 2007. 540 с.
- [2] Mokrousov V. A. Radiometricheskoe obogashhenie neradioaktivnyh rud / V.A. Mokrousov, V. A. Lileev - M.: Nedra. 1979. 192 s.
- [3] Tatarnikov A.P. Jaderno-fizicheskie metody obogashhenija poleznyh iskopaemyh – M: Atomizdat. 1974. -114 s.

- [4] Shemjakin V.S. Teorija i praktika rentgenoradiometricheskogo obogashhenija: nauchnaja monografija / V.S. Shemjakin, E.F. Cypin, Ju.O. Fedorov i dr. - Ekaterinburg: Izd-vo «Fort Dialog-Iset'», 2013. 253 s.
- [5] Shemjakin V.S. Osnovy rentgenoradiometricheskogo obogashhenija poleznyh iskopaemyh: nauchnaja monografija / V.S.Shemjakin, Ju.O.Fedorov, M.Ju.Fedorov, A.V.Shemjakin, A.Ju.Fedorov, S.V.Skopov – g. Ekaterinburg: Izd-vo «fort Dialog-Iset'». 2015. 250 s.
- [6] Innovacionnyj Patent № 23419(RK), Sposob bezreagentnogo izvlechenija metallov / Bitimbaev M.Zh., Rogov E.I. i dr.
- [7] Avdonin V. V. Poiski i razvedka mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh: Uchebnik dlja vuzov / V. V. Avdonin, G. V. Ruchkin, N. N. Shatagin, T. I. Lygina, M. E. Mel'nikov M.: Fond «Mir». 2007. 540 c.
- [8] Mokrousov V. A. Radiometricheskoe obogashhenie neradioaktivnyh rud / V.A. Mokrousov, V. A. Lileev - M.: Nedra. 1979. 192 s.
- [9] Tatarnikov A.P. Jaderno-fizicheskie metody obogashhenija poleznyh iskopaemyh – M: Atomizdat. 1974. -114 s.
- [10] Shemjakin V.S. Teorija i praktika rentgenoradiometricheskogo obogashhenija: nauchnaja monografija / V.S. Shemjakin, E.F. Cypin, Ju.O. Fedorov i dr. - Ekaterinburg: Izd-vo «Fort Dialog-Iset'», 2013. 253 s.
- [11] Shemjakin V.S. Osnovy rentgenoradiometricheskogo obogashhenija poleznyh iskopaemyh: nauchnaja monografija / V.S.Shemjakin, Ju.O.Fedorov, M.Ju.Fedorov, A.V.Shemjakin, A.Ju.Fedorov, S.V.Skopov – g. Ekaterinburg: Izd-vo «fort Dialog-Iset'». 2015. 250 s.
- [12] Innovacionnyj Patent № 23419(RK), Sposob bezreagentnogo izvlechenija metallov / Bitimbaev M.Zh., Rogov E.I. i dr.

**М.Ж. Бітімбаев<sup>1</sup>, В.С. Шемякин<sup>2</sup>, С.В. Скопов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>«Корпорация Казахмыс» ЖШС экспертi, «ГМК «Казахалтын»,  
<sup>2</sup> «Научно-производственная компания «Техноген», Екатеринбург қ. Ресей

### **ҚАЗАҚСТАННЫҢ МЫС ЖӘНЕ МЫС-МЫРЫШТЫ КЕНДЕРІН РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЯЛЫҚ БАЙЫТУ**

Қазақстанда мыс және мыс-мырышты кендердің сапасы жылдан-жылға төмендеп келеді. Рентгенорадиометриялық сепарацияны қолдану мақсатында Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін алдын-ала байыту үшін әр - түрлі кенорындарында зерттеулер, тестілеу және тәжірибе-өндірістік сынақтар жүргізілді. Алдын-ала зерттеулер кезінде анодтың рентгендік трубкасы тиімді материал ретінде таңдалынып алынды, мыстың-мырыштың, темірдің және шашырыған рентген сәулесінің сипаттамасы және шекарасы анықталды, мыстың ғана белсенділігін анықтайтын сәуле, сонымен қатар  $P_i$  (бөлу алгоритмі) – аналитикалық тиімді параметр анықталды.

Мыс және мыс-мырышты кендерін байыту сынақтары бойынша тестілеу және тәжірибе-өндірістік жұмыстар Қазақстанның әр-түрлі кен орындарында өндірістік СРФ2-300 Рентгенорадиометриялық сепараторында жүргізілді. Шатырқұл, Саяқ, Жаман-Айбат және Жезқазған мыс кен орындары және Ертіс мыс-мырыш кен орны шикізатты кен өндеуге дайындауда Рентгенорадиометриялық сепараторлық тәсілмен байытылуға болатындығы анықталды. Аталған кен орындарының кендері жақсы шикізат қорымен байытылған, оларды байыту үшін ыңғайлы ірі кесек түрде. Рентгенорадиометриялық сепарация тәсілі негізгі құнды компонент (Cu және Zn) борттық құрамынан төмен сепарацияның қалдықтарын алуға мүмкіндік береді. Технологиялық регламентті жасау үшін және кен іріктеу кешенінің құрылысын жобалауда алдын-ала байытудың принципті технологиялық схемасы жасалды.

Түйін сөздер: *мыс және мыс-мырышты кен, рентгенорадиометриялық сепарация, алдын-ала байыту, сипатталған рентгендік сәуле, спектрлар, аналитикалық параметр.*

#### **Сведения об авторах:**

Битимбаев Марат Жакупович – доктор технических наук, профессор;  
Шемякин Владимир Сергеевич – доктор технических наук, профессор;  
Скопов Сергей Вениаминович – кандидат технических наук

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 245 – 251

**A. V. Nitsenko<sup>1</sup>, S. A. Trebukhov, A. K. Kasymzhanova, A. S. Shendyapin**

«Center of Earth Sciences, Metallurgy and Ore Beneficiation» JSC, Almaty, the Republic of Kazakhstan

<sup>1</sup>[alina.nitsenko@gmail.com](mailto:alina.nitsenko@gmail.com)**DETERMINATION OF ARSENIC DIFFUSION  
COEFFICIENT UNDER REDUCED PRESSURE**

**Abstract.** Arsenic is one of the admixture elements subject to prior removal out of metallurgical raw materials because of its negative effect on technology and environment. One of the most effective ways to its extract is a thermal treatment in vacuum. It is necessary to have knowledge of the physical laws of mass transfer and information about the kinetic coefficients for calculation and design of apparatus for raw materials processing. In consideration of the published papers on gas dynamics of sublimation processes, the lack of information about arsenic diffusion has been ascertained.

In this paper arsenic vapor diffusion in different conditions through argon and quartz layer has been experimentally studied. The study was conducted by a stationary flow by a vertical vacuum system with continuous weighing of sample under isothermal conditions. As a result of this work, numerical values of the diffusion coefficient of arsenic vapor through argon layer and quartz powder have been obtained. It is found that in both embodiments of the filter (argon or quartz) diffusion coefficient increases with increasing temperature and decreasing pressure. Furthermore, the more the size of the filter grain increases, the more total pore space raises, boosting in the diffusion coefficient. In the process of comparing the experimental and previously calculated data, we can conclude on the applicability of the selected method of calculation and determination of the diffusion coefficient.

**Keywords:** arsenic, quartz, diffusion, temperature, low pressure.

УДК 669.778-982:539.378.3

<sup>1</sup> **А.В. Ниценко, С.А. Требухов, А.К. Касымжанова, А.С. Шендяпин**

АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ МЫШЬЯКА  
ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ**

**Аннотация.** Мышьяк является одним из примесных элементов, подлежащих предварительному удалению из металлургического сырья, вследствие его негативного воздействия на технологию и окружающую среду. Одним из эффективных способов его извлечения является термическая обработка в вакууме. Для расчета и проектирования аппаратов по переработке сырья необходимы знания физических закономерностей массопереноса и информация о кинетических коэффициентах. При рассмотрении опубликованных исследований газодинамики сублимационных процессов установлена недостаточная изученность диффузии мышьяка.

В данной работе экспериментально исследована диффузия паров мышьяка в различных условиях через аргон и слой кварца. Исследование проведено методом стационарного потока на вертикальной вакуумной установке с непрерывным взвешиванием навески в изотермических условиях. В результате проведенной работы были получены численные значения коэффициента диффузии паров мышьяка через слой аргона и порошка кварца. Установлено, что в обоих вариантах фильтра (аргон или кварц) коэффициент диффузии увеличивается с повышением температуры и понижением давления. Кроме того, при увеличении размера зёрен фильтра возрастает общее поровое пространство, что ведет к увеличению коэффициента диффузии. При сопоставлении экспериментальных и рассчитанных ранее данных можно сделать вывод о применимости выбранных методов расчёта и определения коэффициента диффузии.

**Ключевые слова:** мышьяк, кварц, диффузия, температура, пониженное давление.

**Введение.** В природе мышьяк встречается в основном в виде различных соединений, иногда в самородном состоянии. Например, в арсенидах он связан главным образом с железом, никелем и кобальтом, реже с медью и платиной. В сульфосолях (тиосолях) – с медью, свинцом, серебром и таллием. В арсенатах он ассоциирует с натрием, магнием, кальцием, барием, висмутом, алюминием, цинком, свинцом, никелем, кобальтом, марганцем, железом, медью, ураном [1-4].

В виде примеси мышьяк входит в состав и других сульфидов, что связано со способностью трехвалентного иона мышьяка образовывать различные химические соединения. Кроме того, многие элементы могут обнаруживаться в минералах мышьяка, в арсенидах и тиосолях в качестве примесей [2, 3, 5-7]. Возможно из-за такой способности мышьяк часто присутствует в минеральном сырье и накапливается в промпродуктах.

Примесь мышьяка является токсичной и трудноизвлекаемой, т.к. она осложняет получение товарного продукта, увеличивает потери цветных металлов с отвальными продуктами, а также в значительной мере загрязняет окружающую среду. Поэтому извлечение мышьяка в виде нетоксичных продуктов представляет собой актуальную и сложную задачу, решению которой в последнее время уделяется большое внимание.

Имеется множество различных гидро-, пиро- и комбинированных схем переработки мышьяксодержащих материалов, включающих стадию предварительного удаления мышьяка [8-13], но они характеризуются многостадийностью, дороговизной, а также выводом мышьяка в виде токсичных отходов, требующих организации дорогостоящего спецзахоронения.

Одним из перспективных направлений рационального природопользования и охраны окружающей среды является применение вакуумной пироселекции для предварительного извлечения мышьяка из различных видов сырья [10, 14-16], преимуществом которой является возможность высокой степени извлечения мышьяка в одну стадию с получением нетоксичных возгонов.

Для управления и оптимизации технологических параметров, совершенствования, моделирования и расчета аппаратуры, особенно при пониженном давлении, необходимо иметь сведения о термическом поведении извлекаемого вещества и о кинетических закономерностях процессов протекающих в пористых телах.

В металлургических процессах возгонка и испарение веществ обычно происходит из смесей с инертными компонентами, и лимитирующей стадией процесса в этом случае часто бывает диффузия летучих компонентов через пористые материалы. В вакууме общая скорость процесса редко лимитируется внешней диффузией, как правило – кинетикой или внутренней диффузией [17].

В литературе имеются весьма ограниченные сведения о влиянии пористости, состава и строения дисперсной среды на кинетические закономерности процессов разложения и испарения веществ в вакууме, а данных о поведении мышьяка и его соединений при нагревании в присутствии и отсутствии пористых тел в доступной нам литературе не найдены.

Ранее [18] нами было установлено, что мышьяк в диапазоне давлений 6,65-91,77 кПа начинает возгоняться при температурах 300-400 °С, а значительное увеличение скорости его возгонки относится к температурам выше 500 °С. На основании данных по зависимости скорости возгонки мышьяка от температуры при различном значении остаточного давления в системе была получена температурная зависимость давления пара мышьяка, описываемая уравнением:  $\lg P \text{ (кПа)} = -6418,2/T + 9,4148$ .

В работе [19] был выполнен расчет эффективного коэффициента диффузии мышьяка в нейтральную среду в диапазоне температур 200-600 °С и давлений 1,33-91,77 кПа по двум методикам: Чепмена-Энскога и Вильке-Ли. При сравнении расчётных данных с эмпирическими сделан вывод о применимости выбранных методик для расчёта коэффициента диффузии мышьяка в аргон, при этом уравнение Чепмена-Энскога является более приемлемым по сравнению с методом Вильке-Ли. Значения коэффициента диффузии, полученные по методу Чепмена-Энскога, при выбранных условиях находятся в диапазоне значений от  $17,71 \cdot 10^{-4}$  до  $394,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ .

В данной работе приведены результаты экспериментального изучения зависимости коэффициента диффузии мышьяка от основных факторов (температуры, давления, высоты и крупности зёрен фильтра). Эффективный коэффициент диффузии паров мышьяка определяли через газовый слой без фильтра и через слой пористого материала.

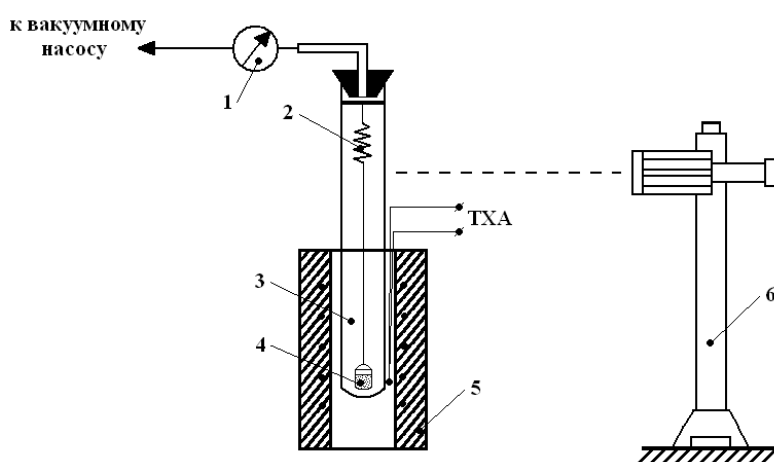
**Материалы.** В качестве нейтральной среды использовали аргон (ГОСТ 10157-79, содержащий 99,993 % Ar), а пористого вещества – кварц.

Порошок кварца готовили измельчением плавленного кварца и рассевом по четырем классам крупности.

Металлический мышьяк получали возгонкой из арсенопиритового концентрата при температуре 700 °С в вакууме 0,04 кПа и повторной возгонкой конденсата при температуре 500 °С. Суммарное содержание примесей в возгонах – 0,3 %, т.е. препарат содержал 99,7 % мышьяка.

**Методика исследований.** Исследование проведено методом стационарного потока на вертикальной вакуумной установке с непрерывным взвешиванием навески в изотермических условиях (рисунок 1).

Метод стационарного потока основан на пропускании паров исследуемого вещества с постоянной скоростью через слой газа, материала или смеси компонентов, определении концентрации паров в нижней и верхней частях слоя, расчёте скорости испарения (возгонки) и эффективного коэффициента диффузии.



1 – вакуумметры; 2 – пружина с нитью; 3 – кварцевый реакционный сосуд; 4 – кварцевый тигель с навеской; 5 – электропечь; 6 – катетометр КМ-8.

Рисунок 1 – Схема вертикальной вакуумной установки с непрерывным взвешиванием образца

Стадия диффузии может лимитировать скорость всего процесса только при значительном превышении давления окружающей среды над равновесным давлением пара исследуемых веществ. При отработке методики проведения экспериментов по возгонке мышьяка под кварцевым фильтром с целью выбора условий опытов установлено, что при большой скорости возгонки мышьяка порошок кварца выдувается из тигля потоком паров мышьяка. Вероятнее всего, это происходит за счёт перепада давления под слоем фильтра, возникающем при возгонке (испарении) вещества к непроницаемой для него поверхности [20]. Поэтому эмпирически были подобраны условия, предупреждающие вынос материала фильтра, при котором скорость возгонки мышьяка достаточна для регистрации.

Последовательность операций экспериментов состояла в следующем: навеску исследуемого материала помещали в кварцевый тигель 4 (площадь сечения – 0,5 см<sup>2</sup>), который подвешивали к пружинным весам 2. Кварцевую реторту 3 с размещенными в ней тиглем с навеской несколько раз промывали аргоном, помещали в нагретую до заданной температуры электропечь 5 и медленно создавали заданные условиями эксперимента давление в системе. С момента достижения заданного давления с помощью катетометра 6 регистрировали изменения массы навески во времени. После выдержки навески заданное время в печи реторту вынимали из печи и охлаждали. Кварцевый тигель вынимали из реторты, остаток навески взвешивали.

Уравнение, используемое для расчёта эффективного коэффициента диффузии, выглядит следующим образом:

$$\frac{\Delta C}{V} = R + h \frac{1}{D_{эф}}$$

где:  $\Delta C$  – разность концентраций паров мышьяка под и над слоем,  $\text{кг/м}^3$ , определяется исходя из ранее найденных значений давления насыщенного пара диффундирующего вещества при температуре опыта;  $V$  – скорость испарения диффундирующего материала,  $\text{кг/м}^2\cdot\text{с}$ , определяется по потере массы материала в каждый момент времени;  $R$  – коэффициент, определяющий сопротивление внешнего массообмена,  $\text{с/м}$ ;  $h$  – высота слоя инертного материала над диффундирующим веществом,  $\text{м}$ ;  $D_{эф}$  – коэффициент диффузии,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Величину  $\Delta C$ , полагая давление пара вблизи поверхности возгонки равным давлению насыщения, а в парогазовой смеси вдали пренебрежимо малым, определяли из известных данных [21] о давлении пара мышьяка. Необходимую для расчетов скорость испарения рассчитывали как среднюю за сравнительно длительное время опыта. За высоту газового слоя принималось расстояние между поверхностью мышьяка и срезом тигля, которое варьировалось за счёт изменения высоты тигля при неизменной массе навески мышьяка.

Построив график зависимости  $\Delta C/V$  от  $h$ , получили прямую, у которой угловой коэффициент выражает величину  $1/D_{эф}$ , а отрезок на оси ординат величину  $R$ .

Следует отметить, что определённый по расчётному уравнению коэффициент диффузии включает в себя и величину стефанова потока.

**Результаты и их обсуждение.** Для оценки влияния пористого фильтра на скорость возгонки мышьяка сначала были проведены опыты без фильтра, где измерялась скорость возгонки мышьяка из тиглей различной высоты. Условия и результаты опытов приведены в таблице 1, там же даны результаты теоретического расчёта по уравнению Чепмена-Энскога [19].

Таблица 1 - Влияние высоты слоя на скорость возгонки мышьяка через слой аргона

Условия		Степень возгонки $A_s$ , %	Скорость возгонки $A_s$ , $V \cdot 10^{-5}$ , $\text{кг/м}^2\cdot\text{с}$	Высота газового слоя, м	Коэффициент диффузии, $D \cdot 10^{-5}$ , $\text{м}^2/\text{с}$	
температура, $^{\circ}\text{C}$	давление, кПа				эксперимент	расчет [19]
420	100	33,71	0,44	7	5,05	8,06
		17,71	0,32	12		
		11,14	0,22	17		
		6,57	0,16	22		
440		35,43	0,46	7	5,78	8,49
		28,57	0,37	12		
		21,14	0,28	17		
		14,57	0,24	22		
460		64,68	0,82	7	7,07	8,92
		57,43	0,74	12		
		45,14	0,59	17		
		32,00	0,47	22		
480	100,0	1,43	7	7,74	9,37	
	95,43	1,24	12			
	73,14	0,92	17			
	65,14	0,84	22			
460	300	28,86	0,37	7	2,63	2,98
		24,29	0,29	12		
		17,71	0,22	17		
		14,86	0,19	22		
	690	20,00	0,26	7	0,71	1,23
		12,86	0,17	12		
		7,71	0,10	17		
		6,00	0,08	22		

Как видно из таблицы 1, скорость и степень возгонки мышьяка увеличивается с уменьшением высоты газового слоя, с повышением температуры процесса и понижением давления в системе. При сравнении теоретических и экспериментальных данных установлено, что опытные значения коэффициента диффузии несколько ниже расчётных, что, вероятно, связано с использованием при



расчёте приближенных значений, полученных с учётом других рассчитанных параметров. Кроме того, на величину погрешности влияет тот фактор, что при возгонке со временем слой газа над навеской увеличивается, что в свою очередь затормаживает процесс и уменьшает величину коэффициента диффузии.

В таблице 2 приведены условия и результаты опытов, проведенных в присутствии кварцевого фильтра, а также результаты теоретических расчётов коэффициента диффузии через пористую засыпку с учётом и без учета поправки на стефанов поток. Как видно, экспериментальные значения коэффициента диффузии пара мышьяка близки к теоретическим данным, если при расчёте исходить из табличного значения коэффициента диффузии пара мышьяка в аргоне с поправкой на стефанов поток.

Таблица 2 – Влияние высоты слоя на скорость возгонки мышьяка через фильтр кварца (класс крупности -0,2+0,16 мм)

Условия		Сте-пень воз-гонки As, %	Ско-рость воз-гонки As, $V \cdot 10^{-5}$ , $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Высота фильтра, м	Коэффициент диффузии, $D \cdot 10^{-5}$ , $\text{м}^2/\text{с}$		
темпе-ратура, $^{\circ}\text{C}$	давле-ние, кПа				экспе-римент	расчет	
						с учетом поправки	без учета поправки
420	100	9,14	0,16	3	2,18	2,60	1,68
		8,57	0,15	8			
		5,14	0,09	13			
		1,71	0,07	18			
440	100	20,0	0,32	3	2,45	2,88	1,79
		18,86	0,25	8			
		10,29	0,17	13			
		8,0	0,13	18			
460	100	48,29	0,72	3	3,01	3,33	1,86
		27,14	0,4	8			
		22,86	0,35	13			
		15,71	0,27	18			
480	100	85,71	1,11	3	3,47	4,30	1,95
		65,14	0,84	8			
		45,14	0,58	13			
		36,0	0,5	18			
460	300	22,86	0,38	3	0,78	0,96	0,62
		12,0	0,15	8			
		9,43	0,12	13			
		6,57	0,09	18			
	690	4,86	0,06	3	0,41	0,41	0,27
		2,86	0,04	8			
		2,86	0,04	13			
		2,29	0,03	18			

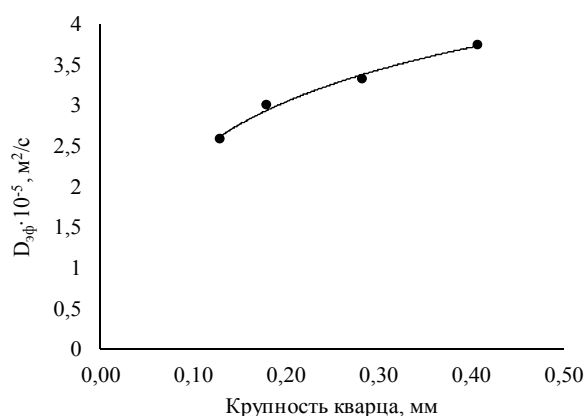


Рисунок 2 – Влияние крупности кварцевого песка на коэффициент диффузии мышьяка через него  
Установлено, что при диффузии через фильтр кварцевого песка коэффициент диффузии

увеличивается с повышением температуры и понижением давления в системе.

Зависимость коэффициента диффузии мышьяка через кварцевую засыпку от крупности фильтра приведена на рисунке 2. Как видно, с ростом размера зёрен материала фильтра коэффициент диффузии мышьяка возрастает, что связано с увеличением размера пор, а, следовательно, и с увеличением общей площади пустот для прохода паров (живого сечения).

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенной работы были получены численные значения коэффициента диффузии паров мышьяка через слой аргона и порошка кварца. Установлено, что в обоих вариантах фильтра (аргон или кварц) коэффициент диффузии увеличивается с повышением температуры и понижением давления. Кроме того, при увеличении размера зёрен фильтра возрастает общее поровое пространство, что ведет к увеличению коэффициента диффузии.

Хорошее совпадение экспериментальных и расчётных данных позволяет сделать вывод о применимости выбранных методов расчёта и определения коэффициента диффузии. Небольшое расхождение в данных относится к использованию при вычислении расчётного коэффициента диффузии приближенных значений некоторых параметров.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горная энциклопедия: в 5 т. / под ред. Е. А. Козловского. – М.: Сов.энцикл., 1991. – Т. 5. – 451 с.
- [2] Бетехтин А. Г. Минералогия. – М.: Госгеолтехиздат, 1950. – 956 с.
- [3] Годовиков А. А. Минералогия. – М.: Недра, 1975. – 520 с.
- [4] Ручик А. С. Методы химического анализа мышьяковых руд и продуктов их переработки. – М.: Госхимиздат, 1958. – 110 с.
- [5] Исабаев С. М., Пашинкин А. С., Мильке Э. Г., Жамбеков М. И. Физико-химические основы сульфидирования мышьяксодержащих соединений. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1986. – 184 с.
- [6] Костов И. Минералогия. – М.: Мир, 1971. – 584 с.
- [7] Минералогические таблицы: Справочник. – М.: Недра, 1981. – 399 с.
- [8] Турьгин В. В., Смирнов М. К., Сметанин А. В., Жуков Э. Г., Федоров В. А., Томилов А. П. Получение мышьяка из промышленных отходов цветных металлов электрохимическим методом // Неорганические материалы. – 2008. – Т. 44, № 9. – с. 1065-1073.
- [9] Медиханов Д. Г., Алипбергенов М. К., Исабаев С. М., Кузгибекова Х. М. Теория и практика удаления мышьяка при производстве меди. – Караганда: Карагандинская полиграфия, 2003. – 240 с.
- [10] Храпунов В. Е., Исакова Р. А. Переработка упорных золотомышьяковых концентратов с применением вакуума. – Алматы: Гылым, 2002. – 266 с.
- [11] Попов В. А., Серегин П. С., Румянцев Д. В., Цемехман Л. Ш. Разработка технологии обжига мышьяковистых золотосодержащих концентратов с выделением мышьяка в низкотоксичный продукт с получением годного для дальнейшей переработки огарка. // Сб. докладов 7 Междунар. конгресса «Цветные металлы и минералы». – Красноярск (Россия), 2015. – С. 98-105.
- [12] Гуляшинов П. А., Палеев П. Л., Гуляшинов А. Н. Удаление мышьяка при обжиге скородитсодержащей руды в атмосфере водяного пара // Вестник ВСГУТУ. – 2015. – т. 55, № 4. – С. 26-30.
- [13] Копылов Н. И., Каминский Ю. Д., Очуроол А. П. Комбинированный способ удаления мышьяка из отвалов // Химическая технология. – 2011. – Т. 12, № 8. – С. 498-500.
- [14] Исакова Р. А., Храпунов В. Е., Володин В. Н. Вакуумные технологии переработки полиметаллического сырья и рафинирования металлов: разработки и перспективы // Цветные металлы. – 2012. – № 10. – С. 69-74.
- [15] Исакова Р. А., Нестеров В. Н., Челохсаев Л. С. Основы вакуумной пироселекции полиметаллического сырья. – Алма-Ата: Наука, 1973. – 255 с.
- [16] Пат. 87048 Украйна. Агрегат для видалення миш'яку із залізвуглецевого розплаву під вакуумом /П. С. Харлашин, М. О. Илляшов, Ю. О. Гуков, Е. О. Юшков, В. М. Сафонов; опубл. 18.10.2009, Бюл. № 18 – 5 с.
- [17] Жуховицкий А. А. Физико-химические основы металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1973. 390 с.
- [18] Ниценко А. В., Храпунов В. Е., Исакова Р. А., Требухов С. А. Термическое поведение мышьяка при пониженном давлении // Комплексное использование минерального сырья. – 2012. – № 4. – С. 73-80.
- [19] Ниценко А. В. Расчетная оценка коэффициента диффузии пара мышьяка в нейтральной среде // Комплексное использование минерального сырья. – 2015. – № 4. – С. 47-53.
- [20] Ивановский М. Н., Сорокин В. П., Субботин В. Н. Испарение и конденсация металлов. – М.: Атомиздат, 1976. – 216 с.
- [21] Несмеянов А. Н. Давление пара химических элементов. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 396 с.

#### REFERENCES

- [1] Mining encyclopedia: v 5 t. / pod red. E. A. Kozlovskogo. M.: Sov.jencikl., 1991. 5. 451 p. (in Russ).
- [2] Betekhtin A. G. Mineralogy. M.: Gosgeoltehzdat, 1950. 956 p. (in Russ).
- [3] Godovikov A. A. Mineralogy. M.: Nedra, 1975. 520 p. (in Russ).

- [4] Ruchik A. S. Methods for chemical analysis of arsenic ores and their products. M.: Goshimizdat, **1958**. 110 p. (in Russ).
- [5] Isabaev S. M., Pashinkin A. S., Mil'ke Eh. G., Zhambekov M. I. Physical and chemical bases of arsenic compounds sulfidizing. Alma-Ata: Nauka KazSSR, **1986**. 184 p. (in Russ).
- [6] Kostov I. Mineralogy. M.: Mir, **1971**. 584 p. (in Russ).
- [7] Reference book: Mineralogical tables. M.: Nedra, **1981**. 399 p. (in Russ).
- [8] Turygin V. V., Smirnov M. K., Smetanin A. V., Zhukov Eh. G., Fedorov V. A., Tomilov A. P. *Inorganic materials*, **2008**, 44, 9, 1065-1073 (in Russ).
- [9] Medihanov D. G., Alipbergenov M. K., Isabaev S. M., Kuzgibekova H. M. Theory and practice of removing arsenic from copper production. Karaganda: Karagandinskaya poligrafiya, **2003**. 240 p. (in Russ).
- [10] Khrapunov V. E., Isakova R. A. Processing of refractory gold-arsenic concentrates with vacuum. Almaty: Gylym, **2002**. 266 c. (in Russ).
- [11] Popov V. A., Seregin P. S., Rumyancev D. V., Tsemekhman L. Sh. Development of sintering technology gold-arsenic concentrates with arsenic release into the slightly toxic product to give of suitable for further processing cinder. *7<sup>th</sup> International Congress «Non-ferrous metals & Minerals»*, **2015**, p. 98-105. (in Russ).
- [12] Gulyashinov P. A., Paleev P. L., Gulyashinov A. N. *Messenger of the VSGUTU*, **2015**, 55, 4, 26-30. (in Russ).
- [13] Kopylov N. I., Kaminskij Yu. D., Ochurool A. P. *Chemical technology*, **2011**, 12, 8, 498-500. (in Russ).
- [14] Isakova R. A., Khrapunov V. E., Volodin V. N. *Non-ferrous metals*, **2012**, 10, 69-74. (in Russ).
- [15] Isakova R. A., Nesterov V. N., Chelokhsaev L. S. Fundamentals of vacuum processing of complex ore materials. Alma-Ata: Nauka, **1973**, 255 p. (in Russ).
- [16] Pat. 87048 Ukraine. Aggregate for removing arsenic from iron-carbon melt under vacuum /P. S. Kharlashin, M. O. Ilyashov, Yu. O. Gukov, E. O. Yushkov, V. M. Safonov; publ. 18.10.2009, Bull. № 18 – 5 p. (in Ukr.)
- [17] Zhukhovickij A. A. Physical and chemical bases of metallurgical processes. M.: Metallurgiya, **1973**, 390 p. (in Russ).
- [18] Nitsenko A. V., Khrapunov V. E., Isakova R. A., Trebukhov S. A. *Complex Use of Mineral Resources*, **2012**, 4, 73-80. (in Russ).
- [19] Nitsenko A. V. *Complex Use of Mineral Resources*, **2015**, 4, 47-53. (in Russ).
- [20] Ivanovskij M. N., Sorokin V. P., Subbotin V. N. Evaporation and condensation of metals. M.: Atomizdat, **1976**, 216 p. (in Russ).
- [21] Nesmeyanov A. N. The vapor pressure of the chemical elements. M.: Izd-vo AN SSSR, **1961**, 396 p. (in Russ).

<sup>1</sup>Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендяпин А.С.

АҚ «Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы»,  
Алматы, Қазақстан Республикасы

### ТӨМЕНДЕТІЛГЕН ҚЫСЫМ КЕЗІНДЕГІ МЫШЬЯКТЫҢ ДИФФУЗИЯ КОЭФФИЦИЕНТІН АНЫҚТАУ

**Аннотация.** Мышьяк қоспалы элементтердің бірі болып келеді, ол металлургиялық шикізаттан алдын ала жоюды талап етеді, өйткені оның бар болғаны технология мен қоршаған ортаға теріс әсер етеді. Оны бөліп алудың ұтымды әсерінің бірі вакуумда термиялық қайта өңдеу болып табылады. Шикізатты қайта өңдейтін аппаратты жобалау және есептеу үшін масса алмасудың физикалық заңдылықтары жайлы білімі және кинетикалық коэффициенттері жайлы мағлұматтары болу қажет. Сублимациялық үрдістердің газодинамикалық зерттеулерінің баспаға шыққандарын қарай отырып барлық айтылған орталардағы мышьяк диффузиясының жеткіліксіз зерттелген деген шешімге келдік.

Бұл жұмыста экспериментті мышьяк диффузия булары әр түрлі жағдайларда аргон және кварц қабаты арқылы зерттеледі. Зерттеу әдісі стационарлық ағын орнатылған тік вакуумдық үздіксіз өлшеумен изотермиялық ілме арқылы өткізіледі. Жүргізілген жұмыс нәтижесінде сандық диффузия коэффициентінің мәні мышьяк буларының қабаты аргон және ұнтақ кварц пен анықталды. Анықталғандай, екі нұсқалардағы сүзгілер (аргон мен кварц) температура арғынымен қысымның төмендеуімен диффузиялық коэффициенті өседі. Сонымен қатар, түйір көлемі ұлғайған жағдайда сүзгінің жалпы кеңістігін арттырады, бұл диффузия коэффициентіне әкеледі. Тандалған есептемелер диффузия коэффициентін анықтау әдістерін қолдануға болады деген қорытынды жасаймыз.

**Түйін сөздер:** мышьяк, кварц, диффузия, температура, төмендетілген қысым.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 252 – 256

UDC 622.521

**G.P. Metaksa, N.S. Buktukov**

D.A. Kunaev Mining Institute, Almaty, Kazakhstan  
[gmetaksa@mail.ru](mailto:gmetaksa@mail.ru)

**YELLOWSTONE VOLCANO.  
SCIENTIFIC MYTHS AND REALITY**

**Abstract.** This article gives an analysis of the factors affecting the state of the surface and deep layers of the Yellowstone supervolcano. The following conclusions have been made:

1. In the modern context there is no cause for an explosion of sufficient power, as the Yellowstone supervolcano is located near the center of the tectonic plates.

2. The resonance effects, activating the condition of the surface layer of volcano, are created by Long Valley and Vellis adjacent calderas, which natural frequencies provide the conditions for parametric resonance that allows solving the problem of the condition of the volcano surface.

3. Condition of the deep layers of the Yellowstone caldera depends on sources of seismic activity with technogenic origin (Nevada and Oklahoma) that can be important in solving problems of condition management of the deep layers of the volcano.

4. Contemporary condition of volcano equilibrium is maintained by geyser discharging of occurring stresses on the Macrocracks caldera body. The mechanism of this phenomenon requires thorough study with the aim of balance conservation of this complex.

**Keywords:** Yellowstone volcano, surface condition, deep layer condition, impact – response, technogenic factor.

УДК 622.52

**Г.П. Метакса, Н.С. Буктуков**

Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, Алматы, Казахстан

**ВУЛКАН ЙЕЛЛОУСТОН.  
НАУЧНЫЕ МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ.**

**Аннотация.** В статье выполнен анализ факторов воздействия на состояние поверхности и глубинных слоев супервулкана Йеллоустон. Сделаны выводы о возможных механизмах управления состоянием динамического равновесия объекта исследования.

**Ключевые слова:** вулкан Йеллоустон, состояние поверхности, состояние глубинного слоя, воздействие – отклик, техногенный фактор.

В последнее десятилетие резко увеличился информационный поток о критическом состоянии супервулкана Северо-Американского материка. По прогнозам официальной науки Соединенных штатов и общественных научных объединений (Алатра) в случае взрыва вулкана Йеллоустон планета Земля покроется толстым слоем вулканического пепла, который нарушит прозрачность всей земной атмосферы и приведет к условиям космической зимы зимы на всей поверхности планеты. Грозные прогнозы подтверждаются высокотехнологичными компьютерными моделями, созданными на базе магматического «пузыря», расположенного под кальдерой этого вулкана.

Рассмотрим реальные физические предпосылки существования «апокалиптической» угрозы мгновенного взрыва вулкана. Главными условиями взрыва являются:

- деформации на границах раздела крупных разломов;

- сопротивление деформируемой среды;
- резонансные условия на границе раздела фаз, проводящих деформацию сред.

При всестороннем изучении этих факторов могут появиться возможности для управления процессами разрядки возникающих напряжений. Анализ откликов на внешние воздействия для поверхности и глубинных слоев супервулкана посвящена данная работа.

Рассмотрим последовательно условия возникновения взрыва. Как известно из физики, химии, любой процесс начинается на границе раздела фаз (неоднородностей). Наиболее крупные неоднородности - это континенты, океаны, платформы, складчатые пояса, зоны горообразования [1, 2]. К мелким относятся геоблоки, блоки, толщи осадочных пород, метаморфические комплексы и т.п. Наибольшая изученность реакций отклика на внешние воздействия принадлежит сейсмологии, для которой практический интерес представляют неоднородности, ответственные за аккумуляцию энергии, разрядка которой возбуждает землетрясение [1], т.е. деформацию проводящей энергию среды. В твердом теле границами раздела фаз служат разломы, трещины и техногенные неоднородности.

Причины и характер взрывов бывают различными [3]. В химических системах взрыв возникает цепным, тепловым (механическим) и электрическим способами. Рассмотрим возможности возникновения взрыва по механизму «цепной реакции» для тектонических взаимодействий в случае супервулкана Йеллоустон, кальдера которого расположена в целостной части тектонической плиты. Этот факт исключает появление взрыва по причине деформации блоков крупного масштаба. Однако количество землетрясений около этого вулкана уже давно превышает 200. Сейсмологи знают, что это хороший признак для исключения крупных событий, так как происходит регулярная разрядка накопленных напряжений. С другой стороны должны существовать условия для подобной реакции для этого вулкана со стороны близлежащих вулканов, наиболее крупными кальдерами, которыми являются Веллис и Лонг-Велли. В таблице 1 приведены расчетные показатели поверхностного отклика на внешние воздействия, рассчитанные по третьему закону Кеплера для макро- и наноуровней рассмотрения.

Таблица 1 – Пространственно-временные соотношения для кальдер Йеллоустон, Лонг-Велли и Веллис (расчет по 3-му закону Кеплера)

Наименование вулкана	Размер кальдеры, км	Период для макроуровня рассмотрения, с	Период для наноуровня рассмотрения, с	Частота, герц	Соотношение частот с супервул-каном
Йеллоустон (горное кольцо)	500	$1,95 \cdot 10^{17}$	0,195	5,2	-
Йеллоустон (кальдера)	(55) Ч 75	$7,04 \cdot 10^{15}$	$7,04 \cdot 10^{-3}$	140	1
- // -	75	$11,2 \cdot 10^{15}$	$11,2 \cdot 10^{-3}$	89	1,55
Лонг-Велли кальдера	(20) Ч 35	$1,54 \cdot 10^{15}$	$1,54 \cdot 10^{-3}$	649	2; 4,2
- // -	35	$3,57 \cdot 10^{15}$	$3,57 \cdot 10^{-3}$	280	2; 3,1
Веллис	(19) Ч 22	$1,43 \cdot 10^{15}$	$1,43 \cdot 10^{-3}$	699	5; 7,7
- // -	22	$1,78 \cdot 10^{15}$	$1,78 \cdot 10^{-3}$	561	4; 6,2

Расчетные данные свидетельствуют о том, что для макроуровня рассмотрения период устойчивости определяется многими миллиардами лет для всех окружающих вулкан кальдер. А для наноуровня рассмотрения ( $K=3,36^{18}$ ) периоды устойчивого равновесия (релаксации) находятся в пределах миллисекунд, т.е. соответствуют частотам инфра- и звукового диапазона. Так собственная частота горного кольца кальдеры вулкана Йеллоустон равна 5 герцам, это биологический диапазон взаимодействий, видимо, поэтому там сформировался максимальный уровень биоразнообразия, охраняемый государством США. В зависимости от размера кальдер, соседствующих с супервулканом, частоты отклика на внешние воздействия различны – некоторые из них (Лонг-Велли) близки к промышленной частоте, другие кратны целочисленному ряду по отношению к вулкану. Установленный факт означает, что в круг рассмотрения причинно-следственных взаимосвязей попадает техногенный фактор, в данном случае – возможность поверхностных резонансных явлений в связи с работой промышленных энергосетей или

атмосферных циклонов.

Другим следствием техногенного воздействия на глубинные слои кальдеры может оказаться близкое соседство «чемпионов» по землетрясениям полигона Невада и района добычи углеводородов вблизи Оклахомы. В последние годы резко возросло количество и мощность сейсмических событий в этих регионах. Например, в начале ноября 2014 года в гористой местности Невады наблюдали рой землетрясений, происходивших с разной периодичностью [4]. Это пример можно рассматривать как «цепную» реакцию этого региона на определенное внешнее воздействие. Подобные отклики на техногенное воздействие наблюдаются и вблизи Оклахомы. Такие механические воздействия должны порождать отклики на пути прохождения сейсмической волны, но в силу проявления процессов затухания, мощность их должна уменьшаться прямо пропорционально расстояниям. Действительно мощность откликов кальдеры Йеллоустон редко превышает 2 балла.

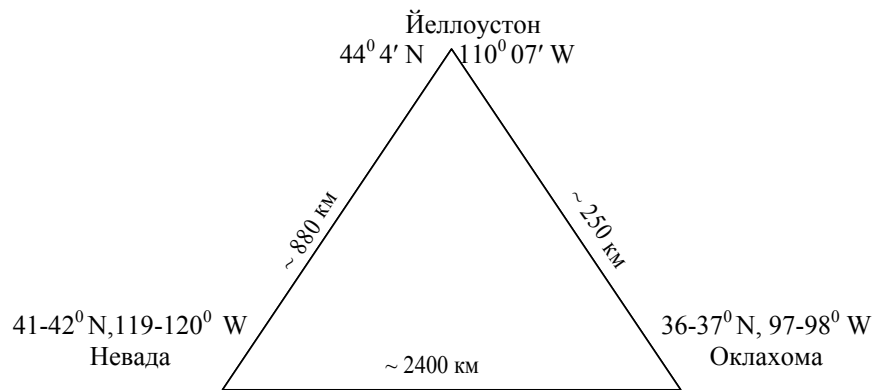


Рисунок 1 – Координаты вулкана Йеллоустон и источников техногенных воздействий в Неваде и Оклахоме

Если рассмотреть этот треугольник взаимодействия с точки зрения прохождения механических волн в твердом веществе и во флюидосодержащей среде, можно обнаружить удивительные совпадения [5], которые свидетельствуют о взаимовлиянии сейсмических событий этих рассматриваемых объектов. В таблице 2 приведены ориентировочные расчеты времен прохождения механических волн между названными объектами.

Таблица 2 – Времена прохождения сейсмических волн между Йеллоустон, Невадой и Оклахомой.

Маршрут следования	Расстояние, км	Время, с., мин., час.
Невада – Оклахома - твердая	~ 2400	480 с = 8 мин
среда - флюидосодержащая	- // -	1600 с = 26 мин
Невада – Йеллоустон - твердая	~ 900	180 с = 3 мин
среда - флюидосодержащая	- // -	600 с = 10 мин
Оклахома – Йеллоустон - твердая	~ 250	5 с
среда - флюидосодержащая	- // -	166с = 2,7 мин
Кольцо Йеллоустон - твердая	~ 3500	706 с = 17,7 мин
среда - флюидосодержащая	- // -	2353 с = 39,2 мин
Бегущая волна по периметру планеты, твердая среда	~ 39600	7920 с = 2,2 часа
* среда – флюидосодержащая	- // -	26400 с = 7,3 часа

\*Примечание. Расчет выполнен для скоростей сейсмических волн – для твердой среды 5000 м/с, для флюидосодержащей среды – 1500 м/с. Поэтому полученные значения времен прохождения этих волн должны иметь допуск  $\pm 5\%$  от среднего значения.

По гистограммам распределения землетрясений, построенных по временному признаку, можно выделить несколько пиков вблизи указанных в таблице значений. В качестве конкретных примеров можно привести следующие события [5]:

11.08.15 17.40 Оклахома – 17.39 Невада - t < 1 мин.  
 14.08.15 10.34 - // - - 13.07 - // - - t < 3 ч. 27 мин.  
 ===== 254 =====

17.08.15	17.40	Невада	– 11.53	Оклахома	– t < 28 мин.
20.08.15	00.47	Оклахома	– 0.49	– // –	– t < 2 мин.
12.12.14	18.11	– // –	– 17.53	– // –	– t < 18 мин.
19.12.14	13.37	Невада	– 13.38	Невада	– t < 1 мин.
19.12.14	13.18	Невада- Йеллоустон	– 13.33	Оклахома	– t < 19 мин.
19.12.14	19.08	Невада	– 20.00	Невада	– t < 52 мин.
19.12.14	19.08	– // –	– 17.10	– // –	– t < 24 часа

Одним из последних ярких примеров наложения волн являются события, произошедшие 30.10.2015 г. Главной отличительной особенностью наложения волн («цепной реакции») является возрастание магнитуды в последующих наведенных (индуцированных) событиях. Чаще всего они возникают вблизи одной широты, т.е. связаны с суточным вращением Земли. В рассматриваемом случае сначала произошла серия мелких ( $M = 2,1-2,3$ ) землетрясений в Западной и Центральной Турции вблизи широты 38 градусов [5]. Временные интервалы между ними свидетельствуют о том, что сейсмическая волна распространилась между очагами исходных событий ( $t = 3$  мин) и пошла в субширотном направлении, вернувшись через 2 часа 25 минут в исходную точку. На пути следования произошло наложение волн на этой же широте вблизи Оклахомы (через 1 час 02 мин.) и в Киргизии (два события – через 51 мин и 2 часа 27 мин.), затем следует реакция разрядки напряжений в Неваде (через 26 и 28 мин.) и Оклахоме (через 17 мин и 77 мин.) Магнитуда при этом нарастала от 2,1 (исходное событие) до 3,8 (Киргизия и Оклахома). Порядок величин временных интервалов происходящих событий соответствует расчетным данным, приведенным в таблице 2. Этот факт свидетельствует о том, что в существующих теоретических предположениях отсутствуют важные направления проведения исследований, учитывающие эффекты наложения волн.

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, используя этот ход рассуждений, легко установить причинно-следственные связи между событиями, имеющими физическую взаимообусловленность. Отсюда следует, что большое количество малых землетрясений супервулкана обусловлено в значительной степени наведенными эффектами от состояния ближайших соседей, обладающих повышенной сейсмоактивностью. Если провести системный анализ спектрограмм откликов от наведенных эффектов можно получить достоверный материал для управления состоянием разрядки накопленных напряжений в глубинных слоях и окрестностях супервулкана.

А пока таких материалов нет, вулкан это делает самостоятельно с помощью 3000 гейзеров, которые являются трещинами в теле кальдеры и обеспечивают ее устойчивость с помощью поверхностных эффектов разрядки по мере заполнения макротрещин кальдеры водой. Взрывной характер выброса горячей воды в гейзере-трещине может быть обусловлен эффектом микроволновой печи, в которой взрыв реализуется только при наличии в ней чистых металлов. Этот вывод имеет достаточную вероятность проявления такого результата, так как вблизи супервулкана существуют месторождения вольфрама, никеля, индия и меди. Все эти вещества являются поверхностно-активными по отношению к воде. Таким образом после выброса горячей воды макротрещина снова заполняется водой до уровня залегания самородного металла, где и происходит локальный взрыв воды в высокочастотном поле трения поверхности кальдеры. Так, известно, что любое явление (процесс) начинается с поверхности и имеет определенную скорость распространения, отсюда легко подсчитать резонансные условия возникновения взрыва для управления состоянием поверхности и глубинного слоя. Химический состав гейзеров-разрядников зависит от геометрии макротрещины, проходящей через разные месторождения и, соответственно, является источником информации о месте и глубине их залегания. В случаях активации сероводородных источников наблюдают массовый уход животных из мест обитания. Однако такие ситуации возникают с периодичностью, исчисляемой десятилетиями, о чем свидетельствуют засохшие деревья вблизи подобных гейзеров.

Анализируя совокупность приведенных данных, можно сделать следующие выводы:

1. В современных условиях отсутствует причина возникновения взрыва достаточной мощности, поскольку супервулкан Йеллоустон расположен вблизи центральной части

тектонической плиты.

2. Резонансные воздействия, активирующие состояние поверхностного слоя вулкана, создаются соседними кальдерами Лонг-Велли и Веллис, собственные частоты которых обеспечивают условия параметрического резонанса, что позволяет решать задачи управления состоянием поверхности вулкана.

3. Состояние глубинных слоев кальдеры Йеллоустоун зависит от источников сейсмической активности техногенного происхождения (Невады и Оклахомы), что может иметь большое значение при решении задач управления состоянием глубинных слоев вулкана.

4. Современное состояние равновесия вулкана поддерживается гейзерной разрядкой возникающих напряжений на макротрещинах тела кальдеры. Механизм этого явления требует тщательного изучения для целей сохранения равновесия этого комплекса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Курсеев А.К. Геофизические неоднородности литосферы. Алматы, 1996, 168 с.
- [2] Вершигора В. Сейсмические процессы вокруг супервулкана Йеллоустоун. <http://allatra—a science. org>.
- [3] Глинка Н.Л. Общая химия. Л., Химия, 1974, 728 с.
- [4] Буктуков Н.С., Метакса Г.П. Геометрические особенности роя землетрясений Невады. / Вестник НАН РК, Алматы, v 2, №354 (2015), с. 94-100.
- [5] Centre Seismology Euro – Mediterranean in 2014, in 2015.

#### REFERENCES

- [1] Kurskeev A.K. Geofizicheskie neodnorodnosti litosferyi. Almatyi, 1996, 168 s.
- [2] Vershigora V. Seysmicheskie protsessyi vokrug supervulkana Yelloustoun. <http://allatra—a science. org>.
- [3] Glinka N.L. Obschaya himiya. L., Himiya, 1974, 728 s.
- [4] Buktukov N.S., Metaksa G.P. Geometricheskie osobennosti roya zemletryasenyi Nevadyi. / Vestnik NAN RK, Almatyi, v 2, #354 (2015), s. 94-100.
- [5] Centre Seismology Euro – Mediterranean in 2014, in 2015.

**Г.П. Метакса, Н.С. Буктуков**

(Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен институты, Алматы, Қазақстан)

#### **ЙЕЛЛОУСТОН ЖАНАРТАУЫ. ҒЫЛЫМИ АҢЫЗ БЕН ШЫНДЫҚ.**

**Аннотация.** Бұл мақалада Йеллоустоун жанартаудың беті мен терең қабаттарының күйіне әсер ететін факторлардың талдауы берілген. Зерттеу нысанының динамикалық тепе-теңдік күйімен басқару мүмкін болатын механизмдері туралы қорытындылар жасалынды.

**Түйін сөздер:** Йеллоустон жанартауы, беттің күйі, тереңдік қабатының күйі, әсер-жауап, техногендік фактор.

#### **Сведения об авторах:**

Метакса Галина Павловна – доктор технических наук. Зав.лаб. ФТПРМ

Буктуков Николай Садвакасович - доктор технических наук, профессор, директор института горного дела им.Д.А.Кулева



REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 257 – 261

UDK 615.1.4(175)

**K.D.Rakhimov, S.M. Adekenov**

“KazMUCE”, JSE, Almaty, Kazakhstan  
International research and production holding “Phytochemistry” JSE, Karaganda  
[kdrakhimov@inbox.ru](mailto:kdrakhimov@inbox.ru)

## PHARMACOLOGICAL EFFECT OF NEW NATURAL DRUGS IN COMBINATION WITH CYTOSTATICS ON THE GROWTH OF DRUG-RESISTANT METASTASES

**Abstract.** First we studied the effect of various combinations of herbal preparations and anti-cancer compounds in rats with drug-resistant models of metastasis of Pliss's lymphosarcoma (MPLS). Obtained a pronounced antimetastatic effect alhidin combination with vincristine and alhidin with methotrexate in the experiments with the platform, resistant to rubomycin (lack of development of metastases in the inguinal lymph nodes, IL 174%). The combination of the effect of Arglablin with 5-fluorouracil, Arglablin with methotrexate and alhidin rubomicina, alidina to prospidine (IL-308%) with an increase in immunological (cellular) indicators from them. Metastases did not develop in rats with MPLS resistant to lamattina from combinations of alhidin+cyclophosphamide, alhidin + sarcolysine and alhidin+prospidin+cyclophosphamide; IL was 207%. Alhidin and Arglablin on mice with Lewis lung carcinoma as separately, and in combination with platidiam, cyclophosphamide and 5-fluorouracil caused a pronounced anti allergic effect: metastases did not develop 98% of the rats, IL – 248%. A pronounced antitumor effect (98%) obtained from the combinations: actually sucrose (surfactant) +5-fluorouracil, actually sucrose+adriamycin + saponin in experiments on mice with Lewis lung carcinomas; actually sucrose+platinum + alhidin with melanoma b-16 (IL – up to 272%).

**Key words:** Pliss lymphosarcoma, anticancer drugs .

УДК 615.1.4 (175)

**Қ.Д.Рахимов, С.М.Адекенов**

Қазақстан Республикасы, Алматы, «ҚМУҒБҒУ» АҚ  
«Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингі АҚ, Қарағанды

## ДӘРІГЕ ТҰРАҚТЫ МЕТАСТАЗДАРДЫҢ ӨСУІНЕ ЖАҢА ТАБИҒИ ПРЕПАРАТТАРДЫҢ ЦИТОСТАТИКТЕРМЕН БІРІКТІРГЕН КЕЗДЕГІ ФАРМАКОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕРІ

**Аннотация.** Алғаш рет біз өсімдік препараттарын және ісікке қарсы қосылыстарды Плисс лимфосаркомасының дәріге тұрақты метастаздарына (ПЛСМ) біріктіріп қолдануды зерттедік. Алхидинді винкрестинмен және алхидинді метотрексатпен бірге қолданғанда рубомицинге тұрақты ПЛСМ метастазға қарсы әсер көрсетті (шап лимфа түйіндерінде метастаздың болмауы, өмір сүру ұзақтығы 174%). Арглабинді 5-фторурацилмен, арглабинді метотрексатпен және алхидинді рубомицинмен, алхидинді платидиаммен бірге қолданғанда проспидинге тұрақты ПЛСМ дамуын толығымен тежеді (өмір сүру ұзақтығы -308%), иммунологиялық көрсеткіштері (жасушалық) жоғарылады. Лейкоэфдинге тұрақты ПЛСМ алхидин + циклофосфан, алхидин+сарколизин және алхидин+проспидин+циклофосфан қолданғанда егеуқұйрықтарда метастаз болған жоқ, өмір сүру ұзақтығы 207%. Алхидин және арглабин өкпенің Льюис карциномасы бар тышқандарға жекелей және платидиаммен, циклофосфанмен және 5-фторурацилмен бірге қолданғанда айқын метастазға қарсы әсер көрсетті: 98% егеуқұйрықтарда метастаз болмады, өмір сүру ұзақтығы 248%.

Айқын ісікке қарсы әсер: сахароза моноэфірі (беткей белсенді заттар) + 5-фторурацил, сахароза моноэфірі+адриамицин+сапонинді өкпенің Льюис карциномасы, сахароза моноэфірі + платидиам +алхидин В-16 меланомасы бар тышқандарға тәжірибеде қолданғанда алынды (өмір сүру ұзақтығы-272%).

**Кілтті сөздер:** Плисс лимфосаркомасы, катерлі ісікке қарсы препараттар.

Биология және биохимия саласында ісік жасушаларын көпжылдық зерттеуде барлық ісіктерге тән жалпы ерекшелік – әр ісікті құрайтын жасуша популяциясының гетерогенділігі анықталды. Өртүрлі дәрежеде дифференцияцияланған және өсу жылдамдығы өзгеше жасуша субпопуляцияларынан тұратын ісік гетерогенділігі прогрессия, метастаз беру және оларға дәрілік тұрақтылықтың пайда болуы негізінде жатыр [2,13]. Ісік жасушаларының популяциясының гетерогенділігі туралы мәлімет тиісті химиотерапияның дамуы үшін шешуші рөл атқарады. Егер әр ісік, әсіресе, жоғары дифференциалданған, жасушаларды белсенді түрде бөлетін дифференциалданбаған субпопуляциядан тұрады, мұндай ісіктерді ісікке қарсы препараттарды біріктіріп емдеу керек. Метастаздардағы пайда болған дәрілік тұрақтылықты әсер ету механизмі әртүрлі екі немесе одан да көп препараттарды біріктіріп қолдану арқылы жоюға болады [1, 17].

Метастаздардың дәріге тұрақтылығының пайда болуы арнайы емнің сәтсіздігінен туындайтыны белгілі. Осы ерекшеліктерді ескере отырып, метастаз тінінен алынып құйрығының терісінің астына енгізгенде шап түйіндерінде дамыған Плисс лимфосаркомасының (ПЛСМ) дәріге тұрақты нұсқасын жаңа өсімдік препараттарын цитостатиктермен бірге қолданғандағы әсерін зерттеу қажет болды.

Өсімдік препараттарын жекелей және біріктіріп қолданғанда ПЛСМ бастапқы нұсқасында құйрығындағы ісіктің өсуінің тежелуі байқалмады, егеуқұйрықтардағы метастаз беру жиілігі 2,7 есе төмендеген және жануарлардың өмір сүру ұзақтығы 78% асқан жоқ, ПЛСМ рубомицинге тұрақты нұсқасында егеуқұйрықтардың құйрығындағы біріншілікті ісігін алхидинмен емдегенде тежеуші әсері байқалды, оған винкристинді қосқанда егеуқұйрықтардағы ісік 30% сіңіріліп, өсуі тежелді және өмір сүру ұзақтығы 174%, шап лимфа түйіндерінде метастаздар болған жоқ.

Алхидинді (АЛХ) метотрексатты (МТХ) біріктіріп қолданғанда рубомицинге тұрақты ПЛСМ өмір сүру ұзақтығы 142% және метастаз беру жиілігі 7,6 есе төмендеді. Рубомицинге тұрақты ПЛСМ микроскопиялық зерттеуде аталған біріктіру кезінде жасушаларға зақымдаушы әсері анықталды.

Бақылау (ПЛС): ісік жасушалары дөңгелек, цитоплазмасында күлгін жиектері бар, ядросы гиперхромды, сопақ және дөңгелек, орташа полиморфты. Ісік жасушалары бір-біріне тығыз орналасып, ұсақ дәнекер тінді қабаттарға бөлінетін әртүрлі калибрлі солидті пластар түзеді. Біріктірілу (АЛХ+МТХ): ісік жасушалары алыстаған, бір-бірінен алыста жатады, кейбіреулері ісік жасушаларының түрін, негізінде ұсақ пикнотикалық ядроларымен сақталған.

Осыған ұқсас нәтижелер натрий тұзы  $\Delta 1,2-3$ -кето-18-дегидроглицеррет қышқылы (ГК) +ВКР (винкристин) және ГК+ЦФН (циклофосфан) препараттарымен емдегенде өмір сүру ұзақтығы 106 және 123%, метастаз беру жиілігі 7,6 есе төмендеген, аталған біріктірілуді бір рет енгізгенде өмір сүру ұзақтығы 80% аспады, метастаз беру жиілігі 3,8 есе болды. Біріктіру кезінде біріктірілетін заттардың терапиялық синергизмі болады.

Рубомицинге тұрақты ПЛСМ аталған қосылыстармен (ГК+ЦФН) емдеп, морфологиялық зерттеуде бақылау тобымен салыстырғанда гистологиялық көрінісінің өзгеруі байқалды: жасушалар ретсіз ешқандай құрылым құрмай орналасқан, әртүрлі калибрлі ошақтар бар. Жасуша ядросы полихромды, пикнотикалық және полигоналдылары кездеседі. Ісікте ұсақ некроз ошақтары перифокалды лейкоцитарлы реакциямен кездеседі.

Алхидинді рубомицинмен және 5-фторурацилмен салыстырғанда ПЛСМ бастапқы және проспидинге тұрақты нұсқаларында 30% егеуқұйрықтарда құйрығындағы біріншілікті ісікті дамытады (ісік өсуінің тежелуі 63-75% дейін) және шап лимфа түйіндерінде метастаз беруі 8,0-8,6 есе төмендейді және жануарлардың өмір сүру ұзақтығы 95% жоғарылайды.

АЛХ+РУБ (рубомицин), АЛХ+5-ФУ (5-фторурацил), АЛХ+ПЛТ (платидиам), АРГ (арглабин)+5-ФУ және АРГ+МТХ біріктіріп қолданғанда құйрығындағы ісіктің өсуі 98% тежелген, 30% егеуқұйрықтарда шап лимфа түйіндерінде метастаздар және организмге иммунодепрессивті әсері болған жоқ. АРГ+ЦФН құйрығындағы біріншілікті ісіктің өсуін аздап тежеді (63%,  $P<0,05$ ) және шап лимфа түйіндеріндегі метастаздардың дамуын орташа төмендетті (8,6 есе).

Проспидинге тұрақты ПЛСМ микроскопиялық зерттеу кезінде аталған заттарды біріктіргенде тежеуші әсер көрсетті. Бақылау: ісік жасушалары ретсіз орналасқан, көптеген ұсақ қантамырлардың маңайында топтасып, дәнекер тінді қабат түзілген. Метастаз тінінің жасушаларында полихромды ядролы, әртүрлі калибрлі аралшық түрінде некроз ошағы

айналасында орналасқан. Некроздың периферия жақтарында ісік жасушалары полиморфты, ядросы пикноз, рексис, лизис жағдайында, ядромен бірге хроматин жіпшелері жатады. ВКР+ЦФН немесе МТХ+ПЛТ ісікке қарсы заттарды біріктіріп қолданғанда аталған нұсқада өмір сүру ұзақтығы 59-68% жоғарыламады, метастаз беру жиілігі бақылау тобымен салыстырғанда 3,3-4,3% есе төмендеді. Аталған біріктіруде уытты әсердің жиналуы байқалады.

Бұл кезде біріншілікті және метастаздық ісіктердің химиотерапиялық әсерге сезімталдығы әртүрлі екендігі көрсетілді. Сондықтан біріншілікті ісіктерді және олардың шап лимфа түйіндеріне метастаздарын салыстырмалы зерттеу жүргізілді. Өсімдік препараттарын белгілі ісікке қарсы қосылыстармен бірге қолданғанда ПЛСМ тежейді, құйрығындағы біріншілікті ісікті толығымен тежемейді. Бұл нәтижелер кейбір авторлар сипаттаған метастаздардың ісікке қарсы заттарға біріншілікті ісіктермен салыстырғанда сезімталдығының жоғары екендігін көрсетеді [13].

Осы мақсатта лейкофдинге тұрақты ПЛС бүйірінің терісінің астына енгізілген сарколизинмен емдегенде (30% егеуқұйрықтарда өсуінің 95% тежелуі), лейкофдинге тұрақты ПЛСМ салыстырғанда сарколизин құйрығындағы ісіктің өсуін тежеген (80%,  $P<0,001$ ), метастаз беру жиілігі 8% төмендеген, өмір сүру ұзақтығы 126% болды. Сарколизинмен емдегенде біріншілікті ісіктерде коллатералды сезімталдық анықталады, бірақ шап лимфа түйіндеріндегі метастазды толығымен жоя алмайды. Алайда, АЛХ+СКЛ (сарколизин) және АЛХ+ЦФН терапиялық мөлшерде лейкофдинге тұрақты ПЛСМ бар егеуқұйрықтардағы біріншілікті ісік тежелуі 98% ( $P<0,002$ ), 60% егеуқұйрықтарда ісік сіңірілген метастаз толығымен жойылған, өмір сүру ұзақтығы 207%. Осыған ұқсас нәтижелер АЛХ+ПРП+ЦФН біріктіргенде алынды, АЛХ+ПРП (проспидин) тиімділігі аз болды.

Өсімдік препараттарының және оларды цитостатиктермен бірге қолданған кезде өкпенің Льюис карциномасы және меланома В-16 әсерін зерттедік [16].

Алхидинді ісікке қарсы препараттармен бірге қолданғанда (ЦФН, ПЛТ) негізгі ісік түйінінің өсуін тежеді (71%,  $P<0,05$ ), метастаз санын 3,1 есе, метастаз беру жиілігін 3,3% төмендетті. АЛХ+ПЛТ және АЛХ+ЦФН біріктіріп қолданғанда ісікке қарсы (98%,  $P<0,001$ , 60% егеуқұйрықтарда ісік сіңірілді) және метастазға қарсы әсер көрсетті, өмір сүру ұзақтығы 260%. АЛХ+ВКР+ПЛТ қолданғанда метастаздар саны 3,9 есе және метастаз беру жиілігі 10 есе төмендеді, өмір сүру ұзақтығы 139%.

Арглабин негізгі ісік түйінінің өсуін тежеді (61%,  $P<0,05$ ) метастаз санын 1,6 есе, метастаз беру жиілігін 2,5 есе төмендетті. АРГ+5-ФУ (96%,  $P<0,001$  негізгі ісік түйінін өсуін тежеді, 30% егеуқұйрықтарда метастаз болмады өмір сүру ұзақтығы 248% құрады). АРГ+ПЛТ біріктіргенде тежеуші әсер көрсетті: метастаз саны 2,2 есе, метастаз беру жиілігі 10 есе төмендеді, жануарлардың өмір сүру ұзақтығы (141%) жоғарылады.

Осыған ұқсас нәтижелер сапониндерді, полисахаридтерді және сахароза моноэфирін (беткей белсенді заттар) цитостатиктермен екі, үш затты біріктіріп қолданғанда алынды. Өсімдік қосылыстары ісікке қарсы әсер көрсете отырып, ісікке қарсы препараттардың таңдамалы әсер ету қабілетін жоғарылатады.

Орташа тежеуші әсер (МЭС+ПЛТ+АЛХ) біріктіргенде тәжірибеде меланома В-16 бар тышқандарға жарты мөлшерінде қолданғанда алынды: метастаздардың болмауы және біріншілікті ісіктің өсуінің тежелуі (98%,  $P<0,001$ ). АЛХ+ПЛТ, АЛН (альнусидин)+ПЛТ, МЭС (сахароза моноэфирі)+ПЛТ қолданғанда меланома В-16 бар тышқандарда метастаз беру жиілігі 3,6-4,5 есе төмендеді.

Алынған мәліметтерден көріп отырғанымыздай өсімдік препараттары (арглабин, алхидин, натрий тұзы  $\Delta 1,2,3$ -кето-18-дегидроглицеррет қышқылы, сапониндер, полисахаридтер, моноэфирсахароза – беткей белсенді заттар) қайта егілген ісіктердің үш моделінде метастазға қарсы әсер көрсетті, жеке және ісікке қарсы препараттармен біріктіріп қолданғанда негізгі ісік ошағына күшті әсер көрсетті және жануарлардың организміне уыттылығын төмендетті.

Өсімдік текті полифлавандардың, сесквитерпенді лактондардың (алхидин, арглабин) ісікке қарсы әсер механизмі ісік қанайналымының бұзылуына алып келетін капиллярдағы кининдердің тапшылығын шақырады, қантамырларды кеңейту арқылы ісік жасушасын капиллярлы торға тұнуын тоқтатады [15].

Өсімдік текті полифенолдарды, соның ішінде флаваноидтарды енгізгенде жануарлардың тотығуға қарсы белсенділігін жоғарылатады, радиация әсеріне тұрақтылығын және жануарлардың өмір сүру ұзақтығын жоғарылатады [19].

Осылардың барлығы зерттеліп жатқан жаңа өсімдік препараттарды қатерлі ісіктерді және

олардың метастаздарының біріктірілген фармакотерапиясында, әсіресе дәрілік тұрақтылық кезінде қолдануға негіз береді.

Сонымен, өсімдік және цитотоксикалық препараттардың таңдамалы әсерін жоғарылатуға қабілетті, олардың арнайы ісікке және дәріге тұрақты штамдарында метастазға қарсы әсер көрсетіп, гемопоэтикалық тінді ұытты әсерлерден қорғайды.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Рахимов К.Д. Новые природные соединения в химиотерапии лекарственно резистентных опухолей: автореферат диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук // Москва 1991г С. 455
- [2] Абдрашитов Р.И., Ставровская А.А. Особенности перекрестной резистентности опухолевых клеток с высоким уровнем устойчивости к колхицину // Бюл.эксперим. биологии и медицины. 1989. - №10. Т.С. С.490-492
- [3] Герасимова Г.К., Матвеев Л.В., Мокина В.Д. Использование биохимических критериев для прогнозирования эффективности химиотерапии опухолей. Вестник Академии мед.наук. 1981. № 12. С.15-19
- [4] Герасимова Г.К., Блохин Д.Ю., Яворская Н.П. Особенности действия 5-фторурацила на клетки рака яичников и меланомы человека // Экперим.онкология. 1983. 5. №1. С.57-61
- [5] Рахимов Қ.Д. Клиникалық фармакология // Алматы, 2013 - 406 Б.
- [6] Козлова И.С., Хорошева Е.В. Нарушение репарации ДНК опухолевых клеток под действием сарколизина // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1986. 10. С. 463-465
- [7] Рахимов Қ.Д. Фармакология дәрістері // Алматы, 2012 - 552 Б.
- [8] Гудков А.В., Чернов О.Б., Сиянова Е.Ю. и др. Получение ДНК-зонда, предоставляющего последовательности, амплифицированные в устойчивых к колхицину клетках // Мол.биология. 1986. 20.№1 С.146-153
- [9] Рахимов К.Д. Влияние сарколизина на устойчивую к лейкофдину лимфосаркомы Плисса // Материалы республиканской конференции молодых ученых. Алма-Ата. 1976. Т.2. С.529
- [10] Рахимов Қ.Д. Фармакология құпиялары // Алматы, 2012 – С. 536
- [11] Сейц И.Ф. Молекулярно-генетические аспекты лекарственной терапии злокачественных опухолей // Эксперим.онкология. 1987. Т.9. №6. С.3-11
- [12] Стручков В.А., Сулова О.А., Лобачев В.М. Действие ханерола на суперспиральную структуру ДНК клеток С 37 // Эксперим.онкология. 1988. Т10. №4. С.52-54
- [13] Skipper H., Scabel F.M. Tumor stem cell heterogeneity: implications with respect to classification of cancers by chemotherapeutic effect // Cancer Treat-Rep. – 1984. – Vol.68. – P.43-62 (In eng)
- [14] Шапот В.С. Биохимические аспекты опухолевого роста. М., 1975
- [15] Эмануэль Н.М., Корман Д.Б., Островская Л.А., Горбачева Л.Б., Дементьева Н.П. Нитрозоалкилмочевины – новый класс противоопухолевых препаратов. М., Наука. 1978. С.294
- [16] Gross P., Neria Y.B., Groop J.M et al. Isolation and expression of a complementary DNA that confers multidrug resistance. Nature. 1986. Vol.323. N6090. P.728-731.
- [17] Gross P., Groop J.M, Robinson et al. Isolation and characterization of DNA sequences amplified in multidrugresistant hamster cells. Proc.Nat.Acad.Sci.USA. 1986.№83. P.337-341
- [18] Shen D., Pojo A., Robinson J et al. Multiresistance of DNA-mediated transformants is linked to transfer of the human gene. Mol.Cell.Biol. 1986. Vol.6.№ 11. P.4039-4045
- [19] Рахимов Қ.Д. Фармакология табиғи дәрілер // Алматы, 2014 С.483
- [20] Адекенов С.М. Достижения и перспективы развития фитохимии, г.Қарағанда, труды международной научно-практической конференции - 2015 – С.208
- [21] Рахимов К.Д., Сикымбаева Л.М., Темирғалиева Э.М. - Фитофармакология және фитотерапия негіздері, 2010, 356 бет
- [22] Рахимов Қ.Д., Адекенов С.М., Фитохимия Фитофармакология Фитотерапия // Алматы Қарағанды, 2015- Б.523
- [23] Рахимов К.Д. Усиление терапевтического эффекта при комбинированной химиотерапии лекарственно резистентных опухолей // Деп. в КазНИИНТИ №2057-Ка от 07.04.1988
- [24] Кукушкина Г.В., Перетолчина Н.М., Миненкова Е.А., Веровский В.Н., Софьина З.П., Горбачева Л.Б. Нарушения в синтезе и структуре ДНК клеток лейкоза L1210 мышей, чувствительных и резистентных к 1-метил-1-нитрозомочевине и 1,3-бис (2-хлорэтил)-1-нитрозомочевине in vivo// Биохимия. 1984. Т.49.В.7. С.1189-1197
- [25] Гудков А.В., Копнин Б.П. Амплификация участков генома в соматических клетках млекопитающих, устойчивых к колхицину // Генетика. 1983. 19. №7. С. 1045-1053

#### REFERENCES

- [1] Rakhimov K.D. New natural compounds in chemotherapy against drug resistant tumors. Thesis of Dr.scient.med.Moscow. 1991. P.455 (In Russ)
- [2] Abdryashitov RI, AA Stavrovskaya Features cross resistance of tumor cells with high levels of resistance to kolhtsinu // Byul.eksperim. biology and medicine. 1989. - №10. TS P.490-492 (In Russ)
- [3] Gerasymova G.K., Matveev L.V., Mokina V.D. Application biochemistry criterion for forecasting effectiveness in chemotherapy of tumors. 1981 №12 P. 15-19 (In Russ)
- [4] Gerasymova G.K., Blokhin D.Y., Yavorskaya N.P. Features of effects 5-ftoruracil in the ovarian cancer cells and human melanoma. Experim.oncology. 1983. 5. №1. P.57-61 (In Russ)
- [5] Rakhimov K.D. Clinical pharmacology. Almaty. 2013 –P.406 (In Kaz)

- [6] Kozlova I.S., Khorosheva E.V. Violation of DNA repair of tumor cells by sarkolizin. 1986. 10. P. 463-465 (In Russ)
- [7] Rakhimov K.D. The lecture of pharmacology. Almaty. 2012. P.552 (In Kaz)
- [8] Gudkov A.V., Chernov O.B., Syanova E.U and colleagues. Preparation of DNA probe sequences providing amplified in cells resistant to colchicine 1986. 20.№1 P.146-153 (In Russ)
- [9] Rakhimov K.D. The effect of sarcolysin on leukoefdin resistant lymphosarcoma of Plissa. Materials of Respublic conference of young scientists. Almaty. 1976. T.2. P.529 (In Russ)
- [10] Rakhimov K.D. The secrets of pharmacology. Almaty 2012. P. 536 (In Kaz)
- [11] Zeiss I.F. Molecular genetic aspects of drug therapy of malignant tumors. Experiment.oncology. 1987. T.9. №6. P.3-11 (In Russ)
- [12] Struchkov V. A., Suslova O. A., Lobachev V. M. The effects of heneralal on supercoiled DNA structure of the cells C 37. Experimental oncology. 1988. T10. №4. P.52-54 (In Russ)
- [13] Skipper H., Scabel F.M. Tumor stem cell heterogeneity: implications with respect to classification of cancers by chemotherapeutic effect // Cancer Treat-Rep. – 1984. – Vol.68. – P.43-62 (In eng)
- [14] Shapot V.S. Biochemical aspects of tumors growth. M., 1975 (In Russ)
- [15] Emanuel N. M. Korman D. B., Ostrovskaya L. A., Gorbacheva L. B., Dementieva N. P. Nitrozoalkylurease – a new class of anti tumor drugs. M., Nauka. 1978. P.294 (In Russ)
- [16] Gross P., Neriah Y.B., Groop J.M et al. Isolation and expression of a complementary DNA that confers multidrug resistance. Nature. 1986. Vol.323. N6090. P.728-731. (In Engl)
- [17] Gross P., Groop J.M, Robinson et al. Isolation and characterization of DNA sequences amplified in multidrugresistant hamster cells. Proc.Nat.Acad.Sci.USA. 1986.№83. P.337-341 (In Engl)
- [18] Shen D., Pojo A., Robinson J et al. Multiresistance of DNA-mediated transformants is linked to transfer of the human gene. Mol.Cell.Biol. 1986. Vol.6.№ 11. P.4039-4045 (In Engl)
- [19] Rakhimov K.D Pharmacology natural drugs. Almaty, 2014. P.483 (In Kaz)
- [20] Adekenov S.M. “Achievements and prospects for the Development of Phytochemistry” proceedings of the International Research and Practice Conference. Karaganda. 2015, P.208 (In Engl)
- [21] Rakhimov K.D., Sykymbaeva L.M., Temyrgalyeva E.M. Basic of phytopharmacology and phytotherapy. 2010, P.356 (In Kaz)
- [22] Rakhimov K.D., Adekenov S.M. Phytochemistry Phytopharmacology Phytotherapy. Almaty-Karaganda 2015- P.538 (In Kaz)
- [23] Rakhimov K.D. Enhancement of the therapeutic effect in combination chemotherapy of drug resistant tumors. Dep. KazNITI №2057-Ka от 07.04.1988 (In Russ)
- [24] Kukushkina G.V., Peretolchina N.M., Mynenkova E.A., Verovoky V.N., Sofyna Z.P., Gorbacheva L.B. A disturbance in the structure of DNA synthesis and cell leukemia L 1210 mice sensitive and resistant to 1-metyl-1-nitrozoureas and 1,3-bis (2-chloroethyl)-1 nitrozoureas in vivo. 1984. T.49.B.7. P.1189-1197 (In Russ)
- [25] Gudkov A.V., Kopnyn B.P. Amplification of regions of the genome in mammalian somatic cells resistant to colchicines. Genetics. 1983. 19. №7. P. 1045-1053 (In Russ)

**К.Д.Рахимов, С.М.Адекенов**

АО «КазМУНО», Алматы, Республика Казахстан  
АО «Международный научно-производственный холдинг» Караганда

## **ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ПРИРОДНЫХ ПРЕПАРАТОВ В КОМБИНАЦИИ С ЦИТОСТАТИКАМИ НА РОСТ ЛЕКАРСТВЕННО РЕЗИСТЕНТНЫХ МЕТАСТАЗОВ**

**Аннотация:** Впервые нами изучено действие различных вариантов комбинаций растительных препаратов и противоопухолевых соединений на крысах с лекарственно резистентными моделями метастазов лимфосаркомы Плисса (МЛСП). Получен выраженный антиметастатический эффект комбинации алхицина с винкристином и алхицина с метотрексатом в опытах с МЛСП, резистентной к рубомицину (отсутствие развития метастазов в паховых лимфоузлах, УПЖ 174%). Сочетание воздействия арглабина с 5-фторурацилом, арглабина с метотрексатом и алхицина с рубомицином, алхицина к проспидину (УПЖ-308%) приводит к повышению иммунологических (клеточных) показателей у них. Метастазы не развивались у крыс с МЛСП, резистентной к лейкоэфдину от комбинаций: алхидин+циклофосфан, алхидин+ сарколизин и алхидин+проспидин+циклофосфан; УПЖ при этом составило 207%. Алхидин и арглабин на мышях с карциномой легких Льюис как в отдельности, так и в сочетании с платидиамом, циклофосфаном и 5-фторурацилом вызвали выраженный противометастатический эффект: метастазы не развивались у 98% крыс, УПЖ – 248%. Выраженный противоопухолевый эффект (до 98%) получен от комбинаций: моноэфир сахарозы (ПАВ) +5-фторурацил, моноэфир сахарозы+адриамицин + сапонин в опытах на мышях с карциномой легких Льюис; моноэфир сахарозы+платидиам + алхидин – с меланомой В-16 (УПЖ – до 272%).

**Ключевые слова:** саркома 45, синтез ДНК, лекарственная резистентность, растительные препараты.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 262 – 267

UDK 615.1.4(175)

**K.D.Rakhimov**

kdrakhimov@inbox.ru

“KazMUCE”, JSE, Almaty, Kazakhstan

**THE INDUCTION OF DRUG RESISTANCE METASTASIS OF  
TRANSPLANTABLE TUMORS IN PRECLINICAL CONDITIONS**

**Abstract.** When subcutaneous inoculation in the tail lymphosarcoma Plissa received lymphogenous high metastasis shtamm. For the first time induced drug resistance of nodal metastases and primary tumors transplanted in the tail of the rat after subcutaneous inoculation to prospidin, rubomycin and leykoefdin. Drug resistant varinat primary tumors and nodal metastases of lymphosarcoma Plissa are innovative experimental models for the study of anti-tumor activity and mechanism of action of new natural compounds.

**Key words:** Pliss lymphosarcoma, anticancer drugs, drug resistant.

УДК 615.1.4 (175)

**Қ.Д.Рахимов**

Қазақстан Республикасы, Алматы, «ҚМУББУ» АҚ

**КЛИНИКАҒА ДЕЙІНГІ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕ ДӘРІЛЕРГЕ ТҰРАҚТЫ  
МЕТАСТАЗДАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУЫН АНЫҚТАУ**

**Аннотация.** Егеуқұйрықтардың құйрығының терісінің астына Плисс лимфосаркомасын екенде лимфогенді жоғары дәрежедегі метастаз беретін штамм алынды. Алғаш рет лимфогенді метастаздардың және егеуқұйрықтардың құйрығының терісінің астына егілген біріншілікті ісіктің дәріге тұрақтылығын проспидинді, рубомицинді және лейкоэфдинді енгізу арқылы әдейі тәжірибе жүзінде алынды. Біріншілікті ісіктердің және Плисс лимфосаркомасының лимфогенді метастазының дәріге тұрақты нұсқалары жаңа табиғи қосылыстардың әсер ету механизмі мен ісікке қарсы белсенділігін зерттеу үшін тәжірибелік жаңа модел болып саналды.

**Кілтті сөздер:** Плисс лимфосаркомасы, қатерлі ісікке қарсы препараттар, дәрілік тұрақтылық.

Соңғы жылдары ісіктердің метастаз беруіне көптеген теориялық, тәжірибелік және клиникалық зерттеулер арналғанымен [2, 3, 4, 6, 7, 8, 10] әлі шешімін таппай келеді. Сондықтан дәрілік тұрақтылық пайда болған кездегі қатерлі ісіктердің метастаздарын емдеу және алдын алу үшін ісік жасушасының негізгі қасиетін, әртүрлі жерде орналасқан емделуі қиын ісіктердің нәтижесінде метастаздарын даму мүмкіндігін білу керек [2, 12, 4, 13].

Метастаздану процесінің динамикасы, олардың ішкі және сыртқы факторға тәуелділігі, метастазға және метастаз беруге әсер ететін емдік әдістерді, заттарды іздестіруге, метастазға қарсы терапияны жекелендіруге арналған. Осы мәселені шешуде зертханада қолданылатын ұсақ жануарлар – егеуқұйрықтарға және тышқандарға ісіктерді қайта егіп, сәйкес келетін моделді тәжірибе жүзінде алуға болады.

Әртүрлі зерттеулердің ішінде жануарлардың ісік штамдарын трансплантациялағанда, [14, 16] тері астына және бұлшықетке ісіктерді қайта екенде аздаған жануарларда ғана метастаз дамиды және метастаз беру жұмыстарында қолданылады [1, 14, 18].

Тәжірибелік онкологияда метастаздану үрдісіне әсер ету үшін фармакотерапиялық әдістерді

іздестіруде ісік жасушаларын жануарларға көктамырға, құрсақ қуысына (асцитті штамға), құйрығының терісінің астына, бұлшықетіне, аталық безіне, бауырға, асқазанына [1, 19, 21] және басқа ағзаларына енгізеді. Олардың сипаттамасы және қолданылуы аталған жұмыстарда толығымен көрсетілген.

Соңғы кездері ісік жасушаларын селекция көмегімен жоғары метастаздық потенциал жасау мүмкіндігі пайда болды [18]. Осы мақсатта жасушаларды көктамырға жаңа реципиентке инъекциялайтын, жасушалық метастаздарды бұлшықетке енгізу әдісі қолданылады. Мұндай селективті егудің бірнеше реттік циклі жасушалардың осы линиядан гематогенді метастазының жоғарылауына алып келеді. Өздігінен (спонтанды) гематогенді метастаздың негізгі кезеңдері: қан тамырларына ісік жасушасының инвазиясы (интравазация), ісік жасушаларының циркуляциясы, жеке ағзалардың капиллярлық торына фиксациясы, қан тамыр арнасынан шығуы (экстравазация), метастаз пайда болуымен жасушалардың көбеюі. Ісік жасушаларының барлығы осы кезеңдердің барлығынан өтуге қабілетті емес. Сондықтан ісік жасушаларының жоғары метастаз беретін линиялары бір мезгілде бірнеше қасиет көрсете алады. Алайда көктамырға жасушаларды енгізу арқылы метастаз үрдісін моделдеуде маңызды кезең – интравазация болмайды. Осыған байланысты авторлар [18] тышқанның А/S линиясының сүт безінің аденокарциномасының жоғары метастаз беретін ісік штамдарын жасады, онда өздігінен гематогенді метастаз берудің барлық кезеңдері қамтылған. Селективті егу материалы өкпелік метастазды тышқандарда және егеуқұйрықтарға әртүрлі егілген ісіктердің метастаз жиілігін жоғарылату үшін құйрығының терісінің астына тығыз, ірі қан тамырларға жақын жерге тез өсу үшін енгізу керек [19].

Ісіктердің егу орнын өзгерткенде бірқатар қасиеттері, соның ішінде метастаз беруі де өзгереді [19]. Тышқандардың (мысалы, Эрлих штамы) және егеуқұйрықтардың ісіктері, көбінесе, Уокер карциносаркомасы (УКС), саркома 45 (С45) және Плисс лимфосаркомасы (ПЛС) қарапайым егу кезінде метастаз берген жоқ, құйрығына енгізген кезде метастаз жиілігі жоғары болды (әсіресе өкпеде, сирек лимфа түйіндеріне КСУ және С45, басқа ішкі ағзаларға қарағанда ПЛС лимфа түйіндеріне) [22].

Осындай модельдер толыққанды болып табылады [18, 19]. Сонымен, егілген орында ісік жасушаларының әрі қарай дамуына және метастаз түйіндерінің өсуіне әсер ететін біріншілікті ісік пайда болады.

Ісік жасушаларының қан тамыр және лимфа арнасына түскенде әртүрлі ағзаларда өзгерістер ақырындап байқалады, ісіктердің дамуы және өсуіне байланысты, яғни, науқастардағы метастаз беру орны болып есептеледі. Бастапқы ошақтың болуы біріншілікті ісік сақталғанда немесе оны хирургиялық жолмен алып тастағанда метастаздарға емдік алдын алу шараларының әрекетін бағалауға мүмкіндік береді.

Осындай модельдерді алудың ең үлкен жетістігі жеке гематогенді, жергілікті лимфогенді метастаздардың пайда болуы. Осылардың барлығы әртүрлі фармакотерапиялық заттардың біріншілікті ісікке және әртүрлі жерде орналасқан метастаздарына, соның ішінде оларға әсіресе, шап лимфатүйіндерінде тұрақтылық пайда болуына әсері туралы салыстырмалы мәлімет алуға мүмкіндік береді. Мұндай мүмкіндік кейбір апробацияланған препараттарды клиникаға қолдануға ұсыныстар үшін ғана пайдалы емес, сондай-ақ жаңа ісікке қарсы заттарды бағалау және соңғы іріктеу кезінде басты орынды алады [6, 7, 10].

Осыған байланысты метастаздардың дәрілік тұрақтылығы, сонымен қатар Плисс лимфосаркомасы (енгізу орнын өзгерту арқылы ісіктерді ұзақ уақыт пассирлеу) бар егеуқұйрықтарды тәжірибеде құйрығының терісінің астына енгізілген біріншілікті ісікті жою мүмкіндігі бар. Жануарларды белгілі фармакотерапиялық препараттармен емдеді: қан түзу жүйесін тежемейтін алкилдеуші агент проспидин, гемопоэзді тежейтін антрациклинді антибиотик рубомицин, өсімдіктекті полифлаванды препарат лейкоэфдиннің уыттылығы аз және перифериялық қан жүйесін тежемейді.

Тәжірибе егеуқұйрықтардың екі жынысында да Wistar линиясына жасалды. Ісіктерді егу жалпы қабылданған әдістер бойынша жүргізілді [24]. Препараттарды егілгеннен кейін 15 күн аралығында құрсақ қуысына енгізді: - проспидин 50, 75 мг/кг, рубомицин -4,6мг/кг, лейкоэфдинді - 30,60 мг/кг.

Жануарларды сою мойындық дислокация арқылы 24-28 тәулікте ісіктерді

трансплантациясынан кейін жасалды. Әрқайсысы егілгеннен 4-7- тәуліктен кейін құйрығындағы ісік түйіндерін және шап аймағындағы лимфа түйіндерін өлшеді (орташа көлемі қалыптыда 0,8-1,4см<sup>3</sup>). Метастаздардың болуы кесінділерді гистологиялық зерттеуде және оны егу әдісіне байланысты нақтыланды. Препараттардың метастазға қарсы әсерін метастаздың орташа салмағы, метастаз беру жиілігі және құйрығының терісінің астындағы біріншілікті ісіктің болуына байланысты бағаланды. Тәжірибе барысында жануарлар сулы-тамақты рационда болды.

Жануарлардың құйрығының терісінің астына және бүйір жағына қайта еккенде ісіктің өсуінің басталуы 6-8 күндері байқалды. Ісіктердің пайда болуының бірінші белгісі құйрығында біртекті кеңеюі анықталды (еккеннен 6-8 күннен кейін). Көптеген жануарларда 9-12 күндері ірі (көлемі жүзімдей) қатты қызғылт-көкшіл, әрі қарай қанталайтын және қан ағып тұратын түйіндер пайда болды. Бақылау тобының жануарларының өлімі құйрығының терісінің астына еккен 15-20 күндері анықталды.

Құйрығында ісіктердің алғашқы пайда болуы (біріншілікті) ортаңғы үштен бірінде (с/3) 72%, жоғарғы үштен бірінде (в/3) 63%, құйрығының негізінде -96% байқалды.

Проспидинмен рубомицинмен емдегенде ісіктер ортаңғы үштен бірінде (с/3) (38-25% дейін), лейкофдинмен емдегенде құйрығының жоғарғы үштен бірінде (в/3) (40% дейін) орналасты.

Бақылау тобындағы егеуқұйрықтарда метастаз оң жақ лимфа түйіндерінде (90% дейін), сол жақта (80%) және екі жақта да (45%) анықталды. Осы заңдылық проспидинді (35%), рубомицинді (16%) және лейкофдинді (23%) енгізгенде сақталды.

Плисс лимфосаркомасын егеуқұйрықтардың құйрығының терісінің астына еккеннен кейін ішкі ағзаларда (бүйрек, өкпе, параорталды аймақ, жіңішке және тоқ ішектің шажырқайларында) сирек (38-47%) кездесті. Басқа ағзаларға қарағанда өкпеге метастаз беру сирек (4%) кездесті.

Плисс лимфосаркомасы бар егеуқұйрықтардағы метастаз беру жиілігі параорталды аймақта, жіңішке және тоқ ішекте және бүйректе проспидинмен, рубомицинмен және лейкофдинмен емдегенде бақылау тобымен салыстырғанда 12 және 26% құрады. Бұл кезде бақылау тобымен салыстырғанда ісіктің өсуіне байланысты бүйректің мөлшерінің ұлғайғаны анықталды.

Көптеген жұмыстарда авторлар [18, 22] Уокер карциносаркомасын бұлшықетке, тері астына бірнеше генерацияда енгізгенде лимфогенді және гематогенді метастаз дамуының жоғары пайызын алды. Зерттеушілердің пікірінше, ісіктердегі негізгі өзгерістер 5 іріктеу циклінде болады. Осы уақытта өкпедегі метастаз жиілігі жоғарылады және жануарлардың өмір сүру жиілігі азайды. Әрі қарай ісіктерді бұлшықетке еккенде метастаз беру жиілігі 10 нан 50% ке дейін жоғарылады.

Біздің тәжірибемізде Плисс лимфосаркомасы бар егеуқұйрықтарды проспидинмен, рубомицинмен және өсімдік препараты лейкофдинмен емдегенде шап лимфа түйіндерінде метастаздың пайда болу шарттары зерттелді.

Рубомицинге, лейкофдинге тұрақты Плисс лимфосаркомасында құйрығының терісінің астындағы біріншілікті ісікте және метастазда мөлшерлерін ақырындап жоғарылату керек. Терапиялық және ең жоғарғы көтере алатын мөлшерде: 4,0 және 6,0 мг/кг (рубомицин); 30,0 және 60,0 мг/кг (лейкофдин) күнделікті құрсақ қуысына 15 күн бойы енгізілді. Рубомицинге және лейкофдинге тұрақтылық ПЛС лимфа түйіндерінің метастаздарында 6-9, ал біріншілікті ісікте құйрығында 3-7 генерацияда пайда болды. Метастазы бар егеуқұйрықтардың пайызы 15-тен 46%-ға дейін жоғарылады және рубомицин әсерінен құйрығындағы біріншілікті ісікте 16 72%, лейкофдинде 40 және 78% құрады. Әрі қарайғы генерацияларда метастазы және құйрығында біріншілікті ісігі бар егеуқұйрықтар пайызы жоғарылады.

Егеуқұйрықтарда рубомицинге тұрақты өкпесінде метастаз 24 генерацияда көрінді. Лейкофдинге тұрақты Плисс лимфосаркомасының өкпедегі метастаздарын проспидинмен және рубомицинмен емдегенде метастаздық түйіндер анықталмады.

Проспидинге тұрақты ең жоғары көтере алатын мөлшерде (50,0 мг/кг) Плисс лимфосаркомасының құйрығындағы біріншілікті ісік түйіндері және оның шап аймағындағы метастаздары 3-4 генерацияда көрінді (метастазы бар егеуқұйрықтар 25 және 87%, біріншілікті ісігі бар 32 және 54 келесі генерацияларда 84-95% дейін жоғарылады).

Проспидинге тұрақты метастазы бар егеуқұйрықтарда лимфогенді метастаздардың шап лимфа түйіндеріндегі саны жоғарылауымен қатар өкпеге метастаз беруін анықтады (4% бақылаумен салыстырғанда).

Біріншілікті ісіктердің тұрақтылығы және олардың шап лимфа түйіндеріне метастаздарының



проспидинге тұрақтылығы рубомицинге және лейкофдинге қарағанда тез дамиды.

Проспидинге, рубомицинге, лейкофдинге пайда болған дәрілік тұрақтылық препараттармен емдеуді жалғастырмағанына қарамастан келесі генерацияларда көрінеді (21 генерация бойы).

Лимфогенді метастаздардың (шап лимфа түйіндерінде және құйрығындағы біріншілікті ісігі) дәрілік тұрақтылығының пайда болуы нәтижесінде метастаздардың дамуының латентті кезеңі ұзарды (проспидинде -16,6 рубомицинге-11,3, лейкофдинге -4,8 тәулік).

Метастаздардың проспидинге, рубомицинге, лейкофдинге тұрақтылығы пайда болғаннан кейін жануарлардың орташа өмір сүру ұзақтығы жоғарылады және ісікке қарсы препараттарға сезімталдығы 39-дан 78 тәулікке дейін түрленді.

Дәріге тұрақты ісіктерде ұзақ уақыт құйрығының терісінің астына еккеннен кейін бұлшықетке енгізгенде интенсивті метастаз беру қабілеті болуын тәжірибе жүзінде анықтау керек болды. Осы мақсатта рубомицинге тұрақты Плисс лимфосаркомасының метастазын (36 генерациядан кейін) егеуқұйрықтардың Wistar линиясына бұлшықетіне егілді (балтыр бұлшықетіне).

Бақылау барысында рубомицинге тұрақты құйрықтағы Плисс лимфосаркомасының штамы тері астына егілген секілді бұлшықетке еккенде өзінің метастаз беру қабілетін сақтайды. Шап лимфа түйіндерінде метастаздардың пайда болуы рубомицинмен (6мг/кг) емдегенде барлық жануарларда анықталды (80% дейін). Сирек жағдайларда өкпеде метастаздар анықталды (3% дейін). Алайда ішкі ағзалардың метастазбен зақымдалу дәрежесі бақылау тобымен салыстырғанда тері астына еккенге (23-тен 45% дейін) қарағанда әлсіз болды.

Ісік жасушаларының популяциясы метастаздық потенциалға гетерогенді болып келеді [25]. Осыған ұқсас гетерогенділік авторлардың пікірінше, тек ұзақ уақыт егілгендерде ғана емес, әртүрлі жолмен енгізілген біріншілікті ісікте болады. Осы жұмыста дәрілік тұрақтылық пайда болғанша, Плисс лимфосаркомасында жасушалық популяцияның гетерогенділігін көрсетті.

Бұл кезде ісіктердің метастаздық потенциалы ісік жасушаларының әртүрлі қасиеттерінің күрделі кешенімен анықталады. Бірнеше негізгі элементтердің ішінен осы кешеннің селекциясы ісіктердің метастаз беру қабілетінің жоғарылауына алып келмейді.

Селекция көмегімен *in vitro* жағдайында ісік жасушаларының популяцияларынан қан тамыр қабырғасына жабысу қабілеті кенет жоғарылаған клондарды іріктеуге болады [15]. Осы белгісі бойынша іріктеу өздігінен болатын (спонтанды) метастаздың жиілігінің жоғарылауымен бірге жүреді. Алайда мұндай жасушаларды көк тамырға еккенде олардың метастаздық потенциалы кейбір жағдайларда төмен болды.

Ісік метастаздарының жоғары штамдарын және соларға әдейілеп алынған дәрілік тұрақтылықты жасау үшін, өздігінен метастаз беруге қажетті негізгі қасиет көрсететін селекция әдісін қолдану керек. Осындай әдістердің бірі ірі қантамырларға енетін қажетті белгілері бар жасушаларды іріктеу үрдісінде құйрығының терісінің астына егу көмегімен селекция жасау керек.

Құйрығының терісінің астына егілген көптеген ісіктерге өсуінің жылдамдығының баяулауы тән [1, 22]. Ол басқа тіндермен салыстырғанда құйрығының тері асты клетчаткасының тығыз дәнекер тінінде ісік жасушаларының көбеюі үшін жайлы орта болып табылмайды. Біздің пайымдауымызша, бірінші генерацияда ісік тасымалдаушы жануарлардың орташа өмір сүру ұзақтығының жылдам төмендеуі, құйрығының тері асты клетчаткасының тығыз фиброзды тінінен өтіп, интравазация процесіне қатысуымен түсіндіріледі. Бірінші рет еккенде ісіктердің өсуінің баяулауы селекцияның жылдамдығын төмендетеді. Келесі генерацияларда және өмір сүруге қабілетті ісік жасушаларын құйрығының терісінің астына енгізгенде осы кемшілігі жойылады. Басқа авторлардың пайымдауынша, іріктеусіз өздігінен болатын метастаз жасушаларында метастаз беруге қажетті қасиеттері болмайды. Сондықтан, жоғары метастаз беретін қайта егілген ісіктерді және оларға дәрілік тұрақтылықты әдейілеп жасаудың қарапайым әдісі өздігінен болатын метастаз жасушаларын бірнеше рет жаппай іріктеу деп ойлаймыз.

Сонымен, Плисс лимфосаркомасын тері астына еккенде лимфогенді жоғары пайыз метастаздың дамуына мүмкіндік беретін штамм алынды.

Ісіктерді егу нәтижесінде және лимфогенді метастазды жаңа жағдайда құйрықтан құйрыққа және лимфогенді метастаздардың (шап лимфа түйіндерінде) құйрығындағы біріншілікті ісікке дәрілік тұрақтылықты әдейілеп жасау және ісікке қарсы препараттарға (проспидинге, рубомицинге) және табиғи полифлаванды препараттарға (лейкофдинге) тұрақтылығы жойылды.

Осылардың барлығы дәріге тұрақты біріншілікті ісіктердің және олардың метастаздарының қатерлі ісік химиотерапиясы мақсатында тәжірибелік жаңа моделдері болып табылады.

Алынған біріншілікті ісіктердің және Плисс лимфосаркомасының метастаздарының дәріге тұрақты нұсқалары жаңа өсімдік препараттарының метастаз беруге кері әсері және оның фармакодинамикасын зерттеу тәжірибесінде қолданылды.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Рахимов К.Д. Новые природные соединения в химиотерапии лекарственно резистентных опухолей: автореферат диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук // Москва 1991г С. 455
- [2] Балицкий К.П. Патогенетические аспекты метастазирования // Эксперим.онкология. – 1985. – Т.7. №6. – С.16-20
- [3] Балицкий К.П., Шмалько Ю.П. Стресс и метастазирование злокачественных опухолей. Киев: 1987. – С.244
- [4] Кавецкий Р.Е. Теоретические основы и экспериментальные данные о прогресси и метастазировании опухолей // Эксперим.онкология. – 1979. Т.1. - №2. С.10-16
- [5] Рахимов К.Д. Фармакологическое изучение природных соединений Казахстана, 1999, С.270.
- [6] Козлов А.М., Софьина З.П., Фирсова Г.А., и др. Влияние глюкоманна на метастазирование экспериментальных опухолей мышей // Химиотерапия опухолей в СССР. – 1986. – 44. – С.182-187
- [7] Козлов А.М. Метастазы перевиваемых опухолей мышей как модель для углубленного изучения противоопухолевых препаратов // Авторев. Дис. Канд.мед.наук. – М., 1979. С.21
- [8] Пинчук В.Г., Валицкий К.П. Некоторые механизмы метастазирования и факторы антиметастатической резистентности // Эксперим.онкология. – 1988. – Т.10 - №3. С.22-24
- [9] Рахимов К.Д. Фармакология дәрістері // Алматы, 2012 - 552 Б.
- [10] Фишер Л.Е., Нехай А.Г., Касьянова Г.С. Особенности метастазирования рака желудка в зависимости от факторов, характеризующих первичную опухоль // Вопр.онкологии. – 1986. – Т.32. №9. С.33-38
- [11] Рахимов К.Д. Фармакология құпиялары // Алматы, 2012 – С. 53
- [12] Балицкий К.П., Уманский В.Б. Новые подходы к проблеме метастазирования опухолей // Эксперим.онкология. – 1988. – Т.10. №2. С.74-75
- [13] Рахимов К.Д., Верменичев С.М., Кабиев О.К. Возникновение лекарственной резистентности метастазов перевиваемых опухолей животных и пути ее предотвращения // Метастазирование злокачественных опухолей: новые подходы. Киев. 1987. С.108-109
- [14] Кулиш О.П. Особенности метастазирования перевиваемых опухолей в условиях высокогорья // Эксперим.онкология. – 1987. Т.9. №5. – С.73-75
- [15] Рахимов Қ.Д. Клиникалық фармакология // Алматы, 2013 - 406 Б.
- [16] Удинцев С.Н., Шахов В.П. Уменьшение скорости роста опухоли Эрлиха и лимфосаркомы Плисса при частичной гепатэктомии // Вопр.онкологии. – 1989. Т.35. - №9. – С.1072-1075
- [17] Рахимов К.Д. Фармакология табиғи дәрілері // Алматы, 2014 – 483
- [18] Сенин В.М., Бунцевич А.М., Афанасьева А.В. и др. Новый штамм метастазирующей карциносаркомы мышей // Эксперим. Онкология. – 1983. - №5. – Т.6. – С.35-39
- [19] Малюгина Л.Л., Мюллер Н.Р. Лекарственные методы профилактики и лечения метастазов рака // Метастазирование злокачественных опухолей. Л., 1971. – С.271-279
- [20] Адекенов С.М. Достижения и перспективы развития фитохимии, г.Караганда, труды международной научно-практической конференции - 2015 – С.208
- [21] Немет Л., Келлнер Б. Тормозящее влияние алкалоидов *Vinca rosea* особенно в отношении их способности препятствовать приживлению внутривенно введенных опухолевых клеток // Тр. VIII Международного противоракового конгресса. М.-Л., 1963. Т.6. – С.140-142
- [22] Щитков К.Г., Болонина Н.И., Мандрик Э.В. и др. Особенности роста и метастазирования карциносаркомы Уокера после длительного внутримышечного пассивирования // Вопр. Онкологии. – 1973. Т.19. - №3. С.96-97
- [23] Рахимов Қ.Д., Әдекенов С.М., Фитохимия Фитофармакология Фитотерапия // Алматы Қарағанды, 2015- 523
- [24] Ларпонов Л.Ф. Химиотерапия злокачественных опухолей. Л. 1962. – С. 463
- [25] Рахимов К.Д. Новые лекарственные средства химиотерапии опухолей. // В кн. Российский национальный конгресс «Человек и лекарство». М.- 1998.- С.609.

#### REFERENCES

- [1] Rakhimov K.D. New natural compounds in chemotherapy against drug resistant tumors. Thesis of Dr.scient.med.Moscow. 1991. P.455 (In Russ)
- [2] Balitski K.P. Pathogenetic aspects of metastasis // Experim.oncology . - 1985. - Т.7 . №6. - P.16-20(In Russ)
- [3] Balitski K.P., Shmalko Y.P. Stress and metastasis of malignant tumors. Kiev. 1987. - P.244(In Russ)
- [4] Kavetsky R.E. Theoretical bases and experimental data on the progression and metastasis of tumors // Experim.oncology . - 1979. V.1 . - №2. P.10-16
- [5] Rakhimov K.D., Pharmacological research of natural compound of Kazakhstan. Almaty.1999, P.270. (In Russ)
- [6] Kozlov A.M, Sofina Z.P, Firsov G.A, et al . Effect of glucomannan on metastasis of experimental tumors of mice // Chemotherapy of tumors in the USSR . - 1986. - 44 . - P.182-187 (In Russ)
- [7] Kozlov A.M. Metastases of transplanted tumors in mice as a model for in-depth study of anticancer drugs // Author . Dis

- . Candidate of medical sciences . - М. , 1979. P.21 (In Russ)
- [8] Pinchuk V.G., Valitsky K.P. Some mechanisms of metastasis and anti-metastatic factors are resistance // *Experim.oncology* . - 1988. - Vol.10 - №3 . P.22-24 (In Russ)
- [9] Rakhimov K.D. The lecture of pharmacology. Almaty. 2012 P.552 (In Kaz)
- [10] Fisher L.E., Nekhay A.G., Kasyanov G.S. Features of metastasis of gastric cancer, depending on the factors that characterize the primary tumor // *Questions of oncology* . - 1986. - Т.32 . №9. P.33-38 (In Russ)
- [11] Rakhimov K.D. The secrets of pharmacology. Almaty 2012. P. 536 (In Kaz)
- [12] Balitski K.P., Umansky V.B. New approaches to the problem of tumor metastasis // *Experim.oncology*. - 1988. - Vol.10 . №2. P.74-75(In Russ)
- [13] Rakhimov K.D., Vermenichev S.M., Kabiyeu O.K. The emergence of drug resistance, metastasis transplantable animal tumors and ways of its prevention // *Metastasis of malignant tumors , new approaches* . Kiev. 1987. P.108-109
- [14] Kulish O.P. Features metastasis of transplanted tumors in high mountains // *Experim.oncology*. - 1987. v.9 . №5. - P.73-75(In Russ)
- [15] Rakhimov K.D. Clinical pharmacology. Almaty. 2013 –P.406 (In Kaz)
- [16] Udintsev S.N., Shakhov V.P. Reducing Erlich and Plissa lymphosarcoma tumor growth rate with partial hepatectomy // *Questions of oncology* . - 1989. Т.35 . - №9. - P.1072-1075(In Russ)
- [17] Rakhimov K.D Pharmacology natural drugs. Almaty, 2014. P.483 (In Kaz)
- [18] Senin V.M., Buntsevich A.M., Afanasyev A.V. et al . A new strain of metastatic carcinosarcoma // *The experimental mice . Oncology*. - 1983. - №5. - Т.6 . - P.35-39(In Russ)
- [19] Malyugina L.L., Muller N.R. Medicinal methods of prevention and treatment of cancer metastasis // *Metastasis of malignant tumors. L. , 1971. - P.271-279(In Russ)*
- [20] Adekenov S.M. “Achievements and prospects for the Development of Phytochemistry” proceedings of the International Research and Practice Conference. Karaganda. 2015, P.208 (In Engl)
- [21] Nemeth L., Kellner B. Inhibitory effect Vinca rosea alkaloids especially with regard to their ability to prevent the engraftment of intravenously administered tumor cells // *VIII International Cancer Congress . Moscow-Leningrad , 1963. V.6 . - P.140-142*
- [22] Shields K.G., Bolonin N.I., Mandrik E.V. and others . Features of growth and metastasis of carcinosarcoma Waker after prolonged passaging intramuscular // *Problems . Oncology* . - 1973. Т.19 . - № 3. P- 96-97(In Russ)
- [23] Rakhimov K.D., Adekenov S.M. Phytochemistry Phytopharmacology Phytotherapy. Almaty-Karaganda 2015- P.538 (In Kaz)
- [24] Larponov L.F. Chemotherapy of malignant tumors. L. 1962. - P. 463
- [25] Rakhimov K.D., New drugs at tumor chemotherapy. Russian national congress “Human and drug” M.1998. P.609. (In Russ)

**К.Д.Рахимов**

АО «КазМУНО», Алматы, Республика Казахстан

### **ИНДУЦИРОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ МЕТАСТАЗОВ ПЕРЕВИВАЕМЫХ ОПУХОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ДОКЛИНИКИ**

**Аннотация:** При подкожной перевивке в хвост лимфосаркомы Плисса получен лимфогенный высокометастазирующий подштамм. Впервые индуцирована лекарственная резистентность лимфогенных метастазов и первичных перевиваемых опухолей в хвосте крыс при подкожной инокуляции к проспидину, рубомицину и лейкоэфдину. Лекарственно резистентные варинаты первичных опухолей и лимфогенных метастазов лимфосаркомы Плисса являются инновационными экспериментальными моделями для изучения противоопухолевой активности и механизма действия новых природных соединений.

**Ключевые слова:** Лимфосаркома Плисса, противоопухолевые препараты, лекарственная резистентность.

**Kh.A. Aubakirov<sup>1</sup>, D.A. Baimukhanov<sup>1</sup>, S.S. Rachmanov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Southwest Scientific Research Institute of Animal Breeding and Crop Growing,  
Shymkent, member correspondent of the RAM, Candidate of Agricultural Sciences,

E mail: [hamit\\_a57@mail.ru](mailto:hamit_a57@mail.ru);

<sup>2</sup> Kazakh Scientific Research Institute of Animal Breeding and Forage Production, Almaty, corresponding member  
of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Agricultural Sciences, E mail:

[dbaimukanov@mail.ru](mailto:dbaimukanov@mail.ru);

<sup>3</sup>Kazakh Scientific Research Institute of Animal Breeding and Forage Production, Almaty,  
Doctor of Agricultural Sciences

## PECULIARITIES OF COLOR TYPES DISPERSION IN POPULATION OF HORSES BRED AT THE FARM «BAPYSH-SEISENBAY» IN ZHAMBYL REGION

**Abstract:** Local breeds have various color types. Pure breeds of horses have specific colors and types. That is why types and colors can, at some extent, serve as one of the major features in assessment of belonging to any animal breed. Analysis of data of mare type distribution showed that color of local horse population is various and there are 11 main types. Animals with palm-color (30%), chestnut (19,4%), black-brown (15,0%) and bay-brown (10,0%) colors totally make up 74,4% of livestock. Rare colors include light-gray, cream (1,9%) and light-brown (2,5%) colors. Red, crow, gray and dun colors are moderately spread, the level of frequency in population is within 6,9-4,4%.

Color of different animal breeds depend on pigmentation of hair coat and skin is called color type. Wild animals have adaptive and protection skin, they are usually similar within one breed, but have some features. As for stud breeds, the adaptive nature of color has lost its significance. Many stud breeds have definite standard color type – «brand name». For example black-and-white cattle, big white pigs, Lipizzaners, Palomino, Kazakh white-headed cattle, Auliyekol breed, etc. For these breeds color type is a significant feature in determination of genuineness. Color type is important in fine-wooled sheep breeding, animal breeding, hare breeding, etc.

Color of animals is the most valuable indicator of the total force of organism resistance. Horses of crow, cream, chestnut colors are more resistant to unfavorable environmental conditions and have better health and capability. According to the scientists there is an interconnection between the bright color of animals and those with dark color, resulting less resistance to unfavorable environmental conditions. Usually animals have combination of white color with black and brown. In animal breeding there are many examples of coincidence of white color with high breed level (Simmental, Auliyekol breed, Shorthorn).

The distinct connection between the color types and working qualities of horses has not been identified, but genuine roadster breed of horses of rare and original colors are in a high demand in the domestic and especially in the foreign market.

In 2004 two heads of studs of Kushum breed were imported from Patsayeva Ltd, Alexandrovka village, Kargalinskiy district, Aktyubinsk region and 1 head of Kushum breed from Technoservice Ltd, Aktobe city was also imported in order to improve the productivity indexes and increase of live weight of local horses. These studs and their offsprings have adapted to local natural and climatic conditions and successfully grow and breed.

This year several researches on genealogical analysis of 350-head horse herd content and origin of 21 breeding studs were carried out. Analysis of records of genealogy was carried out as well as record of life weight, productivity of indexes and measurements of animal bodies.

Conclusion. Genetics of color type of majority of animals has many features. Knowledge of a specific gene connected with formation of colors of one animal breed is, certainly, applied to other animal species. Interest to the issue of inherited color type of horses has recently risen. In particular, determination of definite color type inheritance enables to use this feature for identification and control of breed animal genuineness. Specific color are characteristic for animals bred by targeted selection work, sometimes individual animals with individual color types are met. Therefore, color type of animals can be used as an additional feature for determination of horse genuineness. There are 11 main color types among the animals at the farm "Bapysh-Seisenbay" that demonstrates insufficient homogeneity of population and consolidation of breed features.

The results of research are recommended in all camel farming of South Kazakhstan region, specialized in productive horse breeding.

The source of funding for research is Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan.

*The names of funding organizations – Southwest Scientific Research Institute of Animal Breeding and Crop Growing; Kazakh Scientific Research Institute of Animal Breeding and Forage Production.*

**Keywords:** colors, types, dispersion, pigment, horses, mares, male horses.

636.1/636:59

**Х.А. Аубакиров<sup>1</sup>, Д.А. Баймуканов<sup>2</sup>, С.С. Рахманов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Оңтүстік-Батыс мал және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Шымкент, АМА корреспондент – мүшесі, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты,

<sup>2</sup>Қазақ мал және мал азығы ғылыми-зерттеу институты, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы Ұлттық академиясының корреспондент – мүшесі, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы;

<sup>3</sup>Қазақ мал және мал азығы ғылыми-зерттеу институты, Алматы қаласы, жылқы шаруашылығы бөлімінің меңгерушісі, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы

## **ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫ «БАПЫШ-СЕЙСЕНБАЙ» ШАРУА ҚОЖАЛЫҒЫНДА ӨСІРІЛЕТІН ЖЫЛҚЫ ПОПУЛЯЦИЯСЫНДАҒЫ ТҮСТЕРДІҢ ТАРАЛУ ЕРЕКШІЛІКТЕРІ**

**Аннотация.** Жануарлардың қолдан шығарылған көптеген түрлерінің белгілі бір түстері болады. Таза қанды жылқы тұқымына өзіндік түстер тән боп келеді. Сондықтан түс тұқымның таза қандылығын анықтаудағы басты белгілердің біріретінде қолданыла алады. «Бапшы-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жергілікті жылқы түстерінің таралуын талдау нәтижесі, жергілікті жылқы популяциясында түрлі түстер кездесетінін және негізінен олардың 11 түрі ұшырасқандығын көрсетті. Мұнда басым түстер қатарына торы (30%), күрең (19,4%), қаракер (15,0%) және кері (10,0%) жатады және олардың айғыр үйірлеріндегі жалпы үлесі 74,4% құрады. Өте сирек кездесетін түстер қатарына ақбоз, сары (1,9%) және құла (2,5%) түстер жатса, жирен, қара, көк және сұр түсті жылқылардың популяциядағы үлесі орташа деңгейде, яғни 6,9-4,4% көлемінде таралған.

**Түйін сөздер:** түстер, рендер, таралу, пигмент, жылқы, айғырлар, биелер.

**Кіріспе.** Жануарлардың терісі мен жүн жамылғысының пигменттелуінен болатын боялу ерекшелігін – олардың түсі деп атайды. Жабайы жануарлардың боялуы бейімделушілік сипатқа ие болғандықтан, бір түрдің шеңберінде олардың түстерінде кейбір болмашы ауытқулары болмаса, көбінесе бірдей болады. Үй жануарларында болса олардың сыртқы бояулары өзінің бейімделушілік мәнін әлдеқашан жоғалтқан. Жануарлардың жаңадан шығарылған көптеген түрінің өзіне тән белгілі бір түсі, яғни «зауыттық маркасы» болады: ірі ақ түсті шошқа, владимирлік ауыр жүк тасушы, паломино, липициандар, қара-ала сиыр, қазақтың ақ бас сиыры және т.б. Мұндай жағдайларда түс белгілі бір тұқымның тазақандылығын анықтаудағы басты белгі болып табылады. Биязы жүнді қой шаруашылығында, қоян және т.б. тауарлық аң өсірушілер арасында түстің шаруашылықтық маңызы өте үлкен, себебі олбасқа да белгілермен бірге терінің құнын анықтайды. Ерте кездері жануарлардың түсіне белгілі бір нышандық немесе діни мән де берілген болатын.

Табиғат зерттеушісі В.А. Чудовский [1], А.Кроненков [2] жануарлардың түсі мен оның мінезінің арасында байланыс бар деп білді. Олардың жасаған жирен жылқылар – қозғыш, торылар – қызу қанды, сұрлар – сылбыр, ал қара жылқылар – салқын қанды болады деген тұжырымдарында

теориялық негіз жоқ. Осындай тұжырымдар қатарына В.А.Чудовскидің [1] жирен жылқыда қара дақтары болса – ол төзімділіктің белгісі, жылқының төбе қасқасы кең болса – ол бас бермейді, ал сирақ жағындағы аласы өте жоғары болса – оның аяғы әлсіз келеді деген пайымдауларын да қосуға болады.

А.В. Яблоков., А.Г. Юсуфовтардың [3] мәліметінше сүткоректілердің кейбір түрлеріндегі түсінің әлсіреуіне алып келетін қайсібір мутациялардың нәтижесінде, гендердің плейотроптық әсер етуінен жоғары қозғалыстығы немесе жүйкесінің бұзылуы (эпилепсия) көрініс табады.

Пигменттену деңгейі ағзаның орта жағдайына жалпы қарсы тұру күшінің құнды дәлелі болып табылады. Қара, торы, құласұр түсті жылқылар ортаның өзгеруіне тез бейімделеді, денсаулығы жақсы, жұмысқа қабілетті болып келеді. Ғалымдар жануарлар түсі мен дене түзілімі арасындағы байланысты зерттеу барысында, ақшыл түсті жануарлардың басым бөлігі дене бітімінің нәзіктігіне ие және көп жағдайларда қоршаған ортаның жағымсыз әсерлеріне төзімсіздеу болып келетіндігін анықтаған. Бұлардың арасында ақ пен қара және қызыл жүн талшықтарының араласуы жиі кездеседі. Ірі қара малы шаруашылығында ақ түсті жануарлар көбінесе жоғары деңгейде жүргізілген сұрыптау мен асылдандыру жұмыстарының нәтижесі болып табылады (мысалы шортгорн, симменталь, әуликөл тұқымдары).

С.П. Урусовтың [4] тұжырымы бойынша «Жақсы жылқының барлық түсі жақсы» деп айтылғанмен де, асыл тұқымды жануарларға белгілі бір түстер тән. Қолдан сұрыптау нәтижесінде шығарылған асыл тұқымды жылқылар үшін түстердің араласуы тән қасиет емес, мысалы таза қанды жылқылар сұр немесе ала болып келмейді.

Х.А. Аубакиров және басқаларының [5] зерттеулерінде Жамбыл облысы өңірінде өсірілетін жабы типті жылқы популяциясында түстердің таралуы әртүрлі болып келетіні анықталған. Мұнда 11 түрлі түс кездескен.

Жабайыланып кеткен жылқылардың ішінде торылар мен сұрғылттары басым бөлігін құрайды. Бұған мысал ретінде кезінде Европа құрлығында кең таралған – тарпаң, Америка континентіндегі – мустанг, Азиядағы – жоңғар жылқыларын келтіруге болады. Қазақ даласында кең таралған жабайы жылқы түрі – керқұланың (Пржевальский жылқысы) құйрық-жалы мен арқа тұсы қара кер, ал денесінің негізгі түсі қою құла болып келген.

*Жұмыстың мақсаты.* Жергілікті жерде өсірілетін қазақтың жабы типті жылқы популяциясындағы негізгі түстердің таралу деңгейін анықтау. Жылқының тұқымдық ерекшеліктері бойынша белгілерінің тұрақтануы бағытында сұрыптау жұмыстарын жүргізу

*Зерттеу зерзаты мен әдістері.* Жылқыларды тұқымдық белгілері бойынша бағалау жұмыстары «Жергілікті жылқы тұқымдарын бағалау» (2004) бойынша жүргізілді. Статистикалық мәліметтерді өңдеуде «Биометрия» оқулығы (2011) қолданылды.

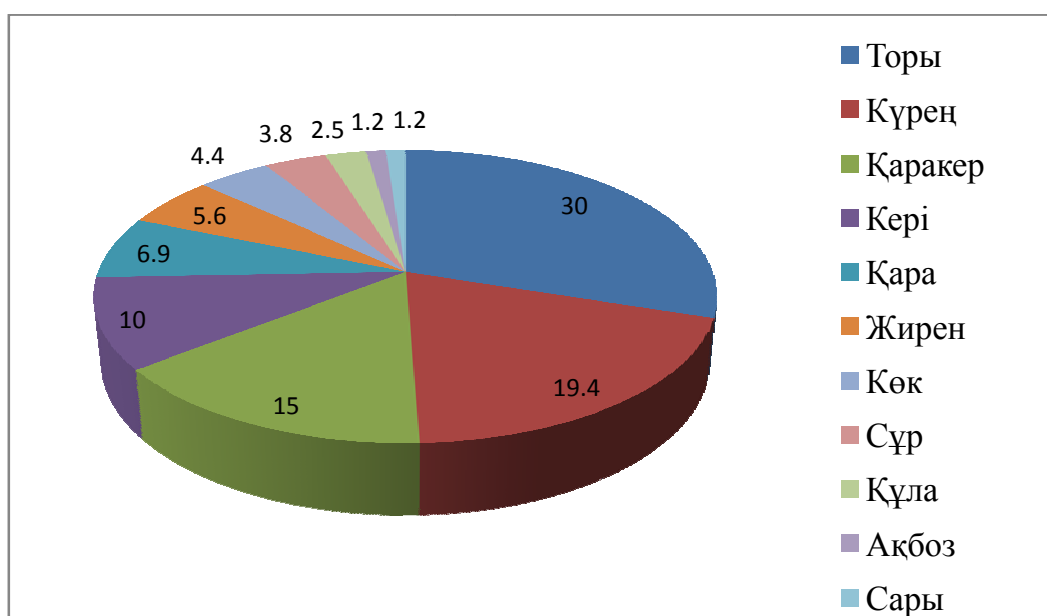
*Зерттеу нәтижелері.* Жылқының түсі мен оның жұмысқа деген қабілеттіліктері арасында әлі де нақты байланыс анықталмаған, дегенмен де, сирек кездесетін, өзіндік соны түске ие жылқылардың бағасы жоғарырақ.

Жамбыл облысы, Байзақ ауданы «Бапыш-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жергілікті жылқылардың өнімділік көрсеткіштерін арттыру мақсатында жоғары өнімді жылқы тұқымдарымен қан араластыра шағылыстыру үшін 2004 жылы Ақтөбе облысы Қарғалы ауданы, Александровка аулындағы «Пацаева»ЖШС 2 бас және Ақтөбе қаласындағы «Техносервис» ЖШС 1 бас көшім тұқымды айғырлары әкелінген болатын. Қазіргі кезде осы айғырлар мен олардан алынған ұрпақтары жергілікті жағдайға толығынан бейімделіп, көбеюде.

2015 жылы шаруашылықтағы 350 бас биелер мен 2009-20015 жылдары үйірлерге салынған 21 айғырлардың генеалогиялық тегі сарапталып, өнімділік көрсеткіштері, дене бітімі ерекшеліктері мен кластылығы анықталып, толықтай есепке алынды. Негізгі үйірлік айғырлардың лақап аттары, бірдейлендіру нөмірлері мен түстері келесі тізімде беріледі:

1. «Агата», 2003 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002128
2. «Қайсар айғыр», 2001 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000001896
3. «Сағадат торы», 2004 жылғы, торы, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002281
4. «Буржи айғыр», 2006 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002056
5. «Колбы айғыр», 2006 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000001997
6. «Замандас», 2001 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000003184
7. «Қиық қасқа», 2002 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002515

8. «Жүрек қасқа», 2009 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002194.
9. «Рамстор», 2008 жылғы, торы, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000003291
10. «Секунд», 2000 жылғы, жирен, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000003031
11. «Күрең айғыр», 2009 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000003007
12. «Күрең қасқа», 2006 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000003003
13. «Жуас айғыр», 2009 жылғы, торы, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002838
14. «Асау айғыр», 2000 жылғы, қаракер, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002802
15. «Күрең айғыр», 2008 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002501
16. «Тырна айғыр», 2004 жылғы, торы, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000001899
17. «Кумский айғыр», 2000 жылғы, күрең, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000001927
18. «Кері қасқа», 2009 жылғы, кері, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002441
19. «Тәжібай айғыр», 2009 жылғы, кері, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002146
20. «Асау қара», 2008 жылғы, қара, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000003075
21. «Ұшқалақ», 2008 жылғы, кері, бірдейлендіру нөмірі KZH 398064000002397



Сурет 1 – Негізгі айғыр үйріндегі биелерде түстердің таралу деңгейі

Үйірлердегі жылқы түстерінің таралуын талдау нәтижесі (1-кесте), жергілікті жылқы популяциясында түрлі түстер кездесетінін және негізінен олардың 11 түрі ұшырасқандығын көрсетті. Мұнда басым түстер қатарына торы (30%), күрең (19,4%), қаракер (15,0%) және кері (10,0%) жатады және олардың айғыр үйірлеріндегі жалпы үлесі 74,4% құрады. Өте сирек кездесетін түстер қатарына ақбоз, сары (1,9%) және құла (2,5%) түстер жатса, жирен, қара, көк және сұр түсті жылқылардың популяциядағы үлесі орташа деңгейде, яғни 6,9- 4,4% көлемінде таралған.

*Нәтижені талқылау.* Жалпы алғанда жылқыда 100-ге тарта түстер бар деп есептеледі. Жылқы табыны әр жақтан жиналған, тұқымы бойынша біркелкі болмаса, оның құрамында әр түрлі түстер де көп кездеседі. Көптеген жылдар бойына жүргізілген сұрыптау жұмыстарының нәтижелерінде шығарылған асыл тұқымды мал тұқымдарына белгілі бір түстер ғана тән екендігі белгілі. Ал Жамбыл облысы, Байзақ ауданы «Бапыш-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жергілікті жылқыларда 11 түс кездесті. Яғни бұл аталған популяция өкілдерінің әлі де басты белгілері бойынша тұрақтанбағандығын көрсетеді.

Кесте1 – Негізгі айғыр үйіріндегі биелерде түстердің таралуы

Айғырдың лақап аттапы	Тұқымы	Түсі	n	Бие түстері										
				То-ры	Кү-рең	Қара-кер	Кері	Қа-ра	Жи-рен	Көк	Сұр	Құ-ла	Ақ-боз	Са-ры
Секунт	Көшім	Жирен	19	7	4	2	2	-	2	1	1	-	-	-
Қайсар	Көшім	Күрең	18	6	4	2	2	1	1	-	-	1	-	1
Замандас	Көшім	Күрең	18	6	4	3	3	-	-	1	-	-	1	-
Агата	Жабы	Күрең	17	5	3	4	2	2	1	-	-	-	-	-
Буржи айғыр	Жабы	Күрең	18	6	3	3	1	2	1	1	1	-	-	-
Колбы айғыр	Жабы	Күрең	18	5	3	2	2	1	2	2	-	1	-	-
Күрең айғыр	Жабы	Күрең	19	5	3	3	2	2	1	-	1	1	-	1
Асау кара	Жабы	Қара	18	4	4	3	-	1	-	2	2	1	1	-
Тырна айғыр	Жабы	Торы	15	4	3	2	2	2	1	-	1	-	-	-
Барлығы			160	48	31	24	16	11	9	7	6	4	2	2

*Қортынды* – жылқының түсі мен ондағы кездесетін белгілер, оны жалпы топтың ішінен тануға жәрдемдеседі, асыл тұқымдылығын растайтын құжаттың осы жылқыға берілгендігін анықтауға мүмкіндік береді. Жылқылар, бір-бірінен, өздерінің дене пішіні, түсі, әртүрлі белгілері бойынша ерекшеленіп тұрады. Бір тұқымның өкілдерінің дене пішіндерімен түстері бірдей болғанымен, олардың басында немесе аяғында әр түрлі дақтары болуы мүмкін. Сондықтан да, оның әр түрлі ерекшеліктерінің жиынтығын пайдалана отырып, әрбір жылқының өзіне тән сипаттамасын алуға болады. Белгілі бір белгілердің тұқым қуалаушылық заңдылықтарын анықтауда, асыл тұқымды жылқылардың тегін нақтылауға байланысты мәселелерді шешуде қосымша белгілер ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Тәжірибелік мал топтарындағы түстер таралымын зерттеу нәтижелері мұнда 11 негізгі түстердің таралғанын көрсетті. Бұл "Бапыш-Сейсенбай" шаруа нәтижелері қожалығында өсірілетін жылқы популяциясының негізгі белгілері бойынша әлі де тұрақтана қоймағандығын көрсетеді.

*Зерттеу жұмыстарын қаржыландыру көзі* – Қазақстан республикасы ауыл шаруашылығы министрлігі.

*Қаржыландыру мекемесінің аты* – ЖШС «Оңтүстік-Батыс мал және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты».

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Кровенков А. Масти лошадей//Коневодство и конный спорт. – 1991. – №8. – С.36-37.
- [2] Чудовский В.А. О лошадях с отметинами// Коннозаводство, 1896, №1. – С.65-67.
- [3] Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. – М., 1989, – С.121
- [4] Урусов С.П. Книга о лошади., – М. – 2001. С.685-689.
- [5] Аубакиров Х.А., Сейтбаев К.Ж., Глепов А.А., Кенжеходжаев М.Д., Гаражаев М. Распределения окрасок и качественный состав популяций местных лошадей типа жабе Жамбылской области РК.ISSN 1996-3955. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. №12., часть 8., Москва, 2015 г. –С. 1466-1470
- [6] Аубакиров Х.А. Окулык. ҚР Білім және ғылым министрлігі. ӘОЖ 575 (075) КБЖ 28.04 я7 А91, Алматы, ЖШС РПБК «Дәуір», 2011., -407 б.

#### REFERENCES



- [1] Krovenko A. Hors e color types //Horse breeding and horse-riding – 1991. – №8. – pp.36-37. marks// Horse farming, 1896, №1. – pp.65-67.
- [2] Chudovskiy V.A. About horses with 2001. pp.685-689.
- [3] Yablokov A.V., Yusufov A.G., Evolution study – M., 1989, – p.121
- [4] Urussov S.P. Book about horse, – M. –2001. p.685-689.
- [5] Aubakirov Kh.A., Seitbayev Kh.A. Tlepov A.A., Kenzhekhojayev M.D., Garazhayev M. Distribution of colors and qualitative content of zhabe type local horses population in Zhambyl region RK.ISSN 1996-3955. International magazine for applied and fundamental research. №12., part 8., Moscow, 2015 – pp. 1466-1470
- [6] Aubakirov Kh.A. «Biometriy». utorial. The Ministry of science and education of the Republic of Kazakhstan, OR 575 (075) CBZ 28.04 я7 A91, Almaty, publishing house «Daur», 2011., -407 pages

636.1/636:59

**Х.А. Аубакиров<sup>1</sup>, Д.А. Баймуканов<sup>2</sup>, С.С. Рахманов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Юго – Западный научно - исследовательский институт животноводства и растениеводства, г. Шымкент, член-корреспондент РАН, кандидат сельскохозяйственных наук;

<sup>2</sup>Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, доктор с.-х. наук;

<sup>3</sup>Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, заведующий отделом коневодства, доктор с.-х. наук

### **ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МАСТЕЙ В ПОПУЛЯЦИИ ЛОШАДЕЙ, РАЗВОДИМЫХ В КРЕСТЬЯНСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ «БАПЫШ-СЕЙСЕНБАЙ» ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация** Окрас популяции местных лошадей довольно разнообразный. Преобладают животные с гнедой (30%), темнорыжей (19,4%), караковой (15,0%) и гнедосаврасой (10,0%) мастей, которые в общей сложности занимают 74,4% поголовья. К редковстречающимся мастям можно отнести животных с светло-серой, соловой (1,9%) и саврасовой (2,5%) окраской. Умеренно встречаются животные рыжего, вороного, серого и мышастого цвета, уровень частоты которых в популяции находится в пределах 6,9- 4,4%.

**Результаты исследования.** Окраска различных пород животных, которая зависит от пигментаций шерстного покрова и кожи называется мастью. Так как окраска диких животных имеет приспособительный и защитный характер, она в пределах одного вида обычно одинакова, только с небольшими индивидуальными отклонениями. У культурных пород приспособительный характер окраски давно потерял свое значение. Многие культурные породы имеют определенную стандартную масть – «заводскую марку». Например, черно-пестрый скот, крупная белая порода свиней, липицианы, паламино, казахская белоголовая порода скота, аулиекольская порода и т.д. У таких пород масть – существенный признак в определении чистопородности. Масть имеет важное народнохозяйственное значение в тонкорунном овцеводстве, звероводстве, кролиководстве, так как от нее зависит ценность получаемого сырья и продукции.

Окраска животных является ценнейшим показателем общей силы сопротивления организма. Лошади вороной, буланой, гнедой мастей лучше противостоят к неблагоприятным факторам внешней среды, обладают хорошим здоровьем и работоспособностью. По данным ученых, имеются связь светлой окраски животных с большей изнеженностью телосложения, меньшей сопротивляемости к неблагоприятным факторам внешней среды. Обычно у животных преобладает сочетание белой шерсти с черной и коричневой. В скотоводстве есть множество примеров совпадения белой окраски животного с их высокой культурностью (симментальский скот, аулиекольская порода, шортгорн).

Четкой связи между мастью и рабочими качествами лошадей пока не установлено, однако чистопородные верховые породы лошадей редких и оригинальных окрасок на внутреннем и особенно на внешнем рынке пользуются большим спросом.

Для улучшения продуктивных показателей и повышения живой массы местных лошадей 2004 году в к/х «Бапыш-Сейсенбай» были завезены 2 головы жеребцов кушумской породы из ТОО «Пацаева» села Александровка Каргалинского района Актюбинской области и 1 голова из ТОО «Техносервис» г. Актобе». В настоящее время эти жеребцы и их потомства адаптированы к местным природно-климатическим условиям и успешно растут и размножаются.

В текущем году в к/х "Бапыш-Сейсенбай" были проведены работы по генеалогическому анализу состава табуна с общим количеством 350 голов кобыл и происхождения 21 косячных жеребцов, которые работали в период с 2009-2015 гг. Были проведены анализ записи родословных, учет живой массы, продуктивных показателей и промеров телосложения животных.

**Обсуждение результатов.** Генетика масти у большинства животных имеет много общих признаков и

черт. Знание об определенном гене, связанном с образованием окрасок у одного вида животных, безусловно, применимо и к другим видам животных. Интерес к вопросу наследования масти у лошадей в последнее время значительно возрос. В частности, установление определенных закономерностей наследования масти лошадей позволит использовать этот признак при идентификации и контроля происхождения племенных животных. Выведенным целенаправленной селекционной работой чистопородным животным присущи определенные масти, иногда встречаются особи с индивидуальными оттенками. Поэтому масть животных может использоваться как дополнительный признак при определении чистопородности лошади. Среди изученных животных к/х "Бапыш-Сейсенбай" встречаются 11 основных мастей, что показывает недостаточную однородность популяции и консолидации породных признаков.

Анализ данных распределения мастей кобыл косяков показали, что окрас популяции местных лошадей довольно разнообразный. Преобладают животные с гнедой (30%), темнорыжей (19,4%), караковой (15,0%) и гнедосаврасой (10,0%) мастей, которые в общей сложности занимают 74,4% поголовья. К редко встречающимся мастям можно отнести животных со светлосерой, соловой (1,9%) и саврасовой (2,5%) окраской. Умеренно встречаются животные рыжей, вороной, серой и мышастого цвета, уровень частоты которых в популяции находится в пределах 6,9 - 4,4%. Анализ данных распределения мастей кобыл косяков показал, что окрас популяции местных лошадей довольно разнообразный и встречается 11 основных ее видов. Преобладают животные с гнедой (30%), темнорыжей (19,4%), караковой (15,0%) и гнедосаврасой (10,0%) мастей, которые в общей сложности занимают 74,4% поголовья. К редко встречающимся мастям можно отнести животных со светлосерой, соловой (1,9%) и саврасовой (2,5%) окраской. Умеренно встречаются животные рыжего, вороного, серого и мышастого цвета, уровень частоты которых в популяции находится в пределах 6,9- 4,4%.

*Источник финансирования исследований* – Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан.

*Наименования финансирующих организаций* – ТОО «Юго – Западный научно - исследовательский институт животноводства и растениеводства»; ТОО «Казахский научно – исследовательский институт животноводства и кормопроизводства».

**Ключевые слова:** окраски, масти, распространение, пигмент, лошади, жеребцы, кобылки.

#### **Сведения об авторах:**

Аубакиров Хамит Аблгазинович, кандидат с. – х. наук, старший научный сотрудник ТОО «Юго – Западный научно - исследовательский институт животноводства и растениеводства», г. Шымкент, член-корреспондент РАН;

Дастанбек Асылбекович Баймуканов, доктор с. – х. наук, главный научный сотрудник отдела коневодства ТОО «Казахский научно – исследовательский институт животноводства и кормопроизводства», г. Алматы, член – корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан;

Рахманов Сейлхан Султанбекович, – доктор с. – х. наук, заведующий отдела коневодства ТОО «Казахский научно – исследовательский институт животноводства и кормопроизводства», г. Алматы

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 275 – 284

**E.K. Asembaeva, Z.Zh. Seydakhmetova, T.M. Velyamov,  
Zh.T. Lesova, D.E. Nurmuhambetova**Almaty technological university, Almaty  
elmiraasembaeva@mail.ru**FUNCTIONAL FOODS. FERMENTED DAIRY PRODUCTS  
FROM CAMEL MILK**

**Abstract.** In recent years, increasing attention is paid to the creation of functional foods which may have some controlling effect on the body as a whole or to certain systems and organs. This review presents the current understanding of functionally important ingredients of food products, the development of biologically high-grade food with balanced composition. Functional food - is designed to specify the foods chemical composition, physical properties and calorific value. These include food fortified with probiotics, dietary fiber, antioxidants, vitamins, micronutrients, flavonoids and minerals.

Products made of camel's milk take a special place among the fermented milk products. Camel milk – is an important source of animal proteins and fats. It contains a number of important micronutrients, vitamins A, C and vitamins of group B. Milk from camels strengthens the immune system and overall health. Camel milk is a well balanced basis for the production of functional dairy products.

**Keywords:** functional products, camel milk, fermented milk, prebiotics, probiotics, inulin, pektin, yogurt.

ӘОЖ 637.146+131.8:664

**Ә.Қ. Асембаева, З.Ж. Сейдахметова, Т.М. Велямов,  
Ж.Т. Лесова, Д.Е. Нурмуханбетова**

Алматы технологиялық университеті, Алматы қаласы

**ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ТАҒАМДЫҚ ӨНІМДЕР.  
ТҮЙЕ СҮТІНЕН АЛЫНАТЫН СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДЕР**

**Аннотация.** Соңғы жылдары адам ағзасына толықтай немесе оның белгілі бір жүйелері мен мүшелеріне реттегіштік әсер ететін функционалдық өнімдерді жасап шығаруға көп көңіл бөлінуде. Бұл бағыттағы әдебиеттерге шолуда құрамы үйлестірілген биологиялық толыққанды тағамдық өнімдер алу үшін қолданылатын функционалдық маңызды тағам өнімдері ингредиенттері жайлы заманауи түсінік беріледі.

Функционалдық тағамдар дегеніміз – белгілі бір химиялық құрамы, биологиялық және энергетикалық құндылығы бар тағамдық өнімдер. Оларға пробиотиктермен, тағамдық талшықтармен, антиоксиданттармен, витаминдермен, микроэлементтермен, флавоноидтар және минералдық заттармен байытылған тағамдық өнімдер жатады.

Бүгінгі таңда сүтқышқылды өнімдердің ішінде түйе сүтінен жасалған тағамдар ерекше орын алады. Түйе сүті жануар тектес белоктар мен майлардың көзі болып табылады. Оның құрамында маңызды микроэлементтер, А, С және В тобының витаминдері бар. Түйе сүті иммунитетті күшейтіп, жалпы денсаулықты жақсартады. Сонымен қатар түйе сүті функционалдық сүт тағамдарын алу үшін өте үйлесімді негіз болып саналады.

**Түйін сөздер:** функционалдық өнімдер, түйе сүті, ферменттелген сүт, пробиотиктер, пребиотиктер, инулин, пектин, йогурт.

**Әдебиетке шолу**

Қазіргі таңда қоршаған орта факторлары мен өмір сүру салтының өзгеруіне байланысты адамның тамақтану рационының макро- және микронутриентті құрамына қойылатын талаптар да

өзгерді. Белгілі мақсаттағы тағамдарды алу өндірісін кеңейту заманауи тағам индустриясының дамуының маңызды бағыты болып саналады. Адам денсаулығы мен тағамдық өнімдердің тығыз байланыстылығы тағам өндірістерінде жаңа арна «функционалдық өнім» жасап шығару қажеттілігін туғызды. Қазіргі заманның талабына сай тағам өнімдері тек тағам ретінде ғана емес, сонымен қатар функционалды, яғни ағзаға белгілі бір бағытта әсер етуі керек.

Диетологтардың айтуы бойынша, функционалды тағамдарға тұрақты түрде тұтыну барысында адам ағзасына толықтай немесе оның жеке жүйелері мен мүшелеріне реттеушілік әсер беретін өнімдер жатады. Функционалдық тағам ағза үшін қауіпті емес, керісінше, оны жақсартуға бағытталған. Олардың басқа емдік дәрі-дәрмек өнімдерімен салыстырғанда ең басты және маңызды артықшылығы – артық мөлшерде қабылдау ағзаға ешқандай зиян келтірмейді және бөгде әсерлері болмайды. Болашақта функционалдық тағам өнімдері бүкіл халық денсаулығын жақсартып, әртүрлі аурулардың алдын алуға мүмкіндік береді [1,2].

Қазіргі заманға сай қозғалыссыз өмір салты, тағамдану дәстүрлерінің өзгеруі және экологиялық жағдайлардың нашарлауына байланысты дұрыс тағамдану концепциясына назар аудару өзекті мәселеге айналып отыр. Бұл бағытта функционалдық тағам өнімдерінің жаңа түрлерін өндіруге және пайдалануға тағам өндірісі мен медицина т.б. салалардың мамандары аса назар аударуда.

Функционалдық өнімдерді қолдану екі мақсатқа негізделеді: ағзаның зат алмасу үрдісіне қажетті азықтық компоненттермен қамтамасыз ету және аурулардан қорғау. Жаңа тағам өнімдері өндірісінде тек улы және патогенді емес табиғи компоненттер ғана қолданылатын болғандықтан, оларды кең көлемде өндіру үшін керекті шикізаттар көзін табу қажеттілігі туындайды. Биотехнологияның негізгі рөлі экологиялық таза функционалдық тағам немесе жем-шөпті кең көлемде алудың жолын табу. Биотехнологияның көмегімен (ферменттік катализ, микроорганизмдерді культивирлеу, жануар және өсімдік жасушаларын культивирлеу) тағамдық өнімдерді кең көлемде өндіру ғана емес, сонымен қатар әртүрлі маңызды функционалдық ингредиенттерді алу мәселелерін тез шешуге болады.

Функционалдық тағамдар дегеніміз – белгілі бір химиялық құрамы, биологиялық және энергетикалық құндылығы бар тағамдық өнімдер. Оларға пробиотиктермен, тағамдық талшықтармен, антиоксиданттармен, витаминдермен, микроэлементтермен, флавоноидтар және минералдық заттармен байытылған тағамдық өнімдер жатады [3,4].

Е.А. Бывайлованың зерттеулері бойынша дәстүрлі сусындарға қарағанда байытылған тағамдардың сапалық көрсеткіштері, яғни оның тағамдық құндылығы және тұтынушылық қасиеттері жоғары болатындығы анықталды. Мысалы, бал арасының гүл тозандары мен олигофруктозаны енгізу витаминдер мен минералдық заттардың көбеюіне ықпал етеді, сонымен қатар алынған тағамның құрамындағы ауыстырылмайтын аминқышқылдары 25% пайызға көбейіп, биологиялық құндылығы – 33,4% пайызға өсті [5].

Биологиялық құндылығы жоғары және пребиотикалық қасиеттері бар байытылған ацидофильді тағамның функционалдық қасиеттері зерттелді. Зертханалық тышқандарға жүргізілген тәжірибе барысында, дисбактериоз кезінде байытылған ацидофильді тағамды күнделікті 14 күн бойы қолданғанда ішек микрофлорасы қалпына келетіндігін көрсетті. Шартты-патогенді микрофлора азайып, бифидо- және лактобактериялар көбейіп, байытылған тағамның бифидогенді қасиеттерін дәлелдеді [6].

Сүт – басқа ешқандай азық-түлік тең келмейтін аса бағалы тағамдық өнім екендігі ерте заманнан белгілі. Оның құрамында адам ағзасына жеңіл сіңетін түрде қажетті ингредиенттер: белоктар, майлар, көмірсулар, минералдық заттар, витаминдер бар. Өзінің толыққанды құрамына байланысты сүт функционалдық тағам алуға оңтайлы шикізат көзі болып саналады [7].

Функционалды сүт өнімдері мен йогурт алуда А.Г. Храмов, Л.В. Антипова, И.С. Хамагаева, И.А. Евдокимов, В.И. Ганина, В.Ф. Семенихина, Н.Б. Гаврилова, М.Я. Гудкова, Б.А. Шендеров, Е.И. Мельникова J. Domagaia, S' Kaminarides және т.б ғалымдар елеулі үлес қосты.

Толыққанды тамақтану мәселесін шешуде көптеген пайдалы қасиеттері бар сүтқышқылды тағамдар ерекше орын алады. Сүтқышқылды тағамдардың диеталық қасиеттерінің маңыздылығы сол, олар зат алмасуды жақсартып, ас қорыту сөлдерінің бөлінуін реттейді және тәбетті күшейтеді. Сүтқышқылды тағамдарды қорғаныш факторларымен байыту ағзаның физикалық дамуына, ауруларды азайтуда (соның ішінде аллергия), иммундық жүйенің және ішек микробиоценозының қалыптасуына жағымды әсер етеді [8,9].

Салауатты тамақтанудың өзектілігі адамның иммундық статусы мен оның қолданатын тағамына тікелей тәуелді болғандығын зерттеулер дәлелдейді. Өндірушілер профилактикалық өнімдердің асортиментін әртүрлі функционалдық ингредиенттерді: тағамдық талшықтарды, витаминдерді, антиоксиданттарды, жартылай қанықпаған май қышқылдарын, пробиотиктер мен пребиотиктерді қолдану арқылы кеңейтуде.

Функционалдық тағамдарды алуға пробиотикалық тағамдардың орны ерекше. Олардың құрамында тірі микроорганизмдер, микроб текті тағамдық қоспалар болады. Осы қасиеттерінің арқасында ішек микрофлорасын реттеуге (патогенді және зиянды ішек микрофлорасын жоюға белсенділік көрсетеді) оң әсерін тигізеді [10,11].

Пробиотиктер асқазан-ішек жолдарында қорытылып, адам ағзасына жағымды әсер ететін тірі микроорганизмдер. Пробиотиктер антибиотиктермен емделуден кейінгі дисбактериоздың, ішек инфекциясы ауруларын емдеу қабілеттілігімен сипатталады. Пробиотиктердің ең маңызды қасиеттеріне ағзаның инфекцияға қарсы тұруы, асқорытуды реттеу және белсендіруді қамтамасыз ету қасиеті жатады.

Сүтқышқылды пробиотикалық өнімдердің биологиялық құндылығы шикізат сапасына ғана емес, сонымен қатар қолданылатын ұйытқы түрі мен құрамына да байланысты. Сүтқышқылды өнімдердің пробиотикалық қасиеті қолданылатын бактериялар түріне, сол микроорганизмдер штамдарының қасиеттеріне де байланысты болады.

Пробиотикалық өнімдердің бір-бірінен айырмашылығы сүтқышқылды бактериялардың мөлшерінде. Пробиотикалық сүтқышқылды өнімдерде тірі микроорганизмдер саны жоғары. Осыған байланысты тірі микроорганизмдердің көп бөлігі ішекке түсіп, жағымды әсер ету мүмкіндігін арттыра түседі. Ең жиі қолданылатын йогуртқа арналған культуралар *Lactobacillus bulgaricus* және *Streptococcus thermophilus*. Пробиотикалық культуралар қосымша *Lactobacillus acidophilus* немесе *Lactobacillus casei* көмегімен байытылады. Сонымен бірге пробиотикалық микроорганизмдерге *Bacillus subtilis*; *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium longum*; *Lactobacillus acidophilus*, *L.casei*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *L.helveticus*, *L.fermentum*, *L.lactis*, *L.rhamnosus*, *L.plantarum*; *Propionibacterium*; *Saccharomyces boulardii*: *S.cremoris*, *S.lactis*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* және т.б жатады [12].

Пребиотиктер – адам ішегінде қорытылмайтын, бірақ ішек микрофлорасының пайдалы микроорганизмдерінің (бифидобактериялар) метаболизмін белсендіретін, өсуі мен белсенділігін арттыратын заттар немесе қоспалар. Пребиотиктер ішектің пайдалы микрофлорасының иммундық белсенділігін арттырады, жасушалық иммунитетті күшейтеді [13].

Жануар және өсімдік тектес шикізатты құрамдастыру арқылы өндірілетін үйлесімді құрамы бар биологиялық толыққанды тағамдық өнімдерді өндіру бұл тағам өндірісінің дамуындағы жаңа қадам болып табылады [14].

Медицина-биологиялық көзқарас тұрғысынан алғанда құрамында жеткілікті мөлшерде тағамдық талшықтары бар немесе тағамдық талшықтармен арнайы байытылған тағамдарды сүтқышқылды өнімдер өндірісінде қоспа ретінде пайдалану маңызды болып есептеледі. Тағамдық талшықтар ас қорыту жүйесінің жұмысын реттеп, холестериннің бөлінуін күшейтеді, қант диабеті кезінде қанттың мөлшерін азайтуға әсер етеді. Өзінің құрамында суды ұстау қабілетіне байланысты тоқ ішектің атқаратын қызметін жақсартады. Тағамдық талшықтар өт қышқылдарының көп мөлшерін, басқа да метаболиттерді, токсиндер мен электролиттерді өзіне сіңіріп алу арқылы ағзаны улы заттардан тазартуға септігін тигізеді [16].

Кейбір пікірлерге сүйенсек, тағам ағзаның қажеттілігін ғана қанағаттандырып қоймай, оның құрамындағы белоктар, майлар, көмірсулар, ауыстырылмайтын аминқышқылдары, витаминдер, ауыстырылмайтын май қышқылдары үйлесімді қатынаста, сонымен қатар көптеген тағамдар төмен калориялы болуы керек [15]. Авторлардың жүргізген зерттеулер нәтижелері бойынша ферменттелген өнім жасауға негіз ретінде құрамдастырылған сүт қоспасы мен соя компонентінің ара қатынасы 70:30 болуы дұрыс екендігі дәлелденді. Қоспадағы осы арақатынас органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері бойынша дәстүрлі сүтқышқылды сусындарға жақын тағам алуға мүмкіндік береді.

Тағамдық талшықтар дегеніміз – адам ағзасының ферменттерімен қорытылмай, пайдалы ішек

микрофлорасымен қорытылатын тағамдық заттар. Тағамдық талшықтар өсімдіктердің құрамында ғана болады. Кең танымал тағамдық талшықтардың (полисахаридтер) бірі – пектиндер. Пектин медицина саласында, соның ішінде фармакологияда асқазан-ішек жүйесін емдеуде, қант диабеті, обыр ауруларының алдын алуда ертеден қолданылып келеді. Пектин ағзадағы холестериннің мөлшерін азайтып, зат алмасу үрдістерін қалпына келтіреді, перифериялық қан айналымды, сонымен қатар ішек перистальтикасын жақсартады. Барлық жақсы қасиеттерінің ішіндегі ең құндысы ағзаның бактериологиялық тепе-теңдігін сақтай отырып, тірі ағзаларды зиянды заттардан тазарту. Пектин ауыр металдың қосылыстарымен кешен құра алу қасиетінің арқасында ағзадан улы металдарды, пестицидтерді, радионуклидтерді шығарады. Сондықтан пектинді профилактикалық зат ретінде ауыр металдар қосылыстары, радиоактивті заттар мен нитраттармен қаныққан қоршаған ортаның қолайсыз жағдайларында қолданады [16,44].

Құрамында пектині бар кең таралған шикізаттарға зерттеулер жүргізілді. Олар: цитрусті жемістер (сықпалары), алмалар (сығынды), қант қызылшасы, азықтық қарбыз, күнбағыс себегі, топинамбур түйнегі және басқа да ауылшаруашылық шикізаттары [16]. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде термофильді стрептококк және болгар таяқшасының штаммаларының негізінде дайындалған йогурт ашытқысының даму заңдылығы және оған алма клетчаткасының массалық үлесінің алынған ұйындының синергетикалық қасиеттеріне әсері анықталды. Енгізілген талшықтардың мөлшерін көбейткен кезде ұйындының суды бойында сақтау қабілеті арта түседі, енгізілетін алма талшығының оңтайлы мөлшері 2-4% болатыны белгіленген.

Пребиотиктерге жататын қорытылмайтын фруктоолигосахаридтердің (ФОС) бірі – инулин. Ол асқазан-ішек жолдарына түскенде гидролизденбейді және сіңбейді, тоқ ішекке жеткенше ешқандай өзгеріске ұшырамайды. Тоқ ішекте инулин микрофлораның гидролазаларымен фруктозаға дейін ыдырайды. Фруктозаны энергия көзі ретінде қолданып, инулин бар жерде бифидобактериялар жылдам көбейеді.

Инулин – табиғатта әртүрлі өсімдіктерден алынатын табиғи полисахарид, ол әртүрлі фармацевтикалық және тағамдық мақсатта қолданылады. Көптеген зерттеулер құрамында пребиотиктері бар заттар жөніндегі физиологиялық ақпараттарды ашты. Адам ағзасының денсаулығына инулин тәрізді тағамдық факторлардың әсер етуін сипаттауда синергетикалық ықпалы дұрыс болып есептеледі [17]. Инулин типтес пребиотиктер ішектегі пайдалы (пробиотикалық) бактериялардың өсуіне қолайлы жағдай тудыратын тағамдық заттардың категориясына жатады. Инулин, олигофруктоза және ФОС асқорыту жүйесінің жоғарғы бөлімдерінде ферментативтік қорытылуға қарсы тұрады. Ол тоқ ішекке дейін өзгеріссіз жетіп, сол жерде бактериалдық ыдырауға ұшырайды. Инулин типтес барлық пребиотиктер бифидогенді болып саналады, яғни бифидобактериялардың түрлерінің өсуіне жағдай туғызады. Инулин типтес пребиотиктердің аз дозасының өзі бифидогендік әсер береді. Сонымен бірге пребиотиктердің бірдей дозасымен әсер еткен кезде бифидобактериялардың жалпы мөлшері және белгілі бір түрлері ауыспалы болуы мүмкін [18].

Инулиннің физиологиялық құндылығы ол пробиотиктерге, соның ішінде бифидобактерияларға субстрат ретінде қызмет атқарады. Оны тағамның құрамында қолдану қанның құрамындағы глюкозаның мөлшерін көбейтпейді және инсулиннің түзілуіне жағдай жасамайды. Белгілі бір нәтижеге жету үшін тағамдық талшықты немесе пребиотикті әсері бар күнделікті 8-10 г. инулин тұтыну қажет. Инулин табиғи тағамдық компонент болып табылады, ол көптеген өсімдіктерде, соның ішінде көк және бас пиязда, сарымсақта, сонымен қатар көп мөлшерде цикорий мен тапинамбур түйнектерінде кездеседі [19].

Құрамында инулин және ФОС бар функционалдық тағамдық өнімдерді тұрақты түрде тұтыну тамақтануға байланысты дамитын аурулардың болу мүмкіндігін азайтады, адам денсаулығын сақтайды және жақсартады. Сондықтан инулин және ФОС-пен байытылған функционалдық тағамдық өнімдерді тұтыну және өндіріс көлемін ұлғайту өзекті мәселе болып табылады. Инулин және ФОС алу үшін негізгі қолданылатын шикізат көзі – цикорий мен топинамбур [20,21,22].

Бүкіл әлемде функционалдық тағамдық өнімдерді тұтыну және оның өндірісінің даму үрдісі байқалады. Солардың ішінде көп бөлігі сүтқышқылды пробиотикалық тағамдардың үлесінде. Сүтқышқылды тағамдар мен сусындар әртүрлі тағамдық және емдік қасиеттерге ие. Сүтқышқылды бактериялар сүтқышқылды тағамдар алуда маңызды рөл атқарады. Пробиотикалық сүт тағамдарын алуда лактоацидофилин және бифидобактериялар қолданылатыны белгілі. Сүт өндірісінің

келешегі бар бағыттарының бірі функционалды сүтқышқылды өнімдер, соның ішінде йогурт өндірісі.

Йогурт пробиотикті тасымалдаушы өнім. Кейбір йогурт және сүзбе ұнтақтарында кептірілгеннен кейін де микроорганизмдердің белгілі мөлшері тірі күйінде сақталады. Мұндай тағамдық өнімдер, сусындар мен ұнтақтар өздерінің дәмі мен хош иісі және жоғары тағамдық құндылығының арқасында тұтынушылардың қолданылуы үшін аса тиімді. Сүтқышқылды өнімдердің тағы бір ерекшелігі асқазан-ішек жолдарының профилактикасында, қан сарысуындағы холестерин деңгейін төмендетуде және анти мутагендік белсенділікте қолданылуы. Ферменттелген тағамдарды атеросклерозбен ауыратын науқастарға қолданылуға кеңес беріледі.

Биологиялық белсенді қоспаларды қолдана отырып, адам ағзасындағы тағамдық эссенциалдық заттардың жетіспеушілігін тез әрі оңай жоюға және ағзаның қоршаған ортаның зиянды әсерлеріне қарсы тұру қабілетін арттыруға болады. Сонымен бірге адам ағзасының жеке мүшелері мен жүйелерінің қызметін қолдап, реттей алатын дәрі-дәрмексіз емдеу арқылы денсаулықты жақсартып, аурулардың санын азайтып, адам өмірін ұзартуға мүмкіндік береді [23-27].

Бүгінгі таңда кеңінен таралған иммунитетті күшейтетін және ағзаға жалпылай игі әсер ететін өнімдерге тағамдық талшықтамен байытылған тағамдар жатады [28].

Бүгінгі күні тағамдық талшықтармен байытылған сүтқышқылды өнімдер өндіру өндірісі, соның ішінде йогурт өндіру өзекті болып саналады. Тағам өнімдерін байыту үшін денсаулық үшін қауіпсіз және кеңінен таралған, ағзаға шын мәнінде жетіспей тұрған микронутриенттер пайдаланылады. Бұндай тағамдарды шығарғанда таңдалған ингредиенттердің қасиеттерін, сонымен қатар олардың ағзаға әсерін ескеру керек.

Пробиотиктер қажетті мөлшерде енгізген кезде денсаулыққа жағымды әсер ететін тірі микроорганизмдер. Йогурт тұтыну кезінде, оның құрамында тірі бактериялардың болуына байланысты денсаулыққа айтарлықтай жақсы әсері бар екені байқалды. Бірнеше адамдарға жүргізілген зерттеулер нәтижесі құрамында (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) бактериялары бар йогурт лактозаның қорытылуын жақсартып және лактозаға төзбеушілік белгілерін жоятындығын анық көрсетті. Лактозаны қорыта алмаушылықпен әлемде 70% шамасында адам ауырады. Лактазаға тәуелділік - асқазанда β-галактозидаза ферментінің аздығынан және лактоза асқазанда осмотикалық, қорытылмайтын карбоногидрат ретінде болуынан туындайтын ауру. Йогурт культурасындағы сүтқышқылды лактаза жетіспеушілігімен ауыратын адамдардың лактозаға тәуелділігін жеңілдетеді. Сонымен қатар лактозаны қорытудан басқа, ересек адамдарда, соның ішінде дені сау жас әйелдерде В витаминдер профилін жақсарту болып табылады [29,30,34].

**Йогурттар денсаулық үшін пайдасы зор пробиотикалық бактерияларды тасымалдаушы ретінде пайдаланылады. Өнімнің 1 грамындағы өміршең жасушалардың ұсынылған деңгейін қанағаттандыру үшін, пробиотикалық бактериялардың өміршеңдігін бағалау маңызды болып табылады. Бұл *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* және *Bifidobacterium* сияқты пробиотикалық бактериялардың және сүт қышқылды бактериялардың йогурттағы мөлшерін селективті санау әдісін талап етеді [31].**

Көптеген елдерде йогурттың құрамына әртүрлі тағамдық талшықтар енгізу кеңінен таралған. Тағамдық талшықтар дегеніміз – адам ағзасында аскорыту ферменттерімен қорытылмай, ішектің пайдалы микрофлорасымен өңделетін тағамның құрамдас бөлігі. Қазіргі уақытта тағамдық талшықтар тағамның өте қажетті құрамдас бөлігіне жатады. Осы мәселені есепке ала отырып, егер тағамның құрамында қажетті мөлшерде тағамдық талшықтар болмаса, адамның тамақтануын толыққанды деп айтуға болмайды [27,32].

Құрамында топинамбур ұнтағы мен сояның тағамдық талшығы бар йогурт өндіретін өндірістер бар. Функционалды йогурт жоғары тағамдық құндылыққа ие екені белгілі және олар егде адамдар үшін ұсынылады [23,24,26,33-36].

Қазіргі заманғы адамның тамақтануы энергия шығындарын төмендету арқылы калорияның артуына; жартылай қанықпаған май қышқылдары омега-3 шығынын азайту арқасында жалпы май тұтынуды арттырумен; қант және қарапайым көмірсулар тұтынуды едәуір көбейту арқылы күрделі көмірсулар мен тағамдық талшықтарды тұтынуды азайтумен; жеміс-жидек пен көкөністі аз

қолданып, астық тұқымдастарды көбірек пайдаланумен; белок, кальций және антиоксиданттарды өте аз қабылдануымен сипатталады. Таңдалған дәлелді скрининг негізінде авторлар функционалдық ингредиент – гүлтәжі майының сүт майымен үлестік қатынасын тең 50:50 ретінде анықтады, сол арқылы сүтқышқылды өнімінің майқышқылдық құрамын реттеуге мүмкіндік алды. Алынған бифидобактериялардың концентраты пробиотикалық микрофлораның көлемін сүтқышқылды өнімнің жарамдылық мерзімі бойы сақтап, пробиотикалық микроорганизмдермен байытуға көмектеседі [36].

Түйе сүтінен алынған сүтқышқылды өнімдер ерекше орын алады. Түйе сүтінің дәмі мен иісінің сиыр сүтінен айырмашылығы жоқ, ақ түсті, тәттілеу және аздап тұз дәмі бар, олардың бұл қасиеттері малдың азығы мен судың сапасына байланысты.

Түйе сүті шөл дала аймағында тұратын тұрғындар үшін жануар тектес белоктар мен майлардың маңызды көзі. Оның құрамында маңызды микроэлементтер – кальций, мырыш, кобальт, темір, калий, фосфор және сонымен қатар А, С, В тобының витаминдері бар. Түйе сүті иммунитетті күшейтіп, жалпы денсаулықты жақсартады. Сиыр сүтімен салыстырғанда түйе сүтінде натрийдің, 10 есе темірдің және С витаминінің мөлшері көп. Сонымен қатар түйе сүтінің майының құрамында өте пайдалы қанықпаған май қышқылдарының үлесі айтарлықтай.

Түйе сүті қатерлі ісік пен лейкемия кезінде қолданылады. Бұл ғылыми негізделген деректер болып табылады. Мысалы, Бағдат қаласының онкологиялық институтында түйе сүтінің құрамын тәжірибе жүзінде зерттеп, оның құрамынан ағзаны обыр ауруын тудыратын қосылыстардан тазартатын белсенді зат бөлініп алынған. Түйенің иммундық жүйесі өте жақсы дамыған, ол сыртқы инфекциялық агенттер мен бөгде заттармен күресіп қана қоймай, сондай-ақ ағзаның өз ішіндегі инфекциялармен де күреседі. Қатерлі ісік ауруы кезінде түйе сүтін пайдаланудың тиімділігін клиникалық тәжірибе тиімді дәлелдеді.

Сүтқышқылды өнімдерді ерте кезден бері туберкулезді емдеуге және асқазан-ішек жолдарының ойық жарасы сияқты дененің басқа да ауруларын емдеу үшін қолданған. Түйе сүтімен ұйқы безі, бауыр мен ішек зақымдануын емдеу тиімді болып табылады. Созылмалы гастрит ауруы кезінде түйе сүтін пайдаланса, ол асқазанның шырышты қабығының қабынуын тоқтатуға ықпал етеді және асқазан сөлінің қышқылдығын қалпына келтіреді. Осы орайда, жаңа ғана сауылған түйе сүтін аш қарынға тамақ ішер алдында жарты сағат бұрын 200 мл және күніне қосымша 1 - 2 рет қабылдаған денсаулық үшін өте пайдалы [37].

Түйе сүті басқа малдың сүтіне қарағанда көпке дейін сақталады. Жоғары бактерицидтік қасиет сүт қышқылының көбеймеуіне жағдай жасайды +10<sup>0</sup>С температурада түйе сүтінің қалыпты қышқылдығы тәулік бойы сақталады, ал бұл кезде сиыр сүтінің қышқылдығы үздіксіз өседі. Сүттің құрамында натрийдің көп мөлшерде болуы шөлді басуға көмегін тигізеді. Шөл далада ұзақ сапарға шыққанда керуенде сүтті түйелерді алып жүрген. Түйе сүтінің құнарлылығы да өте жоғары, оның 100 грамында 101 килокалория бар. Шығыс елдерінің адамдары бірнеше күннен екі-үш аптаға дейін тек түйе сүтімен қоректеніп өмір сүре алады.

Микроорганизмдердің мұражайында (ҒӨК «Антиген») сақталған түйе сүті мен шұбаттан алынған сүтқышқылды бактериялардың антагонистік қызметі зерттелді. Зерттеу барысында күшті антагонистік қасиеттеріне байланысты, оларды пробиотикалық препараттарды шығаруға пайдалануға болатындығы анықталды [38].

Ферменттелген түйе сүтін сақтау кезінде оның құрамындағы стрептококктардың көп азаймағандығы белгілі болды. Зерттелген басқа жануарлардың пробиотикалық сүтқышқылды өнімдерімен салыстырған кезде микробиоттардың өміршеңдігі айтарлықтай өзгермегендігі байқалды [39].

Ұзақ мерзімді ғылыми-зерттеу 1 типті қант диабетімен ауыратын адамдарға инсулин терапияға қосымша ретінде түйе сүтінің тиімділігі, қауіпсіздігі және қолайлылығын бағалау үшін жүргізілді. Ол түйе сүті 1 типті қант диабетімен ауыратындардың инсулин дозасын айтарлықтай қысқаруына, ұзақ мерзімді глюкоза деңгейін бақылауын жақсартуға қауіпсіз және тиімді екенін атап өтуге болады. Бұдан кейінгі зерттеулер тәжірибелік егеуқұйрықтарға түйе сүтінің гипогликемиялық әсері, сондай-ақ бақылау тобында және 2 типті диабет ауруымен ауыратындардың инсулинге сезімталдығына түйе сүтінің гипогликемиялық әсері бойынша жүгізілді. Нәтижесінде қант диабетімен ауыратын адамдарда инсулиннің мөлшері айтарлықтай төмендеуі болды [40-42].



Біздің зерттеулер, түйе сүтінің құрамы мен қасиеттері бойынша негізгі көрсеткіштері қалыпты мөлшерде болатынын көрсетті. Осылайша, майдың массалық үлесі 3,72% ден 3,92% аралығында болды. Бұл түйе сүті үшін жақсы көрсеткіш болып табылады, сүттің майлылығы оның азығының сапасына байланысты. Сүтқышқылды өнімдердің өндірісі сүтқышқылды ашу кезіндегі белоктардың коагуляциясына негізделген. Зерттелген түйе сүтінің құрамындағы жалпы белок салыстырмалы түрде жоғары болды 3,49% пен 3,79%, оның ішінде казеин 2,47% - дан 2,88%, сарысу белогы - 1,02%.

Түйе сүтінде лактозаның мөлшері 4,50% құрады. Сүттегі бұл көрсеткіш негізінен жануарлардың тұқымына, сондай-ақ түйенің тұқымына мен жемшөпке байланысты.

Сүттің титрлеу қышқылдығы құрамындағы минералдық заттарға, тұздар мен белоктарға байланысты болады. Түйе сүтінің титрлеу қышқылдығы 19,7 - ден 20,01°Т болып табылады. Қышқылдық белсенділігіне келсек, еркін сутегі иондарының концентрациясы, түйе сүті бейтарап орта көрсетеді рН = 6,8 ± 0,01. Түйе сүтінің тығыздығы шағын шек аралығында өзгереді, бұл оның құрамындағы ингредиенттерге байланысты. Біздің зерттеуімізде сүт салыстырмалы тұрақты тығыздықты көрсетті және ол 1,028 ден 1,032 г/см<sup>3</sup> аралығында ауытқыды [43].

Осылайша, біздің тәжірибемізден алынған деректер түйе сүті функционалдық сүт өнімдерін өндіру үшін жақсы теңдестірілген негіз болып табылатынын көрсетті.

#### ӘДЕБИЕТ

[1] Доронин, А.Ф. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию / А.Ф. Доронин, Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова и др. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 288 с.

[2] Шендеров, Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома / Б.А. Шендеров. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 319 с.

[3] Альхамова Г.К., Мазаев А.Н., Ребезов Я.М., Шель И.А., Зинина О.В. Продукты функционального назначения. Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 62–65.

[4] Попова М.А., Ребезов М.Б., Ахмедьярова Р.А., Косолапова А.С., Паульс Е.А. Перспективные направления производства кисломолочных продуктов, в частности йогуртов. Молодой ученый. 2014. № 9 (68). С. 196–199.

[5] Бывайлова Е.А. Ацидофильный продукт «Апимол» с повышенной биологической ценностью и пребиотическими свойствами / Современные тенденции в сельском хозяйстве: материалы II международной интернет-конференции. Казань, 2013. С. 28-30.

[6] Бывайлова Е.А. Разработка технологии обогащенного ацидофильного продукта с повышенной биологической ценностью и пребиотическими свойствами // 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств. Автореф. канд. технич. наук. Ставрополь, 2014. 18 с.

[7] Горбатова, К. К. Гунькова П.И. Химия и физика молока и молочных продуктов. СПб. : ГИОРД. 2012. – 336 с.: ил. – ISBN 978-5-98873-144-7.

[8] Крусь, Г.Н. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / Г.Н. Крусь [и др.]. – М.: КолосС, 2004– 455.: ил. - ISBN 5-9532-0166-4.

[9] Кунижев, С.М. Новые технологии в производстве молочных продук-тов/ С.М. Кунижев, В.А. Шуваев. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 203 с.

[10] Вековцев, А.А. Разработка, оценка потребительских свойств и эффективность пищевых продуктов пробиотического назначения: автореф. канд. техн. наук: 05.18.15. / Вековцев А.А. – Кемерово, 2003. 18 с.

[11] Осипенко, М.Ф. Применение пробиотиков в лечении патологии внутренних органов / М.Ф. Осипенко. // Фарматека. 2005. № 14. С. 16-20.

[12] Шендеров, Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т 3: Пробиотики и функциональное питание / Б.А. Шендеров. – М.: Грантъ, 2001. – 288 с.

[13] ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с Изменением N 1). – М.: Стандартинформ, 2006. 8 с.

[14] Остроумов, Л.А. Новые подходы к проектированию комбинированных молочных продуктов / Л.А. Остроумов, С.Г. Козлов // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сборник научных работ. Кемерово, 2007. С. 24–25.

[15] Вальтер, Г.Ф. Функциональные продукты питания: теоретические и практические аспекты развития / Г.Ф. Вальтер, П.А. Лисин // Современные технологии продуктов питания: теория и практика производства: материалы междунар. науч.-практ. семинара. – Омск: Вариант-Омск, 2010. 336 с.

[16] Догарева Н.Г., Ребезов М.Б. Кисломолочные продукты с пищевыми волокнами. Материалы Всероссийской научно- методической конференции Оренбургский государственный университет Оренбург, 03-05 февраля 2016 г. С.1095 -1106.

[17] Kotake M, Iwasaki M, Saito M, Tanaka K, Aw W, Fukuda S, Tomita M. The application of omics technologies in the functional evaluation of inulin and inulin-containing prebiotics dietary supplementation // Nutr Diabetes. 2015. 30;5:e185.

[18] Kelly G. Inulin-type prebiotics-a review: part 1. Altern Med Rev. 2008 Dec;13(4):315-29.

[19] Решетник Е.И., Уточкина Е.А. Разработка технологии ферментированного молочно-растительного напитка с функциональными свойствами. Техника и технология пищевых производств. 2011. № 2.

[20] Назаренко М.Н. Изменение инулина в клубнях топинамбура при хранении / М.Н. Назаренко, Т.В. Бархатова,

М.А. Кожухова, И.А. Хрипко, Е.В. Бурлакова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2013. – №10(094).

[21] Назаренко М.Н. Экстрагирование функциональных компонентов из клубней топинамбура. / М.Н. Назаренко, Т.В. Бархатова, Е.В. Бурлакова, Д.С. Третьяк // Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <ahref="http://www.scienceforum.ru/2013/15/6821"> (дата обращения: 29.09.2014).

[22] Назаренко М.Н. Совершенствование технологий получения инулина и фруктозо-глюкозного сиропа из топинамбура и их применения в производстве функциональных молочных продуктов. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Специальности: 05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства. 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств. Краснодар, 2014. 18 с.

[23] Попова М.А., Ребезов М.Б., Гязова А.О., Лукиных С.В. Оценка качества и безопасности разработанного йогурта. Молодой ученый. 2014. № 10 (69). С. 199–202.

[24] Мазаев А.Н., Шель И.А., Попова М.А., Уварова В.М., Прохасько Л.С. О фальсификации молока и молочных продуктов. Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 90–92.

[25] Альхамова Г.К., Мазаев А.Н., Шель И.А., Прохасько Л.С., Попова М.А., Уварова В.М. Функциональные ингредиенты в молочных продуктах. Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 65–67.

[26] Уварова В.М., Мазаев А.Н., Шель И.А., Попова М.А., Шкаева Н.А. Микробиологический контроль молочной продукции. Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 110–112.

[27] Ребезов М.Б., Наумова Н.Л., Альхамова Г.К., Кожевникова Е.Ю., Сорокин А.В. Конъюнктура предложения обогащенных молочных продуктов на примере Челябинска. Молочная промышленность. 2011. № 8. С. 38–39.

[28] Роль пищевых волокон в питании: [Электронный ресурс]: <http://old.smed.ru/guides/183/#article>.

[29] Guarner F, Perdigon G, Corthier G, Salminen S, Koletzko B, Morelli L. Should yoghurt cultures be considered probiotic? Br J Nutr. 2005;93(6):783–6.

[30] Savaiano DA. Lactose digestion from yogurt: mechanism and relevance. Am J Clin Nutr. 2014 May;99 (5 Suppl):1251S–5S.

[31] Ashraf R, Shah NP. Selective and differential enumerations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium* spp. in yoghurt—a review. Int J Food Microbiol. 2011. 3;149(3):194–208.

[32] Губер Н.Б., Ребезов М.Б., Топурия Г.М. Инструменты снижения рисков при реализации инновационных проектов в сфере продуктов питания животного происхождения. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. № 1. С. 156–159.

[33] Лилишенцева А.Н., Иващенко Н.И., Исаченко М.С., Шрамченко О.В. Пищевые волокна как важный фактор полноценного питания. Пищевая промышленность: наука и технологии. 2008. № 1. С. 35–39.

[34] Альхамова Г.К., Мазаев А.Н., Ребезов Я.М., Шель И.А., Зинина О.В. Продукты функционального назначения. Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 62–65.

[35] Попова М.А., Ребезов М.Б., Ахмедьярова Р.А., Косолапова А.С., Паульс Е.А. Перспективные направления производства кисломолочных продуктов, в частности йогуртов. Молодой ученый. 2014. № 9 (68). С. 196–199.

[36] Рожкова И.В. Исследование и разработка технологии кисломолочного продукта смешанного брожения для функционального питания. Специальность 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств. Диссер. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Омск, 2015. 18 с.

[37] Shiba K., Mishra B. Fermented Milks and Milk Products as Functional Foods—A Review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Volume 53, Issue 5, 2013. P. 482–496.

[38] Ниязбекова Ж.Н., Ахметсадыков Н.Н. Түйе сүтінен және шұбаттан бөлініп алынған сүтқышқылды бактериялардың антагонистік қасиеттерін анықтау // Ізденістер, Нәтижелер. 2015. № 1. Б. 174–179.

[39] Varga L, Süle J, Nagy P. Short communication: survival of the characteristic microbiota in probiotic fermented camel, cow, goat, and sheep milks during refrigerated storage. J Dairy Sci. 2014;97(4):2039–44.

[40] Agrawal RP, Jain S, Shah S, Chopra A, Agarwal V. Effect of camel milk on glycemic control and insulin requirement in patients with type 1 diabetes: 2-years randomized controlled trial. Eur J Clin Nutr. 2011;65(9):1048–52.

[41] Agrawal RP, Sharma P, Gafoorunissa SJ, Ibrahim SA, Shah B, Shukla DK, Kaur T. Effect of camel milk on glucose metabolism in adults with normal glucose tolerance and type 2 diabetes in Raica community: a crossover study // Acta Biomed. 2011;82(3):181–6.

[42] Morelli L. Yogurt, living cultures, and gut health // Am J Clin Nutr. 2014; 99(5 Suppl):1248S–50S.

[43] Асембаева Э.К., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Сейдахметова З.Ж. Химический состав верблюжьего молока фермерского хозяйства Алматинской области. Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции. Кемерово 2016 – С. 23–24.

[44] Донченко Л.В. Пектин: основные свойства, производство и применение/ Л.В. Донченко, Г.Г. Фирсов. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 275 с.

## REFERENCES

[1] Doronin, A.F. Funkcional'nye pishhevye produkty. Vvedenie v tehnologiju / A.F. Doronin, L.G. Ipatova, A.A. Kochetkova i dr. – М.: DeLi print, 2009. – 288 с.

[2] Shenderov, B.A. Funkcional'noe pitanie i ego rol' v profilaktike metabolicheskogo sindroma / B.A. Shenderov. – М.: DeLi print, 2008. – 319 с.

[3] Al'hamova G.K., Mazaev A.N., Rebezov Ja.M., Shel' I.A., Zinina O.V. Produkty funkcional'nogo naznachenija. Molodoj uchenyj. 2014. № 12 (71). S. 62–65.

- [4] Popova M.A., Rebezov M.B., Ahmed'jarova R.A., Kosolapova A.S., Paul's E.A. Perspektivnye napravlenija proizvodstva kislomolochnyh produktov, v chastnosti jogurtov. *Molodoy uchenyj*. 2014. № 9 (68). S. 196–199.
- [5] Byvajlova E.A. Acidofil'nyj produkt «Apimol» s povyshennoj biologicheskoj cennost'ju i prebioticheskimi svojstvami / *Sovremennye tendencii v sel'skom hozjajstve: materialy II mezhdunarodnoj internet-konferencii*. Kazan', 2013. S. 28–30.
- [6] Byvajlova E.A. Razrabotka tehnologii obogashhennogo acidofil'nogo produkta s povyshennoj biologicheskoj cennost'ju i prebioticheskimi svojstvami // 05.18.04 – Tehnologija mjasnyh, molochnyh i rybnih produktov i holodil'nyh proizvodstv. Avtoref. kand. tehnic. nauk. Stavropol', 2014. 18 s.
- [7] Gorbatova, K. K. Gun'kova P.I. Himija i fizika moloka i molochnyh produktov. SPb. : GИОРД. 2012. – 336 с.: ил. – ISBN 978-5-98873-144-7.
- [8] Krus', G.N. Tehnologija moloka i molochnyh produktov [Tekst] / G.N. Krus' [i dr.]. – M.: KolosS, 2004– 455.: ил. – ISBN 5-9532-0166-4.
- [9] Kunizhev, S.M. Novye tehnologii v proizvodstve molochnyh produktov / S.M. Kunizhev, V.A. Shuvaev. – M.: DeLi print, 2004. – 203 s.
- [10] Vekovcev, A.A. Razrabotka, ocenka potrebitel'skih svojstv i jeffektivnost' pishhevyh produktov probioticheskogo naznachenija: avtoref. kand. tehn. nauk: 05.18.15. / Vekovcev A.A. – Kemerovo, 2003. 18 s.
- [11] Osipenko, M.F. Primenenie probiotikov v lechenii patologii vnutrennih organov / M.F. Osipenko. // *Farmateka*. 2005. № 14. S. 16–20.
- [12] Shenderov, B.A. Medicinskaja mikrobnaja jekologija i funkcional'noe pitanie. T 3: Probiotiki i funkcional'noe pitanie / B.A. Shenderov. – M.: Grant#, 2001. – 288 s.
- [13] GOST R 52349-2005 Produkty pishhevye. Produkty pishhevye funkcional'nye. Terminy i opredelenija (s Izmeneniem N 1). – M.: Standartinform, 2006. 8 s.
- [14] Ostroumov, L.A. Novye podhody k proektirovaniju kombinirovannyh molochnyh produktov / L.A. Ostroumov, S.G. Kozlov // *Produkty pitaniya i racional'noe ispol'zovanie syr'evyh resursov: sbornik nauchnyh rabot*. Kemerovo, 2007. S. 24–25.
- [15] Val'ter, G.F. Funkcional'nye produkty pitaniya: teoreticheskie i prakticheskie aspekty razvitija / G.F. Val'ter, P.A. Lisin // *Sovremennye tehnologii produktov pitaniya: teorija i praktika proizvodstva: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. seminar. – Omsk: Variant-Omsk, 2010. 336 s.*
- [16] Dogareva N.G., Rebezov M.B. Kislomolochnye produkty s pishhevymi voloknami. Materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoj konferencii Orenburgskij gosudarstvennyj universitet Orenburg, 03-05 fevralja 2016 g. S.1095 -1106.
- [17] Kotake M, Iwasaki M, Saito M, Tanaka K, Aw W, Fukuda S, Tomita M. The application of omics technologies in the functional evaluation of inulin and inulin-containing prebiotics dietary supplementation // *Nutr Diabetes*. 2015. 30;5:e185.
- [18] Kelly G. Inulin-type prebiotics-a review: part 1. *Altern Med Rev*. 2008 Dec;13(4):315-29.
- [19] Reshetnik E.I., Utochkina E.A. Razrabotka tehnologii fermentirovannogo molochno-rastitel'nogo napitka s funkcional'nymi svojstvami. *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv*. 2011. № 2.
- [20] Nazarenko M.N. Izmenenie inulina v klubnjah topinambura pri hranenii / M.N. Nazarenko, T.V. Barhatova, M.A. Kozhuhova, I.A. Hripko, E.V. Burlakova // *Polimatemicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU)*. Krasnodar: KubGAU, 2013. – №10(094).
- [21] Nazarenko M.N. Jekstragirovanie funkcional'nyh komponentov iz klubnej topinambura. / M.N. Nazarenko, T.V. Barhatova, E.V. Burlakova, D.S. Tret'jak // *Materialy V Mezhdunarodnoj studencheskoj jelektronnoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchnyj forum»* URL: <ahref="http://www.scienceforum.ru/2013/15/6821.www.scienceforum.ru/2013/15/6821"> (data obrashhenija: 29.09.2014).
- [22] Nazarenko M.N. Sovershenstvovanie tehnologii poluchenija inulina i fruktozo-gl'jukoznogo siropa iz topinambura i ih primenenija v proizvodstve funkcional'nyh molochnyh produktov. *Dissertacijana sois uchenoj stepeni kand. tehnic. Nauk. Special'nosti: 05.18.01 – Tehnologija obrabotki, hranenija i pererabotki zlakovyh, bobovyh kul'tur, krupjanyh produktov, plodoovoshhnoj produkcii i vinogradarstva*. 05.18.04 – Tehnologija mjasnyh, molochnyh i rybnih produktov i holodil'nyh proizvodstv. Krasnodar, 2014. 18 s.
- [23] Popova M.A., Rebezov M.B., Gajazova A.O., Lukinyh S.V. Ocenka kachestva i bezopasnosti razrabotannogo jogurta. *Molodoy uchenyj*. 2014. № 10 (69). S. 199–202.
- [24] Mazaev A.N., Shel' I.A., Popova M.A., Uvarova V.M., Prohas'ko L.S. O fal'sifikacii moloka i molochnyh produktov. *Molodoy uchenyj*. 2014. № 12 (71). S. 90–92.
- [25] Al'hamova G.K., Mazaev A.N., Shel' I.A., Prohas'ko L.S., Popova M.A., Uvarova V.M. Funkcional'nye ingredienty v molochnyh produktah. *Molodoy uchenyj*. 2014. № 12 (71). S. 65–67.
- [26] Uvarova V.M., Mazaev A.N., Shel' I.A., Popova M.A., Shkaeva N.A. Mikrobiologicheskij kontrol' molochnoj produkcii. *Molodoy uchenyj*. 2014. № 12 (71). S. 110–112.
- [27] Rebezov M.B., Naumova N.L., Al'hamova G.K., Kozhevnikova E.Ju., Sorokin A.V. Konjunktura predlozhenija obogashhennyh molochnyh produktov na primere Cheljabinska. *Molochnaja promyshlennost'*. 2011. № 8. S. 38–39.
- [28] Rol' pishhevyh volokon v pitanii: [Jelektronnyj resurs]: <http://old.smed.ru/guides/183/article>.
- [29] Guarner F, Perdigon G, Corthier G, Salminen S, Koletzko B, Morelli L. Should yoghurt cultures be considered probiotic? *Br J Nutr*. 2005;93(6):783-6.
- [30] Savaiano DA. Lactose digestion from yogurt: mechanism and relevance. *Am J Clin Nutr*. 2014 May;99 (5 Suppl):1251S-5S.
- [31] Ashraf R, Shah NP. Selective and differential enumerations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium* spp. in yoghurt-a review. *Int J Food Microbiol*. 2011. 3;149(3):194-208.
- [32] Guber N.B., Rebezov M.B., Topurija G.M. Instrumenty snizhenija riskov pri realizacii innovacionnyh proektov v sfere produktov pitaniya zhivotnogo proishozhdenija. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Jekonomika i*

menedzhment. 2014. Т. 8. № 1. С. 156–159.

[33] Lilishenceva A.N., Ivashhenko N.I., Isachenko M.S., Shramchenko O.V. Pishhevye volokna kak vazhnyj faktor polnocennogo pitaniya. Pishhevaja promyshlennost': nauka i tehnologii. 2008. № 1. С. 35–39.

[34] Al'hamova G.K., Mazaev A.N., Rebezov Ja.M., Shel' I.A., Zinina O.V. Produkty funkcional'nogo naznachenija. Molodoy uchenyj. 2014. № 12 (71). С. 62–65.

[35] Popova M.A., Rebezov M.B., Ahmed'jarova R.A., Kosolapova A.S., Paul's E.A. Perspektivnye napravlenija proizvodstva kislomolochnyh produktov, v chastnosti jogurtov. Molodoy uchenyj. 2014. № 9 (68). С. 196–199.

[36] Rozhkova I.V. Issledovanie i razrabotka tehnologii kislomolochnogo produkta smeshannogo brozhenija dlja funkcional'nogo pitaniya. Special'nost' 05.18.04 – tehnologija mjasnyh, molochnyh i rybnyh produktov i holodil'nyh proizvodstv. Dissert. na soisk. uch. step.kand. tehn. nauk. Omsk, 2015. 18 s.

[37] Shiba V.K., Mishrab G.N. Fermented Milks and Milk Products as Functional Foods-A Review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Volume 53, Issue 5, 2013. R. 482-496.

[38] Nijazbekova Zh.N., Ahmetsadykov N.N. Tyje sytinen zhəne shybattan bəlinip alynfan sytykshykyldy bakterijalardyң antagonistik kasieterin anyktau // Izdenister, Nətizheler. 2015. № 1. B. 174-179.

[39] Varga L, Süle J, Nagy P. Short communication: survival of the characteristic microbiota in probiotic fermented camel, cow, goat, and sheep milks during refrigerated storage. J Dairy Sci. 2014;97(4):2039-44.

[40] Agrawal RP, Jain S, Shah S, Chopra A, Agarwal V. Effect of camel milk on glycemic control and insulin requirement in patients with type 1 diabetes: 2-years randomized controlled trial. Eur J Clin Nutr. 2011;65(9):1048-52.

[41] Agrawal RP, Sharma P, Gafoorunissa SJ, Ibrahim SA, Shah B, Shukla DK, Kaur T. Effect of camel milk on glucose metabolism in adults with normal glucose tolerance and type 2 diabetes in Raica community: a crossover study // Acta Biomed. 2011;82(3):181-6.

[42] Morelli L. Yogurt, living cultures, and gut health // Am J Clin Nutr. 2014; 99(5 Suppl):1248S-50S.

[43] Asembaeva Je.K., Veljamov T.M., Lesova Zh.T., Sejdahmetova Z.Zh. Himicheskij sostav verbljuzh'ego moloka fermerskogo hozjajstva Almatinskoy oblasti. Pishhevye innovacii i biotehnologii: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Kemerovo 2016 – S. 23-24.

[44] Donchenko L.V. Pektin: osnovnye svoystva, proizvodstvo i primeneniye/ L.V. Donchenko, G.G. Firsov. – M. : DeLi print, 2007. – 275 s.

**Э.К. Асембаева, З.Ж. Сейдахметова, Т.М. Велямов, Ж.Т. Лесова, Д.Е. Нурмуханбетова**

Алматинский технологический университет, г. Алматы

### **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ. КИСЛОМОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ИЗ ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА**

**Аннотация.** В последние годы все большее внимание уделяется созданию продуктов функционального питания, которые могут оказывать определенное регулирующее действие на организм в целом или на его определенные системы и органы. В данном обзоре приведены современные представления о функционально важных ингредиентах пищевых продуктов, разработке биологически полноценных продуктов питания, имеющих сбалансированный состав. Функциональные продукты – это разработанные пищевые продукты с заданным химическим составом, физическими свойствами и энергетической ценностью. К ним относятся продукты, обогащенные пробиотиками, пищевыми волокнами, антиоксидантами, витаминами, микроэлементами, флавоноидами и минеральными веществами.

Продукты из верблюжьего молока занимают особое место среди кисломолочных продуктов. Верблюжье молоко – важный источник животных белков и жиров. Оно содержит ряд важных микроэлементов, витамины А, С и витамины группы В. Молоко от верблюдов укрепляет иммунитет и здоровье в целом. Верблюжье молоко является хорошо сбалансированной основой для получения функциональных молочных продуктов.

**Ключевые слова:** функциональные продукты, верблюжье молоко, ферментированное молоко, пребиотики, пробиотики, инулин, йогурт.

#### **Сведения об авторах**

Асембаева Э.К – докторант PhD, 2 курс;

Сейдахметова З.Ж. – д.б.н., профессор;

Велямов Т.М. – д.б.н., профессор;

Лесова Ж.Т. к.б.н. – профессор АТУ;

Нурмуханбетова Д.Е. – к.т.н., и.о.доцента.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 285 – 301

**Ya.V. Pylypchuk**

of Institute of Oriental Studies in NAS of Ukraine, PhD, Ukraine, 01001, Kyiv, Hrushevsky street, 4  
[pylypchuk.yaroslav@gmail.com](mailto:pylypchuk.yaroslav@gmail.com)

## FALL OF MOGOLISTAN AND UIGHUR STATES IN XVII-XVIII CENTURIES

This paper is devoted to the history of the fall of Mogolistan and Uighur states in XVII-XVIII centuries. The main reason for the decline of the Moguliya (Mogolistan) steel inner turmoil in the state. Rival parties are actively using foreign to solve their problems. Toghluk-Timurids from Turfan used Oirats-Zhungars in internal strifes. The rulers of Kashgar and Yarkand relied on Kyrgyz. Zhungar khans Senge and Galdan-Boshoktu actively used the strifes between the Mogols to impose her dependent on him. Troubles and fall of Mogol khans might have led to the decline of the secular power, and theocracy established in the territory of Kashgaria at the end of the XVII century. Zhungarians become true masters of the situation in East Turkestan. Zhungard yoke played a role in the fact that Uighurs during the first half in XVIII century were allies of the Qing Empire. Conquest of Zhungarian khanate by Qing imperial troops led to deprived of the autonomy that the Uighur domains that has, when they were under reign of Zhungars. Some Uighur nobility, especially Khaqim-beks, cooperated with the Qing Empire. The most famous among coloborants were Amin-Khwaja and Kush-Kopek-Bey. However, White Mountains khwajas didn't disdain to use the help of Qing imperial troops during the struggle for power against the Black Mountains khwajas. Burhan al-Din and Khwaja-Jahan rebelled against the Qing Dynasty, only when defeated Black Mountains khwajas. White Mountains khwajas couldn't ensure consolidation of anti-Qing position of population of East Turkestan. Black Mountains khwajas revolted first against the Qing Dynasty. White Mountains khwajas managed to quarrel even with allied Kyrgyz. Muslim neighbors of Kashgaria didn't help the Uighurs. Each country was only concerned for their safety. They could help it to hide the refugees and khwajas sons.

**Keywords:** Moguliya, Mogolistan, Zhungar khanate, Qing Dynasty, Kyrgyz, Uighurs, Mogols, khwajas, strifes, Black Mountains khwajas, White Mountains khwajas.

**Я.В.Пилипчук**

Институт востоковедения им. А.Ю. Крымского НАН Украины

## ПАДЕНИЕ МОГОЛИСТАНА И УЙГУРСКИХ ГОСУДАРСТВ В XVII-XVIII вв.

**Аннотация.** Данная статья посвящена истории падения Моголистана и уйгурских государств в XVII-XVIII вв. Главной причиной упадка Могулии (Моголистана) стали внутренние смуты всередине государства. Соперничающие стороны активно использовали посторонних для решения своих проблем. Правящие в Турфане Тогhluk-Тимуриды пользовались помощью ойратов-джунгаров. Правители Кашгара и Яркенда опирались на кыргызов. Джунгарские ханы Сенге и Галдан-Бошокту активно использовали смуты в Могулии для того, чтобы навязать ей зависимость от себя. Смуты и падение могущества ханов привели к упадку светской власти и в конце XVII в. на территории Кашгарии утвердилось теократия. Джунгары стали настоящими хозяевами ситуации в Восточном Туркестане. Джунгарское иго сыграло роль в том, что уйгуры на протяжении первой половины XVIII в. выступали союзниками Империи Цин. Завоевание Джунгарии имперскими войсками привело к тому, что уйгурские владения были лишены и той автономии, которая была у них при джунгарах. Часть уйгурской знати, в частности хаким-беки, сотрудничали с империей Цин. Наиболее известными из коллобарационистов были Эмин-ходжа и Куш-Келек-бек. Впрочем, белогорские

ходжи не брезговали пользоваться помощью имперских войск во время борьбы за власть против черногорских ходжей. Бурхан ад-Дин и Ходжа-Джахан только тогда подняли восстание против империи Цин, когда победили черногорских ходжей. Белогорские ходжи не смогли обеспечить консолидированной антицинской позиции жителей Восточного Туркестана. Черногорские ходжи первыми подняли восстание против империи Цин. Белогорские ходжи умудрились поругаться даже с союзными кыргызами. Мусульманские же соседи Кашгарии не оказали помощи уйгурам. Каждая страна была озабочена только своей безопасностью. Максимум чем они могли помочь, это укрыть у себя беженцев и сыновей ходжей.

**Ключевые слова:** Могулия, Моголистан, Джунгарское ханство. Империя Цин, кыргызы, уйгуры, моголы, ходжи, усобицы, черногорские ходжи, белогорские ходжи.

Одним из интереснейших аспектов истории Евразии является история Восточного Туркестана в 1636-1765 гг. Этот период можно условно разделить на несколько периодов. Первый период (1636-1679 гг.) был временем постепенного и медленного упадка Моголистана, который впрочем оставался независимым государством. И это не исключало отдельные успехи хана Абдаллаха. Второй период (1680-1696 гг.) характеризовался смутами в Моголистане и закончился падением светской власти и сменой власти Туглук-Тимуридов на власть белогорских и черногорских ходжей Восточного Туркестана. Третий период (1696-1765) был периодом пребывания уйгурских владений на правах вассальных владений в составе Джунгарского ханства. В конце периода владения ходжей стали наместничеством Империи Цин, где правил китайский генерал-губернатор. Среди работ посвященных истории Восточного Туркестана можно выделить ряд публикаций. Истории Могулии (Моголистана) посвящены работы кыргызского исследователя О. Караева и казахского историка Г. Исхакова [Караев 1995; Исхаков 2007; Исхаков 2008]. Книга А. Куропаткина о Кашгарии является устаревшей на данный момент [Куропаткин 1879]. Схематично история уйгуров и моголов была изучена русским востоковедом В. Бартольдом. Фактически он проанализировал и прокомментировал сведения хроники "История Кашгара" [Бартольд 1973]. Буквально пару слов о интересующем нас периоде есть в статье О. Акимускина [Акимускин 1970]. В статье китайского историка Ма Дженга история Могулии и уйгуров рассмотрена очень коротко и схематично [Ma Dzheng 2003]. Интересной является статья Дж. Флетчера о биографии уйгура Хуш Кепек-бека [Fletcher 1984]. На данный момент наиболее актуальными являются книги и статьи австралийского исследователя Д. Броси и японского алтаиста Т. Онумы [Brothy, Onuma 2016; Brothy 2008; Onuma 2012; Onuma 2014]. Также важными являются работы Г. Шварца, Т. Сагучи и И. Тогана по истории белогорских и черногорских уйгурских ходжей [Schwarz 1968; Saguchi 1968; Togan 2001-2002]. Работы кыргызских ученых Д. Сапаралиева и Т. Чороева посвящены роли кыргызов в истории Моголистана и Кашгарии [Сапаралиев 1995; Choroev 2003]. Можно констатировать что цельная картина истории Восточного Туркестана интересующего нас периода на данный момент не существует. Задачей данного исследования является анализ причин падения Моголистана и уйгурских государств.

Касательно Моголистана, то в 1634-1635 гг. умер главный антагонист кашгарско-яркендских правителей Абд ар-Рахим. Но свято место пустым не бывает и Абу-л-Хади попытался сделать ханом одного из сыновей Абдаллаха. Абдаллах же казнил Абу-л-Хади за измену. Он сам планировал править и направился в Аксу. Султан-Ахмед ушел в Яркенд. В 1635-1636 гг. умер хан Махмуд и соперничество между Абдаллахом и Ахмедом. В битве в местности Тургай Абдаллах был разбит и вынужден был вернуться в Аксу. Однако много эмиров поддерживали Абдаллаха и перешли на его сторону. Ахмед был вынужден бежать в Бухарское ханство к аштарханиду Имам-Кули-хану и помогал ему в осаде Анджижана в ходе которой и погиб в 1638-1639 гг. Тогда же эмиры и ходжи возвели на престол Яркенда Абдаллаха, который смог объединить западную и восточную части Могулии (Моголистана). Покорились Абдаллаху и дотоле непокорные кыргызы. Их вождь Койсара был одним из беков играющих значительную роль в Могулии, наравне с чурасами и урдабиги. Олжотай-бек из кыргызов стал хакимом Аксу, а Куртка-бек – хакимом Уч-Турфана. Абдаллах в отличии от своих предшественников предпочитал поддерживать мирные отношения с кыргызами, да и кыргызы теснимые ойратами были вынуждены поступать на службу к узбекам и моголам. Согласно Махмуду б. Вали и Хаджи Мир Мухаммеду Салим-ходже кыргызы Назар-бека и Хусрау-бека служили бухарскому хану Имам-Кули. Но время потерянное в усобицах было безвозвратно потеряно. На западных границах укрепились кыргызы, а на севере и востоке от Моголистана укрепились конфедерации четырех племен ойратов, которая в историографии известна как Джунгарское ханство. Могулия (Моголистан) еще смогла пережить при Абдаллахе ренессанс своего могущества и моголы совершали далекие походы на Болор,

Бадахшан и Ош. Хазарейцы были вынуждены поклониться и унизиться перед моголами, ойраты-джунгары нависли угрожающей тучей над Моголистаном. На Хотан, куда Абдаллах отправил наместником Ибрахим-султан, напали тайши Церен, Сумэр и Конджин. В Турфане и Джальше наместником был Абу-л-Мухаммед-хан. Хотан и Турфан оставались удельными владениями. При правлении Абдаллаха вели ожесточенную борьбу с ойратами. Кыргызы и казахи же были серьезно потеснены джунгарами. Однако это не помешало кыргызам нанести поражение моголам, когда те возвращались из набега на Ош. Появление новой серьезной угрозы со стороны джунгар обусловило пролонгирование казахско-могольского союза. Абдаллах и хан казахов Джахангир заключили между собой союз. Шах-Махмуд Чурас сообщал, что казахи отправляли посольства во главе с Тауке-султаном и Аппаком-султаном. Дочь хана Джахангира была выдана замуж за Йалбарса (сына Абдаллаха). В русских источниках сообщалось, что Батур-хунтайджи завоевал часть Бухарии. Бухарией в них назывался Туркестан, который делился на Великую (Бухарское ханство узбеков) и Малую Бухарию (Яркендское ханство моголов). Джунгарский контайша отобрал часть территорий именно у яркендских правителей. В 1654 г. уже упоминались бухарцы, которые пахали для ойратов землю. В 1640 г. кыргызы уже были данниками джунгар. Ойраты в 30-х гг. XVII в., 1643, 1651-1652 гг. вторгались в казахские земли. В правление Батура и Сенге в Джунгарском ханстве ойраты в основном были заняты борьбой с халха-монголами и нападениями на русских. Абдаллах мог успешно бороться с ними за счет того, что основные силы джунгар находились в другом месте. Кроме того, после смерти Батура развернулась борьба за престо между Сенге и его противниками из ойратских племен [Караев 1995, 104-109; Акимускин 1970; Златкин 1970, 92, 119, 123, 129; Тарих-и Кашгар 1973; Чурас 1969; Мунис и Агехи 1938; Чурас 1976; Бийлибаев; Ma Dzheng 2003, 184-185; Tchorojev 2003, 115-116; Исхаков 2007, 85-86; Исхаков 2008, 5; Tchorojev 2003, 116].

Касательно внешней политики, то Абдаллах стремился расширить свои владения. В 1640-1641 г. могольский хан совершил нападение Болор (Нуристан). В "Истории Кашгара" упоминалось, что правителем Болора тогда был Шах-Бабур. Прежде чем вступить в Болор моголы прибыли в Сарыг-кол. Местные хазарейские военачальники Мухаммед-Йусуф-Мир и Риза-Касим-мир изъявили покорность и присоединились к моголам. Шах-Бабур услышав о подходе могольского войска выявил покорность и стал вассалом хана. Моголы подчинили себе большую часть Бадахшана. Субхан-кули-бек вместе с ханом совершили поход на кыргызов, но они были разбиты. Был совершен еще один поход. Моголы смогли разбить кыргызов при реке Нарын. Большая заслуга в победе принадлежала Ибрахим-султану и его хотанцам. Хан завидовал Ибрахиму и вскоре тот был вынужден удалиться в изгнание. Войско хана двинулось на Андижан во владение Фергана и взяло его. Второй поход на Андижан был неудачен и моголы были вынуждены отступить. Говорилось, что Абдаллах подчинил своей власти кыргызов. По сведениям Шах-Махмуда Чураса хан совершил грабительский поход на Ош, но на обратном пути был атакован и разбит кыргызами в местности Каплан-Кулкол. Из войска в 2 тыс. спаслись от гибели и плена только 150 всадников. Потом кыргызы совершили набег на Моголистан и в битве на реке Чилан убили могольского эмира Мухаммеда-Захира. Они также напали на Аксу и Уч. Тогда Абдаллах снова выступил против кыргызов и одержал победу над Койсарбием и Йул-Боды. Однако в битве в местности Кадарку на Аксае он снова был ними разбит. После этой неудачи хан не успокоился и совещил поход через Ош на Анджижан. Анджижан стал одним из уделов Моголистана. Однако население восстало и Абдаллах для его усмирение осуществил второй поход. Отряды союзного моголам кыргызского бека Бай-Буте-Кара был разбит своими же соплеменниками в местности Лайлык [Караев 1995, 109-112; Тарих-и Кашгар 1973; Чурас 1976].

Ослабляя власть эмиров Абдаллах хотел сменить старых на новых. Это естественно сыграло свою роль и часть эмиров провозгласила ханом сына Абдаллаха Йулбарса. Однако тот отказался от престола и выступление знати против себя хан использовал для чистки знати. По сведениям Шах-Махмуда Чураса могольских эмиров он выслал в Индию, а против кыргызов задумал поход, чтобы всех их истребить. Был убит кыргыз Сати-бек (хаким Янги-Хисара), а Мирза-бек Улчаки и Каракучук бежали за на запад. Аллахйар (сын Сати-бека) бежал, но, когда его настигли моголы яркендского хакима Шахбах-бека, он смог им нанести поражение. Кыргызы Таввакули-бек и Нуртайлак-бек были окружены и схвачены в Катлише. Каракчи спасся бегством и нанес поражение моголам и в битве с ним погиб Аййуб-бек. Кыргызское племя булгачи было полностью перебито. Всего в результате резни погибло 10 тыс. кыргызов. Беки Кепек, Идрис, Джалма и мирза Хушай были вынуждены скрываться. Только Абдаллах-бек кыргыз пользовался поддержкой

могольского хана. По сведениям "Истории Кашгара" кыргызы действительно замыслили заговор, однако это скорее выглядит попыткой оправдать действия хана. Далее сообщалось, что восставшие бежали из Моголистана. По данным Шах-Махмуда Чураса в Чальше уделом владел брат хана Ибрахим, у которого хан забрал Хотан. В Турфане же находилось пять братьев Абдаллаха. Вскоре Чальшем и Турфаном владел сын хана Абу-л-Мухаммед, а Баба-хан правил в Хами. После смерти Абу-л-Мухаммед оглан Баба занял Турфан, но против него выступил Ибрахим-султан, которого в местности Бучкун провозгласили ханом Турфана. Ибрахим борясь за власть с сыновьями Абдаллаха привлек на свою сторону джунгар и привел их в Атбаш. Серен и Элдан-тайши вместе с Ибрахимом и Исмаилом отправились против Абдаллаха, который к тому же повздорил с сыном Нур ад-Дином, который без позволения отца ограбил одну из местностей. Войско хана разделилось на две части. Одна из частей войска находилась в Шуршуке и была атакована джунгарами. Часть эмиров не выдержав натиска панически бежала и погибла при переправе через реку Кангала. В войске хана часть эмиров взбунтовалась против намерения хана далее воевать против джунгар и покинула его. Те, же, кто остался ему верен, вынуждены были отступать и джунгары преследовали их при отходе. Абдаллах все-таки смог добраться до Кучи. Нур ад-Дин заключил мир с джунгарами, оставив в заложниках часть эмиров. Хошоуты Галдама совершили набег на Аксу и Кашгар, но получили там отпор. В 1652 г. джунгары вытесняли кыргызов на Памиро-Алай. Остановила джунгаров только смерть Батура в 1653 г. Впрочем, это не было помехой для набегов. Так, например Сенге во главе 5 тыс. всадников атаковал Керюю. Против джунгар вышел хан Абдаллах и в местности Йалгуз-Цагач нанес им поражение. В Кашгаре в то время правил Йулбарс. При нем находились кыргызские беки Дуле, Туйджи, Турумтай, Султан-Кули, Кармишак, Кесек. Йулбарс отдавал преимущество кыргызам перед моголами. Дуле-бек был аталыком Йулбарса и хакимом Кашгара после чисток Абдаллаха. Кыргызские беки задумали перейти на сторону джунгарского Очирту-Цецен-хана. Тогда Йулбарс казнил Турумтая и Дуле. Сын Йулбарса Убейдаллах владел землями от Хотана до Керии, Абдаллаху принадлежал Яркенд, сам Йулбарс контролировал Барджук и Сарико. Сила Йулбарса возростала и он требовал отстранения хана от престола. Абдаллах казнил двух мятежных эмиров и приказал убить детей Йулбарса. Сам он вместе с Нур ад-Дином двинулся на Кашгар двумя разными дорогами. Йулбарс отправил войско на Нур ад-Дина, а сам бежал к джунгарам. Нур ад-Дин разбил войска брата и занял Кашгар. Нур ад-Дин и Абдаллах вырезали 2 тыс. сторонников Йулбарса. В 1667 г. Нур ад-Дин из Аксу совершал набеги на джунгаров, но вскоре умер во время похода на Андижан [Караев 1995, 112-117; Тарих-и Кашгар 1973; Чурас 1976; Tchoroiev 2003, 115-116].

По сведениям Шах Махмуда Чураса смерть Нур ад-Дина была прологом к тем событиям, которые произошли позже. Вскоре умер и Тулак из племени чурас. Вместо него хакимом Кашгара стал Койсары кыргыз. Большое влияние имел Аппак кыргыз из племени кыпчак. Гегемония кыргызов не нравилась могольской знати. Кроме того, джунгары Очирту-Цецен-хана пройдя через Артуджу и Аргу подошли к Кашгару. Хайдар-бек кыргыз призывал Абдаллаха сохранять присутствие духа, но тот со своей семьей бежал в Индию и там прожил свои последние семь лет. После бегства хана эмиры Аксу, Яркенда и Хотана отправили послов к Элдан-тайши-тайши, чтобы он привез и сделал ханом находящегося в Джунгарии Исмаила. Йулбарс в то время укрепился в Яркенде. Его поддерживали и в Кашгаре. Он потерпел поражение от Исмаила в местности Тургач, однако позиции Йулбарса оставались сильными. Он даже смог осадить Аксу. Тогда на помощь городу выдвинулись войска Исмаила, которые до того находились в Уче. Они вовремя пришли на помощь обороняющимся. Исмаил в местности Ак-Йар нанес поражение Йулбарсу. На помощь Йулбарсу подошли войска Сенге. Элден-тайши и Исмаил были разбиты его войсками. Йулбарс и Сенге вместе осаждали Уч-Турфан, но не смогли взять его. Джунгарский хан сделал ханом сына Йулбарса Абу-Саида. Впрочем, Йулбарс продолжал вести себя как независимый правитель и провел чистки среди знати в Яркенде. Однако это привело к его собственной смерти. Знать сговорилась с джунгарами и вместе они убили Йулбарса. В Яркенде стал править Абд ал-Латиф. Исмаил вместе с Элдан-тайши постарался взять Яркенд, но безуспешно и только, когда знать города изменила ему, в 1670 г. он бежал в Кашгар. Исмаил занял ханский престол. Исмаил сделал правителем Кашгара сначала Кучук-бека, а потом в 1672 г. Бабак-бека кыргыза. Касательно времени подчинения Могулии (Моголистана) джунгарам в разных источниках разные датировки – 1678, 1679, 1682, 1683 гг. И. Златкин считает реальной датой 1678-1679 гг., поскольку в 80-х гг. XVII в. Галдан-Бошокту был занят делами Халха-Монголии. Мухаммед Садык Кашгарский сообщал, что Исмаил изгнал из страны Аппак-бека (главу



белогорских ходжей). Тот прибыл к джунгарскому хану Галдан Бошокту и при его помощи взшел на яркендский престол. Сын Аппака Яхья правил в Кашгаре. Яркендский престол он передал брату Исмаила Мухаммед-Эмину и тот совершил набег на джунгар. Аппак проправил всего полтора года. Его преемник Яхья процарствовал восемь месяцев, после чего передал престол Мухаммед-Эмину. Однако того сверг Мухаммед-Мумин сын Бабак-бека кыргыза. Один из сыновей Яхьи Ахмед после убийства отца бежал в Кашгар, где был провозглашен ханом. Он опирался на белогорских ходжей. Тогда Мухаммед-Мумин возвысил черногорского ходжу Даньяла. Яркенд и Кашгар воевали между собой. Кыргызы были основной военной силой на которую опирались кашгарцы, но властью в Кашгарии овладел ходжа Даньяла. В Ташкентской рукописи сказано, что Галдан вторгся вместе с Апаком и внуками Абд ар-Рахима. Ханом сделали Абд ар-Рашида (внука Абд ал-Рахима), но в стране начались смуты и против него выступил Аппак и вскоре к власти пришел Мухаммед-Эмин, которого в свою очередь сверг Яхья. После смерти отца в 1694 г. он был убит джунгарами. Тогда же против джунгар сражались войска ходжей. В "Истории Кашгара" указывалось, что Арзу-Мухаммед кыргыз возвел на престол Султан-Ахмеда, а сам был хакимом Яркенда. Шах-Махмуд Чурас указывал, что после смерти Мухаммеда-Эмина в 1695 г. в Яркенд по просьбе местного хакима Алем-шаха прибыл глава черногорских ходжей Даньял. Ходжи были врагами джунгар. В 1713 г. Даньял-ходжа сражался у Яркенда и Кашгар, так же как и двадцать лет ранее сражался Аппак в 1693 г. В конце-концов он как и другие ходжи попал в плен и был заточен в Илибалыке. Через семь лет Даньял был восстановлен в качестве наместника четырех городов при условии уплаты дани. Кашгария платила джунгарам годовую дань в размере 100 тыс. тангов [Караев 1995, 117-122; Тарих-и Кашгар 1973; Тарих-и Кашгар 1969; Чурас 1976; Tchorev 2003, 116-117; Сапаралиев 1995, 22-31, 47-52; Златкин 1983, 167; Kashgari 1897, 4, 20-21; Miyawaki, Bai Cuiqin, Kyzlasov 2003, 157].

К сложному внутреннему положению добавлялась агрессия джунгар. В 70-х гг. XVII в. джунгары покорили своей власти северную часть Тянь-Шаня. Галдан-бошокту во главе своего многочисленного конного войска пришел к Аксу и Уч-Турфану, а после подошел к Кашгару и Яркенду. Вместе с собственно джунгарами также шли отряды уйгуров из Турфана и Хами. Выступивший против них Ивазибо (Иваз) был убит, а его войско рассеяно. Этот поход был во время установления власти хана Исмаила. Аппак из белогорских ходжей использовал джунгаров против черногорских ходжей. Позже Абд ал-Рашид II стал вассалом джунгар. Хан Мухаммед-Эмин искал помощи против джунгар. Он два раза отправлял посольства в империю Цин под именем хана Турфана. Согласно сведениям Мухаммеда Йусуфа Мунши он также отправил к бухарскому хану Субхан-Кули посольство с просьбой помочь против кыргызов. В 1693-1694 гг. Мухаммед-Эмин воевал на Или против 30 тыс. джунгар. В 1696 г. кыргызы вторглись в Моголистан и атаковали Яркенд. В 1695-1696 гг. белогорские и черногорские ходжи Туркестана практически признали власть джунгар над собой, за что им была оставлена некоторая автономия. Впрочем, не обходилось без восстаний. Так по сведениям Вень Да в 1696 г. против джунгар выступил Абдулла-Тархан-бег, лидер уйгуров Хами. Стимулом для восстания было поражение джунгар при Шамодо в 1696 г. Уйгурский вождь отправил посольство в Китай и принес дары цинскому императору По данным Хе Нина в 1697 г. в регион Хами бежал сын Галдан Себтен-Балджур и Абдулла отправил против него своего сына Гупа-бека. По сведениям Цзи Юньши цинский император назначил уйгурского вождя чиновником первого ранга и подарил ему красное знамя и возможность чеканить серебрянную монету. Под 1697 г. в "Дай цин шэнцзу женьхуанди шилу" сообщалось, что Галдан разбил мусульманские страны Самарканд, Бухару, казахов, кыргызов, Яркенд, Кашгар, Сайрам, Турфан, Хами. Количество подчиненных ему городов возросло до 1200. Хотя это существенное преувеличение, но в 1697 г. бывшая территория Могулии (Моголистана) была окончательно включена в состав Джунгарского ханства и местные удельные владения были лишь автономными. В 1698 г. власть Империи Цин установилась в Хами. В 1720 г. уйгуры Турфана и Пинчена поддержали кампанию цинской армии против джунгар Цевана-Рабдана. Хами и Турфан оказались в руках империи Цин В 1730 г. восстали уйгуры Яркенда, Хотана, Кашгара от которых джунгары требовали 30 тыс. лошадей. Это выступление также было обусловлено успехом казахов в войне с джунгарами. После смерти Галдан-Церена среди джунгар начались внутренние смуты и этим воспользовались уйгуры. В 1754 г. ходжа Йусуф вооружил людей Кашгара. Его старший брат Джахан-ходжа из Яркенда поддержал восстание. Однако ходжи Аййуб из Аксу и Сибоке из Уч-Турфана сообщили джунгарам о восстании и поддержали их. Садык-Ходжа во главе 7 тыс. воинов атаковал Яркенд и Кашгар. Во время похода

войск империи Цин на Джунгарию Абд ал-Мумин присоединился к имперским войскам. Йусуф-бек кашгарский же был заточен в темницу джунгарским ханом Давачи. Бек Уч-Турфана Ходжиш на перевале Кулук устроил засаду для Давачи и его сына Лобжи. Во время восстания джунгарского тайши Амурсаны Эмин-ходжа вместе со своим сыном Сулейманом и Йусуф Беизи (Йусуфом-Байазидом) выступили на стороне Империи Цин. В 1756 г. они подавили восстание Менглика в Турфане [Ma Dzheng 2003, 191-193, 199-201; Мунши 1976; Златкин 1983, 230; Китайские документы и материалы 1994, 59-61, 63-64; Onuma 2012, 34-46; Miyawaki, Bai Cuiqin, Kyzlasov 2003, 157; Di Cosmo, 352-353].

С правления ходжи Даньяла началась история владений белогорских и черногорских ходжей в Восточном Туркестане. Появление двух противоборствующих фракций ходжей датируется началом XVII в. Мулла Фазил из Артуша попросил помощи у ходжей из Коканда и с их помощью взял Кашгар. После Фазила правил Махмуд-и Аджам, а после него Хидоютула более известный как Аппак-хазрат. Под контролем Махмуд-и Аджам находилось шесть городов, в том числе Турфан и восточная часть Уйгуристана. Он пользовался большим уважением и в Кашгаре. Во времена правления его сыновей Ишан-и Калана и Исхака-ходжи разделились на две группировки (белогорских и черногорских). Обе группы пользовались поддержкой кыргызов. Союзниками белогорцев были кыргызы западной части Тянь-шаня, а кыргызы Памира были союзниками черногорцев. После фактического падения Могулии (Моголистана) кыргызы оказались под сильным давлением джунгар в 1680-х и 1720-1740-х гг. В своей борьбе против джунгар кыргызы объединяли свои силы с казахами и кокандцами. Много кыргызов переселилось в Ферганское владение, а также на Памир во владения бадахшанских правителей и во владения уйгурских ходжей. После поражений джунгаров от Империи Цин кыргызы возвратились из вышеуказанных регионов в свои прежние владения. Попытка войск империи Цин вторгнуться из Восточного Туркестана в Фергану была неудачной. В 40-х гг. XVIII в. вождь уйгуров Ахмед-ходжа использовал смуты среди джунгар в своих интересах. По сведениям Моллы Абд ал-Алима в "Ислам-наме" он натравил одних джунгар на других. Впрочем это конечно же было преувеличением. Он вскоре был заточен в темницу, но был оттуда освобожден кыргызами. Молла Муса Сайраами сообщал, что в эпоху могущества джунгар часть жителей Сайрама была поселена в Кона-Турфане (Турфане). Когда умер контайша джунгар и в Восточный Туркестан вошли войска хакана Чина (дословно можно перевести как китайского императора) жители Сайрама захотели вернуться назад. Сначала они переселились в Бай, поближе к границе и прожили там несколько лет в предгорьях. Оттуда они переселились назад в Сайрам. Кыргызы приняли активное участие в событиях под Кашгаром в 1748-1749 гг. Кыргызы вместе с кокандцами активно помогали уйгурам. В Илибалыке находились белогорские ходжи Бурхан ад-Дин и Хан-Ходжа, которые были потомками ходжи Ахмеда. В 1755 г. белогорские ходжи оставили Илибалык для того, чтобы установить власть в Восточном Туркестане. Они чувствовали себя в Илибалыке как в изгнании. Сначала они были союзниками империи Цин против черногорских ходжей, но потом восстали против имперской власти. В 1758 г. войско империи Цин двинулось против белогорских ходжей и в этом походе принял участие Эмин-ходжа. Он отправил письмо предупреждение указывая на судьбу непокорного Менглика. С цинском войском находился и уйгур Шах-Нийаз. Тот был послом к ходжам. Когда же те не пожелали сдаваться имперские войска в 1759 г. заняли Яркенд и Кашгар. Эмин-Ходжа находился в этом войске в качестве военного советника. При Империи Цин также себе сделал карьеру Хуш Кепек-бег о чем сохранилась биография в китайском сочинении "Высочайше описанные генеалогические таблицы и биографии монгольских и мусульманских правителей внешнего окружения" [Сапаралиев 1995, 22-31, 47-52; Tchorev 2003, 116-117; Kashgari 1897, 6-9, 23-24; Молла Муса Сайраами 1969; Молла Абд ал-Алим 1969; Onuma 2012, 46-49; Fletcher 1982, 167-182; Brothy 2008, 76-79, 83-86; Моисеев; Di Cosmo, 352-353].

Мухаммед Садык Кашгари в "Жизнеописаниях ходжей" детально описал генеалогии ходжей и их действия в Могулии. Ним были описаны сражения ходжей с джунгарами и между собой. Мухаммед Садык Кашгари больше симпатизировал черногорским ходжам. Его сочинение является одним из основных источников по истории Восточного Туркестана от 1696 по 1758 гг. Он сообщал, что Махдум-и Аджам был потомком сайида Камал ад-Дин Маджнуна. Сын этого сайида жил в Коканде и имел имя Бурхан ад-Дин Кылыч. Его сыном был Джалал ад-Дин, а внуком Бурхан ад-Дина и был Махдум-и Аджам. Махдум женился на Бибидже, которая была из потомства Махмуда ал-Кашгари. Махдум-и Аджам еще назывался Ахмед-ходжа. Дальнейшая линия его наследников выглядела так Исхак-вали, Ходжа-Шади, Ходжа Убайдулла, Даньял,

Йакуб-Ходжа (известный еще как Ходжа-Джахан). Исхак-вали провел двенадцать лет в Яркенде, Кашгаре, Хотане, Аксу. Сообщалось, что благодаря молитвам Исхака-вали был спасен кашгарский хан Мухаммед, в земли которого вторглись войска Абдулы. У Исхака-вали были сыновья Кутб ад-Дин, Ходжа-Шади, Ишан-и Калан. У последнего был сын Ходжа-Йусуф, который был отцом Ходжи-Аппака. Ходжа-Шади жил в Яркенде и оставил двух сыновей: Абдуллаха и Убайдуллу. Когда ханом Могулии (Моголистана) стал Исмаил, он изгнал Аппака из Кашгара и сделал наместником Бабак-султана. В Яркенде же сыновья Ходжи-Шади имели большое влияние. Когда Абдуллах сын Ходжи-Шади умер, власть перешла к Убайдулле. Тот умер после достижения сорока лет и оставил двух сыновей Ходжу-Шусиба и Ходжу-Даньяла. Ходжа Аппак некоторое время пробыл в изгнании в Кашмире и оттуда отправил письмо правителю калмаков (джунгар) Шибуру (реально Галдан-бошокту) о том, что его изгнал из Могулии ханом Исмаилом. Он пришел с джунгарами, которые взяли Кашгар и двинулись с Яркендом. Комендант Яркенда был убит, а население сдало город джунгарам. Аппак и Йахья были назначены управлять Яркендом. Аппак недолго правил государством и женился на Ханам-Падшах дочери Мухаммед-Эмина, который стал новым ханом Могулии. Аппак же получил власть над Файзабадом у Кашгара, Тонузкентом у Яркенда, Ак-Сарай у Хотана и Ак-Яр у Аксу. Главная ставка Аппака находилась в Алтун-Мазаре у Яркенда. У Аппака было три сына – Махди-Ходжа, Яхья и Хасан-Ходжа. Ханам-Падшах сделала правителем своего сына Махди и тот убил Яхью. Яхья оставил трех сыновей, два из которых были убиты. Третий сын – Ходжа-Ахмед – прятался в пещере в горах. Наместник Кашгара Саид-бек также был убит. После этого Акбаш-хан (сын Мухаммед-Эмина) пришел в Яркенд и убил тысячу мусульманских фанатиков. Он сделал правителем Кашгара Султан-Ахмед-хана. Он выслал семью Аппака в Индию, а Даньяла ходжу – в Ходжент. В то время кыргызы поддержали ходжу Даньяла и при их помощи он воцарился в Яркенде. Кыргызы грабили яркендцев и те обратились за помощью к казахскому Хашим-султану. Казахи выбили кыргызов и Даньял был вынужден удалиться и вернулся через несколько лет. Необходимо отметить, что Аппак и Мухаммед-Эмин напали на калмаков Или. Тем временем Даньял пришел в Кашгар и Яркенд и застал местных неготовыми к войне. В плен попал сын Яхьи Ахмед-ходжа. Даньял заключил союз с джунгарами и женился на дочери их вождя. Та была вынуждена перед браком принять ислам. Контакт с джунгарским вождем поддерживался через мусульманского торговца. Сам Даньял со своим старшим сыном Ходжой-Джаханом Йакубом прибыл к контайше. Даньял занял Хотан, Аксу и Кашгар. Контайши помог ходже не бесплатно, а за дань в размере 100 тыс. дангов. Правители семи городов Кашгарии пали в ноги Даньялу. Они были напуганы джунгарским контайшой. Сыном контайши был Галдан-Церен (поэтому безименный контайша это Галдан-бошокту) [Kashgari 1897, 31-43; Мухаммед Сыдык Кашгари].

Даньял оставил после себя нескольких жен и пять сыновей (Ходжу-Джахана, Ходжу-Йусуфа, Ходжу-Аййуба, Ходжу Низам ад-Дина, Ходжу-Абдуллаха). Кашгаром правил Йусуф, Яркендом – Джахан, Хотаном – Абдаллах, Аксу – Камош. Эти назначения произошли по воле джунгар. У брата Абдаллаха было четыре сына Шамс ад-Дин, Яхья, Ахмед. Когда Абдаллах жил в Аксу, там умер его брат Камош. Тогда Абдаллах передал Хотан Шамс ад-Дину, а сам через некоторое время умер в Аксу. После смерти Абдаллаха Шамс ад-Дин и Яхья заняли Хотан. Йусуф бежал в Илибалык к джунгарам. Там же он встретился и советовался с наместником Кашгара Куш-Кепек-беком. Он отправил его назад в Кашгар с целью укрепить город. Также он отправил посла к Умар-мирзе вождю кыргыз-кыпчаков. Йусуф не мог оставить своих джунгарских хозяев и потому прибег к уловке. Он отправил слугу в направлении Кашгара, чтобы он потом прибыл назад в Илибалык и сообщил, что кыргызы атакуют Кашгар и что требуется присутствие Йусуфа. Сначала джунгары хотели отправить войско, но потом решили отпустить Йусуфа. Тот оказался хитрым и говорил, что сначала отправит своих сыновей и если те потерпят неудачу, то так и быть он пойдет на Кашгар лично. Замысел Йусуфа удался и он двинулся на юг через перевал Музарт, где его встретил наместник Уча Ходжа Сибег, который встретил его с поздравлениями и сказал, что ислам укрепился. Йусуф говорил, чтобы Си-бег не шел в Или и тем самым того не желая выдал свои планы. Сибег прибыл в ставку джунгар на Или и сообщил джунгарскому правителю Даваджи, что Йусуф задумал бунт. Джунгары послали в погоню за Йусуфом триста всадников, но было уже слишком поздно. Тогда джунгары отправили послов к Йусуфу говоря, что на помощь идет большое войско Амурсаны. Йусуф сослался на болезнь как на причину по которой он не может прибыть. Тогда один из градоначальников укрепил Артуш и направил Худаяра против Йусуфа. Тот подделал письмо от джунгар в котором говорилось, что они вынуждены воевать с

Китаем и что приказывают схватить и казнить Йусуфа. Но часть беков предупредила Йусуфа и тот вооружил своих людей. Он приказал кыргыз-кыпчакам, которые находились при нем взять в плен и бросить в темницу Худаяра. Тот был схвачен и казнен. После этого Йусуф направил войска на восставших в Артуше и те после нескольких залпов кинулись в бегство в Аксу. В Аксу они встретили хакима города Абд ал-Ваххаба, который посоветовал им попросить о помощи. Но тогда Амурсана прибыл с тревожными новостями о готовящемся вторжении китайцев. За некоторое время до того кыргызы, которые летом были на Или, были проинструктированы Йусуфом. Им предписывалось прийти в Кучу и Хотан. Посольство от джунгар вынудило их повернуть. Посольство Мударжи обращалось к хакимам Кашгара и других мест, чтобы схватить Йусуфа и отправить его на Или. Однако тогда среди джунгар были смуты, а Йусуф приготовился к бою. Он впустил в город пять джунгар. Те показали Хуш-Кепеку письма с печатью контайши, однако он не перешел на их сторону и предупредил, что джунгары если нападут то будут разбиты. Однако хакиды Беш-Карама и Файзабада пошли на контакт с ойратами, поскольку опасались, что без контайши их страна попадет в руки кыргызов. Они говорили, что ходжу можно будет легко взять в плен в Яркенде. Но Йусуф вовремя узнал о заговоре и предпринял меры. Против них он направил Ходжу-Джахана яркендского, однако джунгары его схватили вступив в заговор с Гази-беком из Яркенда. Некоторое из ходжей бежали в Хотан, а Ходжа-Садык бежал на запад и джунгары его преследовали до реки Зерафшан. Садык перед тем угрожал, что если джунгары нападут, то он приведет 6-7 тыс. кыпчак-кыргызов. Узнав о случившемся Йусуф призвал на помощь кыргызов и те пришли в числе 10 тыс. Услышав об этом и получив письма с упреками от мусульман Гази-бек создал видимость рассказывая и имитировал попытку покушения на Ходжу-Джахана в которой он сыграл роль спасителя ходжи. Йусуф отправил пять сотен воинов в Барчук на тот случай, если джунгары задумают бежать в Или. Кыргызы отозвались на клич Йусуфа о помощи, а Гази-бек был вынужден отпустить Ходжу-Джахана и остановить войска Хотана и Кашгара. Йусуф задумывал атаковать Или и послал за помощью в Андижан и к кыргызам. Однако он заболел и на протяжении трех месяцев находился в Яркенде [Kashgari 1897, 43-48; Мухаммед Сыдык Кашгари].

Во времена правления Дабаджи на Или джунгары находились в состоянии усобиц. Амурсана оспаривал трон, но не будучи в состоянии сам занять трон попросил помощи у китайского императора и согласился платить дань. Император предоставил ему войско и Дабаджи бежал с небольшим войском в Уч-Турфан, в то время как Амурсана пришел на Или. Хаким Уч-Турфана не подчинялся ходжам Кашгара, но взял в плен Дабаджи и выдал его китайцам. Амурсана тем временем планировал захватить власть над городами Кашгар, Яркенд, однако китайское войско было измучено походом. Абд ал-Ваххаб и продолжающие сопротивление джунгары решили поддержать одного из двух ходжей, которые находились в Или. Это были сыновья ходжи Яхьи и их имена были Бурхан ад-Дин и Хан-Ходжа. Бурхан ад-Дин отправил посольство, которое сопровождалось войском из китайцев, джунгар и других воинов империи Цин. Он был гостеприимно встречен жителями Аксу и вступили во владение Уч-Турфан. Жители этого владения сообщали, что Йусуф оставил Кашгар, но жители Яркенда и Хотана вместе с кыргызами готовы защищать Кашгарию. Когда в Аксу прибыл Бурхан ад-Дин, Йусуф был больным в Яркенде. Он решил не дожидаться врагов и отправил свое войско на Аксу и Уч-Турфан. Кыргызы присоединились к войску в Янги-Хисаре и местный хаким (ранее лояльный джунгарам) был заточен в темницу. Управление всем войском кыргызов и уйгуров осуществлял брат Йусуфа Ходжа-Йахья. Войско выдвинулось из Артуша в направлении Уч-Турфана, но на второй день выступления из Яркенда Йусуф неожиданно умер. Ходжа-Джахан унаследовал престол и хотел отозвать войска из похода. Но военачальники не были намерены так действовать и к ним присоединился правитель Кашгара Абдаллах (сын Йусуфа). Войско из Аксая двинулось в направлении Уч-Турфана. Перед войском он отправил послов. В Турфане находилось 400 китайцев во главе Турумтаем и 1 тыс. джунгар во главе с Дан Жижинем. Послы Абдаллаха призывали жителей Турфана присоединиться к войску Ислама, а вождям дома Исхака (белогорцам) сдаться и просить о прощении. По отбытии из Уч-Турфана послы говорили, что силы врага сильно преувеличены. Также говорилось, что они воспринимали Бурхан ад-Дина как своего брата, но поскольку он присоединился к неверным, то они готовы воевать против него. Впрочем, войска Абдаллаха сражались без особой веры в успех и были разбиты противником. После этого состоялось столкновение между Ходжей-Джаханом и кыргызами. Кыргызы оставили разбираться ходжей между собой и белогорцы подошли к Кашгару. Ходжа Абдаллах отступил в Яркенд, а Хан-Ходжа в скором времени вошел в Кашгар. Ходжа-Джахан обратился к яркендцам с воззванием в

котором говорил, что потомки Аппак-ходжи пришли в Кашгар с помощью неверных китайцев и хотят то же самое сделать с Яркендом. обороной города было поручено управлять Гази-беку и Нийаз-беку, а сам Абдаллах-ходжа вышел навстречу кашгарцам. Ни одна из сторон не получила преимущества. Говорилось, что Бурхан ад-Дин контролировал весь Моголистан за исключением Хотана и Яркенда и на его стороне по слухам было 40 тыс. воинов. В конце-концов, яркендцы запаниковали и, когда ходжа Абдаллах задумал выбраться из города, то ему мешала масса беглецов. Ходжи и правящие люди Яркенда оставили город и надеялись скрыться в горах. Они форсировали Зерафшан и перешли горы Кара-Йун-Таг. Вслед за бежавшими устремились кыргызы Куват-бия, которые их нагнали в горах и открыли огонь из мушкетов. Большинство из беглецов собирались сдать кыргызам при некоторых гарантиях. Абдаллах отправил в лагерь Бурхан ад-Дина своего сына Яхью, а сам с двумя сыновьями не сдался и пытался бежать. Сопrotивление части воинов черногорских ходжей позволило Абдаллаху с сыновьями оторваться и пройти через аул Ак-Там и другое поселение Урда-Устан. Потом они разделились и больше не видели друг друга. На этом описание закончилось [Kashgari 1897, 48-57; Мухаммед Сыдык Кашгари].

История покорения уйгурских земель империей Цин подробно описана в китайском сочинении "План усмирения джунгар", который состоял из собрания разных архивных документов. Баньди писал, что хаким Абдалла-бек заявил, что, император разгромив джунгар, обеспечил свободную жизнь уйгурам. Сообщалось, что имперские войска планируют прийти в Яркенд и Кашгар, а джунгары планируют ограбить Аксу, Уч-Турфан, Сайрам. Бурхан ад-Дина планировалось отправить на аудиенцию, а Ходжу-Джахана оставить править уйгурскими городами. Абдулла-бек призывал отправить их в Аксу. В Аксу был отправлен уйгур Эмин-ходжа вместе с ойратами-джунгарами и халха-монголами. Потом Эмин-ходжу отправили в Или. Предполагалось, что Амурсана в 1755 г. будет бежать к мусульманам и поэтому против него предлагалось отправить халхасцев. В 1758 г. предписывалось пощадить уйгуров, если те сразу сдадутся. Если Аксу и Кучер уже взяты, то там предписывалось оставить гарнизоны. Турфан был местом нахождения Эмин-ходжи. Йусуф-ходжа же считался благонадежным. Летом 1759 г. император приказывал организовать депортацию уйгуров. Аргументировалось это тем, что уйгуры слишком долго жили с джунгарами и переняли от них ряд дурных обычаев. Их предлагалось исправить совместным проживанием с китайцами. Выказывалось пожелание их переселить в Турфан под контроль Эмин-ходжи. Предлагалось наказать ходжей из Или. Осенью 1759 г. предлагалось устроить управление Аксу по китайскому образцу. Указывалось, что земли мусульман уже замирены войсками императорами. Далее говорилось, что уже взяты два города в Кашгарии из десяти городов и семи селений. После того как в Кашгарию прибыл Бурхан ад-Дин дань с этой территории уменьшилось. Земли рассматривалось как еще не покоренные и такие где предстояло установить китайские порядки. В ноябре 1759 г. 10 тыс. пленных уйгуров предписывалось отправить в Янги-Хисар, чтобы там их наказать. Также рассказывалось, что Султан-шах бадахшанский взял в плен Бурхан ад-Дина, а Ходжа-Джахан был окружен бадахшанским войском и был смертельно ранен. Правитель хотел выдать ходжей, но мусульманское духовенство запретило ему это и Султан-шах дождался того когда Ходжа-Джахан умрет от ран. Цинский полководец де угрожал бадахшанскому правителю вторжением. Ходжи были убиты и их тупы были выданы имперским послам. В 1760 г. яркендским хакимом стал Эмин-ходжа, а в Или был отправлен имерский гарнизон. В том же году беки Бая, Яркенда, Кашгара, Хотана, Аксу были на аудиенции у императора и преклонили пред ним колени. Наместником Илибалыка был назначен Муса (сын Эмина-ходжи). В документах от 1761 г. сообщалось, что в Синцзяне находится много имперских войск. В том же году по сведениям китайского источника был пойман сын Бурхан ад-Дина Сарымсак (реально он не был пойман) и велись поиски его двух братьев. При помощи своей агентуры – Эмин-ходжи и подкупленного уйгура Талиб-ходжи император узнал, что в Бадахшане находятся три сына Бурхан ад-Дина, одного из которых зовут Баха ад-Дин. Кокандскому хану Мир-Махмуду (реально это был Ирдана-бий) было приказано выдать сыновей Бурхан ад-Дина. Тогда же было предписано переселить 1 тыс. уйгуров в Или. В города Синцзяна предписывалось прислать много провинциальных чиновников. Уйгуров предписывалось перевоспитывать и за слушание карать. Указывалось, что уйгуры коварные и в отличии от китайцев покрывают своих. На конец 1761 г. в Синцзяне находилась 17 тыс. войска. В 1762 г. уйгурских беков предписывалось понижать или возвышать в зависимости от заслуг [Китайские документы и материалы 1994, 77-80, 93-123, 125-135, 138-139].

Одним из важных источников по истории завоевания Кашгарии войсками империи Цин

является биография Эмин-ходжи. Она была написана на китайском, а потом переведена на маньчжурский и монгольский языки. Источник буквально недавно введен в научный оборот. В биографии говорилось, что дедушкой Эмина был ахун Суфи-ходжа из Караходжи. Его отец Нийаз-ходжа был ахуном из Турфана. Эмин родился и жил в Турфане. Когда имперская армия заняла Турфан семья Эмина находилась в Лукчуне. Когда же она отступила, то семья Эмина переселилась в Карашар. В четвертый год правления императора Юнжена (1726 г.) император отдал Эмину под управление Лукчун, а те, кто не желал покоряться империи, ушли с Токта-Мухаммедом. В 1730 г. имперский командующий Жонци отметил помощь Эмина в основании земледельческих колоний и позволил ему бить серебрянную монету. В 1731 г. джунгары нападали на Караходжу и Лукчун. Пока подошла имперская армия он три раза отбил штурмы джунгар и смог обратить их в бегство. В 1732 г. он стал правителем мусульман Лукчуна и получил титул зайсанга шестой степени. В 1733 г. он находился Гуачжоу. В 1755 г. он во главе отряда из трех сотен присоединился к кампании имперских войск против Даваджи. Он отправил письмо к турфанскому тархан-беку Менглику с требованием подчиниться империи. Когда Или было покорено его отозвали в Турфан. Когда восстал Амурсана, то Эмин во главе своих войск и с помощью хошоутского тайши Нагачу двинулся против него. Он двинулся на Аксу и там его ожидало множество сложностей, которые он преодолел и за это ему присудили звание вана пятой степени. Он потом вернулся в Илибалык, а Амурсана бежал в Бортала. В 1756 г. Эмин вернулся из Гуачжоу в Лукчун. Он командовал четырьмя сотнями и вместе с лейтенант-губернатором Нинся по имени Хоки двинулся на бунтаря Байара и разбил его. Он дошел до Пинчена, где был неожиданно атакован войсками Ёлёда и Менглика. Так как Эмин был мусульманином, то Менглик приказал отпустить пленого Эмина в Лукчун. Император в своем декрете хвалил Эмина за верную службу и говорил, что было бы прекрасно если бы он захватил Менглика своими силами, если же это не удастся то ему предлагалось ждать войско на подконтрольной территории. Эмин со своим сыном Сулейманом двинулся на Хами для войны с восставшими и там к нему присоединились зайсанг Йусуф-Байазид и Фу Куй. Эмин и Сулейман хорошо себя проявили в столкновении с врагом. Далее в 1757 г. сообщалось, что Менглик и Ёлёд были разбиты, и, что войска империи под командованием Йархашана (Йар-Хасана) и Фу Куя должны были разбить и взять в плен Байара. Как награда Эмину за службу предоставлялся во владение Турфан. Зимой 1757-1758 гг. мусульманские изменники Бурхан ад-Дин и Ходжа-Джахан восстали и взяли Яркенд и Кашгар. Китайский автор Эмина назвал их бандитами и указывал, что ранее они находились в плену у джунгар. Они убили генерал-лейтенанта Амиду и император не может простить этого преступления. Эмину как главнейшему над мусульманами поручалось поймать этих двух ходжей. В то же время восстали отоки джунгар шара и маку в Карашаре. Эмин направил туда шпионов, чтобы разведать ситуацию. Он прибыл с войском к Токсуну. В Карашаре он не нашел никаких следов восставших и поручил Аригуну найти джунгар. Вместе с ним он пошел дорогами Азган-Булак и Кош-Тереки в Табун-Шингир и Намге захватил две сотни бандитов. Когда он достиг перевала Каш он узнал, что восставшие убили генерал-лейтенанта Манфу и ушли в Кара-Кол. Он преследовал их до Кучи. Он стал лагерем в Кара-Коле, а Аригун в Корле [Brothy, Onuma 2016, 89-95]

Весной 1758 г. Эмину предписывалось сопровождать подавителя восстания Йархашана и уничтожить Бурхан ад-Дина и Ходжу-Джахана. Эмину предписывалось обеспечивать китайских солдат продовольствием и набирать отряды из мусульман, чтобы снизить количество китайцев в регионе. Эмину предписывалось не предпринимать решительных действий и вернуться в Турфан для консультации с Йархашаном, но он двинулся в район Кучи и открыл для себя, что мятежники шара бежали в Яркенд. Во время возвращения из Каракола вдоль гор Хоро он сражался с восставшими. Узнав, что Ходжаси находятся в Уче он указал, что он неверен императору и может изменить. За это Эмин получил титул бейле. Он должен был обеспечивать лояльность мусульман и поставки продовольствия войскам империи Цин со стороны местного населения. В июне 1658 г. он вместе с Йархашаном взял Кучу и во время штурма был ранен в щеку. К обороняющимся хотел пробиться Абд ал-Керим с войсками из Аксу, но он был разбит Эмином. Также была неудачна попытка Ходжи-Джахана во главе 5 тыс. повстанцев деблокировать Кучу. Бывший бек Шайара Мухаммади отправил своего сына Хасана-ходжу как парламентаря чтобы сдаться. Это было сделано после того как Ходжа-Джахан отошел от Кучи. У Шарабеля Эмин столкнулся с врагами из числа джунгаров Ёлёда, которые после поражения бежали к мусульманам. После взятия Кучи Эмин двинулся на Аксу. После прибытия Джаохуя он возвратился в Турфан и вынудил Ходжаси подчиниться императору. Зимой 1758-1759 гг. когда имперская армия столкнулась с восставшими

у Кара-Усунь Эмин был с цинским войском. Весной 1759 г. Эмин вместе с контингентом войск из солоньев воевал у Аксу, а летом когда войско империи Цин взяло Кашгар Эмин узнал, что Бурхан ад-Дин и Ходжа-Джахан оставили город и бежали. Император назначил Эмина править в Яркенде, а в Кашгаре – Йусуфа Байзида. В ноябре-декабре 1759 г. из Бадахшана доставили голову Ходжа-Джахана. Зимой 1759-1760 гг. император отметил достижения Эмина. Летом 1760 г. уйгуры подняли восстание. Мирим и Нийаз кашгарские нападали на передовые посты у Куль-Тарима. Сын Эмина Муса и Аригун атаковали мятежников у Файзабада и узнали что те двигались от Салинда к Коромлуку. Бег Яркенда Хади, бек Кашгара Гада-йи Мухаммед, бек Хотана Иш-Мухаммед обвинили Эмина в том, что тот не контролирует ситуацию. В 1761 г. император приказал Эмину вернуться в Турфан. В 1762 г. Эмин узнал, что сыновья Бурхан ад-Дина Ходжа-Касим, Абд-Халик и Ходжа Баха ад-Дин находятся в Бадахшане. В то время бадахшанский правитель Султаншах воевал против Болора. Император предписывал своему полководцу Синджу атаковать Бадахшан, если местный правитель не признает власти императора. Также он хотел выдачи сыновей Бурхан ад-Дина, но это не позволили сделать местные мусульмане, а угрозы со стороны Пекина так и остались лишь угрозами [Brothy, Onuma 2016, 95-104]

Черногорцы хотели опереться на Империю Цинн в борьбе с джунгарами и белогорцами. Йусуф-ходжа (из черногорцев) в 1755 г., опираясь на киргизов, повел борьбу за независимость против империи Цин. Черногорцам противостояла группировка хаким-беков, то есть глав городов, которые были назначены руководить ними еще при джунгарах. Черногорцы объявили газават джунгарам, но с приходом белогорцев Ходжи-Джахана и Бурхан ад-Дина количество их сторонников поредело. Кроме того, в войсках Йусуфа было достаточно много джунгар. В 1755 г. на зов черногорцев прибыли киргизы Куват-мирзы. Во время наступления белогорцев на Кашгар он перешел на их сторону. За это он был назначен белогорцами хаким-беком Кашгара. Потом к белогорцам присоединились войска еще нескольких киргизских племен во главе с Суфи-мирзой и Хаким-мирзой. Общекиргизское войско возглавлялось Куват-бием и оно взяло Яркенд. В Яркенде в январе-феврале 1756 г. Ходжа-Джахан пришел с Или в Кашгарию и стал устранять влияние киргизов. В китайском трактате "План усмирения джунгар" говорилось, что бурутский (киргизский) бек Хува (Куват) ушел из Восточного Туркестана из-за того, что Ходжан (Ходжа-Джахан) грабил бурутов (буруты – это маньчжурское название киргизов). Болониду (Бурхан ад-Дин) опасался войны и не стал преследовать киргизов. Летом 1757 г. киргизы вместе с уйгурами уничтожили около 1,5 тыс. воинов имперских цинских войск. Стараясь нейтрализовать киргизов, цинские эмисары предлагали киргизам мир и обращались к ним как к независимому владению. Весной 1758 г. 10 тыс. войск империи Цин находилось в Восточном Туркестане, а летом это количество удвоилось. Ощущая угрозу своим границам, киргизы в 1758-1759 гг. отправили ряд посольств в Китай. В русских источниках указывалось, что в 1758 г. цинские войска потерпели поражение от жителей Восточного Туркестана. В конце 1758 г. Бурхан ад-Дин и Ходжа-Джахан отправляли посольства к киргизам, стараясь привлечь их на свою сторону. Также они направили эмисаров к казахам. Представители империи Цин распространяли информацию, что они заключили договор с киргизами против восставших. Хаким-беки городов Восточного Туркестана в 1759 г. изменили белогорцам. За это они потом были наделены властью от империи Цин и им выдали имперские печати в 1762 г. Нападение людей Ходжа-Джахана на киргизов обусловило нападение киргизов на уйгуров. Фактически, оставшись в абсолютном меньшинстве, Бурхан ад-Дин и Джахан-Ходжа бежали в Бадахшан, где нашли свою смерть. Восточнотуркестанские киргизы и уйгуры в 1760 г. бежали в Кыргызию. Только киргиз Ациму (Хаким-мирза), оставшийся в Восточном Туркестане получил власть над городами Ташмелек и Алагу, которые граничили с Кыргызией. В 1765 г. киргизские вожди Хаким-мирза и Авале-бек были использованы Цинами для подавления уйгурского восстания в Уч-Турфане. Восстание было вызвано своеволием нового хаким-бека назначенного Циннами вместо Эмин-ходжи. Восставшие надеялись на помощь со стороны Кокандского ханства. На подавление восстания были кроме киргизов отправлены гарнизоны Илибалыка и Кашгара. Восстание было жестоко подавлено, многих мусульман превратили в рабов, а других депортировали в приграничные районы. Последнее восстание против цинской власти произошло в Чангжи в 1768 г. В 1784 г. Хаким-мирза вместе со своим братом Эмуром стал жертвой интриг хакимбека Кучи уйгура Осмона (сына Авдея, который изменил восставшим в 1759 г.). Китайцы казнили киргизов именно по его навету. После этих событий сын Хакима Янчи бежал к сарыкольским киргизам в Каратегин [Сапаралиев 1995, 73-85; Молла абд-Алим 1969; Perdue 2005, 291-292; Di Cosmo, 352-353].

С 1759 г. на территории всего Восточного Туркестана утвердилась власть династии Цин. Сами ходжи бежали в Бадахшан во главе тресот-четырёхсот воинов. Правитель Бадахшана казнил ходжей и отправил Цинам голову Ходжи-Джахана. В 1759 г. регион Восточного Туркестана окончательно попал под власть империи Цин. Отдельные выступления против имперских войск продолжались и далее. Например, небольшие восстания в Кашгарии в 1760 г. В 1762 г. было создано генерал-губернаторство Синьцзян во главе с китайским чиновником в Хуйюане на реке Или. В городах Восточного Туркестана расположились имперские войска из числа маньчжуров, сибо и солонов. Также там были халха-монголы и китайцы. В глазах уйгуров они были кяфирами оккупировавшими мусульманские земли. Нужно сказать, что утверждение Империи Цин в мусульманских землях вызвало реакцию мусульман. Те воспринимали императора как хакана Чина (императора китайцев) и считали его таким же могущественным, как и турецкого султана на западе. Ахмад-шах Дуррани из Афганистана предлагал создать антицинскую мусульманскую коалицию и огласить империи Цин джихад. Казахам мало интересовали подобные идеи и Аблай предпочитал сохранять с маньчжурской династией мирные взаимоотношения. Уничтожение Джунгарского ханства и геноцид джунгар устранили опасного врага с восточных границ казахов. Аблай дипломатично уклонился от прямой помощи кашгарцам, предвидя тяжелые последствия для своей страны в таком случае. Нужно сказать, что даже могучая Российская империя на время конфликта Джунгарского ханства с империей Цин воздержалась от всяких контактов с джунгарами. Казахский султан отправил ряд посольств и направил ряд документов в Пекин. Казахский хан называл себя ежен албату цинского императора. Также были документы от султанов Абу-л-Фейза и Даира. Посольства были направлены для того, чтобы земли казахов не были атакованы имперскими войсками и если повезет заручиться союзом с маньчжурской династией. В 1764 г. кокандский хан Ирдана-бий предлагал казахам антицинский союз, но Абылай с куда большим интересом рассматривал предложение империи Цин в 1767 г. выступить против кокандцев. Казахский хан предлагал отправить против Коканда 20 тыс. воинов. Тюркские страны объял панический страх перед экспансией империи Цин. Перед их глазами был геноцид целого джунгарского народа и расправы над уйгурами. В 1762 г. казахский хан Среднего жуза Абу-л-Мамбет и султан этого жуза получили от императора извещение, что имперские войска вторгнутся в Туркестан и двинуться на Самарканд. Ирдана-бий, в это время овладевший Ташкентом, правитель Ходжента и Ура-Тепе Фазыл-бий и казахские султаны отправили к афганскому шаху посольство с просьбой спасти страны ислама от неверных. Войско афганцев весной 1763 г. расположилось между Кокандом и Ташкентом. Ахмед-шах Дуррани отправил послов во все мусульманские страны с призывом к газавату. Нужно сказать, что именно афганский правитель был наиболее последовательным в антицинской политике. Его посол в свое время при дворе Ирдана-бия уже посорился с китайским эмиссаром. По сведениям батыра Кулсары Ахмед-шах предлагал казахам участвовать в походе для освобождения Кашгарии от власти империи Цин. В Оренбургском архиве сохранились сведения в которых указывалось, что афганский шах отправил в Пекин одного из своих визирей и выдвинул требования к императору, чтобы войска того оставили Кашгар и Яркенд, иначе угрожал походом. Однако это вероятно был дипломатичный маневр, поскольку афганцы совершили в 1763-1764 гг. поход на Индию. В китайских документах указывалось на контакты Коканда и Афганистана, которые обеспокоили кашгарского наместника Юнгуя. Только кыргызы оказывали сопротивление императорской администрации. В 1784 г. император Цяньлун услышав о переселении сына Бурхан ад-Дина из Бадахшана в Бухару, не стал его преследовать, мотивируя тем, что он уже стар и у него нет сыновей. Однако когда в 1788 г. Сарымсак подумал о том, чтобы жить в Коканде императорская администрация в Синьцзяне начала требовать ареста и экстрадиции его в Кашгарию. Кокандская миссия с данью была задержана в Китае на три года. Однако хан Нарбута отказался выдавать Сарымсака [Ma Dzheng 2003, 201-203; Kashgari 1897, 25-26; Onuma 2014, 34-44; Nado, Onuma, 9-61, 93-106, 108-109, 118-124; Кузнецов; Моисеев; Скобелев 2011, 54-60; Newby 2005, 54-63; Perdue 2005, 289-292; Мухаммед Сыдык Кашгари; Miyawaki, Bai Cuiqin, Kyzlasov 2003, 151, 159-160].

Нужно сказать, что у истоков Кокандского ханства стояли ходжи. В 1709 г. ходжи Чадака восстали против Бухарского ханства. Местный правитель Шахрух-бий принял титул хана, а его столицей стал Коканд. Кроме него он контролировал города Наманган, Маргилан, Канд-и Банам, Исфара. Во главе государства встала династия из племени Мин. Преемник Шахруха Абд ал-Рахим распространил власть Коканда на Андижан, Худжанд, Самарканд, Каттакурган и Джизак. Этот правитель противостоял джунгарам вместе с правителем Ура-Тепе Фазыл-бием. Абд ар-Рахим



передал власть Баба-бегу, которого сместил Ирдана-бий. Нужно сказать, что уничтожение джунгар сыграло на руку Кокандскому ханству. Джунгары воюя с Абд ар-Рахимом на некоторое время захватили Ош, Маргилан, Андижан и угрожали Коканду. Уничтожение столь опасного врага облегчило охрану восточных границ. Кокандцы начали экспансию против южнокыргызских племен. Но все попытки Ирдана-бия их покорить оказались безуспешными. Сопrotивление кокандцам возглавили Маматкул-бий, Арзымат-бий, Хаджи-бий, Нарбута-бий, Сатыке. Кыргызы смогли сохранить независимость от Кокандского ханства и империи Цин [Bababekov 2003, 74-75; Tchoroiev 2003, 119-120]

В 1759-1760 гг. состоялся обмен посольств между Кокандом и империей Цин. В 1754 г. против Фазыл-бея из Ура-Тепе объединились бухарский хан Мухаммед-Рахим, кокандский хан Ирдана-бий и кыргызское племя кушчи. В 1759 г. Мухаммед-Рахим умер. Это было особенно тревожно особенно в контексте покорения Кашгарии войсками империи Цин. Некоторые кыргызские беки поспешили прибыть к маньчжурским правителям с изъявлениями покорности. Они формально признавали себя вассалами маньчжурской династии. В Коканд был отправлен цинский посол Дактана. Согласно сведениям этого посла Ирдана-бий проявил покорность и подписал договор с империей Цин. В Пекин отправились кокандские послы Аваз-Мухаммед и Бай-Мухаммед. К ним присоединились и Йумат-бий кыргыз, Хода-Кули и Йолдаш-бай. Также к двору императора прибыли послы из Бадахшана и Болора. Уйгур Хуш Кепек-бек указывал, что главным на западе является хан Бухары, а иные правители не имеют права так называться. К числу таких он отнес вождей бурутов (кыргызов) и Ирдану-бека, которого назвал правителем нескольких городов. Большинство кыргызов независимы от Коканда и только кыргызское племя ичкилик является подданными Ирдана-бия. Ирдана-бий написал и императору и уйгуру Эмин-ходже. В этих документах Ирдана признавал себя албату (подданным императора) и говорил, что отправит Мухаммед-Ходжу и Кади-Ходжу к китайцам и просил проявить заботу о ходжах. Кокандский правитель просил довести до ведома императора, что он отправлял дары, но они не дошли из-за грабителей из числа кыргызов. Это нападение осуществили кыргызы племени чон-багыш, которым правил Умар-бий. Император Цяньлун приказал арестовать последнего, но осуществить это не смог. Кади-ходжа со своим сыном Сулейманом и Султан-ходжой в свое время поддерживали контакты с белогорскими ходжами, но после покорения Кашгарии Коканд официально не поддерживал контакты с беженцами-уйгурами. Ирдана-бей еще в одном письме указывал, что цинским послам нереально дойти до Бухары, поскольку дорогу преграждают племена Кырк, Йуз и буруты (кыргызы) Тагай-Мурада. Цинский посол монгол Сономцеринг сообщал, что хан Абу-л-Гази малолетний и фактически государством правит регент Даныял-бий. Фазыл-бий (из племени Йуз) завоевал Самарканд и, занял три города, включая этот. Между Бухарой и Кокандом война и никто в этой ситуации не может добраться в Бухару. В свете этих данных, стает ясно, что Ирдана-бий находился в сложной ситуации и хотел не допустить контакта империи Цин с Бухарой. Кокандский хан хотел расширить свое влияние на Бухару и этим объяснялось его заигрывание с императором и его представителями. Казахский хан Аблай аргументировал документом от императора свое право на дань с Ташкента. В борьбе казахов с Кокандом империя Цин заняла нейтральную позицию аргументируя, что оба эти государства вассалы и подданные императора. В Китае казахи считались потомками населения Давани, владения, которое платила дань Китаю во времена правления династии Хань. Империя Цин признала кокандским ханом Нарбута-бия, который пришел к власти вследствие компромисса между беками Абдуллахом Куш-бегом и Утау-Бакаулом. Нарбута-бий снова подчинил Наманган и Ходженд, а также покорил Чуст. Кокандцы стали союзниками империи Цин в регионе. В Бадахшане же во время завоевания империей Цин Кашгарии правил афганский наместник Шах-Вали-хан, который в источниках еще известен как Султан-шах. Угрозы Бадахшану воспринимались пуштунами как угроза их влиянию в регионе. Афганистан стараниями Ахмад-шаха Дуррани стал региональным гегемоном и просто так уступать свои позиции захватчикам с востока не собирался. Конфликту Афганистана с империей Цин помешала вовлеченность пуштунов в войны в Индии, где они воевали против маратхов, Сикхов и династии Великих моголов. Да и империя Цин несмотря на громогласные заявления о готовности войти в Бадахшан не спешила сталкиваться в регионе с пуштунами. Большую роль в этом регионе, как и в Бадахшане играли сейиды. Поэтому и бадахшанский правитель не спешил выдавать сыновей белогорских ходжей представителям империи Цин. Афганистан был значительным фактором в регионе [Shioya, Onuma, Yuyoi 2014, 386-403; Newby 2005, 54-63; Bababekov 2003, 75-76; Pirumshoev 2003, 235-236,

240-244; Hussain shah 2003, 290-293].

Проведя исследование мы пришли к следующим выводам. Главной причиной упадка Могулии (Моголистана) стали внутренние смуты всередине государства. Соперничающие стороны активно использовали посторонних для решения своих проблем. Правящие в Турфане Тоглук-Тимуриды пользовались помощью ойратов-джунгаров. Правители Кашгара и Яркенда опирались на кыргызов. Джунгарские ханы Сенге и Галдан-Бошокту активно использовали смуты в Могулии (Моголистане) для того, чтобы навязать ей зависимость от себя. Смуты и падение могущества ханов привели к упадку светской власти и в конце XVII в. на территории Кашгарии утвердилась теократия. Джунгары стали настоящими хозяевами ситуации в Восточном Туркестане. Джунгарское иго сыграло роль в том, что уйгуры на протяжении первой половины XVIII в. выступали союзниками Империи Цин. Завоевание Джунгарии имперскими войсками привело к тому, что уйгурские владения были лишены и той автономии, которая была у них при джунгарах. Часть уйгурской знати, в частности хакимы-беки, сотрудничали с империей Цин. Наиболее известными из колобарационистов были Эмин-ходжа и Куш-Кепек-бек. Впрочем, белогорские ходжи не брезговали пользоваться помощью имперских войск во время борьбы за власть против черногорских ходжей. Бурхан ад-Дин и Ходжа-Джахан только тогда подняли восстание против империи Цин, когда победили черногорских ходжей. Белогорские ходжи не смогли обеспечить консолидированной антицинской позиции жителей Восточного Туркестана. Черногорские ходжи первыми подняли восстание против империи Цин. Белогорские ходжи умудрились поругаться даже с союзными кыргызами. Мусульманские же соседи Кашгарии не оказали помощи уйгурам. Каждая страна была озабочена только своей безопасностью. Максимум чем они могли помочь, это укрыть у себя беженцев и сыновей ходжей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Акимушкин О.Ф. К вопросу о внешнеполитических связях Могольского государства с узбеками и казахами в 30-х годах XVI – 60 гг. XVII в. // Палестинский сборник. Вып. 21 (84). М., 1970. [http://www.kyrgyz.ru/articles/kazakh/akimushkin\\_of\\_k\\_voprosu\\_o\\_vneshnepoliticheskikh\\_svyazyah\\_mogolskogo\\_gosudarstva\\_s\\_uzbekami\\_i\\_kazahami\\_v\\_30-h\\_godah\\_xvi\\_v - 60-h\\_godah\\_xviii\\_v/](http://www.kyrgyz.ru/articles/kazakh/akimushkin_of_k_voprosu_o_vneshnepoliticheskikh_svyazyah_mogolskogo_gosudarstva_s_uzbekami_i_kazahami_v_30-h_godah_xvi_v - 60-h_godah_xviii_v/)
- [2] Бартольд В. В. Отчет о командировке в Туркестан // Бартольд В. В. Сочинения Т. VIII. М., 1973. С. 174–191.
- [3] Бийлибаев К.Ш. Борьба народов Центральной Азии против джунгарского ханства. <http://ipi1.ru/images/PDF/2016/46/borba-narodov-tsentralnoj.pdf>
- [4] Златкин И.Я. История Джунгарского ханства, 1635-1758. М, Наука, 1983. 336 с.
- [5] Исхаков Г. М. Могулистан в системе международных отношений в Центральной Азии // ҚР ҰҒА хабарлары=Изв. НАН РК. Сер. Общественных наук. Алматы, 2007. С. 83-86.
- [6] Исхаков Г. М. Могулистан в системе международных отношений в Центральной Азии // ҚР ҰҒА хабарлары=Изв. НАН РК. Сер. Общественных наук. №2. Алматы, 2008. С. 3-6.
- [7] Караев О. Чагатайский улус. Государство Хайду. Моголистан. Бишкек: Кыргызстан, 1995. 160 с.
- [8] Мухаммед-Садык-Кашгари. Тазира-йи ‘азизан. <http://e-history.kz/media/upload/55/2013/09/12/e5364907b87477150d5fde6c0691a578.pdf>
- [9] Китайские документы и материалы по истории Восточного Туркестана, Средней Азии и Казахстана на XIV-XIX вв. Алматы: Гылым, 1994. 272 с. [http://www.khamagmongol.com/library/history/Kitaiskie\\_dokumenty\\_1994\\_r.pdf](http://www.khamagmongol.com/library/history/Kitaiskie_dokumenty_1994_r.pdf)
- [10] Кузнецов В.С. Империя Цин и мусульманский мир (к вопросу о мусульманской реконкисте в Центральной Азии) <http://uighur.narod.ru/uigur2/article29.html>
- [11] Куропаткин А.Н. Историко-географический очерк страны, ее военные силы, промышленность и торговля. СПб.: Типография В.С. Балашева, 1879. 443 с. <http://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/20873>
- [12] Мойсеев В.А. Трагедия Великой степи – гибель джунгарского ханства. <http://www.nutug.ru/histori/tragedia.htm>
- [13] Молла Абд ал-Алим. Ислам наме // Материалы по истории казахских ханств XVI-XVIII вв. (извлечения из персидских и тюркских сочинений). Алма-Ата, Наука КазССР, 1969. [http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam\\_name/pred.htm](http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam_name/pred.htm)
- [14] [http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam\\_name/text.htm](http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam_name/text.htm)
- [15] Молла Муса Сайрамы. Тарих-и Амнийя // // Материалы по истории казахских ханств XVI-XVIII вв. (извлечения из персидских и тюркских сочинений). Алма-Ата, Наука КазССР, 1969. <http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XX/1900-1920/Sairami/text.htm>
- [16] Мунис и Агехи. Райский сад счастья // Материалы по истории туркмен и туркмени. Т. 2. XVI-XIX вв. Иранские, бухарские и хивинские источники. М.-Л. АН СССР, 1938. <http://www.vostlit.info/Texts/rus10/Agchi1/frameset1.htm>
- [17] Мухаммед Юсуф Мунши. Мукум-ханская история. Ташкент, АН УзССР, 1976.
- [18] [http://www.vostlit.info/Texts/rus11/Munsch\\_Yusuf/frameset2.htm](http://www.vostlit.info/Texts/rus11/Munsch_Yusuf/frameset2.htm)
- [19] Нарынбаев А.И. Реакционная роль суфизма в Восточном Туркестане [http://journals.manas.edu.kg/mjsr/oldarchives/Vol04\\_Issue07\\_2003/315.pdf](http://journals.manas.edu.kg/mjsr/oldarchives/Vol04_Issue07_2003/315.pdf)

- [20] Сапаралиев Д. Взаимоотношения киргизского народа с русским и другими народами в XVIII в. Бишкек: Илим, 1995. 152 с.
- [21] Скобелев С.Г. Гибель джунгарского этноса в 1755-1760 гг. : численность населения и размеры потерь // Социально-экономические и этнокультурные процессы в Верхнем Прииртышье в XVII-XX веках: Сборник материалов международной научной конференции. Новосибирск: Параллель, 2011. С. 54-60. <http://sibistorik.ru/project/conf2010/012-skobelev.htm>
- [22] Тарих-и Кашгар // Материалы по истории казахских ханств XVI-XVIII вв. (извлечения из персидских и тюркских сочинений). Алма-Ата, Наука КазССР, 1969. <http://www.vostlit.info/Texts/rus4/Kasgar/text2.phtml>
- [23] Тарих-и Кашгар // Материалы по истории киргизов и Киргизии. Вып. 1. М.: Наука, 1973. <http://www.vostlit.info/Texts/rus4/Kasgar/frametext1.htm>
- [24] Шах Махмуд ибн Мирза Фазил Чурас. Хроника. М., Наука, 1976.
- [25] <http://www.vostlit.info/Texts/rus9/Curas/frametext2.htm>
- [26] <http://www.vostlit.info/Texts/rus9/Curas/frametext3.htm>
- [27] Bababekov H.N. Fergana and the khanate on Kokand // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 73-83
- [28] Brothy D. The Kings of Xinjiang: Muslim elites and Qing Empire // Etudes Orientales Vol. 25. 2008. P. 69-90
- [29] Brothy D., Onuma T. The origins of Qing Xinjiang: A set of historical sources on Turfan. Tokyo: NIHU Program Islam area Studies, 2016. 282 p.
- [30] Di Cosmo N. The Qing and Unner Asia, 1636-1800. p. 333-362
- [31] Fletcher J. The biography of Khwush Kipak beg in the Wai-fan meng-ku hui-pu wang kung piao chuan // Acta Orientalia Academiae Scientiarum Hungaricae. Vol. 36. № 1-3. Budapest: Akademiai kiado, 1982. P. 167-182
- [32] Hussein Shah M. Afganistan // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 276-301.
- [33] Ma Dzheng. The Tarim basin // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 181-208
- [34] Miyawaki J., Bai Cuiqin, Kyzlasov L.R. The Djungars and the Torgouts and the people of Southern Siberia // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 141-181
- [35] Newby L.J. The empire and the khanate: A political history of Qing relations with Khoqand, 1760-1860. Leiden: Brill, 2005. 297 p.
- [36] Noda J., Onuma T. A collection of documents from the Kazakh sultans to the Qing dynasty. Tokyo: TIAS: Department of Islamic Area Studies, 2010. IV, 176 P.
- [37] Onuma T. Promoting Power: The Rise of Emin Khwaja on the Eve of the Qing Conquest of Kashgaria // Contact zone between nomadic and sedentary worlds: new sources and viewpoints for Asia studies. Occasional papers. Vol. 58. Tokyo: Research institute for oriental cultures Gakushin inivesty, 2012. P. 31-60
- [38] Onuma T. The Qing Dynasty and Its Central Asian Neighbors // Saksaha. Journal of Manchu studies. Vol. 12. 2014. P. 33-48
- [39] Perdue P. C. China Marches West: The Qing Conquest of Central Eurasia. Harvard: Harvard University Press, 2005. XX, 725 P.
- [40] Pirumshoev H.S. The Pamirs and the Badakhshan and the Trans-Pamirs states // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 228-249
- [41] Shioya A., Onuma T., Yayoi K. An Encounter between the Qing Dynasty and Khoqand in 1759–1760: Central Asia in the Mid-Eighteenth Century // Frontieres History of China. Vol. 9 (3). 2014. P. 384-408
- [42] Saguchi T. The Revival of the White Mountain Khwajas, 1760–1820 (from Sarimsaq to Jihangir) // Acta Asiatica. Bulletin of the Institute of Eastern Culture (The Toho gakkai. Tokyo). № 17. 1968.
- [43] Schwarz H. G. The Khwajas of Eastern Turkistan // Central Asiatic Journal. 20/4 (1976). P. 266–295.
- [44] Tchorev (Chortegin) T. The Kyrgyz // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 109-127
- [45] The history of khojas of Eastern Turkestan summaried from Tazkira-i-khwajagan of Muhammad Sadiq Kashgari. Calcutta: Office of Superintendent of Government Printing India, 1897. VI, 67 p. <http://www.battle-of-qurman.com.cn/literature/Shaw-HistoryKhojas-1897.pdf>
- [46] Togan I. Differences in Ideology and Practice: The Case of the Black and White Mountains Factions // Journal of the History of Sufism, 3. Paris: J. Maisonneuve, 2001–2002. P. 25–38.

## REFERENCES

- [1] Akimushkin O.F. K voprosu o vneshnepoliticheskix svyazyax Mogolskogo gosudarstva s uzbekami i kazaxami v 30-x godax XVI – 60 gg. XVII v. // Palestinskij sbornik. Vyp. 21 (84). M., 1970. [http://www.kyrgyz.ru/articles/kazakh/akimushkin\\_of\\_k\\_voprosu\\_o\\_vneshnepoliticheskix\\_svyazyax\\_mogolskogo\\_gosudarstva\\_s\\_uzbekami\\_i\\_kazahami\\_v\\_30-h\\_godax\\_xvi\\_v\\_-60-h\\_godax\\_xviii\\_v/](http://www.kyrgyz.ru/articles/kazakh/akimushkin_of_k_voprosu_o_vneshnepoliticheskix_svyazyax_mogolskogo_gosudarstva_s_uzbekami_i_kazahami_v_30-h_godax_xvi_v_-60-h_godax_xviii_v/)
- [2] Bartold V. V. Otchet o komandirovke v Turkestan // Bartold V. V. Sochineniya T. VIII. M., 1973. S. 174–191.
- [3] Bijlibaev K.Sh. Borba narodov Centralnoj Azii protiv dzhungarskogo xanstva. <http://ipi1.ru/images/PDF/2016/46/borba-narodov-tsentralnoj.pdf>
- [4] Zlatkin I.Ya. Istoriya Dzhungarskogo xanstva, 1635-1758. M, Nauka, 1983. 336 s.
- [5] Isxakov G. M. Mogulistan v sisteme mezhdunarodnyx otnoshenij v Centralnoj Azii // QR YFA xabarlary=Izv. NAN RK. Ser. Obshhestvennyx nauk. Almaty, 2007. S. 83-86.
- [6] Isxakov G. M. Mogulistan v sisteme mezhdunarodnyx otnoshenij v Centralnoj Azii // QR YFA xabarlary=Izv. NAN RK. Ser. Obshhestvennyx nauk. №2. Almaty, 2008. S. 3-6.

- [7] Karaev O. Chagatajskij ulus. Gosudarstvo Xajdu. Mogolistan. Bishkek: Kyrgyzstan, 1995. 160 s.
- [8] Muxammed-Sadyk-Kashgari. Tazkira-ji 'azizan. <http://e-history.kz/media/upload/55/2013/09/12/e5364907b87477150d5fd66c0691a578.pdf>
- [9] Kitajskie dokumenty i materialy po istorii Vostochnogo Turkestana, Srednej Azii i Kazaxstana na XIV-XIX vv. Almaty: Gylm, 1994. 272 s. [http://www.khamagmongol.com/library/history/Kitaiskie\\_dokumenty\\_1994\\_r.pdf](http://www.khamagmongol.com/library/history/Kitaiskie_dokumenty_1994_r.pdf)
- [10] Kuznecov V.S. Imperiya Cin i musulmanskij mir (k voprosu o musulmanskoj rekonkiste v Centralnoj Azii) <http://uighur.narod.ru/uigur2/article29.html>
- [11] Kuropatkin A.N. Istoriko-geograficheskij ocherk strany, ee voennye sily, promyshlennost i trgovlya. SPb.: Tipografiya V.S. Balasheva, 1879. 443 s. <http://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/20873>
- [12] Moiseev V.A. Tragediya Velikoj stepi – gibel dzhungarskogo xanstva. <http://www.nutug.ru/histori/tragedia.htm>
- [13] Molla Abd al-Alim. Islam name // Materialy po istorii kazaxskix xanstv XVI-XVIII vv. (izvlecheniya iz persidskix i tyurkskix sochinenij). Alma-Ata, Nauka KazSSR, 1969. [http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam\\_name/pred.htm](http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam_name/pred.htm)
- [14] [http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam\\_name/text.htm](http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XVIII/1740-1760/Islam_name/text.htm)
- [15] Molla Musa Sajrami. Tarix-i Amnija // // Materialy po istorii kazaxskix xanstv XVI-XVIII vv. (izvlecheniya iz persidskix i tyurkskix sochinenij). Alma-Ata, Nauka KazSSR, 1969. <http://www.vostlit.info/Texts/Dokumenty/M.Asien/XX/1900-1920/Sairami/text.htm>
- [16] Munis i Agexi. Rajskej sad schastya // Materialy po istorii turkmen i turkmenii. T. 2. XVI-XIX vv. Iranskije, buxarskije i xivinskije istochniki. M.-L. AN SSSR, 1938. <http://www.vostlit.info/Texts/rus10/Agexi1/frameset1.htm>
- [17] Muxammed Yusuf Munshi. Mukim-xanskaya istoriya. Tashkent, AN UzSSR, 1976.
- [18] [http://www.vostlit.info/Texts/rus11/Munshi\\_Yusuf/frameset2.htm](http://www.vostlit.info/Texts/rus11/Munshi_Yusuf/frameset2.htm)
- [19] Narynbaev A.I. Reakcionnaya rol sufizma v Vostochnom Turkestane [http://journals.manas.edu.kg/mjsr/oldarchives/Vol04\\_Issue07\\_2003/315.pdf](http://journals.manas.edu.kg/mjsr/oldarchives/Vol04_Issue07_2003/315.pdf)
- [20] Saparaliev D. Vzaimootnosheniya kirgizskogo naroda s russkim i drugimi narodami v XVIII v. Bishkek: Ilim, 1995. 152 s.
- [21] Ckobelev S.G. Gibel dzhungarskogo etnosa v 1755-1760 gg. : chislennost naseleniya i razmery poter // Socialno-ekonomicheskie i etnokulturnye processy v Verxnem Priiryshe v XVII-XX vekax: Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Novosibirsk: Parallel, 2011. S. 54-60. <http://sibistorik.ru/project/conf2010/012-skobelev.htm>
- [22] Tarix-i Kashgar // Materialy po istorii kazaxskix xanstv XVI-XVIII vv. (izvlecheniya iz persidskix i tyurkskix sochinenij). Alma-Ata, Nauka KazSSR, 1969. <http://www.vostlit.info/Texts/rus4/Kasgar/text2.phtml>
- [23] Tarix-i Kashgar // Materialy po istorii kirgizov i Kirgizii. Vyp. 1. M.: Nauka, 1973. <http://www.vostlit.info/Texts/rus4/Kasgar/frameset1.htm>
- [24] Shax Maxmud ibn Mirza Fazil Churas. Xronika. M., Nauka, 1976.
- [25] <http://www.vostlit.info/Texts/rus9/Curas/frameset2.htm>
- [26] <http://www.vostlit.info/Texts/rus9/Curas/frameset3.htm>
- [27] Bababekov H.N. Fergana and the khanate on Kokand // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 73-83
- [28] Brothy D. The Kings of Xinjiang: Muslim elites and Qing Empire // Etudes Orientales Vol. 25. 2008. P. 69-90
- [29] Brothy D., Onuma T. The origins of Qing Xinjiang: A set of historical sources on Turfan. Tokyo: NIHU Program Islamic Area Studies, 2016. 282 p.
- [30] Di Cosmo N. The Qing and Inner Asia, 1636-1800. p. 333-362
- [31] Fletcher J. The biography of Khwush Kipak beg in the Wai-fan meng-ku hui-pu wang kung piao chuan // Acta Orientalia Academiae Scientiarum Hungaricae. Vol. 36. № 1-3. Budapest: Akademiai kiado, 1982. R. 167-182
- [32] Hussein Shah M. Afganistan // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 276-301.
- [33] Ma Dzheng. The Tarim basin // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 181-208
- [34] Miyawaki J., Bai Cuiqin, Kyzlasov L.R. The Djungars and the Torgouts and the people of Southern Siberia // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 141-181
- [35] Newby L.J. The empire and the khanate: A political history of Qing relations with Khoqand, 1760-1860. Leiden: Brill, 2005. 297 p.
- [36] Noda J., Onuma T. A collection of documents from the Kazakh sultans to the Qing dynasty. Tokyo: TIAS: Department of Islamic Area Studies, 2010. IV, 176 P.
- [37] Onuma T. Promoting Power: The Rise of Emin Khwaja on the Eve of the Qing Conquest of Kashgaria // Contact zone between nomadic and sedentary worlds: new sources and viewpoints for Asia studies. Occasional papers. Vol. 58. Tokyo: Research institute for oriental cultures Gakushuin University, 2012. P. 31-60
- [38] Onuma T. The Qing Dynasty and Its Central Asian Neighbors // Saksaha. Journal of Manchu studies. Vol. 12. 2014. P. 33-48
- [39] Perdue P. C. China Marches West: The Qing Conquest of Central Eurasia. Harvard: Harvard University Press, 2005. XX, 725 P.
- [40] Pirumshoev H.S. The Pamirs and the Badakhshan and the Trans-Pamirs states // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 228-249
- [41] Shioya A., Onuma T., Yayoi K. An Encounter between the Qing Dynasty and Khoqand in 1759–1760: Central Asia in the Mid-Eighteenth Century // Frontieres History of China. Vol. 9 (3). 2014. P. 384-408
- [42] Saguchi T. The Revival of the White Mountain Khwajas, 1760–1820 (from Sarimsaq to Jihangir) // Acta Asiatica. Bulletin of the Institute of Eastern Culture (The Toho gakkai. Tokyo). № 17. 1968.
- [43] Schwarz H. G. The Khwajas of Eastern Turkistan // Central Asiatic Journal. 20/4 (1976). P. 266–295.

[44] Tchoroev (Chortegin) T. The Kyrgyz // History of Civilizations of Central Asia. Vol. 5. Paris: Unesco Publishing, 2003. P. 109-127

[45] The history of khojas of Eastern Turkestan summaried from Tazkira-i-khwajagan of Muhhamad Sadiq Kashgari. Calcutta: Office of Superintendent of Government Printing India, 1897. VI, 67 p. <http://www.battle-of-qurman.com.cn/literature/Shaw-HistoryKhojas-1897.pdf>

[46] Togan I. Differences in Ideology and Practice: The Case of the Black and White Mountains Factions // Journal of the History of Sufism, 3. Paris: J. Maisonneuve, 2001–2002. P. 25–38.

**Я.В. Пилипчук**

### **XVII–XVIII ҒҒ. МОҒОЛСТАН ЖӘНЕ ҰЙҒЫР МЕМЛЕКЕТТЕРІНІҢ ҚҰЛАУЫ**

Мақала XVII–XVIII ғғ. Моғолстан мен ұйғыр мемлекеттерінің құлау тарихына арналған. Моғолияның (Моғолстанның) құлауының негізгі себебі ел ішіндегі бүлікшілдік болып табылады. Бақталас тараптар өзара мәселелерді шешу үшін сыртқы күштерді белсенді пайдаланды. Тұрпандағы билеуші Тоғлық-Темір ұрпақтары ойрат-жоңғарлардың көмегіне сүйенді. Ал, Қашғар мен Жаркендтің билеушелері қырғыздарға иек артты. Жоңғар хандары Сенге мен Галдан-Бошоқту Моғолиядағы бүлікті өзінен тәуелділікті алу үшін тиімді пайдаланды. Хандардың бүлікшілігі XVII ғасырдың соңында Қашғария аймағында зайырлы биліктің құлап, теократияның қалыптасуына алып келді. Жоңғарлар Шығыс Түркістандағы жағдайды толық қолына алды. XVIII ғасырда бірінші жартысында ұйғырлардың Цин империясына одақтас болуы жоңғарлардың езгісінде үлкен роль ойнады. Империялық әскердің Жоңғарияны жаулап алуы ұйғыр автономияларын жоңғарлар тұсындағы автономиялық биліктен айырды. Ұйғыр билеушілері, оның ішінде хәкім-бектер Цин империясымен байланыс орнатты. Біршама атақты коллаборационист болып Эмин-ходжа және Күш-Кепек-бек танылды. Алайда, ақтаулық қожалар қаратаулық қожалармен билікке таласта империя әскерінің көмегінен бас тартпады. Бұрхан ад-Дин және Ходжа Джахан Цин империясына қарсы көтерілісті қаратаулық қожаларды жеңгеннен кейін ғана бастады. Ал, ақтаулық қожалар Шығыс Түркістан халқына біріккен антициндік позицияны қамтамасыз ете алмады. Қаратаулық қожалар Цин империясына қарсы көтерілісті бірінші болып бастады. Ақтаулық қожалар одақтас қырғыздармен келіспей қалып жатты. Қашғарияның мұсылман көршілері ұйғырларға көмек көрсетпеді. Әр мемлекет өз қауіпсіздігін ойлады. Олардың көмегі босқын қожалар мен олардың балаларын жасырумен ғана шектелді.

**Кілт сөздер:** Моғолия, Моғолстан, Жоңғар хандығы, Цин империясы, қырғыздар, ұйғырлар, моғолдар, қожалар, алауыздықтар, қаратаулық қожалар, ақтаулық қожалар.

#### **Сведения об авторе:**

Пилипчук Ярослав Валентинович, младший научный сотрудник Отдела Евразийской степи Института востоковедения им. А.Ю. Крымского НАН Украины, кандидат исторических наук, Украина, 01001, г. Киев, ул. Грушевского 4, [pylypchuk.yaroslav@gmail.com](mailto:pylypchuk.yaroslav@gmail.com)

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 302 – 308

UDC 330.3

**A.B. Esenbekova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kokchetau technical institute of the Committee on extraordinary situations  
of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan, Kokchetau  
[asem.cold@mail.ru](mailto:asem.cold@mail.ru)

**TO THE PROBLEMS OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
OF THE ECONOMY AND ITS DEPENDENCE  
ON GLOBAL CLIMATE CHANGE**

**Abstract.** Problem of the sustainable development of the economy is one of the most actual current problems. At the beginning of the 21-st century the mankind, more than ever, has sharply felt consequences of climate change and deterioration in an ecological situation around the world. Scientists look for various solutions of environmental problems and power supply by implementation of advanced technologies in spheres of the activity of the society. The main aim of this article is the analysis of the existing scientific concepts and methodological searches, concerning the nature and essence of the sustainable development of the economy, and also factors, influencing this process. The problem of the sustainable development and increase of efficiency of use of the resources is quite important today. Transition to the “green” economy is urged to serve preserving ecological balance, which will help to keep eco variety of the Kazakhstan nature, and also to suspend deterioration in an economic level of life, poverty and to increase quality of social parameters of life of the population. Our state one of the first among the former Soviet Union republics has started development of the concept on transition to the “green” economy. The “green” economy is considered as the economy, which promotes growth of welfare of the citizens and provides social stability in the conditions of decrease in environmental risks and degradation of environment.

**Key words:** sustainable development, environment, global climate change, natural ecosystems, economic disparity, economic growth, economic stability, economic policy of the state, strong growth of the region, stability forms.

УДК 330.3

**А.Б. Есенбекова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД  
Республики Казахстан, г. Кокшетау

**К ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И ЕЕ  
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**Аннотация.** Проблема устойчивого развития экономики - одна из наиболее актуальных на сегодняшний день проблем. На заре XXI века человечество, как никогда, остро ощутило последствия изменения климата и ухудшения экологической обстановки во всем мире. Ученые ищут различные пути решения проблем экологии и энергообеспечения путем внедрения передовых технологий в сферах жизнедеятельности общества. Основной целью данной статьи является анализ существующих научных концепций и методологических поисков в отношении природы и сущности устойчивого развития экономики, а также факторов, влияющих на данный процесс. Проблема устойчивого развития и повышения эффективности использования ресурсов очень актуальны на сегодняшний день. Переход к «зеленой» экономике призван служить сохранению экологического равновесия, которое поможет сохранить эко разнообразие казахстанской природы, а также приостановить ухудшение экономического уровня жизни, бедности и повысить качество социальных параметров жизни населения. Наше государство одним из первых

на постсоветском пространстве приступило к разработке концепции по переходу к «зеленой» экономике. «Зеленая» экономика рассматривается как экономика, которая способствует росту благосостояния граждан и обеспечивает социальную устойчивость в условиях снижения экологических рисков и деградации окружающей среды.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, окружающая среда, глобальное изменение климата, природные экосистемы, экономический диспаритет, экономический рост, экономическая стабильность, экономическая политика государства, устойчивый рост региона, формы устойчивости.

Происходящие в настоящее время климатические изменения негативно влияют на здоровье людей, среду их обитания и ведение экономической, хозяйственной деятельности на всех континентах Земли. Современные динамичные процессы в глобальных природных катаклизмах указывают на угрозу возможных катастрофических последствий мирового масштаба для человеческой цивилизации в целом. В данный момент человечество вступило в эпоху глобальных климатических перемен, что стало комплексной междисциплинарной проблемой, охватывающей экономические, экологические и другие аспекты.

В докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) от 31 марта 2014 года говорится о воздействии изменения климата, в связи с высокими уровнями глобального потепления. К сожалению, отдельные последствия изменения климата затронули экосистемы суши и океана, системы водоснабжения, сельское хозяйство, здоровье человека.

Выше перечисленные проблемы ставят задачу перед учеными разработки путей устойчивого развития экономики. Как известно, впервые понятие «устойчивое развитие» начало употребляться в 1987 году после опубликования доклада Комиссии Генеральной ассамблеи ООН по окружающей среде и развитию. Данная идея- идея устойчивого развития- рассматривалась в трудах по региональной экономике таких ученых, как Н.П. Ващекин, А.Д. Урсул, К.Х. Делокаров, А.В. Нестеров, Г.А. Унтура, А.В. Евсеенко, М.А. Краснова, В.М. Фомин, В.М. Чистяков и др.

Сформулируем основные задачи устойчивого развития:

- усиление экономического роста;
- охрана окружающей среды;
- восстановление природных экосистем;
- достижение социальной справедливости.

Наиболее полной трактовкой понятия «устойчивое развитие» является определение академика В.А. Коптюга. Согласно его точке зрения, для устойчивого развития предполагается: достижение сбалансированного социально-экономического развития человечества; сохранение окружающей среды; снижение экономического диспаритета между развитыми и развивающимися странами с помощью технологического процесса и рационализации потребления [1, С.18].

Понятие «устойчивость» тесно связано с категорией «устойчивый экономический рост». Модель устойчивого развития, которая предполагает согласованность социально-экономического и экологического частей общественной жизни, должна быть основой формулирования подходов к решению крупномасштабных проблем территориальных образований [2, С.11]. Мы считаем, что данный подход актуален в нынешних условиях в Республике Казахстан: сегодня идёт перенос груза экономических реформ на области и увеличение их роли в осуществлении экономической политики государства. Неправильно считать области устойчиво развивающимися, исходя из увеличения экономических показателей. Устойчивый рост области должен быть нацелен на достижение достойного качества жизни и сопровождаться позитивной динамикой комплекса различных показателей.

К основополагающим формам устойчивости области относят:

- неустойчивое развитие (неизменность выражается эпизодически и система подвержена переменам даже при малейших влияниях);
- гиперустойчивость (объект не может реагировать и адаптироваться к изменениям, включая и положительные);
- глобальная устойчивость (система отвечает свойству устойчивости для всех траекторий движения);
- приближено устойчивое развитие (свойство устойчивости совершается для траектории вблизи равновесной);
- устойчивая система (система достигает полного баланса различных подсистем) [3, С.41].

В научный обиход Концепция устойчивого развития была введена в начале 80-х годов. В большинстве исследований признается, что прежняя концепция взаимодействия общества и

природы, ориентированная на охрану окружающей среды, не обеспечила стабилизации эколого-экономической ситуации. Подверглась пересмотру десятилетиями господствовавшая парадигма «экономического роста», ожидалось глубокие потрясения мировых экономик.

Позднее, в 1992 году, на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро концепция устойчивого развития получила официальное признание, и в ее основном документе - «Повестке дня на 21 век» - была принята рекомендация о разработке всеми странами национальных стратегий устойчивого развития. Как отмечалось на конференции, процессы экономического роста, которые порождают беспрецедентный уровень благополучия и мощи богатого меньшинства, ведут одновременно к рискам и дисбалансам, которые в одинаковой мере угрожают богатым и бедным. Такая модель развития и соответствующий ей характер производства и потребления не является устойчивым. В этой Декларации, принятой на данной конференции, в частности, отмечается, что право на развитие должно быть реализовано таким образом, чтобы удовлетворить потребности в развитии и сохранении окружающей среды нынешнего и будущего поколений.

Здесь речь идет об ориентации экономического роста таким образом, чтобы совмещать последствия воздействия человеческой деятельности с ее безопасностью, с учетом охраны окружающей среды.

Из предыдущего анализа следует, что понятие устойчивого развития включает в себя следующие элементы:

1. признание того, что в центре внимания находятся люди, которые должны иметь право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;
2. охрана окружающей среды должна стать неотъемлемой компонентой развития и не может рассматриваться в отрыве от него;
3. право на развитие должно реализоваться таким образом, чтобы в равной мере обеспечить удовлетворение потребностей в развитии и сохранении окружающей среды;
4. уменьшение разрыва в уровне жизни народов мира.

В выше указанной Декларации по окружающей среде и развитию содержатся основополагающие принципы, имеющие непосредственное отношение к экономике природопользования. К ним относятся следующие принципы:

1. государства, проводя свою политику в вопросах окружающей среды и развития, несут ответственность за то, чтобы деятельность, находящаяся под их контролем, не наносила ущерб окружающей среде в других странах или районах. Речь идет о принципе экономической ответственности за трансграничное загрязнение окружающей среды;
2. право на развитие должно быть реализовано таким образом, чтобы удовлетворять потребности в развитии и сохранении окружающей среды нынешнего и будущего поколений;
3. для того, чтобы добиться устойчивого развития, охрана окружающей среды должна стать неотъемлемой частью процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него. Данное положение можно обозначить как принцип органического единства и взаимосвязи экономики и экологии.

Подчеркнем, что исследования по проблемам гармонизации экономических и экологических интересов общества, сбалансированному развитию экономики с учетом состояния окружающей среды проводились также отечественными учеными, основные положения которых базировались на учении В.И. Вернадского. Однако в связи с политико-идеологическими и экономическими противоречиями и противостоянием государств периода «холодной войны» представителям различных научных школ так и не удалось выработать единство методологических подходов по данному вопросу. Вместо конструктивного диалога и поиска консенсуса по решению глобальных экологических проблем, представители различных экономических школ в силу политических причин и в угоду идеологическим догмам осуществляли критический анализ «буржуазных теорий» и «командно-административной экономики».

Вопрос о теоретических подходах и механизмах реализации принципов устойчивого развития до последнего времени остается дискуссионным. Можно выделить следующие основные теоретико- методологические подходы к формированию его концепции: антропоцентрический, биосферно-центрический и ноосферный.

Первый подход предусматривает возможность выживания современной цивилизации и дальнейшее ее развитие с помощью технического прогресса. «Антропоцентрический» или утилитарный подход к проблеме базируется на требованиях человека к качеству среды обитания и



ориентируется на потенциальную полезность природных объектов для человека и удовлетворения его потребностей.

Усиление интеграции экономических и экологических процессов в мире привело к более широкому пониманию устойчивого развития, к расширению его социально-экономической составляющей. В соответствии с данным подходом достижение устойчивого социально-экономического развития требует согласования стратегий, нацеленных на ускорение экономического роста, ликвидацию бедности и охрану окружающей среды.

В Стратегическом плане развития Республики Казахстан до 2020 года отмечается, что «экологические требования должны быть включены в систему экономического планирования, что, в свою очередь, требует поиска новых форм вмешательства в процесс природопользования». Эколого-экономический план действий отдельных стран при этом может включать:

1. оценку состояния природных ресурсов и тенденции их использования по различным сценариям экономического развития;
2. выявление экономических и социальных последствий использования основных видов природных ресурсов;
3. определение критериев экологически целесообразной деятельности человека;
4. выбор приоритетов инвестиционных программ при особом внимании к демографической политике;

обоснование направлений вмешательства государства в процесс регулирования природопользования [4].

Акцентируем внимание на то, что возможности поддержания темпов экономического роста за счет увеличения масштабов использования природных ресурсов уже практически исчерпаны. Все очевиднее становится ограниченность энергетических, водных, лесных, земельных и других естественных ресурсов. Их возрастающий дефицит обусловлен, прежде всего, преимущественно экстенсивным характером развития природопользования. Кроме того, в перспективе миру грозит исчерпание многих видов минеральных ресурсов. В этих условиях в целях интеграции экономических и экологических интересов у общества нет иного пути, как повышение эффективности использования сырьевых и минеральных ресурсов, ресурсосбережения, внедрения прогрессивных малоотходных и природосберегающих технологий.

В связи с усилением антропогенных факторов, связанных с загрязнением окружающей среды и исчерпанием природных ресурсов, понятие устойчивого развития может быть дополнено системой экологических ограничений. В этом случае под устойчивым понимается такое развитие общества, при котором удовлетворение потребностей осуществляется в рамках экологических ограничений без отрицательных последствий для будущих поколений. Образно выражаясь - это такое развитие экономики, при котором обеспечивается улучшение благосостояния, условий труда и жизни настоящего и будущего поколений, сохранение динамического равновесия между всеми компонентами биосферы, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов с широким вовлечением в хозяйственный оборот отходов производства и потребления в современной экономике.

Под устойчивым развитием многими учеными понимается такое развитие экономики, которое обеспечивает сбалансированное решение задач социально-экономического развития на перспективу и сохранение благоприятного состояния окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей населения.

Интересная трактовка устойчивого развития представлена в книге И.П. Глазыриной «Природный капитал в экономике переходного периода». Согласно определению И.П. Глазыриной, которая развивает взгляды таких представителей школы экологической экономики как Х. Дейли и Р. Костанза, устойчивое - это такое развитие, которое не ведет к уменьшению природного капитала. В свою очередь, под природным капиталом здесь понимаются определенные запасы, активы природной среды, дающие поток ценных товаров и услуг в будущем. То есть природный капитал - это совокупность активов, дающих человечеству ресурсы и экологические услуги (водообеспечение, ассимиляция отходов, регулирование климата, рекреация и т. д.) [5, С.117].

Х. Дейли и Р. Костанза подчеркивают различия между двумя видами природного капитала: возобновляемый, или активный, и невозобновляемый. Возобновляемый природный капитал обладает способностью к самовоспроизведению, используя солнечную энергию. Экосистемы являются возобновляемым природным капиталом. Они могут быть источником товаров (напри

мер, древесина, ягоды, грибы и т.д.), а также обеспечивать поток экологических (экосистемных) услуг: регулирования климата, рекреация, предотвращение эрозии почв и т.д. Невозобновляемый природный капитал является, скорее, пассивным. Лучшим примером могут служить запасы полезных ископаемых. Возобновляемый природный капитал является аналогом средств производства механизмов и подвержен амортизации; невозобновляемый природный капитал, скорее аналогичен товарно-сырьевым запасам и подвержен ликвидации [6, С.3].

Другой подход предусматривает сохранение биосферы, как естественной основы жизни на Земле в процессе ее эволюции. Согласно биосферно-центрическому или «эгоцентрическому» подходу приоритет должен быть отдан природным экосистемам, которые обладают независимой от человека самоценностью (но от которых зависит качество среды обитания человека, значительная часть хозяйственных ресурсов и многие компоненты которых более чувствительны к загрязнению среды по сравнению с человеком. Данный подход предполагает ориентацию главным образом на сохранение и поддержание имеющихся экологических систем. При этом поддержание экологического равновесия можно рассматривать в территориальном и социально-экономическом аспектах проблемы. В первом случае - это сохранение природных экосистем на части территории с таким расчетом, чтобы специально выделенные участки поддерживали ранее существовавший или желаемый баланс между средообразующими компонентами.

Учитывая глобальный характер изменения состояния окружающей среды, реальности экологического кризиса и имеющие место в ряде регионов необратимые экологические последствия в результате загрязнения природной среды и истощения природных ресурсов, реализация рассмотренного выше подхода представляется проблематичным.

Третий подход базируется на учении В.И. Вернадского о ноосфере (сфере разума) и заключается в следующем: человек, выработав в социальной среде научную мысль, создает в биосфере новую геологическую силу. Биосфера перерабатывается научной мыслью социального человечества, переходит в новое эволюционное состояние - ноосферу, а задача науки состоит в сознательном направлении организованности ноосферы, распределении богатств, связанных с осознанием единства и равенства всех людей, единства биосферы.

Как известно, В.И. Вернадский выступал против утверждения М. Фридмана, что рыночная экономика - саморегулирующаяся и самоорганизующаяся система. Он доказывал, что любая система, предоставленная самой себе, дезорганизуется, в ней возрастает беспорядок, хаос, происходит потеря энергии и, в конце концов, наступает распад. Так в природе и обществе существуют процессы упорядочения, становления, самообразования, накопления разумной деятельности человека, преобразующего мир, что объединяется В.И. Вернадским в понятие ноосфера. Данный подход, по мнению отдельных авторов, не замыкается только на естественно-научное восприятие экологической проблемы. Становление ноосферы связано с изменением системы общественных ценностей, с переходом от утилитарно-прагматического отношения к природе к типу отношения, в рамках которого природа рассматривается как одно из высших ценностей общественного бытия. Это предполагает переориентацию целеполагающей деятельности человечества, превращения ее в экологически адекватную.

В случае, если концептуальная схема будет строиться на принципах экологизации хозяйственной деятельности, то устойчивое развитие, в конечном счете, сведется к увеличению национального богатства и, следовательно, трансформируется в модель экономического роста.

Если в качестве концептуальной схемы будет выступать сохранение биосферы и консервации локальных экосистем, то рост национального имущества и национального богатства будет сталкиваться с ограничениями, предполагающими формирование оптимальных потребностей для будущих поколений. И наконец, если в качестве концептуальной схемы будет выступать проблема формирования ноосферы, то при сохранении указанных экологических ограничений дополнительно должны действовать требования увеличения удельного веса таких социальных элементов национального богатства, как квалификация работающих и духовные ценности. Последняя из перечисленных схем и является приоритетной для Казахстана и стран СНГ при переходе на модель устойчивого развития.

Ранее мы уже отмечали, что в Казахстане разработана Концепция экологической безопасности РК на 2004-2015 годы, где предпринята попытка дополнить вышеназванное понятие устойчивого развития, вводя в его содержание моменты, ориентирующие на дальнейший прогресс общества в рамках, определяемых законами развития биосферы [7].

Государственная экологическая политика Казахстана основывается на следующих основных

принципах:

- устойчивое развитие, предусматривающее равное внимание к его экономической, социальной и экологической составляющим, и признание невозможности развития человеческого общества при деградации природы;
- справедливое распределение благ для населения от использования природных ресурсов и доступа к ним;
- приоритетность для общества жизнеобеспечивающих функций биосферы по отношению к прямому использованию ее ресурсов;
- упреждающее действие, заключающееся в предотвращении негативных экологических последствий различных видов хозяйственной деятельности до их реализации, учет отдаленных экологических последствий;
- предосторожность, заключающаяся в отказе от хозяйственных и иных проектов, связанных с воздействием на природные системы, если его последствия непредсказуемы на современном этапе или прогнозируются недостаточно надежно;
- платность природопользования и возмещение ущерба населению и окружающей среде;
- открытость экологической информации;
- демократичное управление реализацией экологической политики, включающее участие гражданского общества, органов самоуправления и деловых кругов в подготовке, обсуждении, принятии и реализации решений [8].

Таким образом, реализация государственной стратегии устойчивого развития страны и отдельных ее регионов предполагает усиление экологической составляющей экономики и гармонизацию экологических и экономических интересов общества. Однако переход к устойчивому развитию нельзя осуществить, сохраняя нынешние стереотипы мышления и потребительское отношение к природе. Для принципиального решения экологических проблем необходимо радикальное изменение во взглядах на развитие экономики и цивилизации в целом, что должно найти отражение в рационализации структуры потребностей и развитии собственно экологических потребностей как новой экономической категории.

Современный мировой опыт показывает, что во внутренней политике государство должно уделять особое внимание формированию системы экологического образования и просвещения, как одному из приоритетных направлений формирования экологических потребностей общества. Речь идет о целенаправленном насыщении экологической идеологией всех сфер жизнедеятельности людей, начиная от детского сада, школы, вуза, профессиональной деятельности, а также создание систем повышения квалификации и переподготовки кадров. В свою очередь, отсутствие и незрелость экологических потребностей приводит к тому, что природные ресурсы получают экономическую оценку только в случае их хозяйственного использования. Вместе с тем, при эксплуатации любого природного ресурса и объекта воздействию подвергается целый ряд пространственно связанных с ним видов природных ресурсов.

В заключение хотелось бы отметить, что глобальные изменения климата оказывают отрицательное влияние на стабильность экономического развития Казахстана. Мы прекрасно понимаем, что наша республика, прежде всего, является аграрной страной, где земледелию и животноводству придается очень большое значение. Изменение климата, в свою очередь, может крайне негативно повлиять на ведение сельскохозяйственного производства, где сосредоточена значительная часть трудовых ресурсов страны. В последнее время только растениеводство, особенно выращивание пшеницы, дает возможность Казахстану укреплять золото- валютные резервы, являющиеся основой стабильного и устойчивого развития нашей страны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Коптюга В.А. Возможна ли разработка стратегии устойчивого развития России в настоящее время? Лекция в Новосибирском госуниверситете 25 сентября 1996 г. // «Наука на грани тысячелетий». – Материалы лектория НГУ, Вып. 1, Новосибирск, 1997.– С.18-20.
- [2] Мороза О.В. Формирование механизма устойчивого экономического развития региона. Автореф. канд.дисс. – Минск, 2011.– 53 с.
- [3] Козлова М.В. Зеленая экономика как парадигма устойчивого развития Республики Казахстан // Вестник Инновационного Евразийского университета. – Павлодар. – 2012. – № 3. – 41-47.
- [4] Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года. Утвержден Указом Президента Республики Казахстан от 1 февраля 2010 года № 922 // [http://www.kazpravda.kz/pdf/feb10/120210plan\\_2020.pdf](http://www.kazpravda.kz/pdf/feb10/120210plan_2020.pdf)

- [5] Глазырина И.П. Природный капитал в экономике переходного периода. – М.: НИА-Природа, РФФИ, 2001. – 204 с.
- [6] Costanza R. What is Ecological Economics? // Ecological Economics. – 1989. – v. 1, pp. 1-7.
- [7] Концепция экологической безопасности РК на 2004-2015 годы. Одобрена Указом Президента Республики Казахстан от 3 декабря 2003 года № 1241 Республики Казахстан // [https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo\\_respubliki...premer.../id-P030000772](https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo_respubliki...premer.../id-P030000772).
- [8] Концепция перехода РК к устойчивому развитию на 2007-2024 годы. Указ Президента Республики Казахстан от 14 ноября 2006 года № 216 <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U060000216>.

#### REFERENCES

- [1] Koptiuga V.A. Whether development of strategy of the sustainable development of Russia is possible now? Lecture in Novosibirsk state university on September 25, 1996 // Science on the verge of the millennium. – Materials of a lecture hall of NSU, Issue 1, Novosibirsk, 1997. – P.18-20. (in Russ.).
- [2] Moroza O.V. Forming of the mechanism of the sustainable economic development of the region. Avtoref. of PhD. – Minsk, 2011. – 53 p. (in Russ.).
- [3] Kozlova M.V. Green economy as paradigm of the sustainable development of the Republic of Kazakhstan // Bulletin of Innovative Euroasian University. – Pavlodar. – 2012. – № 3. – P.41-47. (in Russ.).
- [4] The strategic plan of the development of the Republic of Kazakhstan until 2020. № 922 is approved by the Presidential decree of the Republic of Kazakhstan of February 1, 2010 // [http://www.kazpravda.kz/\\_pdf/feb10/120210plan\\_2020.pdf](http://www.kazpravda.kz/_pdf/feb10/120210plan_2020.pdf) (in Russ.).
- [5] Glazyrina I.P. The natural equity in the economy in transition period. – М.: NIA-Nature, REFIA, 2001. – 204 p. (in Russ.).
- [6] Costanza R. What is Ecological Economics? // Ecological Economics. – 1989. – v. 1, pp. 1-7. (in English.).
- [7] The Concept of ecological safety of the Republic of Kazakhstan for 2004-2015 is approved by the Presidential decree of the Republic of Kazakhstan of December 3, 2003 № 1241 // [https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo\\_respubliki...premer.../id-P030000772](https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo_respubliki...premer.../id-P030000772) (in Russ.).
- [8] The Concept of they transition of the Republic of Kazakhstan to the sustainable development for 2007-2024. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan of November 14, 2006 № 216 <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U060000216> (in Russ.).

#### А.Б. Есенбекова

Қазақстан Республикасы ИМ төтенше жағдайлар Комитетінің Көкшетау техникалық институтінің оқытушысы

### ЭКОНОМИКАНЫҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ КЛИМАТТЫҢ ҒАЛАМДЫҚ ӨЗГЕРУІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ ЖАЙЛЫ

**Аңдатпа.** Экономиканың тұрақты дамуы мәселелері- қазіргі заманның ең өзекті, ең басты мәселелерінің бірі болып саналады. Қазір, ХХІ ғасырдың басында адамзат бұрын ешқашан болмаған мөлшерде ғаламдық климаттың өзгеруіне душар болып, әлемдегі экологиялық жағдайдың нашарлауына көз жеткізіп отыр. Ғалымдар экологиялық тепеңдікті сақтау мен табиғатты қорғау әдістерін іздеп, қоғам өмірінің табиғатқа әсерін азайтудың жаңа технологияларын қарастыруда. Бұл бағыттағы ізденістердің мақсаты мәселені шешудің әдіснамалық тәсілдерін қарастырып, экономиканың тұрақты даму жолдарын анықтап және оған әсер ететін факторларды зерттеу. Тұрақты даму мәселесі, табиғи ресурстарды тиімді пайдалану бүгінгі күнің өте өзекті бағыты болып есептеледі. Сондықтан да еліміздің «жасыл» экономикаға өтуі, экологиялық тепеңдікті сақтаудың тура жолы, қазақстандық табиғатты сақтаудың ең шешімді әдісі. Ғаламдық климаттың өзгеруі жағдайларында еліміздің экономикасын тұрақты ұстау, халықтың өмір суру деңгейін төмендетпеу, кедейшілікке жол бермеу, тұрғын халықтың өмір көрсеткіштерінің әлеуметтік өлшемдерін жақсарту ел билігінің ең негізгі мақсаты. Біздің мемлекет кеңес одағы құлағаннан кейін алғашқылардың бірі болып табиғатты қорғау бағытында нақты жұмыс істей бастады, «жасыл» экономика концепциясын қалыптастырып оны жүзеге асырды. «Жасыл» экономика концепциясы бойынша экономика өзінің даму барысында табиғатқа тигізетін кері әсерін азайтып, азаматтардың өмір суру жағдайын жақсартып, әлеуметтік тұрақтылық сақтай отырып, табиғатқа тигізетін экологиялық зардаптарды болдырмай, қоршаған ортаны қорғауға бағытталады.

**Кілттік сөздер:** тұрақты даму, қоршаған орта, климаттың ғаламдық өзгеруі, табиғи экожүйелер, экономикалық диспаритет, экономикалық өсу, экономикалық тұрақтылық, мемлекеттің экономикалық саясаты, региондардың тұрақты дамуы, тұрақтылық формалары.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 309 – 316

UDC 339.1

**B. Zhakipov<sup>1</sup>**Narxoz University, Republic of Kazakhstan, Almaty  
e-mail: baur\_07@list.ru**ANALYSIS OF TRENDS EXHIBITION ACTIVITIES ABROAD**

**Annotation.** Objective - analysis of trends in the development of the exhibition industry in the world, determining the prospects of its further functioning in modern conditions.

The study of the problem and solutions milestone tasks put various methods of economic research: a systematic and structural-functional analysis, statistical analysis, comparative and logical methods, as well as graphic interpretation with the use of software applications.

*Results:* A quantitative analysis of exhibition activity in the context of regions of the world, the basic players of the exhibition market. The dynamics of the industry development, the causes of uneven development. The influence of globalization on the displacement vectors of development of the exhibition industry. Identified current trends in the development of the exhibition industry and the prospects for its further functioning.

*Scope of the study results.* The results can be used as a methodological basis for the further deepening of research on this issue.

**Keywords:** exhibition industry, exhibition space, exhibitors, exhibition centers, exhibitions, globalization, specialization

УДК 339.1

**Б. М. Жакипов**

Университет Нархоз, Республика Казахстан, г. Алматы

**АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ВЫСТАВОЧНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА РУБЕЖОМ**

**Аннотация.** Цель работы – анализ тенденций развития выставочной индустрии в мире и определение перспектив ее дальнейшего функционирования в современных условиях.

В основу исследования поставленной проблемы и решения этапных задач положены различные методы экономических исследований: системный и структурно-функциональный анализы, статистического анализа, сравнительный и логические методы, а также графическая интерпретация с применением прикладных программных продуктов.

*Результаты:* Проведен количественный анализ выставочной деятельности в разрезе регионов мира, определены основные игроки выставочного рынка. Проанализирована динамика развития отрасли, выявлены причины неравномерного развития. Исследовано влияние глобализации на смещение векторов развития выставочной отрасли. Определены современные тренды развития выставочной индустрии и перспективы ее дальнейшего функционирования.

*Область применения результатов исследования.* Результаты исследования могут быть использованы в качестве методической основы для дальнейшего углубления исследований по данной проблеме.

**Ключевые слова:** выставочная индустрия, выставочные площадки, экспоненты, выставочные центры, выставки, глобализация, специализация.

В настоящее время выставочная деятельность превращается в ключевое направление международного сотрудничества, предоставляя возможность демонстрации новых продуктов и достижений в различных отраслях, изучения зарубежных образцов товаров и услуг [1]. Это подтверждается статистикой: приблизительно 31 000 выставочных мероприятий в год проводится в различных странах мира, в них принимают участие 4,4 млн. компаний, а число посетителей превышает 260 млн. человек. Согласно результатам исследования Всемирной ассоциации выставочной индустрии (UFI) «Global Exhibition Industry Statistics», годовой объем рынка выставочного бизнеса оценивается в 120 млрд. долл. США. Совокупный объем чистых

выставочных площадей на конец 2013 года составляла 124 млн. кв. м. [2]. В таблице 1 приведены показатели выставочного бизнеса в регионах мира. Следует учесть, что в данной таблице учитывались только крупные выставочные центры с объемом занимаемой площади более 5000 кв. м.

Таблица 1 - Состояние мирового выставочного рынка в региональном разрезе (в 2011 г.)

Регионы мира	Количество крупных выставочных площадок, ед.	Общий объем выставочных площадей, млн. кв. м.
Африка	25	0,5
Ближний Восток	33	0,8
Центральная и южная Америка	70	1,3
Азия и тихоокеанский регион	184	6,6
Северная Америка	389	7,9
Европа	496	15,6
Мир	1197	32,7

Примечание – по данным Всемирной ассоциации выставочной индустрии UFI

Как видно из таблицы 1, в 2011 году почти половина крупных выставочных центров мира расположена в Европе. Уже на протяжении нескольких лет Европа остается центром выставочной индустрии, именно здесь ежегодно проводится самое большое количество выставок (рис. 1).

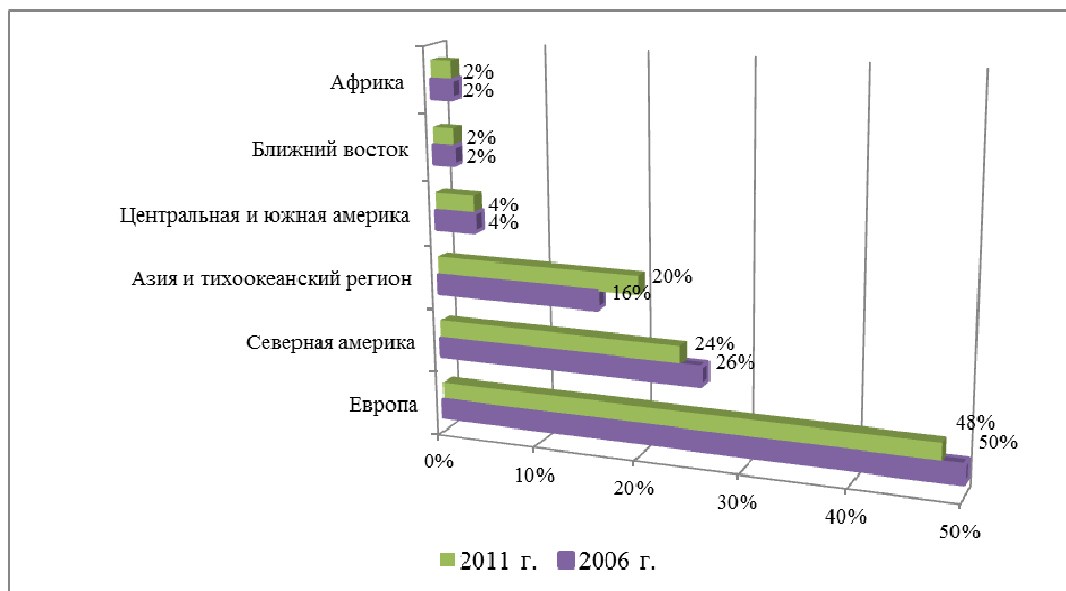


Рисунок 1 – Региональные тенденции долевой структуры выставочного рынка в 2006-2011 гг.

Согласно представленным данным, в 2011 г. наблюдалась тенденция сокращения доли рынка Европы и Северной Америки с 50 до 48%, и с 28 до 26%. Потерянные ими 4 % рынка освоили Азия и Тихоокеанский регион, тем самым совершив значительный рывок в развитии выставочного дела. Вместе с тем, доли рынка Африки, Ближнего Востока, Центральной и Южной Америки не изменились – по количеству проведенных выставок доли рынков этих регионов находятся в диапазоне 2-4%.

По прогнозам игроков рынка выставочной индустрии, ожидается замедление темпов роста в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Так, только 41% респондентов исследования UFI надеются на активизацию выставочного бизнеса. Американские организаторы выставок придерживаются другого мнения - 77% из них рассчитывают на увеличение выручки.

В целом, можно отметить динамичное развитие выставочного рынка. Несмотря на кризис 2008 года, который сдерживал активность экспонентов, в 2011 году общий размер крытых выставочных площадок увеличился на 15% по сравнению с аналогичным показателем 2006 года, составив 32,7 млн. кв. м. (рис. 2).

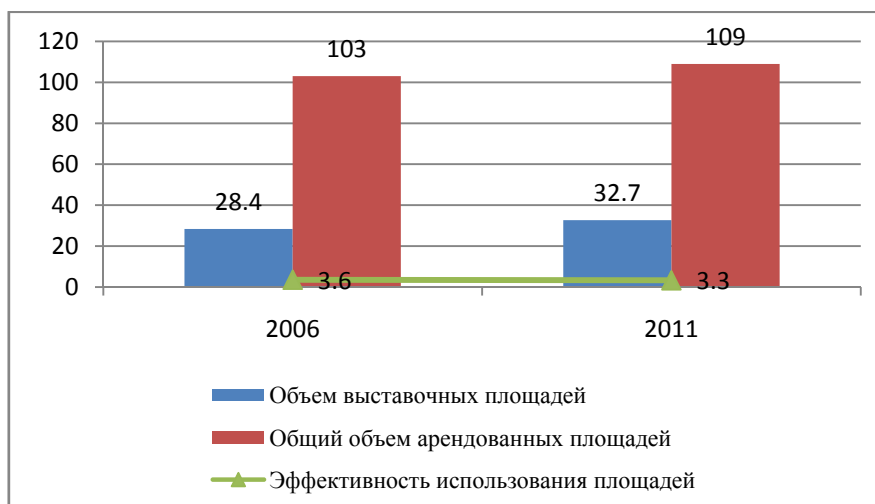


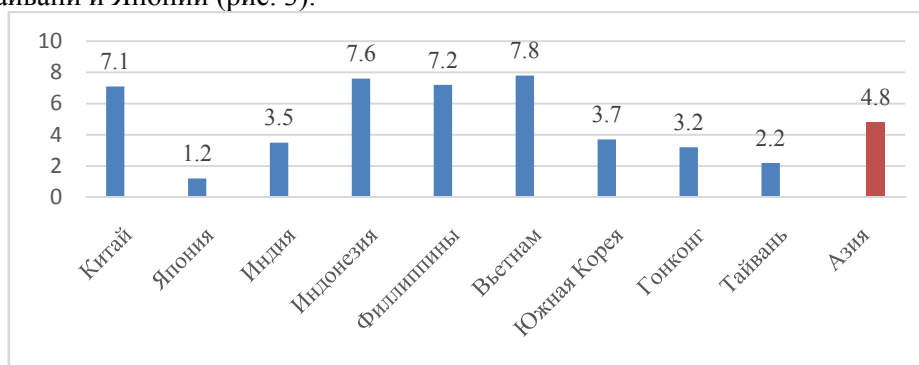
Рисунок 2 – Динамика эффективности использования выставочных площадей

Размеры арендованных выставочных площадей в 2011 году увеличились всего на 6%, что говорит о незначительном снижении спроса. Имея данные об объемах выставочных площадей и их аренды, можно рассчитать эффективность использования выставочных площадей. Так, в 2011 году одна выставочная площадка в среднем была арендована 3,3 раза, тогда как в 2006 году – 3,6 раз. Таким образом, эффективность использования выставочных площадей снизилась на 9% в рассматриваемом периоде.

Тенденция снижения спроса на аренду выставочных площадей характерна для следующих регионов: США (-7%), Германия, Италия и Франция (-5%), Россия (-13%). Вместе с тем, в Азиатско-Тихоокеанском регионе спрос на аренду выставочных площадей вырос на 13%.

Согласно ежегодному докладу UFI о выставочной индустрии в Азии, здесь в 2015 году было продано 19,69 млн. кв. м. площади против 18,64 млн. кв. м. в 2014 году. Из них 11,19 млн. кв. м. было реализовано в Китае, 2,05 млн. кв. м. в Японии. Индия стала самым быстрорастущим выставочным рынком Азии в 2015 году.

В 2015 году замечается тенденция увеличения расценок на аренду выставочных помещений. Высокие темпы роста цен наблюдаются в Китае, Индонезии, Филиппинах, Вьетнаме и Индии (7,1-7,8%). Более скромные цены на аренду выставочных помещений зафиксированы в Южной Корее, Гонконге, Тайвани и Японии (рис. 3).



Источник: 12-е издание ежегодного доклада о выставочной индустрии в Азии, UFI  
Рисунок 3 – Индексы роста цен на аренду выставочных площадей в странах Азии в 2015 году

По прогнозам аналитиков, размеры выставочных площадей Азии к концу 2016 года могут превысить 7,8 млн. кв.м., а количество выставочных центров достигнет 207 единиц.

Тем временем, результаты исследования структуры выставочных площадей в мире, проведенного Всемирной ассоциацией выставочной индустрии (UFI) показывают, что 80% крупных крытых выставочных площадей сконцентрированы в 15 странах (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристики крупных крытых выставочных площадей на конец 2011 года  
(выставочные центры с минимум 5 000 кв. м. площади.)

№	Страны	Суммарная площадь крытых выставочных центров (в кв. м.)	Доля от всей мировой площади крупных выставочных центров, %
1	США	6 712 342	21%
2	Китай	4 755 102	15%
3	Германия	3 377 821	10%
4	Италия	2 227 304	7%
5	Франция	2 094 554	6%
6	Испания	1 548 057	5%
7	Нидерланды	960 530	3%
8	Бразилия	701 882	2%
9	Великобритания	701 857	2%
10	Канада	684 175	2%
11	Россия	566 777	2%
12	Швейцария	500 570	2%
13	Бельгия	448 265	1%
14	Турция	433 904	1%
15	Мексика	431 761	1%
16	Другие страны	6536225	20%
17	Мир	32681126	100%

Примечание – Источник: УФИ World Map (декабрь 2011)

Как видно из таблицы, несомненным лидером по объему выставочных площадей является США с 6,7 млн кв. м., что составляет более одну пятую рынка. Помимо этого, самое большое количество выставочных площадок зарегистрированы именно в США [3]. По некоторым данным, ежедневные расходы американских компаний на выставочную деятельность составляют 60 млрд. долл. США, что значительно превышает валовые затраты на рекламную деятельность. Самые крупные выставочные площадки США расположены в городах Нью-Йорк, Лас-Вегас, Чикаго, Атлантик-Сити, Орlando, Сан-Диего, Атланта. Выставочные центры США можно подразделить на три вида:

- выставочно-конгрессные центры;
- отели с большими площадями;
- территории для размещения торговых выставочных трейлеров [4].

Китай, обладая 15% выставочной площади мира, занимает вторую позицию после США. По данным аналитиков, темпы роста проводимых выставок составляют примерно 20 % в год. В последние 5 лет здесь активизировалась стройка выставочных комплексов, позволяющих использовать современные технологии. В таких комплексах помимо выставочных центров, часто сосредоточены торгово-развлекательные центры, гостиницы и музеи. Наиболее крупные выставочные центры расположены в городах Пекин, Шанхай, Гуанчжоу, Далян, Макао и Гонконг[5].

По утверждению экспертов UFI, почти 50% новых выставочных площадей в мире в период 2006-2012 гг. были построены в Китае. Также отмечается рост арендной платы за использование выставочных площадей – в период с 2006 г. по 2012 г. цены выросли на 56%, что обусловлено с бурным развитием выставочной индустрии и увеличением спроса на площади.

Германия замыкает тройку лидеров по размеру выставочных площадей. Именно в этой стране расположены самые крупные выставочные центры мирового масштаба – это Deutsche Messe в г. Ганновер, Messe Frankfurt в г. Франкфурт, Koelnmesse в г. Кёльн.

В Германии ежегодно проводится более 150 ведущих мировых отраслевых международных выставок, что составляет две трети от мирового количества [6]. Это обусловлено благоприятным географическим положением и высокоразвитой инфраструктурой. Следует отметить огромную роль Ассоциации выставочной индустрии Германии «AUMA», которая обеспечивает мировой уровень проведения выставок и создает условия для сотрудничества международного бизнеса и национальных выставочных компаний и для реализации совместных проектов [Ошибка! Залка не определена].

Позитивной тенденцией развития выставочной индустрии в Германии является активная государственная поддержка данной отрасли. На общенациональном уровне государство компенсирует до 80 % выставочных затрат. В Берлине индивидуальным участникам выставок



возмещают 50 % затрат [7]. Такие инструменты поддержки показали свою эффективность – отмечается стремление крупных компаний увеличить инвестиции в выставочную деятельность. Следует отметить, что государственной поддержкой выставочной деятельности не пренебрегают все передовые страны Европы.

Таким образом, ведущие позиции в выставочном бизнесе занимают страны Европы, США и Азии. На проведение выставок формируются огромные бюджеты, государства субсидируют отрасль, что способствует устойчивости выставочного рынка в условиях экономических потрясений, расширению и появлению новых выставочных площадок, соответствующим высоким мировым стандартам и стимулирует увеличение инвестиций в развитие выставочной деятельности.

Выставочный бизнес в странах Европы и США до 2006 года развивался ускоренными темпами, что было обусловлено следующими обстоятельствами, имевшими место во всем мире:

- снижение эффективности традиционных инструментов маркетинга;
- повышение потребности компаний в установлении личных взаимоотношений;
- увеличение инновационных продуктов, которые легче через выставки вывести на рынок.

В 2008-2011 гг. темпы роста выставочного бизнеса в связи с последствиями кризиса заметно снизились, однако качество выставочных услуг, предоставляемых организаторами выставок значительно улучшилось. Этому способствовала растущая конкуренция среди организаторов, которая стала следствием размытия интернациональных границ и глобализации выставочного рынка.

На современном этапе происходит глобализация выставочного бизнеса, отражающаяся в стремлениях государств привлечь к участию в выставках наибольшее количество иностранных игроков и самому выйти на международные рынки. Если раньше результаты выставочной деятельности для стран значились в денежных значениях, полученных от аренды площадей, то сегодня ситуация в корне меняется. На первый план выдвигается установление новых и закрепление старых деловых контактов, привлечение новых технологий и продвижение отечественной продукции на зарубежные рынки.

Изменения не обошли и всемирные выставки – помимо демонстрации новых технологий и достижений, новых архитектурных разработок страны, они превращаются в площадку для обсуждения и проработки новых важных понятий в сфере экологии, пацифизма, терпимости, взаимоуважения и диалога между культурами и народами. Тематика всемирных выставок десятилетия затрагивает проблемы устойчивого развития, качественного роста, проблемы окружающей среды, развития технологий. Так, выставка в 2005 г. в Айчи проходила под девизом «Мудрость природы», в 2008 г. в Сарагосе – «Вода и разумное развитие», а девиз предстоящей выставки в 2017 году в Астане – «Энергия будущего».

Таким образом, современные всемирные выставки одновременно отвечая требованиям глобального мира, становятся проводниками новых ценностей. Основной же фокус в работе всемирных выставок все чаще ставится на сотрудничество и передачу знаний. Следует отметить увеличение числа кандидатов на проведение очередной всемирной выставки. Очевидно, что это связано со стремлением государств продвигать свой страновой бренд. Не так давно Международное Бюро Выставок начало формировать «мировой календарь» выставок. С каждым годом число стран, участвующих в конкурсе на право проведения выставки увеличивается. Так, если на право проведения Экспо в 2017 году Казахстан состязался с городом Льеж (Бельгия), то в конкурсе на проведение Экспо в 2020 году участвовали целых 5 кандидатов – г. Сан-Пауло (Бразилия), г. Екатеринбург (РФ), г. Дубай (ОАЭ), г. Измир (Турция).

В последнее время все чаще открываются офисы крупных выставок в зарубежных странах. При этом, концепция выставки головного офиса не меняются, а некоторые региональные особенности учитываются, если они создают комфортные условия для участников и посетителей выставки. Например, в выставочном комплексе офиса Мессе Франкфурт в Дубае предусмотрено помещение для совершения намаза «Prayer Room».

Тем временем между игроками мирового выставочного рынка усиливается глобальная конкуренция. Так, и – выставка Drupa (Дюссельдорф), крупнейшая международная выставка печатной и полиграфической промышленности с многолетней историей, терпит давление со стороны конкурента в лице аналогичной выставки в Пекине China Print. Последние переманивают экспонентов отрасли. Если десяток лет назад существование этих выставок независимо друг от друга со своей аудиторией было возможно, то на сегодняшний день глобализация способствует перемещению клиентов выставок. Учитывая, что экспонентов больше всего привлекают

имеющиеся перспективы, возможности и рынки, то можно предположить, что выставка в Пекине будет иметь определенные преимущества.

Во всех странах мира сокращается количество мелких выставочных компаний (организаторов), операторов. Начали появляться выставочные холдинги, выставочные бренды покупают у одних операторов другие, более сильные. Чаще проводятся выставки- «двойники», дублирующие выставки, что способствует снижению уровня посещаемости основных выставок, при этом дублирующие выставки не набирают достаточного количества участников.

Говоря о современных тенденциях отрасли, необходимо отметить, что выставки становятся все более специализированными, что проявляется в большом количестве выставочных мероприятий с очень узкими тематиками. Так, «Hannover Messe» в Германии изначально возникла как ярмарка с множеством тематик. В настоящее время эти тематики начали отделяться от ярмарки и проводятся отдельно. Например, выставка «Metropolitan Solutions» посвящена вопросам урбанистики, выставка «CeBit» – IT-технологиям. Популяризация узких направлений выставок требует определенных усилий в части решения проблем по привлечению узких специалистов для работы выставки. Несмотря на это, при условии правильного выбора ниши, в специализированные выставки можно привлечь посетителей со всего мира.

Вместе с тем, отмечается увеличение посещаемости традиционных больших выставок. К таким выставкам можно отнести boat-show в Crocus Expo и Московский автосалон. Однако новые выставочные мероприятия в традиционном формате почти не появляются. Современная практика выставочной деятельности свидетельствует об увеличении стендов со смежными товарами. Например, вместе с ноутбуком предлагают купить все комплектующие: чехол, наушники, камеру, чистящие средства для ухода и т.д.

Участники выставочной индустрии отмечают улучшение сервиса в отрасли, это выражается, прежде всего, в применении высоких передовых технологий. Современные выставочные центры предоставляют участникам личные кабинеты, где можно самостоятельно разместить сведения на сайте, информацию о сотрудниках, представляющих экспозиции, график встреч. Также широко используются мультимедийные технологии в изготовлении электронных пропускных билетов, которые позволяют без регистрации проходить в выставочную площадку, посещать разные мероприятия, организованные в рамках выставки. В некоторых случаях используются системы, с помощью которых можно определить местонахождение мобильных устройств и отправлять сообщения их владельцам. В настоящее время активно используется технология MatchMaking, которая предоставляет возможность ознакомления с информацией о зарегистрированных участниках и посетителях, назначения в онлайн режиме деловых встреч с компаниями и т.д. Также в рамках выставочных мероприятий отводится специальное место, так называемое «Trend zone», – где аналитики делятся прогнозами развития отрасли.

Важной тенденцией развития мирового выставочного бизнеса является развитие конгрессной деятельности в рамках выставочной. Выставки стали использоваться все чаще в качестве площадки для деловых и научных диалогов. Следует отметить, что конгрессная деятельность характерна выставкам b2b-формата (бизнес - бизнесу).

Что касается выставок b2c-формата (бизнес – конечному потребителю), то они стали более интерактивными. Причем все это достигается за счет огромных капиталовложений в оформление стендов. Такие стенды ориентированы на привлечение внимания в первую очередь массовой аудитории за счет их зрелищности. В США на зрелищные выставки люди приходят с семьями, соответственно, доходы от продажи билетов растут. По словам экспертов, интерактивные стенды также помогают повысить узнаваемость бренда.

Если несколько десятилетий назад выставочные мероприятия носили характер демонстрации достижений отдельных отраслей, то сегодня главной задачей выставок по-прежнему остается демонстрация технологий и услуг, но уже с других позиций. Во-первых, экспоненты стремятся не игнорировать крупные выставки, так как участие в них показывает их конкурентоспособность [8]. Во-вторых, экспоненты используют выставки как инструмент продвижения своих товаров. В-третьих, выставки являются отличной площадкой для поиска новых партнеров и инвесторов.

Активное развитие выставочной деятельности и растущая конкуренция в корне изменили существующую бизнес-модель выставочных компаний и операторов, которая ранее заключалась во взимании арендной платы за выставочные площади. Сегодня жизнеспособность таких компаний определяется в умении предоставлять целый пакет услуг для участников выставки. Услуги, оказываемые организаторами, могут охватывать широкий спектр – оформление и

демонтаж стендов, реклама, предоставление специалистов по работе стенда, предоставление современных коммуникационных технологий и интегрированных услуг, создание специальных площадей для реализации бизнес-инициатив, проведение маркетинговых исследований, назначение встреч, предоставление агента, который соберет всю информацию без очного участия компании-посетителя, формирование отчета об эффективности выставочного стенда и др.

Таким образом, в настоящее время выставка воспринимается выставочными операторами, участниками и посетителями как интегрированная маркетинговая коммуникация. Выставки становятся более специализированными, усложняется их структура, повышаются требования к работе организаторов и операторов, повышается значимость нематериальных активов. Усиление глобализации и повышение экспорта выставок на зарубежные рынки стали главными трендами развития выставочной деятельности в мире. Глобализация открывает рынки с большим потенциалом как Китай, Индия и Россия. А крупнейшие европейские выставки проходят под теми же названиями в зарубежных странах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Середа О.В. Роль выставочных услуг в период глобализации и инновационного развития мировой экономики // Ученые записки. 2012. № 1. С. 154–159
- [2] Global Exhibition Industry Statistics. [http://www.ufi.org/wp-content/uploads/2016/01/2014\\_exhibitor\\_industry\\_statistics\\_b.pdf](http://www.ufi.org/wp-content/uploads/2016/01/2014_exhibitor_industry_statistics_b.pdf)
- [3] Виноградова Е. Европа все еще остается центром мировой выставочной индустрии [Электронный ресурс] // Ведомости. 2013. 27 марта. URL: [http://www.vedomosti.ru/business/articles/2013/03/27/aziya\\_dogonyayet](http://www.vedomosti.ru/business/articles/2013/03/27/aziya_dogonyayet) (дата обращения: 09.03.2015).
- [4] Гусев Э.Б., Прокудин В.А., Салашенко А.Г. Выставочная деятельность в России и за рубежом: учебник. М., 2004. 516 с.
- [5] Алексеев С.П. Выставочная деятельность: лидерство и marketing mix в цифровую эпоху // Инициативы XX века. 2012. № 4. С. 5–10.
- [6] Беляева А. Ярмарки-выставки в Германии: организация и преимущества для посетителей [Электронный ресурс]. URL: <http://www.experto24.ru/bisnes-i-upravlenie/marketing/jarmarki-vystavki-v-germanii-organizacija-i-preimushchestvadlja-posetitelei.html> (дата обращения: 09.03.2015).
- [7] Комарова Е.В. Опыт развития выставочной индустрии Германии // Известия ИГЭА. 2012. № 4. С. 121–124.
- [8] «Сегодня выставки точнее отражают рынок» КОММЕРСАНТЪ BUSINESS GUIDE / 2015. – №32. – С. 16

#### REFERENCES

- [1] Sereda O.V. Rol' vystavochnyh uslug v period globalizacii i innovacionnogo razvitija mirovoj jekonomiki. Uchenye zapiski. 2012. № 1. P. 154–159
- [2] «Global Exhibition Industry Statistics» [http://www.ufi.org/wp-content/uploads/2016/01/2014\\_exhibitor\\_industry\\_statistics\\_b.pdf](http://www.ufi.org/wp-content/uploads/2016/01/2014_exhibitor_industry_statistics_b.pdf)
- [3] Vinogradova E. Evropa vse eshhe ostaetsja centrom mirovoj vystavochnoj industrii [Jelektronnyj resurs] Vedomosti. 2013. 27 marta. URL: [http://www.vedomosti.ru/business/articles/2013/03/27/aziya\\_dogonyayet](http://www.vedomosti.ru/business/articles/2013/03/27/aziya_dogonyayet) (data obrashhenija: 09.03.2015).
- [4] Gusev Je.B., Prokudin V.A., Salashhenko A.G. Vystavochnaja dejatel'nost' v Rossii i za rubezhom: uchebnik. M., 2004. 516 p.
- [5] Alekseev S.P. Vystavochnaja dejatel'nost': liderstvo i marketing mix v cifrovuju jepohu. Inicijativy XX veka. 2012. № 4. P. 5–10.
- [6] Beljaeva A. Jarmarki-vystavki v Germanii: organizacija i preimushhestva dlja posetitelej [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.experto24.ru/bisnes-i-upravlenie/marketing/jarmarki-vystavki-v-germanii-organizacija-i-preimushchestvadlja-posetitelei.html> (data obrashhenija: 09.03.2015).
- [7] Komarova E.V. Opyt razvitija vystavochnoj industrii Germanii. Izvestija IGJeA. 2012. № 4. P. 121–124.
- [8] «Segodnja vystavki tochnee otrazhajut rynek» KOMMERSANT## BUSINESS GUIDE / 2015. №32. P. 16

#### Б. М. Жакипов

Нархоз университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

#### ШЕТ ЕЛДЕРДЕГІ КӨРМЕ ҚЫЗМЕТІНІҢ ДАМУ ҮРДІСТЕРІН ТАЛДАУ

**Аннотация.** Жұмыстың мақсаты – дүние жүзіндегі көрме индустриясының даму үрдістерін талдау, оның қазіргі уақыттағы ары қарай қызмет ету келешегін анықтау.

Қойылған мәселені зерттеу және кезеңдік міндеттерді шешу негізі ретінде экономикалық зерттеулердің түрлі әдістері: жүйелік және құрылымдық-функционалдық талдаулар, статистикалық талдау әдістері, салыстырмалы және логикалық әдістер, сонымен бірге қолданбалы бағдарламалық өнімдерді пайдалану арқылы графикалық кескіндеу қолданылған.

**Нәтижелері:** Әлемнің аймақтары кескіндеріндегі көрме қызметіне сандық талдау жүргізілген, көрме нарығының негізгі қатысушылары анықталған. Саланың даму серпіндері зерттеліп, әркімді дамуының себептері айқындалған. Көрме саласының даму векторларының ауысуына жаһандандудың ықпал етуі сипатталған. Көрме индустриясының дамуының заманауи трендтері және оның әрі қарай қызмет етуінің басым бағыттары анықталған.

**Зерттеу нәтижелерінің аясы.** Негізгі қорытындылар мен тәжірибелік ұсыныстарды осы мәселе бойынша зерттеулерді одан әрі тереңдету үшін әдістемелік негіз ретінде пайдалануға болады.

**Түйінді сөздер:** Көрме индустриясы, көрме аландары, экспоненттер, көрме орталықтары, көрмелер, жаһандану, мамандану.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 316 – 323

**M.O. Nassimov**

University «Bolashak», Kyzylorda, Kazakhstan  
e-mail: nasimov\_m@mail.ru

**POLITICAL MANAGEMENT:  
CONCEPT, STRUCTURE AND MAIN TYPES**

**Abstract.** Management referring to the sphere of politics involves the entire set of management processes that occur in the field of political relations. The relevance of the research topic is determined by a significant increase of interest in theoretical problems of political management in the social reforms of the entire world community. Study of the problems of formation and use of the system policies and practices of political management is an important task for political science and practice.

Despite the array of works on problems of political control, it should be stated that the analysis of political management in political science has not been completed. In political science has not yet developed a stable common concept of political management.

In a scientific article image making, corporate image making political, electoral technology, branding policy, political alliances, technology, control technology and resolution of political conflict, lobbying techniques are considered as the main types of political management. On the basis of professional isolated species analytical support political campaigns, political advertising, political PR, speech writing and the organization and carrying out of mass political actions. The author gives some guidance on this issue.

The methodological basis of the study are theoretical developments of political science, methods, systematic approach, comparative analysis, content analysis and synthesis.

**Key words:** political technologies, the main types of political management, administration, planning, policy actors and objects.

ӘӨЖ 32.019.52

**М. Ө. Насимов**

«Болашак» университеті, Қызылорда, Қазақстан,

**САЯСИ МЕНЕДЖМЕНТ:  
ТҮСІНІГІ, ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ НЕГІЗГІ ТҮРЛЕРІ**

**Аннотация.** Саясат саласындағы басқару саяси қатынастар алаңында туындайтын басқару үрдістерінің жиынтығын құрайды. Әлемдік қауымдастықтағы әлеуметтік реформаларға байланысты саяси менеджменттің теориялық мәселелеріне қызығушылықтың өсімі зерттеу тақырыбының өзектілігін айқындап отыр. Саясатта саяси менеджменттің әдістері мен жүйесінің қалыптасуы мен қолданылуы мәселелерін зерттеу саяси ғылымдар мен тәжірибе үшін маңызды міндет болып табылады.

Саяси басқару мәселелеріне байланысты жұмыстардың көптігіне қарамастан, саяси ғылымдарда саяси менеджментті талдау толық аяқталған жоқ. Саяси ғылымдарда әзірге саяси менеджменттің жалпы қабылданған тұжырымдамасы қалыптаспаған.

Ғылыми мақалада имиджмейкинг, корпоративтік саяси имиджмейкинг, электоралдық технологиялар, саяси брендинг, саяси одақтастар технологиялары, қақтығыстарды реттеу және шешу технологиялары, лоббизм технологиялары саяси менеджменттің негізгі түрлері ретінде қарастырылады. Кәсіби белгілеріне байланысты саяси науқанды сараптамалық қамтамасыз ету, саяси жарнама, саяси PR, спичрайтинг және саяси акциялар ұйымдастыру және өткізу секілді түрлерге бөлінеді. Автор берілген мәселеге байланысты кейбір ұсыныстарын береді.

Саяси ғылымдардың теориялық зерттеулері, жүйелік тәсіл, салыстырмалы талдау, контент-талдау мен жиынтықтау әдістері зерттеудің әдістемелік негізі болып табылады.

**Тірек сөздер:** саяси технологиялар, саяси менеджменттің негізгі түрлері, басқару, жоспарлау, саясат

субъектілері мен объектілері.

**Кіріспе.** XXI ғасырдағы заманауи құндылықтарға сәйкес, билік, басқару жүйесіндегі мемлекет пен азаматтық қоғам субъектілері қызметінің жаңа қағидалары қалыптасуда. Бұл тұста саяси менеджмент әдістерін саясатта қолданылуын зерттеу саяси ғылымдар мен тәжірибе үшін өте маңызды.

Саяси-әкімшілік басқаруды реформалау шындыққа айналған постиндустриалды, жоғары технологиялы ақпараттық қоғам талаптарын орындауға сай болуы тиіс. Бүгінде саяси басқарудың ескі үлгісі өз әлсіздігін танытып, саяси менеджменттің жаңа түрі басымдығын танытпай отыр. Сондықтан саяси менеджмент негізінде басқаруды жетілдіру және мемлекеттік органдар мен азаматтық қоғам құндылықтары арасындағы жаңа өзара қатынастарды қалыптастыру мәселе өзектілігін арттырады.

Басқару тәжірибесі адамзат қоғамының пайда болуынан басталды. Сондықтан басқарудың бірінші элементтерінің пайда болуын дәлірек айта алмаймыз. Осыған байланысты, түрлі пайымдаулар мен мәліметтерге негізделген болжамды пікірлер жетерлік.

Саяси менеджмент тарихы бір-бірін алмастырған төрт мектеппен тығыз байланысты. Берілген зерттеу өткен ғасырдың басы мен қазіргі кезеңге дейін қамтылған. Кезеңнің негізделуі XX ғасырға дейін тиімді саяси басқару ерекшеліктері, кейін саяси менеджментті зерттеушілер тарапына қызығушылық туындамауынан деп ойлаймыз. Жоғарыда аталған менеджменттің төрт мектебі қатарына жатады:

- ғылыми басқару мектебі;
- әкімшілік (классикалық) мектеп;
- психология және адамзат қатынастары мектебі;
- басқару ғылымы мектебі (сандық мектеп) [1].

Саяси менеджменттің қарқынды дамуына мына жағдайлар ықпал жасады: қауіпсіздікті қамтамасыз ету; тұтастықты қамтамасыз ету; ресурсты қамтамасыз ету. Осы себептерге байланысты ақпарат заманындағы басқару тетіктерін ғылыми тұрғыдан зерделеу көптеген мәселелерді айқындауға мүмкіндіктер береді.

Саяси менеджмент саяси басқару түрі ретінде төмендегідей негізгі міндеттерді назарға алады: іс басындағы мемлекеттік немесе саяси көшбасшы беделін арттыру; саяси одақтар қалыптастыру; саяси субъектінің жағымды имиджін жасау; саяси бәсекелестерге ықпал жасау; азаматтардың электоралдық мүдделерін түзеу және басқару; нақты саяси бағдарламалар, мемлекеттік жобалар, бастамалар жақтастарын жинау; саяси шешім қабылдау барысында лобби технологияларын қолдану; саяси шешімдерді бұқаралық қолдау шараларын ұйымдастыру; азаматтардың саяси мәдениеті деңгейін арттыру; нақты саяси науқандарды жүзеге асыру.

Осы зерттеу жұмысының ғылыми нысанына айналып отырған түсінікті Батыс ғалымдары өткен ғасырдан бастап қарастырып келеді [2], [3], [4], [5]. Тақырып бойынша соңғы жылдары жарық көрген К. Аллен (K. Allen), Б. О'Бойл (B. O'Boyle) [6], Дж. Бостон (J. Boston), Дж. Халлиган (J. Halligan) [7], К. Оливер (C. Oliver), И. Холзингер (I. Holzinger) [8] еңбектерінің теориялық маңыздылығы жоғары.

Көрші ресейлік авторлар қатарынан В. Колесников, В. Семенов [9], В.П. Лютый [10], Г. Пушкарева [11], С.Н. Федорченко [12] еңбектерін ерекше атап өтуімізге болады.

Қазақстандық саяси ғылымдарда берілген сала бойынша А.С. Абулкасова [13], Ж. Кенжалин [14], А.А. Кеңесов [15], Ж. Сарсенова [16] еңбектері маңызды деп ойлаймыз.

**Әдіснама.** Зерттеу жұмысының нысаны – саяси менеджмент болып табылады. Зерттеу пәніне саяси менеджменттің түсінігі мен негізгі түрлері жатады. Зерттеу жұмысының мақсаты – саяси менеджмент түсінігі, мәнін ашу және негізгі түрлеріне сипаттама беру болып табылады.

Зерттеу жұмысы барысындағы нәтижелерді алу отандық, ресейлік және шет елдік ғалымдар зерттеулерлерінің теориялық әдебиеттерін салыстырмалы талдау арқылы мүмкін болды. Саяси ғылымдардың теориялық зерттеулері, жүйелік тәсіл, контент-талдау мен жиынтықтау әдістері зерттеудің әдістемелік негізі болып табылады. Зерттеу жұмысының эмпирикалық қорын шет елдік және отандық ғалымдардың саяси менеджментті зерттеу мәселесіне байланысты еңбектер құрайды.

**Нәтижелер мен талқылау.** Басқару мәселелеріне арналған ғылыми-әдістемелік әдебиеттерде

менеджмент ұғымына нақты анықтамалар берілмеген. Этимологиясы ескіағылшындық *manage* (латынша *manus*) - «қол» деген мағына береді. Сөзбе-сөз «жылқыны үйрету» деп аударылады. Түсінік салт жүріс, жылқыны басқаруға байланысты болғандықтан «басқару» ұғымы мәні осылайша нақтыланды. Сөздің бұл төркіні басқару туралы ғылымның атауын айқындады.

Менеджментті құбылыс, үрдіс, жүйе, ғылым, өнер, басқару еңбегімен айналысатын азаматтар тобы ретінде түрлі көзқараста қарастыруға болады. Басқару мен ұйымдастыру теориясының көрнекті өкілі П. Дагнер басқаруды «ұйымдаспаған тобырды тиімді нақты бағыт алған және өнімді топқа айналдыратын қызметтің ерекше түрі» [17] ретінде қарастырады.

Американдық менеджмент зерттеушісі М. Мескон басқаруды «ұйымның алға қойған мақсаттарына жетуге қажетті жоспарлау, ұйымдастыру, ынталандыру және басқару» [18] ретінде сипаттайды.

А.Л. Гаповенко, А.П. Панкратова еңбектеріне сәйкес, «менеджмент – бұл адамдар мен ұйымдарды басқару үрдісі; әлеуметтік-экономикалық үрдістерді басқару туралы ғылым; басқару әдістерінің жиынтығы, басқару өнері; адам және оның құрамдас бөлігі және басқару органы [19].

Д.В. Ольшанский саяси менеджментті саясаткер қызметінде орын алған ахуалға сәйкес қимылдарды тиімді жүргізуге бағытталған үдерістерді басқару деп түсінеді [20].

Л.В. Сморунов пікірінше, саяси менеджмент, кең мағынада – тікелей және өкілдік демократия, халықаралық саяси қатынастар үрдісі, мемлекеттік басқару саласындағы менеджерлік тәсілдерді қамтиды. Тар мағынада – азаматтық қоғамның мемлекетке бұқаралық саяси науқандар мен саяси процестерді басқаруға ықпал жасаудың теориясы мен тәжірибесі [21].

Саяси менеджменттің келесі негізгі түрлері бар: бұқара халықты қызықтыратын мемлекеттік, саяси қайраткер бейнесін жасау немесе *имиджмейкинг*; мемлекеттік мекеме, саяси ұйымдар мен партиялардың халық санасында жағымды танымалдылық бейнесін қалыптастыру немесе *корпоративтік саяси имиджмейкинг*; *электоралдық технологиялар* сайлауалды науқанды жүйелі ұйымдастыру ретінде; халық санасына саяси-технологиялық басқару барысында танымал нышандар, мағыналар, бейнелерді енгізу немесе *саяси брендинг* (бренд - сауда белгісі); саяси одақтастар мен оппоненттердің алға қойылған міндеттерді шешуге бағытталған *саяси одақтастар технологиясы*; қоғамдағы саяси қарама-қайшылықтар мен саяси шиеленістерді төмендету жолдары мен құралдары ізденісіндегі *саяси қақтығыстарды реттеу және шешу технологиялары*; басқарушылық шешімдер қабылдайтын мемлекеттік лауазымды тұлғаларға ықпал жасау қызметін пайдаланатын *лоббизм технологиялары*.

Жоғарыда аталып өткен саяси менеджменттің түрлері саяси субъект қойған мақсаттарға қарай ажыратылады. Әрбір мақсатқа жету үшін субъекттен түрлі стратегиялық даму жоспарын әзірлеу сұралады. Мәселен, имидж қалыптастыру барысында саяси менеджер тұрғындардың басым бөлігінің қолдауға бағытталған нақты саясаткер бейнесі жасалады; қақтығыстарды реттеу барысында қарсылас тараптар көзқарастарындағы өзара байланыстылық нүктесі анықталады [22].

**Имиджмейкинг.** XX ғасырда ұғымы бекіген имидж түсінігі осы ғасырдың ерекше құбылысы. Саяси имиджмейкинг – қоғам мүшелерін қызығушылығы мен қолдауын қамтамасыз ететін бейне, мемлекеттік, саяси қайраткер имиджін жасау. Бұл саяси менеджменттің көне түрі болып табылады.

Саяси басқаруда имидж келесі әлеуметтік қызметтер атқарады: саясаткер бейнесінің жеңіл танылуы үшін *сәйкестендіру қызметі*; шындық сипатынан алыс саясат бейнесі жасалатын *дәріптеушілік қызметі*; әлеуметтік бейне мен рөлден алшақтық ұстанатын *қарсы қойып салыстыру қызметі*.

Имидждің дамуы айқындайды: дараландыру (өзгелерден бөлу, шектеу, ерекшелену); акценттеу (тиімді сипаттамаларына көңіл аудару, оларды бекіту); жылжыту (бейнені азаматтарға ұсыну немесе «сату») [23].

**Корпоративтік саяси имиджмейкинг.** Саяси менеджменттің бұл түрі ауқымды мақсаттарға ие. Ең алдымен мемлекеттік ұйымдар және оның бөлімдерінің танылатын жағымды бейнесін халық арасында қалыптастыруға жауап береді. Дегенмен, саяси имиджмейкерлер жағымды көзқарас қалыптастырумен қатар, саясаткерлер, саяси және мемлекеттік ұйымдарға ұнамсыз бейнелер де жасайды. Бұл тапсырыс сипатына ие және бұл қимылдар саяси күштер арасындағы ақпараттық соғыстар барысында жүзеге асады.

Ақпараттық технологиялар дамыған заманда бұл саланың қызметкерлері ғаламдық компьютерлік желіде (ресми сайттар, әлеуметтік желілердегі парақшалар) тартымды бөлімдерді

жоспарлауды, әлеуметтік желілерді тиімді пайдалану жолдарын негізге алғанын дұрыс санаймыз. Өйткені, Қазақстан Республикасы инвестициялар және даму министрі Ә. Исекешевтің мәліметі бойынша, 2006 жылы отандық интернет пайдаланушылар 8 пайызды құраса, бүгінгі таңда 68 пайызға жетіп отыр [24].

**Электоралдық технологиялар.** Электоралдық технологиялар саяси технологиялардың құрамдас бөлігі. Саяси науқанды басқарушы менеджер қолданатын электоралдық технологияларды шартты түрде стратегиялық және тактикалық деп көрсете аламыз.

Стратегиялық электоралдық технологиялар құрылымдық және мақсаттық әдістемелер, арнайы саяси жобаларды пайдаланады. Құрылымдық әдістемеді сайлау штабтарын құру және саяси науқан жоспарын әзірлеу көзделеді. Саяси штаб бүкіл науқанның стратегиялық бағыттарын жүргізеді. Саяси науқанның мақсаттық әдістемелері барысында сайлаушылардың атаулы топтары айқындалады. Арнайы саяси жобалар саяси технологиялардың ерекше түрі. Ақпарат саяси формада емес қызметпен ұштасып, сайлау науқанына дейін басталып кетеді.

Тактикалық электоралдық технологиялар нәтижесі сараптамалық, медиалық және далалық әдістер арқылы жүзеге асады. Сараптамалық әдіс сайлау науқанында тиімділігін бағалап қана қоймай, науқанның тактикалық нұсқасын түзеуге септігін тигізеді. Сонымен бірге, саяси технологиялардың сараптамалық бағыты бұқаралық ақпарат құралдарын бақылайды. Саяси науқанды басқарудың медиалық әдісі субъектінің сапалық контентін әзірлеп, медиа-ресурстар көмегімен бұрмаланбаған бейнені мақсатты топтарға жеткізеді. Саяси менеджердің белсенді қимылын қажет ететін далалық әдістерде «есіктен есікке дейін», «көкек», «клакёр», сайлаушылармен кездесу технологияларын қолданады.

**Саяси брендинг.** Мемлекет бренді оның беделдік бейнесін танытатын символдық қоры. Саяси бренд көрсеткіштері: саяси әрекеттің биліктік ресурстары; жағымды абырой сипаттамасы; игіліктерге уәде беру; үміт, арман-мұраттар; көпшіліктің әлеуметтік сұраныстары мен қажеттіліктері.

Бренд қоғамның барлық салаларында экономикалық, әлеуметтік, рухани, құндылықтық, нормативтік, әлеуметтік-тәжірибелік, эстетикалық қызметтер атқарады. Саяси саладағы негізгі көрінісі идеологиялық қызметте көрініс табады. Идеология - нақты ережелер, ұстанымдар, мен идеялардың жүйесі. Мемлекеттік саясатта идеологиялық саяси брендингті бірнеше мағынада қолдануға болады. Мәселен, спорт және салауатты өмір-салтын насихаттау идеологиясында спорттық брендтердің маңыздылығы жоғары. Кейбір тауарлық белгілер де саяси брендтер қатарына жатады. Мысалы, Pepsi АҚШ-тағы республикашылардың бренді болса, Coca-Cola демократиялық партияның саяси бағытын қолдағандықтан [25] аталмыш ұйымның бренді болып табылады.

**Саяси одақтастар технологиясы.** Нақтыланған саяси құндылықтарға байланысты саяси сахна өкілдері бағыттарына сәйкес өзара бірігіп, одақтар құратыны анық. Бұл жақтастар санын арттырып қана қоймай, қарсылас оппоненттеріне ықпал жасайтын қимылдар жүргізуге септігін тигізеді.

Мемлекеттер арасында да халықаралық қатынастарды тиімді жүргізу үшін одақтастар іздейтіндігі белгілі. Әсіресе, қазіргі таңдағы экономикалық, кейбір елдердегі саяси дағдарыстарға байланысты одақтар құру үрдіске айналып бара жатыр. Саяси менеджмент әдістерінің нәтижелері қорытындылары қолдауды ұсынса тиімді бірлестіктер құруға әбден болады. Одақтастар арасындағы бұл байланыстар өзара тәжірибелерін бөлісу арқылы нақтыланған жетістіктерге әкеледі.

**Саяси қақтығыстарды реттеу және шешу технологиялары.** Қақтығыстарды реттеу және шешуге күш-жігер жұмсасам бұрын, оны алдын алу тұстарына ерекше мән беру керек. Саяси қақтығыстар кездейсоқ болмауы үшін тиімді қақтығыстарды алдын алу, реттеу және шешуге бағытталған нормативтік-құқықтық база болуы керек. Саяси үдерістердің барлық субъектілері іс жүзіндегі құқықтық ережелер жүйесін бұлжытпай орындауға дайын ұстанымдары қажет. Сонымен қатар, әлеуеті жоғары қақтығыс аймақтарын анықтау және қақтығыстарды алдын алу бойынша мониторингтар ұйымдастыру және өткізілуі тиіс.

Қақтығыс орын алған жағдайда төмендегідей күрделі қолданбалы зерттеулер жүргізіледі: қақтығыстың себептері мен әлеуеті, объективті және субъективті жақтарын анықтау; қақтығысқа

мүдделі нақты субъектілерді айқындау; тараптардың қақтығысқа көзқарастары, міндеттері мен талаптарын анықтау; ахуалдың ішкі шарттарындағы жағдайды бағалау.

Саяси ғылымдарда қақтығыстарды реттеу және шешуге бағытталған мынадай бірізді дәйекті қимылдар жасалады: қақтығысты институттау (қақтығыстарды шешудің жалпы ережелері мен қағидаларын анықтау); заңдастыру (қақтығыстарды шешу үрдісінде қақтығысушы тараптар арасында қабылданған нормалар мен ережелерді сақтау); қақтығысушы топтарды құрылымдау (қақтығысуға мүдделі топтар қатысушылардың сандық және сапалық сипаттамалық белгілерін айқындау); кеміту (қақтығысты өзге деңгейге көшіру арқылы бірізді әлсірету).

**Лоббизм технологиялары.** Қоғамның саяси саласындағы лоббизм қызметінің әдістері әр түрлі. Олардың арасында кең тараған түрлеріне сайлау науқанында қаржылай төлем жасау, саяси науқанды жүргізуге қатысу, үгіт-насихат шараларын ұйымдастыру, бірнеше ұйымдардың бірлескен лоббилық жұмысы, жеке достары арқылы шешім қабылдаушы тұлғаға ықпал жасау, ақшалай сыйақы беру және т.б. жатады.

Лоббизмнің үш негізгі түрі бар: тікелей, жанама, ішкі. Тікелей лоббизм - мемлекеттік орган өкілдерінің нақты мүддеге жауап беретін шешім қабылдауға ықпал жасайтын мақсатты жұмыс. Жанама лоббизм - мемлекеттік органнан тыс орындалатын кез келген шешімді қолдауға қысым жасайтын науқан ұйымдастыру. Ішкі лоббизм - ішкі органда нақты шешімдерді қабылдаудың түрлі жолдарын топтастыру қызметі.

Саяси менеджер кәсібінің ерекшеліктеріне орай, оның саяси-технологиялық басқару санаттарын жасауға болады. Осы өлшемдерге байланысты саяси менеджмент келесі қызмет түрлерін атқарады: саяси науқанды сараптамалық қамтамасыз ету; саяси жарнама; саяси PR саяси науқанды ақпараттық қамтамасыз ету ретінде; кеңесшілердің саясаткерлер мінез-құлқын өзгертуге бағытталған имиджмейкинг; саясаткер сөйлейтін сөзін жазу немесе спичрайтинг; бұқаралық саяси акциялар ұйымдастыру және өткізу [22].

**Саяси науқанды сараптамалық қамтамасыз ету.** Саяси науқанды сараптау барысында оның төрт негізгі бағыттарын айқындай аламыз:

1. Кандидаттар бағдарламалары мен ұсыныстары, сайлауалды бағдарламаларды талдау.
2. Сайлаушылардың электоралды мінез-құлқын талдау: сайлауға кім, неге қатысады (қатыспайды); сайлаушылар таңдауына ықпал жасайтын жағдайлар жиынтығы; сайлаушы дауыс беру туралы шешімді қалай қабылдайды, шешімінің рационалдылығы; сайлау үдерісіне қосылған әлеуметтік топтар қарқындылығының деңгейі (қол жинау, үгіт-насихат және т.б.).
3. Сайлау науқанын ұйымдастыру және өткізудің процедуралық сұрақтары, заңнамен бекітілген нормативті-құқықтық актілерді сақтауын сараптау.
4. Сайлаушылардың өтініштері, талаптары мен сұраныстарына сай кандидат қызметінде жүзеге асуын сараптау [26].

**Саяси жарнама.** Саяси жарнама - бұл саяси субъектілер мен объектілердің қатынастарына тәуелді азаматтардың ұстанымдарына ықпал жасайтын байланыстың ерекше түрі. Қоғам мен саяси жарнама арасындағы өзара байланыстарды екі жақты қарауға болады: жарнамалық қызмет қоғамның саяси дамуына себепші болады, екінші жағынан қоғам жарнама технологияларын дамытады. Сонымен қатар, сайлау науқаны барысындағы саяси коммуникацияның қысқа, өзіндік тез жаттауға құрылған адрестік ықпал жасаудың түрі.

Саяси жарнаманың негізгі мақсаты - қоғам мүшелерін саяси өзара байланыстар саласына қатыстыру болып табылады. Саяси жарнама дайындамас бұрын тапсырыс берушілер оны қабылдаушы тараптың мүдделеріне сай жасауы қажет деп ойлаймыз. Өйткені, қоғам мүшелерінің менталитеті, санасы, мәдениеті әр түрлі.

Ғылыми зерттеулерде, қоғамдық өмірде саяси жарнамаға тек сайлау науқандарында көңіл аударылады. Бұл қате ұстаным. Себебі, саяси құндылықтарды тарату үшін күнделікті өмірде үнемі саяси жарнама технологияларын пайдаланып отыру қажет. Көпшілік жарнаманы тек ролик немесе газет бетіндегі хабарландырумен шектеп жатады. Негізінен саяси жарнама технологияларын пайдалану барысында жанама ықпал жасау мүмкіндіктеріне аса назар берілуі тиіс. Мәселен, кез келген жаңалықтар, телебағдарламалар, кездесулерде берілген мәселе бойынша ескертіп, жұрт көңілін аудартып қою маңызды саналады.

**Саяси PR.** Саяси субъектілерге ықпал жасаудың тәсілдерін қолданатын ұғымдардың бірі. Саяси пиар өз қызметінде бірнеше кезеңдік жұмыстар атқарады: түрлі шаралар ұйымдастыру және



пысықтау; әкімшілік ресурсты тарту немесе бейтараптандыру; әлеуметтік жауапты тұлға бейнесін жасау; әлеуметтік-саяси ахуалды талдау; сайлауалды науқандарды жүргізу және т.б.

Негізінен саяси пиар мен жарнама арасында өзара ұқсастықтар жетерлік. Кейбір кездері бір-бірінің өзіне тән элементтерін, технологияларын пайдаланып, өз тәжірибелерін толықтырып отырады. Ең негізгі айырмашылығы - азаматтарға жеткізілетін мәліметтер ақпарат түрінде беріледі. Тұтынушы мәлімет астарында манипулятивті ойлар бар екендігін байқамай жатады.

**Спичрайтинг.** Жұрт алдында сөйленетін сөздер мәтінін кәсіби тұрғыдан жазу маңызды болып табылады. Алғашында PR-мәтіндерді дайындау және жазу технологиялары деңгейінде пайда болған кәсіп түрін пайдалану елімізге келгенде ерсі көрінді. Басшы сөзі көмекшілері арқылы дайындалатынын халық білгенімен, ұйым әкімшілігі ашық түрде жариялауға жол бермейтін еді.

Спичрайтинг негіздерін толықтай иелену үшін адам мінез-құлқы мен манипуляциялау тәсілдері дағдыларын игеру қажет. Лингвистика, риторика, психология, жарнама туралы қалыптасқан түсініктер болған жағдайда ғана сәтті қадамдар жасалады. Сөйленетін сөздерді дайындау үшін жүйені сақтай отырып, мынадай кезеңдер бойынша жұмыс жасалуы керек: дайындық; сұхбаттасу; зерттеу; сөйлеу мәтінін жазуды ұйымдастыру [27].

**Саяси акциялар ұйымдастыру және өткізу.** Саяси менеджменттің қимылдау формаларын пайдаланатын бұл қызметтік түрі жоғарыда аталған ұғымдармен тығыз байланысты. Өйткені кез келген шара ұйымдастыру үшін оның қатысушылар құрамы, өту реттілігі, қолданылатын технологиялары нақтыланады. Біздің пікірімізше, саяси акциялар өткізу барысында қоғам назарын мәселеге ашық түрде назарын аудартпай, жанама әсер ету тұстарына ерекше мән берілуі керек. Сонымен қатар, шараларға әкімшілік ресурсты қолдану арқылы қатысушылар контингентін жинау кері әсерін беретіндігін ұмытпағанымыз дұрыс.

**Қорытынды.** Демократиялық құндылықтардың қарқынды дамуы саяси өмірде саяси менеджментті қолдануды талап етіп отыр. Қоғам өмірінің барлық саласында саяси қызметтің маңыздылығы саяси қажеттілік болып отырғандығы да жасырын емес. Сондықтан саясаттағы басқаруды саяси менеджмент тұрғысынан қарастыру саяси ғылымдар үшін маңызды болып табылады. Зерттеу барысында автор сайлау науқанында пайдаланылатын саяси менеджмент технологияларына аса мән бермеді. Өйткені қазіргі саясаттануда бұл тақырып бойынша зерттеу жұмыстары өте көп.

Ғылыми мақалада саяси менеджменттің түсінігі, құрылымы және негізгі түрлеріне талдау жасалды. Зерттеу жұмысы көрсеткендей, түсінікке байланысты нақтыланған анықтамалар жоқ. Дегенмен, саяси менеджмент түрлері нақтыланып, олардың бір-бірімен тығыз байланыстылығы айқындалды.

## ӘДЕБИЕТ

- [1] Гвишиани Д.М. Организация и управление. - М.: Наука, 1972. - С. 46-47.
- [2] Romesh T. Political Management // Economic and Political Weekly. - 1968. - Vol. 3, Issue 51/52. - pp. 1932-1933.
- [3] Piven F. Advocacy as a Strategy of Political Management // Perspecta. - 1969. - Vol. 12. - pp. 37-38.
- [4] Spero J.E. The Political Management of the International Monetary System // Journal of International Affairs. - 1976. - Vol. 30, Issue 1, Political Economy: Europe and the United States. - pp. 51-63.
- [5] Hancock M.D. The Political Management of Economic and Social Change: Contrasting Models of Advanced Industrial Society in Sweden and West Germany // The Annals of the American Academy of Political and Social Science. - 1982. - Vol. 459, Government and Economic Performance. - pp. 63-76.
- [6] Allen K., B. O'Boyle. A Change in Political Management. From: Austerity Ireland: The Failure of Irish Capitalism. - Pluto Press, 2013. - 208 p. - pp. 109-125.
- [7] Boston J., Halligan J. Political Management and New Political Governance: Reconciling Political Responsiveness and Neutral Competence. From: From New Public Management to New Political Governance. - McGill-Queen's University Press, 2012. - 432 p. - pp. 204-241.
- [8] Oliver C., Holzinger I. The Effectiveness of Strategic Political Management: A Dynamic Capabilities Framework // The Academy of Management Review. - 2008. - Vol. 33, Issue 2. - pp. 496-520.
- [9] Колесников В., Семенов В. Политический менеджмент. - СПб.: Питер, 2013. - 336 с.
- [10] Лютый В.П. Политический менеджмент (политология, прикладные исследования, менеджмент). - М.: Российская академия правосудия, 2012. - 292 с.
- [11] Пушкарева Г. Политический менеджмент. - М.: Юрайт, 2014. - 366 с.
- [12] Федорченко С.Н. Искусство политического менеджмента. - М.: МГОУ, 2013. - 199 с.
- [13] Абулкасова А. Политический менеджмент, политический PR и политический маркетинг: соотношение понятий // Саясат. - 2008. - № 3. - С. 21-26.

- [14] Кенжалин Ж. Саяси менеджменттің кейбір теориялық мәселелері // Қоғам және дәуір. - 2009. - № 4. - 39-46 бб.
- [15] Кеңесов А.А. Саяси менеджменттің қалыптасуын зерттеудегі тарихи-әлеуметтік мәселелер // Қазақстандағы азаматтық қоғамның дамуындағы үкіметтік емес ұйымдардың орны: Халықаралық ғыл. конф. материалдары. - Алматы: Қазақ университеті, 2007. - 110-114 бб.
- [16] Сарсенова Ж. Политический менеджмент // Мысль. - 2016. - № 2. - С. 56-63.
- [17] Фомичев А.Н. Административный менеджмент. - М.: Дашков и К, 2003. - С. 29.
- [18] Мескон М. Основы менеджмента. - М.: Дело, 2000. - С. 11.
- [19] Общий и специальный менеджмент. / Под ред. А.Л. Гаповенко, А.П. Панкратова. - М.: Издательство МГУ, 2000. - С. 26.
- [20] Ольшанский Д.В. Политический PR. - СПб.: Питер, 2003. - С. 41.
- [21] Политический менеджмент: электоральный процесс и технологии / Под ред. Л.В. Сморгунова. - СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1999. - С. 6.
- [22] Пушкарёва Г.В. Политический менеджмент. Виды политического менеджмента. [Online] URL: <http://uchebnik-online.com/133/2970.html> (May 19, 2016).
- [23] Зими́на В.Д., Борисов Н.А. Политическое управление. - М.: Рос. гос. гуманит. ун-т, 2008. - С. 209.
- [24] Количество интернет-пользователей в Казахстане выросло с 8 % до 68 %. [Online] URL: [http://bnews.kz/ru/news/ekonomika\\_i\\_biznes/tehnologii/kolichestvo\\_polzovatelei\\_interneta\\_v\\_kazahstane\\_viroslo\\_s\\_8\\_do\\_68-2016\\_02\\_17-1256966](http://bnews.kz/ru/news/ekonomika_i_biznes/tehnologii/kolichestvo_polzovatelei_interneta_v_kazahstane_viroslo_s_8_do_68-2016_02_17-1256966) (February 17, 2016).
- [25] Шушарин С.А. Функции бренда как социокультурного феномена // Омский научный Вестник. - 2014. - №2. - С. 103-105.
- [26] Комаровский В.С. Информационно-аналитическое обеспечение избирательных кампаний. - М.: РЦОИТ, 2001. - С. 12.
- [27] Сайтэл Ф.П. Современные паблик рилейшнз. - М.: Имидж-контакт, 2002. - С. 333.

#### REFERENCES

- [1] Gvishiani D.M. Organizacija i upravlenie. M.: Nauka, 1972. 46-47 (in Russ.).
- [2] Romesh T. Political Management. *Economic and Political Weekly*, 1968, 3, (51/52), 1932-1933 (in Eng.).
- [3] Piven F. Advocacy as a Strategy of Political Management. *Perspecta*, 1969, 12, 37-38 (in Eng.).
- [4] Spero J.E. The Political Management of the International Monetary System. *Journal of International Affairs*, 1976, 30, (1), Political Economy: Europe and the United States, 51-63 (in Eng.).
- [5] Hancock M.D. The Political Management of Economic and Social Change: Contrasting Models of Advanced Industrial Society in Sweden and West Germany. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 1982, 459, Government and Economic Performance, 63-76 (in Eng.).
- [6] Allen K., B. O'Boyle. A Change in Political Management. From: Austerity Ireland: The Failure of Irish Capitalism. Pluto Press, 2013. 109-125 (in Eng.).
- [7] Boston J., Halligan J. Political Management and New Political Governance: Reconciling Political Responsiveness and Neutral Competence. From: From New Public Management to New Political Governance. McGill-Queen's University Press, 2012. 204-241 (in Eng.).
- [8] Oliver C., Holzinger I. The Effectiveness of Strategic Political Management: A Dynamic Capabilities Framework. *The Academy of Management Review*, 2008, 33, (2), 496-520 (in Eng.).
- [9] Kolesnikov V., Semenov V. Politicheskij menedzhment. SPb.: Piter, 2013. 336 p. (in Russ.).
- [10] Ljutyj V.P. Politicheskij menedzhment (politologija, prikladnye issledovanija, menedzhment). M.: Rossijskaja akademija pravosudija, 2012. 292 p. (in Russ.).
- [11] Pushkareva G. Politicheskij menedzhment. M.: Jurajt, 2014. 366 p. (in Russ.).
- [12] Fedorchenko S.N. Iskusstvo politicheskogo menedzhmenta. M.: MGOU, 2013. 199 p. (in Russ.).
- [13] Abulkasova A. Politicheskij menedzhment, politicheskij PR i politicheskij marketing: sootnoshenie ponjatij. *Sajasat*, 2008, 3, 21-26 (in Russ.).
- [14] Kenzhalin Zh. Sajasi menedzhmentin kejbir teorijalyk maseleleri. *Kogam zhane dauir*, 2009, 4, 39-46 (in Kaz.).
- [15] Kenesov A.A. Sajasi menedzhmentin kalypasun zertteudegi tarihi-aleumettik maseleler. *Kazahstandagy azamatyq kogamnyn damuyndagy ukimettik emes ujymdardyn orny, Halykaralyq ғыл. конф. materialdary*, Almaty: Kazah universiteti, 2007, 110-114 (in Kaz.).
- [16] Sarsenova Zh. Politicheskij menedzhment. *Mysl'*, 2016, 2, 56-63 (in Russ.).
- [17] Fomichev A.N. Administrativnyj menedzhment. M.: Dashkov i K, 2003. 29 (in Russ.).
- [18] Meskon M. Osnovy menedzhmenta. M.: Delo, 2000. 11 (in Russ.).
- [19] Obshhij i special'nyj menedzhment. Pod red. A.L. Gapovenko, A.P. Pankratova. M.: Izdatel'stvo MGU, 2000. 26 (in Russ.).
- [20] Ol'shanskij D.V. Politicheskij PR. SPb.: Piter, 2003. 41 (in Russ.).
- [21] Politicheskij menedzhment: jelektoral'nyj process i tehnologii. Pod red. L.V. Smorgunova. SPb.: Izd-vo S.-Peterburgskogo un-ta, 1999. 6 (in Russ.).
- [22] Pushkareva G.V. Politicheskij menedzhment. Vidy politicheskogo menedzhmenta. Online. URL: <http://uchebnik-online.com/133/2970.html> (May 19, 2016) (in Russ.).
- [23] Zimina V.D., Borisov N.A. Politicheskoe upravlenie. M.: Ros. gos. гуманит. ун-т, 2008. 209 (in Russ.).
- [24] Kolichestvo internet-polzovatelej v Kazahstane vyroslo s 8 % do 68 %. Online. URL: [http://bnews.kz/ru/news/ekonomika\\_i\\_biznes/tehnologii/kolichestvo\\_polzovatelei\\_interneta\\_v\\_kazahstane\\_viroslo\\_s\\_8\\_do\\_68-2016\\_02\\_17-1256966](http://bnews.kz/ru/news/ekonomika_i_biznes/tehnologii/kolichestvo_polzovatelei_interneta_v_kazahstane_viroslo_s_8_do_68-2016_02_17-1256966) (February 17, 2016) (in Russ.).

- [25] Shusharin S.A. Funkcii brenda kak sociokul'turnogo fenomena. *Omskij nauchnyj Vestnik*, 2014, 2, 103-105 (in Russ.).
- [26] Komarovskij V.S. Informacionno-analiticheskoe obespechenie izbiratel'nyh kampanij. M.: RCOIT, 2001. 12 (in Russ.).
- [27] Sajtjel F.P. Sovremennye publik rileyshnz. M.: Imidzh-kontakt, 2002. 333 (in Russ.).

**М.О. Насимов**

Университет «Болашак», г. Кызылорда, Казахстан

### **ПОЛИТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: ПОНЯТИЕ, СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ**

**Аннотация.** Управление, относящееся к сфере политики, включает всю совокупность управленческих процессов, возникающих в поле политических отношений. Актуальность темы исследования определяется существенным возрастанием интереса к теоретическим проблемам политического менеджмента в ходе социальных реформ всего мирового сообщества. Исследование проблем формирования и применения в политике системы и методов политического менеджмента является важной задачей для политической науки и практики.

Несмотря на массив работ по проблемам политического управления, надо констатировать, что анализ политического менеджмента в политической науке не завершен. В политической науке пока еще не сложилась устойчивая общепринятая концепция политического менеджмента.

В научном статье имиджмейкинг, корпоративный политический имиджмейкинг, электоральные технологии, политический брендинг, технологии политических союзов, технологии регулирования и разрешения политических конфликтов, технологии лоббизма рассматриваются как основные виды политического менеджмента. По профессиональному признаку выделены виды аналитического обеспечения политических кампании, политическая реклама, политический PR, спичрайтинг и организация и проведение массовых политических акций. Автор дает некоторые рекомендации по данной проблеме.

Методологической основой исследования являются теоретические разработки политической науки, методы системного подхода, компаративного анализа, контент анализа и обобщения.

**Ключевые слова:** политические технологии, основные виды политического менеджмента, управление, планирование, субъекты и объекты политики.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 324 – 331

UDC 331.28

**A.Zh. Panzabekova<sup>1</sup>, G.K. Tyurabayev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan  
Institute of economy, Republic of Kazakhstan, Almaty;

<sup>2</sup>Abay Kazakh National Pedagogical University, Republic of Kazakhstan, Almaty  
e-mail: aksanat@mail.ru

**STIMULATION OF LABOR IN THE REAL SECTOR  
OF THE ECONOMY: PRINCIPLES AND APPROACHES**

**Annotation.** Objective - study of modern principles and approaches to stimulate the work of the personnel in the real economy.

The study used a variety of methods, combined systems approach to the study of pay and incentives. Abstract-logical method used disclosure of payment system and stimulation of labor in different countries, the development directions of its improvement in the conditions of innovative development of economy.

**Results:** studied modern-day payment system and material incentives, held sravnitelnye analysis of existing payment systems and incentives, identified their main advantages and disadvantages. The characteristic of the basic payment models and incentives are disclosed approaches to the construction of the remuneration system in the real sector of the economy, the advantages disclosed a differentiated approach to the system of payment and incentives, as well as the necessity of further search for solutions in the field of stimulation of the personnel in the real sector of the economy.

**Scope of the study results.** Key findings and practical recommendations can be used as a methodological basis for the further deepening of research on this issue.

**Keywords:** stimulation of work, motivation, differentiated approach, the enterprise, the real economy.

УДК 331.28

**А.Ж. Панзабекова<sup>1</sup>, Г.К. Турабаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт экономики Комитета науки Министерства образования и науки  
Республика Казахстан, г. Алматы;

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет им.Абая, Республика Казахстан, г. Алматы

**СТИМУЛИРОВАНИЕ ТРУДА В РЕАЛЬНОМ СЕКТОРЕ  
ЭКОНОМИКИ: ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ**

**Аннотация.** Цель работы – исследование современных принципов и подходов к стимулированию труда персонала в реальном секторе экономики.

В ходе исследования использованы различные *методы*, объединенные системным подходом к изучению оплаты и стимулирования труда. Абстрактно-логический метод применялся раскрытия сущности системы оплаты и стимулирования труда в различных странах, разработки направлений ее совершенствования в условиях инновационного развития экономики.

**Результаты:** Изучены современные системы оплаты и материального стимулирования труда, проведен сравнительный анализ существующих систем оплаты и стимулирования труд, выявлены их основные преимущества и недостатки. Дана характеристика основных моделей оплаты и стимулирования труда, раскрыты подходы к построению системы оплаты труда в реальном секторе экономики, раскрыты преимущества дифференцированного подхода к системе оплаты и стимулирования труда, а также обоснована необходимость дальнейшего поиска решений в области стимулирования труда персонала в реальном секторе экономике.

**Область применения результатов исследования.** Основные выводы и практические рекомендации могут быть использованы в качестве методической основы для дальнейшего углубления исследований по

данной проблеме.

**Ключевые слова:** стимулирование труда, мотивация, дифференцированный подход, предприятие, реальный сектор экономики.

В современных условиях мотивация и стимулирование персонала, осознающего цели и стоящие перед организацией задачи, понимающего, что необходимо делать на своем рабочем месте, в совокупности с имеющейся технической и технологической инструментальной менеджмента выступает важным элементом раскрытия и реализации стратегического потенциала предприятия, достижения высоких финансовых результатов, освоения новых рынков и его сегментов, повышение рентабельности инвестиций и благосостояния собственников.

Решение задачи повышения эффективности деятельности предприятия в реальном секторе экономики требует отработки направлений, связанных с совершенствованием работы персонала, который выступает важным фактором самого функционирования организации и перспектив ее развития. Эффективность работы всего персонала непосредственно зависит от способностей каждого работника, и в наибольшей мере от их желания достижения целей организации.

Мотивация к труду в реальных экономических условиях деятельности организации осуществляется через механизм стимулирования труда. Основным инструментом стимулирования труда выступает вознаграждение персонала. Встречаются большое количество видов вознаграждения, их можно классифицировать следующим образом:

- внутренние (самоуважение, ощущение содержательности и значимости своего труда, удовлетворенность достигнутым результатом, ощущение ответственности и неформальное общение в ходе работы и т.д.);
- внешние (денежное вознаграждение, карьерный рост, статус и престижность, похвала и признание, социальные и другие льготы и т.п.).

Стимулирование производительности труда работников организации путем начисления вознаграждений по результатам деятельности в современных условиях функционирования рыночной экономики получает все большее распространение, вследствие чего можно утверждать об усилении роли системы вознаграждений в достижении высоких результатов деятельности предприятий.

Методология оплаты и стимулирования труда персоналом развивалась наряду с развитием экономических отношений на разных уровнях. При этом любые изменения условий функционирования предпринимательства, рынка, конкуренции обуславливают необходимость пересмотра существующего менеджмента организации, в том числе системы оплаты и мотивации производительности труда персонала.

Эволюция подходов к построению системы оплаты и мотивации труда персонала происходила с течением долгого периода времени от односложных систем, когда оплата труда базировалась на установлении норм труда, к более сложным системам, а позднее и к комплексным, предполагающим системное использование различных видов и способов мотивации труда персонала для достижения необходимых результатов деятельности.

Сегодня существуют несколько основных подходов к оплате труда персонала.

Как отмечают А.Я. Кибанов, И.А. Баткаева, Е.А. Митрофанова, М.В. Ловчева [1], повременная форма оплаты труда предполагает исчисление заработной платы исходя из установленных тарифов, ставок или окладов за фактически отработанное время. При применении повременно-премиальной системы оплаты труда в составе заработной платы исчисляются премиальные составляющие по итогам месяца, квартала, года. А условия начисления премиальных выплат регламентируются местными актами, внутренними документами организации как положение о премировании, коллективный договор или трудовой договор.

В случае использования сдельных форм оплаты труда, заработная плата рассчитывается исходя из установленного размера оплаты за каждую единицу произведенной или реализованной продукции или услуги. Существует несколько видов сдельной формы оплаты труда, к каждой из них присущи свои особенности.

Е. Ветлужских [2] отмечает особенность прямой сдельной формы оплаты труда, которая заключается в определении заработка по установленному тарифу за каждую единицу произведенной продукции соответствующего качества. Сдельно-прогрессивная форма оплаты труда предполагает оплату труда работника в пределах базовой нормы по основным расценкам, а выработку сверх исходной нормы - по повышенным сдельным расценкам. Сдельно-премиальная

форма оплаты труда предполагает включение в структуру заработной платы заработок по основным сдельным расценкам, начисленного за фактическую выработку, а также вознаграждение за выполнение и перевыполнение установленных показателей труда. При аккордной системе оплаты труда размер оплаты труда за выполненные работы устанавливается за весь комплекс работ, исчисление размера оплаты труда осуществляется исходя из фактически произведенной продукции по заранее установленным тарифам. При этом, до окончания работ работникам может выплачиваться аванс по сдельным тарифам за выполненные работы или за отработанное время по повременным тарифным ставкам (рисунок 1).

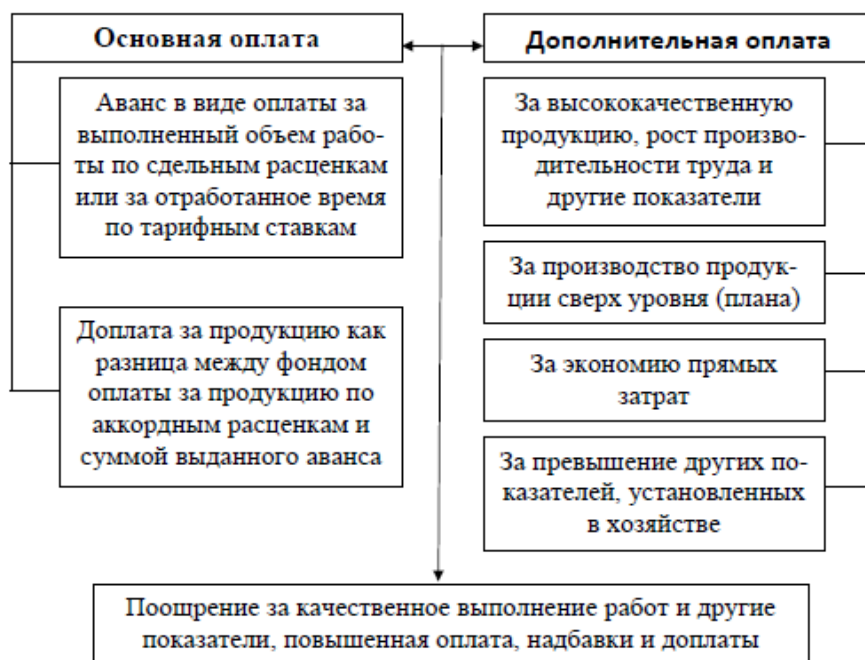


Рисунок 1 – Структура аккордно-премиальной системы оплаты труда

Сущность сдельных и повременных систем оплаты труда заключается в учете количества труда, его влияния на размер заработной платы. Заработная плата выплачивается в зависимости от продолжительности труда во времени и интенсивности труда в единицу времени.

На предприятиях реального сектора экономики существуют различия между умственным и физическим, квалифицированным и неквалифицированным трудом. Поэтому труд, характеризующийся квалифицированным, тяжелым, интенсивным, непривлекательным должен стимулироваться большей оплатой. Исходя из такой точки зрения, появилась тарифная система оплаты труда, предусматривающая определенную сетку окладов в зависимости от различных параметров.

Конечные результаты труда обычно выявляются после завершения трудового процесса, поэтому оплата труда делят на две части: постоянную - в зависимости от объема выполненных работ или отработанного времени и переменную - в зависимости от конечных результатов труда.

Современным подходом к построению системы оплаты труда является формирование заработной платы из двух основных частей: гарантированной, которая исчисляется сотруднику за выполнение функциональных обязанностей, и стимулирующей, размер которой зависит от качества, эффективности и результативности труда сотрудника. При этом размеры стимулирующей части заработка не ограничиваются. Также в составе заработной платы возможно предусмотрение дополнительных и компенсационных выплат.

В некоторых случаях структурные части заработной платы именуется по-другому, так, гарантированная часть может называться базовой. Базовая заработная плата иногда может состоять из общей части (оклада) и специальной части (компенсационных выплат). В любом случае вопрос наименования не выглядит принципиальным, гораздо важную значимость представляет назначение выплат каждого вида. При этом, необходимо учитывать следующие моменты:

Минимальный и максимальный размер заработной платы в каждой стране регулируется государством, причем по-разному. Согласно п. 1 ст. 103 Кодекса труда РК, размер месячной заработной платы максимальным размером не ограничивается, в п. 2 той же статьи Кодекса указывается, что размер месячной заработной платы работника, отработавшего полностью определенную на этот период норму рабочего времени и выполнившего нормы труда или трудовые обязанности, не может быть ниже минимального размера месячной заработной платы, установленного на соответствующий финансовый год законом Республики Казахстан о республиканском бюджете. Кроме того, в минимальный размер оплаты труда не включаются доплаты, надбавки, компенсационные и социальные выплаты, премии и вознаграждения (п.1 ст. 104 ТК РК) [3].

Постоянная и переменная часть заработной платы во многих странах регулируется на государственном уровне. Согласно п. 4ст.104 ТК РК, доля основной заработной платы должна составлять не менее 75 процентов в заработной плате работников без учета единовременных стимулирующих выплат. Таким образом, широко распространенная практика в других странах в части установления заработной платы 50/50 в зависимости от результатов, не актуальна и незаконна в Казахстане. Вместе с тем, вознаграждения, не имеющие отношения к заработной плате работника, разрешаются.

Как констатируют М. Армстронг и Т. Стивенс [4], суть дифференцированной оплаты труда заключается в вознаграждении работников с учетом количества и качества труда, достигнутых успехов в работе и в стимулировании их дальнейшего роста. Дифференцированная (мотивационная) система оплаты труда сотрудников характеризуется введением прямой, индивидуальной, сдельной форм оплаты труда с учетом поправочных коэффициентов в зависимости от сложности работ и результативности труда. Однако дифференцированная оплата труда направлена не только на поощрение успешной деятельности, но и на депремирование за нарушения правил, сроков сдачи работ и т.д.

Применение дифференцированной оплаты труда возможно на производстве, где используются тарифное регулирование. В таком случае применяются несколько различных тарифных сеток (например, для рабочих основного производства, для рабочих вспомогательного производства, для специалистов и руководящих работников).

С другой стороны, возможно использование подходов методики Watson Wyatt, при которой категории сотрудников компании представляются в единой тарифной сетке [1]. Использование методики Watson Wyatt имеет следующие преимущества:

- наличие единой методики увеличения размера заработной платы за изменение условий работы;
- наличие дифференцированной системы оплаты труда в зависимости от значимости и сложности выполняемых работ;
- дифференцированный подход к учету профессиональных качеств отдельных сотрудников, не нарушающего пределы различий в оплате труда.

Несмотря на эффективность дифференцированного подхода к оплате труда по сравнению с унифицированной схемой, его использование представляется проблематичным вследствие сложности объективной оценки результатов работы. Кроме того, другая сложность заключается в недочете руководителями других аспектов выполнения обязанностей сотрудника, так как они склонны оценивать работу подчиненных по количественным меркам. Вдобавок ко всему возможно возникновение проблемы многозадачности: работники будут ориентированы выполнять именно те задачи, которые учитываются при исчислении вознаграждения, а на другие задачи не будут направлять столько усилий.

Системой оплаты труда, учитывающей количественные и качественные показатели труда выступает комиссионная система, при которой размеры оплаты труда зависят от роста объемов выработки и реализации товаров или услуг, в том числе на экспорт, минимизации запасов готовой продукции, роста выручки и других показателей, которые характеризуют эффективность деятельности предприятия в целом. При использовании данной системы сотрудникам может устанавливаться периодическое вознаграждение в процентном отношении от выручки, полученной от реализации продукции, без ограничения его максимальными размерами; вознаграждение в процентном отношении от суммы внешнеэкономической сделки работникам, непосредственно участвовавшим в заключении этой сделки, в зависимости от эффективности ее реализации.

Размер вознаграждения зависит от финансового состояния организации, разновидности применяемой комиссионной системы оплаты труда и, как правило, устанавливается в процентном выражении от стоимости произведенной или реализованной продукции, от объема полученной выручки или прибыли, от размера денежных поступлений, в том числе в валюте, на расчетные счета организации и т.д.

Кроме этого, комиссионная выплата может принимать следующие формы:

- фиксированная денежная сумма за реализацию каждой единицы продукции, при этом размеры оплаты могут различаться в зависимости от вида продукции, а также дифференцированными в зависимости от объема продаж;
- процент от объема производства/реализации единицы товаров или услуг; процент от объема производства-реализации сверх установленного задания; процент от суммы заключенного договора на оказание услуги и т.д..

При этой системе работодатель самостоятельно устанавливает размер вознаграждений и проценты, в зависимости от поставленных задач перед отдельным работником, отделом и организацией в целом, а также в зависимости от результатов их деятельности и финансовых показателей предприятия. Работодатель также сам самостоятельно устанавливает периодичность выплаты вознаграждений.

Необходимо отметить важность органически увязки системы мотивации персонала с его материальной ответственностью различного рода начиная с возмещения ущерба в связи с гибелью, порчи или утраты имущества, а также других расходов, понесенных по вине работника.

Как отмечают А.А. Сперанский и Н.В. Драгунская [5], основными принципами, на которых основана комиссионная система оплаты труда, являются:

- установление тарифной сетки в структуре заработной платы;
- соблюдение условий оплаты труда, регламентированных местными законодательно-правовыми актами и внутренними документами предприятия;
- соблюдение минимальных размеров оплаты труда, установленных государственными органами на соответствующий период;
- установление справедливого размера вознаграждения за достигнутые результаты работы сотрудников;
- выплата вознаграждения без ограничения максимальных его размеров (в зависимости от разновидности применяемой комиссионной системы оплаты труда);
- улучшение результативности деятельности отдельных работников и предприятия в целом.

Исходя из вышперечисленного, комиссионная система оплаты труда ориентирована на стимулирование высокопроизводительного и качественного труда сотрудников, на развитие его компетенций и творческих подходов к выполняемым обязанностям. Данная система распространяется на работников разного ранга и квалификаций по решению работодателя.

Необходимо отметить, что в международной практике стимулирования труда работников производственной сферы применяются инструменты, которые пока не нашли должного отражения в практике работы предприятий реального сектора экономики Казахстана:

- методики определения дисконтированной стоимости вознаграждения работникам, основанные на актуарной оценке определения дисконтированной стоимости обязательств по пенсионным планам;
- методики определения справедливой стоимости выплат долевыми инструментами, основанные на моделях оценки опционов.

По нашему мнению, возможность сотрудников приобрести акции предприятия имеет большое значение для стимулирования более производительного и качественного труда, поскольку на этом уровне вознаграждения работник выступает в качестве собственника (совладельца) бизнеса.

По утверждению Т.В. Тепловой, показатели прибыли компании используются для создания фонда вознаграждений [6, с. 474]. Это верное убеждение, так как преследуя цель достижения прибыли, компании не будут заинтересованы чрезмерном премировании сотрудников в убыток. По этой причине построение системы показателей результативности труда и начисления бонусов является серьезной областью высшего менеджмента компании.

Однако использование показателей прибыли для формирования системы вознаграждений имеет определенные трудности ввиду существования достаточного количества таких показателей,



имеющих определенные преимущества и недостатки. Проблема заключается в том, что каждый из них самостоятельно не может отражать экономическую прибыль предприятия.

Показателем, наиболее полно характеризующим экономическую прибыль предприятия, является EVA (Economic Value Added) [7, с. 471]. Именно EVA способен отразить реальные результаты деятельности предприятия в конкретном периоде и потенциал роста благосостояния собственников. Данный показатель широко используется в развитых странах в разных областях деятельности, будь это оценка компании или эффективность менеджмента. В развивающихся странах он используется очень редко, только при определении рыночной стоимости компании для осуществления слияния, поглощения или продажи. Необходимость использования показателя EVA в стимулировании труда персонала в реальном секторе экономики РК можно обусловить следующим обстоятельством.

Очень часто в казахстанской практике корпоративного менеджмента (в особенности крупных предприятий) собственники передают часть ответственности управляющему, которому выплачивают фиксированную заработную плату. Последствия такого разделения функций очень хорошо описаны Д.В. Актяновым: «...делегуя свои полномочия наемным менеджерам, собственники передают им контроль над компанией, что влечет постепенную утрату информации о состоянии дел в бизнесе. А вследствие неполноты информации формируется искаженная картина действительности, что не позволяет собственникам адекватно оценить результаты действий топ-менеджеров» [8, с. 9]. Для того, чтобы управляющий преследовал интересы собственника, должны применяться механизмы, стимулирующие его результативную работу. В этой связи использование показателя экономической прибыли для установления взаимосвязи между ней и вознаграждениями наемных управленцев становится необходимым.

Как показывают современные мировые тенденции, глобальные компании при построении системы мотивации и оплаты труда используют принцип участия в прибыли компании, согласно которой каждый сотрудник будет заинтересован в достижении заданных показателей прибыли. При этом могут быть использованы два подхода: если первый подход подразумевает непосредственную привязку вознаграждения к прибыли компании, то второй подход основан на создании ключевых показателей эффективности (KPI), сбалансированной системы показателей (BSC). Преимущество первого подхода заключается в возможности согласования интересов управленцев с интересами собственников, а второго – в возможности проведения единой стратегии во всех структурных подразделениях компании. Вместе с тем, оба подхода направлены на стимулирование труда персонала к достижению заданных значений прибыли. А. К. Ключков и вовсе относит BSC к разновидности методик KPI [9]. Поэтому можно считать вполне возможным и обоснованным применение обоих методов параллельно.

Стимулирование труда работников на основе KPI направлена на достижение целевых установок предприятия с помощью мотивирования работника на выполнение своих функциональных обязанностей. При этом от KPI будет зависеть размер переменной части оплаты труда и вознаграждения, что будет стимулировать работника к достижению высоких результатов деятельности, к увеличению его вклада в результаты работы коллектива, в выполнение стратегических важных задач компании. Вместе с тем, при использовании данной системы, необходимо обеспечить понятность и простоту показателей, а размеры оплат должны быть обоснованными с экономической точки зрения.

Как убедительно демонстрирует зарубежный опыт, использование системы ключевых показателей деятельности в стимулировании труда повышает прибыль предприятия на треть, так как повышает мотивацию работников. Увязка определенной части заработка с индивидуальными и групповыми результатами работы минимизирует риск текучести кадров и позволяет повысить производительность труда даже во времена кризисов.

Использование системы KPI в мотивации персонала имеет следующие преимущества:

- 1) ориентация на гарантированный результат – работник получает материальное поощрение за достижение поставленных результатов;
- 2) гибкость в управлении – в случае изменения ситуации на рынке, можно вносить коррективы в усилия работников, без серьезной модификации системы мотивации;
- 3) справедливость — справедливая система оценки работы каждого сотрудника в общем деле и распределения рисков между ним и предприятием;

4) понятность — понимание работника о том, что он него требуется сделать, чтобы компания платила ему вознаграждение; понимание собственников компании, сколько они будут платить за определенные результаты;

5) стабильность – «правила игры» для работников, выработанные компанией, не нарушаются, если один из работников попытается их поменять, он может лишиться доверия «игроков».

В соответствии с данными, представленными в таблице 1, материальное стимулирование труда персонала на основе КРІ удовлетворяет основные потребности работников, что позволяет считать эту систему совершенной.

Таблица 1 – Технологии, способы и меры по мотивации труда в зависимости от потребностей сотрудников

Потребность	Основной способ воздействия	Меры	Технология
Приобретение	Разработка эффективных систем дифференцированного вознаграждения	Увязка вознаграждения с качеством и результатами работы; Платить не меньше конкурентов; Подчеркивать разницу между хорошими сотрудниками и не очень	Система КРІ; Система грейдов (тарифная сетка)
Привязанность	Разработка и поддержание корпоративной культуры	Поощрение в коллективе дружбу и взаимовыручку;	Обучение; Корпоративная культура; Корпоративные программы
Понимание	Применение инструментов целевого управления. Определение должностных обязанностей и регламентация бизнес-процессов	Четкое определение должностных обязанностей; Постановка целей и задач перед каждым сотрудником; Понимание вклада в общее дело	Система КРІ; Система грейдов; регламентация бизнес-процессов
Защищенность	Справедливые и демократичные принципы управления и распределения ресурсов	Прозрачность процедур управления; Справедливость процессов; Укрепление доверия, открытое выделение средств	Система КРІ; Система грейдов

Таким образом, эффективность системы мотивации труда зависит от следующих критериев:

- постановка четких, реально достижимых целей и задач перед каждым сотрудником компании;
- понятность механизма проведения оценки деятельности и результатов каждого сотрудника;
- прозрачность системы расчетов вознаграждений.

Все эти критерии заложены на основу системы вознаграждений с помощью использования КРІ.

Вместе с тем, необходимо отметить, что данная система мотивации труда вследствие сравнения умений, способностей и результатов труда работников может приводить к снижению самооценки, самоуважения и уверенности в силах менее успешных сотрудников. Поэтому было бы целесообразно осуществлять оценку результатов отдельного сотрудника с результатами прошлого периода, и устанавливать вознаграждение за его прогрессивные успехи и усилия.

Таким образом, рассматривая вопросы стимулирования труда персонала, стоит отметить, что оно является важнейшим, даже определяющим, но не единственным фактором привлечения рабочей силы. Кроме размера и периодичности вознаграждения, определенное значение имеют стабильность деятельности предприятия, возможность карьерного роста, удаленность работы от места проживания, микроклимат в коллективе, удовлетворенность трудом в целом и др.

Совершенствование системы мотивации труда работников реальных отраслей экономики предполагает необходимость использования современных подходов к формированию системы оплаты труда и вознаграждений. При этом во главу угла должна стоять эффективная система денежного стимулирования, основанная на взаимовязке результативности работ отдельного сотрудника и компании в целом с начисляемым размером вознаграждений персонала. Такая взаимовязка предоставляет собственникам предприятий возможность построения эффективной операционной деятельности, направленной на получение высоких показателей прибыли и динамичное развитие организации на стратегическую перспективу.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кибанов, А.Я. и др. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности / А.Я. Кибанов, И.А. Баткаева, Е.А. Митрофанова, М.В. Ловчева; под ред. А.Я. Кибанова. – М.: Инфра-М, 2011. – 528 с.
- [2] Ветлужских, Е. Мотивация и оплата труда. Инструменты. Методики. Практика / Е. Ветлужских. – М.: Альпина Паблишер, 2013. – 213 с.
- [3] Трудовой кодекс Республики Казахстан. Кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V ЗРК «Казахстанская правда» от 25.11.2015 г.,
- [4] Армстронг, М. Оплата труда: Практическое руководство по построению оптимальной системы оплаты труда и вознаграждения персонала / М. Армстронг, Т. Стивенс; пер. с англ. под науч. ред. Т.В. Герасимовой. – 2-е изд. – М.: Баланс Бизнес Букс, 2012. – 512 с..
- [5] Сперанский, А.А. Оптимизация системы оплаты труда и материального стимулирования / А.А. Сперанский, Н.В. Драгунская. – М.: Альфа-пресс, 2012. – 192 с.
- [6] Теплова Т.В. Эффективный финансовый директор: учебно-практ. пособие. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011. – 507 с.
- [7] Этрилл П. Финансовый менеджмент для неспециалистов: пер. с англ.; под ред. Е.Н. Бондаревской. – СПб.: Питер, 2006. – 608 с. – (Серия «Классика МВА»)
- [8] Актянов Д.В. Бонусные и опционные программы для топменеджеров. – М.: КНОРУС, 2010. – 152 с.
- [9] Алексей Константинович Клочков КРП и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов Эксмо; Москва; 2010 103 с.

## REFERENCES

- [1] Kibanov, A.Ja. i dr. Motivacija i stimulirovanie trudovoj dejatel'nosti. M.: Infra-M, 2011. 528 p.
- [2] Vetluzhskih, E. Motivacija i oplata truda. Instrumenty. Metodiki. Praktika / E. Vetluzhskih. – M.: Al'pina Publisher, 2013. 213 p.
- [3] Trudovoj kodeks Respubliki Kazahstan. Kodeks Respubliki Kazahstan ot 23 nojabrja 2015 goda № 414-V ZRK "Kazahstanskaja pravda" ot 25.11.2015
- [4] Armstrong, M. Oplata truda: Prakticheskoe rukovodstvo po postroeniju optimal'noj sistemy oplaty truda i voznagrazhdenija personala. M.: Balans Biznes Buks, 2012. 512 p..
- [5] Speranskij, A.A. Optimizacija sistemy oplaty truda i material'nogo stimulirovanija. M.: Al'fa-press, 2012. 192 p.
- [6] Teplova T.V. Jeffektivnyj finansovyj direktor: uchebno-prakt. posobie. M.: Izdatel'stvo Jurajt; ID Jurajt, 2011. 507 p.
- [7] Jetrill P. Finansovyj menedzhment dlja nespecialistov: per. s angl.; pod red. E.N. Bondarevskoj. SPb.: Piter, 2006. 608 p.
- [8] Aktjanov D.V. Bonusnye i opcionnye programmy dlja topmenedzherov. M.: KNORUS, 2010. 152 p.
- [9] Aleksej konstantinovich Klochkov KPI i motivacija personala. Polnyj sbornik prakticheskikh instrumentov Jeksmo; Moskva; 2010. 103 p.

**А.Ж. Панзабекова<sup>1</sup>, Г.К. Турабаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің Экономика институты  
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

### ЭКОНОМИКАНЫҢ НАҚТЫ СЕКТОРЫНДАҒЫ ЕҢБЕКТІ ЫНТАЛАНДЫРУ: ҚАҒИДАЛАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

**Аннотация.** Жұмыстың мақсаты – экономиканың нақты секторындағы персоналдың еңбегін ынталандырудың қағидалары мен әдістерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу барысында еңбекақы төлеу және еңбекті ынталандыруды зерттеуге түрлі әдістерді біріктірген жүйелі әдіс пайдаланылған. Шет мемлекеттердегі еңбекақы төлеу және еңбекті ынталандыру жүйелерінің мәнін ашу, инновациялық даму жағдайында оны жетілдіру бағыттарын әзірлеу үшін абстрактілі-логикалық әдіс пайдаланылған.

**Нәтижелері:** Еңбекті ынталандыру және оны төлеудің заманауи жүйелері зерттелген, еңбекті ұйымдастырудың және оны төлеу үлгілерінің салыстырмалы талдауы жүргізілген, олардың негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылған. Еңбекті ынталандырудың және оны төлеудің негізгі үлгілеріне сипаттама берілген, экономиканың нақты секторында еңбекақы жүйесін құру әдістері ашылған, оның ішінде әртараптанған әдістің артықшылықтары көрсетіліп, экономиканың нақты секторындағы персоналды ынталандыру аумағындағы шешімдерді ары қарай іздестіру қажеттілігі негізделген.

**Зерттеу нәтижелерінің аясы.** Негізгі қорытындылар мен тәжірибелік ұсыныстарды осы мәселе бойынша зерттеулерді одан әрі тереңдету үшін әдістемелік негіз ретінде пайдалануға болады.

**Түйінді сөздер:** еңбекті ынталандыру, мотивация, әртарапты әдіс, кәсіпорын, экономиканың нақты сектора.

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 332 – 338

UDC 32:061.234

**N.L. Seitakhmetova<sup>1</sup>, Sh.M. Zhandossova<sup>2</sup>, K.E. Smagulov<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> Institute for Philosophy, Political Science and Religion Studies CS MES RK Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
sholpan\_zhandossova@mail.ru

## **POLITICAL ASPECT OF PROBLEM OF RELIGIOUS EXTREMISM**

**Abstract.** The problem of terrorism, extremism and counter these phenomena in the world today has become one of the most important – both for individual states and the international community. This is explained by the scope and nature of recently terrorist acts, testifying that they changing their essence from particular human and particular national and turned into global phenomena. In this regard, it is necessary to clearly ascertain the nature of contemporary forms of terrorism and religious extremism in order to develop appropriate methods and mechanisms to overcome these phenomena and their eradication.

Extremism, in general terms is a commitment to extreme views and actions radically negating existing social norms and rules. Extremism, which manifests itself in the political sphere of society, is called political extremism and extremism as manifested in the religious sphere is called religious extremism.

This Article Analyzed the Political Aspect of the Problem of Religious Extremism. Reviewed the Definitions in the Conceptual Apparatus of Extremism.

**Keywords:** Religion, Politics, Religious Extremism, Terrorism, Ideology.

ӘӨЖ 32:061.234

**Н.Л. Сейтахметова<sup>1</sup>, Ш.М. Жандосова<sup>2</sup>, Қ.Е. Смағұлов<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> ҚР БҒМ ҒК Философия, саясаттану және дінтану институты;

<sup>3</sup> Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті

## **ДІНИ ЭКСТРЕМИЗМ МӘСЕЛЕСІНІҢ САЯСАТТАНУЛЫҚ ҚЫРЫ**

**Аннотация.** Лаңкестік, экстремизм мен қазіргі әлемдегі оның құбылыстарына қарсы тұру мәселелері жекелеген мемлекеттер үшін де, сондай-ақ жалпы дүниежүзілік қоғам үшін де – ең маңызды мәселелердің бірі болуымен негізделеді. Оны соңғы уақытта лаңкестік акциялардың өзінің жеке адами және жеке ұлттық мәнін өзгерте отырып, жалпы дүниежүзілік құбылысқа айналған ауқымымен және сипатымен түсіндіруге болады. Осыған байланысты адекватты әдістер және лаңкестік пен діни экстремизмді жеңу мен жою механизмдерін дайындау мақсатында осы құбылыстардың заманауи формаларының мәнін нақты анықтап алу керек.

Экстремизм, жалпы түрі бойынша қоғамда қолданылатын нормалар мен ережелерді жоққа шығаратын қоғамға қарсы пікірлер мен әрекеттер болып табылады. Қоғамның саяси саласында пайда болған экстремизм саяси экстремизм деп, ал діни салада көрініс тапқан экстремизм діни экстремизм деп аталады.

Аталған мақалада діни экстремизм мәселесінің саясаттанулық қыры талданды. Экстремизмнің ұғымдық аппаратындағы анықтамалар кеңінен қарастырылған.

**Түйін сөздер:** дін, саясат, діни экстремизм, терроризм, идеология.

### **Кіріспе**

Діни экстремизм – нақты бір тұлғалардың, топтардың, мемлекеттердің саяси мақсаттарға жету үшін дінді немесе діннің кейбір қағидаттарын идеология, мотивке айналдыру. Яғни дін саясаттың құралына айналатындықтан, діни экстремизм саяси зерттеудің объектісі болып табылады. Осы орайда, діни экстремизмнің идеологиясы, мотивтері, объектілері мен субъектілері, экстремистік

әрекеттер мен ұйымдарды қарастырған жөн.

Экстремистік идеологияның мәнін ұғыну үшін идеология ұғымының құрылымын, типтерін қарастырудан және оны тұтас құбылыс ретінде талдаудан бастаған жөн. «Идеология – адамдардың қоршаған ортаға және бір-бірлеріне қатынастарын белгілейтін және қоғамдық қатынастарды бекіту мен дамытуға қызмет ететін идеялар мен көзқарастардың жиынтығы. Идеологиялық көріністердің негізі ретінде қандай да бір қоғамдық мүдделер анықталады. Таптық қоғамда идеология нақты бір таптың сол қоғамдағы орнын, таптардың өзара қатынастары мен мүдделерін білдіретін таптық сипатта болады. Идеология саяси, құқықтық, діни, этностық, эстетикалық, философиялық көзқарастар формасында көрініс табады» [1].

Өз мәнділігінде идеология объективті әлеуметтік шынайылықтың қандай да бір әлеуметтік қауым тұрғысынан көрініс табуы және осы әлеуметтік қауымның базалық әлеуметтік мүдделерін білдіру, яғни ол қандайда бір әлеуметтік қауымның өзіндік әлеуметтік сана сезімі. «Әлеуметтік топтың (тап, ұлт және т.б.) немесе жеке тұлғаның бекітулері мен таңдаулар жүйесі, ол шынайылықты түсіну мен түсіндіру тәсілі және әлеуметтік игіліктерге, дәрежелер мен рөлдерге қатынастарын білдіру болып табылады» [2].

Формасы жағынан идеология – әлеуметтік шынайылыққа қатысты көзқарастар жүйесі. Бірақ саяси ғылымнан ерекшелігі ол құндылықтық сана болып табылады. Сол себепті, идеология қоғам туралы ғылыми білімдерден бұрын нақты әлеуметтік шынайылыққа қатысты ешбір сынсыз қабылданатын құндылықтар жүйесінен тұрады. Идеологияны құрылымдық тұрғыдан қарастыруда, оның үш деңгейін қарастыруға болады:

1. *Теориялық-концептуалды.* Бұл деңгейде саяси теорияның негізгі ережелері қалыптасады, ұсынылатын қоғамдық құрылымның негізін құрайтын кейбір құндылықтары мен идеалдары негізделеді.

2. *Бағдарламалық директивалық.* Бұл деңгейде әлеуметтік-философиялық принциптер мен идеалдар нақты саяси бағдарламаларға ауысады.

3. *Іс-қимылдық.* Қоғамдық санаға бағдарламалар, ұрандар мен талаптар түріндегі идеологиялық ұстанымдарды енгізу қандай да бір саяси іс қимылдарға әкеледі».

Идеология құрылымы:

– қандай да бір әлеуметтік топтың нақты әлеуметтік шынайылық туралы және ондағы өзінің орны туралы елестетулерінен (теориялық-танымдық);

– нақты әлеуметтік шынайылықты бағалау мен ондағы өзінің орнын жеке (топтық) мүдделер тұрғысынан бағалаудан;

– осы топтың түпкілікті әлеуметтік мүдделерінің іске асуын қамтамасыз ететін, қоғамдық жүйенің үлгісін көрсететін қандайда бір әлеуметтік идеалдан;

– идеалды жүзеге асыратын іс қимылдар бағдарламасынан;

– әлеуметтік-саяси қызмет пен сәйкесті іс-қимылдық ұстанымдар нормаларының, ережелерінің жүйесінен тұрады [3].

Осы орайда, берілген элементтердің қандай да деңгейінде экстремистік идеологияны экстремистік емес идеологиядан ажырату мәселесі туындайды. Мұндай ерекшеліктерді анықтау идеологияның әлеуметтік мазмұнының белгілері негізінде, яғни ол қандай топтың мүдделерін білдіретіндігіне байланысты айқындау толық болмайтыны белгілі. Сәйкесінше, қандай да бір әлеуметтік топтың идеологиясын экстремистік, топтың өзін де экстремистік деп атаудың орынсыз екендігі анықталады. Сонымен қатар қоғамды экстремистік топтар мен экстремистік емес топтар деп бөлудің өзі абсолютті шартты түрде және идеологиялық тұрғыдан алдын ала қалыптасқан сипат алатыны белгілі.

Сол себепті экстремистік және экстремистік емес идеологияның ерекшеліктерін олардың саяси іс-қимыл бағдарламалары мен іс-әрекеттік ұстанымдары арқылы айқындаған жөн. Егер нақты бір идеология жүйелі немесе жаппай зорлық көрсетудің әлеуметтік топтарға геноцид жүргізу шараларына дейінгі радикалды іс-қимыл бағдарламаларынан, сондай-ақ саяси оппоненттері, қарсыластары, өзге сенімдегілерге қатысты шектен шыққан ерікті қимылдар нормаларынан тұратын болса, мұндай идеологияны экстремистік ретінде айқындауға болады. Алайда, идеологияның ішкі байланыстар элементінің логикасы ескерілмей қалады. Өйткені идеологияның бағдарламалық іс-әрекеттік элементтері оның теоретикалық құндылықтық элементтерінің салдары, нәтижелері ғана болып табылады. сол себепті экстремистік идеологияның басты критерийі ретінде осы мазмұнды, теоретикалық құндылықтық критерийлерді ескерген жөн [4].

Нақты қоғам туралы түсініктер мен ондағы өзіндік орынды нақты әлеуметтік топтар арқылы

айқындау, сәйкесінше осы түсініктер мен бағалаулардан пайда болатын қандай әлеуметтік идеалдарды экстремистік іс-әрекеттер мен саяси бағдарламалардың негіздері деп қарастыруға болады. Сонымен нақты әлеуметтік топтың экстремистік идеологиясы ретінде:

– қоғам туралы түсініктер деңгейінде әлеуметтік, нәсілдік және ұлттық теңсіздіктер бар болатын және олар тек жоғары әлеуметтік топтар ғана лайықты өмір сүруге құқылы, ал төменгі топтар шексіз пайдалану тіпті, геноцидке лайықты деген шектен шыққан идеялар болатын;

– әлеуметтік шынайылықты бағалауда қарапайым биополярлы жүйе, яғни өз адамдары мен жат адамдар, мейірімділік пен зұлымдық ретінде бөлу қолданылатын және зұлымдық ретінде сол топтың құқықтары мен мүдделері қысымға түсетін нақты бір әлеуметтік жүйе танылатын болса, ал мейірімділік ретінде сол әлеуметтік жүйемен күресудің кез келген формалары қабылданатын;

– әлеуметтік идеал деңгейінде өзге әлеуметтік топтардың мүдделерінің зардап шегуі арқылы нақты бір әлеуметтік топтың мүдделері толығымен орындалуы жүзеге асырылатын қоғамдық құрылым үлгісі ұсынылатын;

– әлеуметтік іс-әрекет деңгейінде экстремистік идеология қоғамды радикалды түрде өзгертуді ұсынбайды, ол әдетте, нақты әлеуметтік топ және оның мүдделері толықтай сақталатын деңгейде өзгертуді ұсынады. Бұл – утопиялық әлеуметтік фундаментализм немесе консерватизмнің бағдарламасы белгілері бар идеологияны атауға болады [5].

Экстремистік идеологияның әлеуметтік мәнін анықтау, оның әлеуметтік шынайылыққа қатынасын талдау арқылы анықталады. К.Мангейм идеологияны «түсініктердің трансцендентті болмысы және мұнда *de facto* ешқашан өз мазмұнының жүзеге асуына жетпейді», – деп анықтайды [6]. Сонымен қатар ол «болмысқа трансцендентті», мүмкін емес ретінде орын алып отырған өмір сүру салтына сәйкеспейтін түсініктерді атайды. Алайда, К.Мангеймнің өзі егер идеология әлеуметтік шынайылықты өзгерте алса, утопияға айналады деп көрсеткен. Шын мәнінде, идеологияның шынайылыққа қатынасына байланысты мұндай тәсіл экстремистік идеологияның мәнінің ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік бермейді.

Экстремистік идеологияның әлеуметтік мәні оның заңдылығы мен тарихи шарттандырылғанында, алайда, нақты әлеуметтік топтың осы тарихи шарттылықтарда өзіндік сақталу әрекеттерін шектен тыс формаларда жүзеге асыруында. Мұндай әрекеттердің шектен шығуы мен адекватсыздығы біріншіден, нақты әлеуметтік топ өзінің мүдделерін тек зорлықшыл немесе күш көрсету әрекеттері арқылы, екіншіден, мұндай тарихи экстремалды жағдайдан шығу үшін оны консервативтік тұрғыдан өзгертіп бұрынғы қалпына келтіру және мұнда сол әлеуметтік топтың жағдайлары мен дәрежелерін жақсарту секілді утопияға ұрынады.

Дегенмен, тек бір ғана әлеуметтік топтың мүдделері ғана жүзеге асатын қоғам құрудың мүмкін еместігі секілді тарихи үдерісті тоқтатуға болмайтынын ұғынған жөн. Әрине, тарихтан байқалғандай, нақты тарихи дағдарыстық кезеңді шешу үшін экстремизм емес, әлеуметтік сапалы қайта өзгерту бағдарламасын ұсынатын әлеуметтік революцияны қолдануға болады, мұндағы әлеуметтік топтар мен олардың арақатынастары да өзгере еді, олардың мүдделеріне қатысты әділ компромисстер жүзеге асар еді.

Экстремистік идеология экстремистік әрекеттің негізі мен базисі болып табылады. «Индивидтердің, топтардың, партиялардың саяси қызметтерін оларға өзекті болып табылатын идеалдар мен құндылықтар аясында мәнділік пен мағыналарға толтыра отырып, саяси идеологтар саяси іс-әрекетті мотивациялаушы рационалды құндылықтық формалар ретінде көрініс табады» [7].

### Негізгі бөлім

Әдебиеттерде экстремизмді анықтағанда әдетте, экстремистік іс-әрекеттің сипаттамаларына ерекше назар аударылады. Экстремистік іс-әрекеттерді анықтағанда, ең алдымен, экстремистік әрекеттердің негізгі түрлерін тізбелеумен шектеледі, ал олардың жүзеге асырылу мотивтері анықталмайды немесе абстрактілі, бұлдыр сипат алады.

Көп жағдайларда экстремистік әрекеттерді терроризммен теңестірулер кездеседі. «Терроризм – саяси экстремизмнің шектен шыққан көрінісі, қоғамды жүйелі түрде үрейлендіру, тұрақсыздандыру, зорлықпен қорқыту» [8]. Зорлық пен зорлық арқылы үрейлендіру сыртқы белгілері бойынша экстремизм мен терроризмді ұқсас етіп көрсетеді. Террористік қимылдардың барлығы дерлік экстремистер тарапынан қолданылады. Алайда, террористік әрекеттер түрлі идеологиялық мотивацияларға ие болуы мүмкін екендігін естен шығармаған жөн. Және осы негізде экстремистік көзқарастармен шарттандырылған терроризмді, өзге идеологиялық мотивациялармен шарттандырылған террордан айырып алған жөн. Мысалы, экстремистік

әрекеттерді анықтағанда экстремистердің қандай да бір әрекеттерін тізбелеу емес, оның нақты идеологиясын көрсету қажет.

Экстремистік әрекетке экстремистік идеологиямен шарттандырылған, мотивацияландырылған әрекеттер жатады. Экстремизмді әлеуметтік деструктивті радикалдық әрекеттің интитуализацияланған формасы ретінде қарастыра отырып, оның субъектісі мен объектісін, мотиваиясы мен мақсаттарын, сондай-ақ экстремистік әрекеттің жалпы әлеуметтік мәні мен әрекет ету тәсілдерін анықтаған жөн.

Діни экстремистік әрекеттің субъектісі өзіндік сәйкестілігі, әлеуметтік дәрежесі мен мүлдем құру қаупі төнген дағдарысты жағдайға ұшыраған қандай да бір тұлға немесе әлеуметтік топ, этникалық топ немесе тұтас мемлекет пен халық болуы мүмкін. Алайда, көп жағдайларда экстремистік әрекеттің субъектілері қатарына әлеуметтік қауымның күрделі жағдайға ұшыраған тобы мен психологиялық тұрақсыз, радикалды экстремистік идеологияны қабылдағыш тобы өтеді. Мұндай топтарды кейде маргиналды топтар деп те атайды [9].

Діни экстремистік әрекеттің сыртқы объектілері ретінде «жау» категориясына жатқызылған адамдар (жеке тұлғалар немесе әлеуметтік топтар) немесе экстремистер санасында жағымсыз әлеуметтік тәртіп түрінде қабылданатын түрлі әлеуметтік объектілер, институттар, ұйымдар қабылданады. Бірінші жағдайда ашық әлеуметтік агрессияны, екінші жағдайда жанама түріндегі әлеуметтік агрессияны көруге болады. Шын мәнінде, экстремизмнің объектісі нақты дағдарысты әлеуметтік жағдай болып табылады, алайда, ол экстремист санасында нақты «жаулардың» бейнелеріндегі жеке тұлғалар немесе әлеуметтік ұйымдар ретінде қабылданып, агрессиялық қимылдарға бағытталады. Осылайша, экстремизмді нақты объектіге емес, оның өзіндік қабылдауын сәйкес өзгерген формасына кері бағдарланған агрессия ретінде анықтауға болады. Сонымен қатар мұндай агрессиялар көп жағдайда кездейсоқ, кінәсіз тұрғындарға бағытталуы да орын алып тұрады. Мұндай агрессиялар дағдарысты жағдайды шешпейтінін қайта ушықтыра беретіндігі белгілі.

Діни экстремистік әрекеттер өзінің идеологиялық мотиваияларының сипаттамаларына қатысты:

1. Қарапайым идеологиялық мотивация негізінде пайда болатын, жалпықоғамдық психология деңгейіндегі аяқасты пайда болатын, ретсіз әрекеттер (экстремистік әрекеттердің алғашқы қарабайыр формалары);

2. Қандай да бір идеологиялық жүйеге және одан пайда болатын құндылықтар, идеалдар жүзеге асырылуы тиіс мақсаттарға негізделген саналы идеологиялық әрекеттер (экстремистік әрекеттердің толық формасы) болып екі түрге бөлінеді. Бірінші формадан екінші формаға өту және олардың өзара әрекеттестіктері әрбір нақты жағдайдағы тарихи ахуалдарға тікелей байланысты [10].

Экстремизмнің психологиялық мотивациясы әлеуметтік үрей мен одан туындайтын агрессия мен қаталдық болып табылады. Сонымен қатар үреймен мотивацияланған экстремистік әрекеттерде психологиялық мотивацияның қысымы азаймай, қайтадан күшейе түседі. Экстремист экстремистік әрекеттерге күштірек әрі тереңірек енген сайын оның экстремистік психологиялық толқыныстары күшейе түсіп, экстремистік әрекеттердің одан әрі жалғасуына әкеледі. Психологиялық жоспарда, дәстүрлі емес ағымдарға қызығушылық туғызатын себептердің арасынан, ресей зерттеуші О. Копылова өмір ағымының шапшаңдығымен және ертеңгі күнге сенімсіздікпен байланысты болатын психологияға салмақ түсудің өршіп келе жатырғандығымен жинақтала түсетін «сезімнің ашығу синдромын» атап көрсетеді [11].

Экстремистік әрекеттердің мақсаты қосарлы, қорғаныштық шабуылдық сипатқа ие болады. Экстремистік әрекет бірінші кезекте қорғаныстық мақсатты көздейді, алайда, көп жағдайларда төтенше және адекватты емес, заңсыз құралдарды қолдана отырып, өзге әлеуметтік топтардың құқықтары мен мүдделеріне қысым көрсетеді. Қорғаныстың мұндай түрі агрессивті, белсенді сипатқа ие болатындықтан, экстремистік әрекеттердің екінші мақсаты экстремистер санасында «жаулар» кейпінде бейнеленетін саяси қарсыластарға максималды түрде шығындар әкелу оларды қирату болып табылады. Экстремистік әрекеттердің кең формаларының соңғы мақсаты – орын алып отырған әлеуметтік жүйені реформалау арқылы өздерінің топтарының сол ортада сақталуы мен дамуына қол жеткізу. Экстремизмнің дамыған интитуализацияланған формасындағы экстремистік әрекетті: идеологиялық насихаттық, ұйымдастырушылық және тәжірибедегі зорлық актілері деп негізгі үш топқа бөліп қарастыруға болады.

Идеологиялық насихаттық әрекеттерге экстремистік идеологияны дайындау, экстремистік

насихаттық материалдарды әзірлеу, экстремистік идеологияны іс жүзінде насихаттау, ал ұйымдастырушылық әрекеттерге экстремистік ұйымдарды құру, олардың қызметтерін жоспарлау, экстремистік ұйымдарды мамандар мен материалдармен және қаржылай қамтамасыз ету жатады. Іс жүзіндегі экстремистік әрекеттердің жиынтығы рухани өнегелік, тәндік болсын зорлық актілерінен, террордан тұрады, ол жеке тұлғалар, топтар мен әлеуметтік ұйымдарға қарсы бағытталады. Мұндай әрекеттер ең аз дегенде, саяси оппоненттерін қорқыту арқылы олардың қарсыласу мүмкіндіктерін шектеу, ең көп дегенде, оларды түпкілікті жою дегенді білдіреді [12].

Діни экстремистік ұйымдардың мәнін анықтағанда бұл экстремистік идеология мен әрекеттердің аясында ерікті түрде біріккен адамдардың топтары екендігін ескерген жөн. Экстремистік ұйымдардың формалары: формалды емес азғантай топтар, заңды әрекет ететін қоғамдық немесе саяси бірлестіктер, партиялар, қозғалыстар болуы мүмкін. Егер экстремистік партия билікті жаулап алса, ол тұтас мемлекетті экстремизм құралы ретінде пайдаланып, оны экстремистік ұйымға айналдырады. Экстремистік ұйым оның формасына қарамастан адамдар тобының нақты идеология аясында бірігулері мен осы идеологияларды жүзеге асыру мақсатындағы бірігулері мен әрекеттері болып табылады [13].

Сонымен, діни экстремизм жоғарыда қарастырылған күрделі үш элементтен: экстремизмнің базисі болып табылатын экстремистік идеологиядан; экстремистік идеологияны жүзеге асыратын экстремистік әрекеттен; экстремистік әрекеттерді әлеуметтік ұйымдастыру формасы болып табылатын экстремистік ұйымдардан құралған күрделі әлеуметтік құбылыс болып табылады.

Діни экстремизм ішіндегі бөліністер діни сенімдердің формалары немесе діни конфессиялар бойынша бөлінеді. Мұндай критерийлерге сәйкес, діни экстремизм формаларын негізгі конфессияларға қатысты: христиандық (оның ішінде христиандықтың үш бағыттары бойынша), исламдық, буддистік және дәстүрлі емес діни ағымдарға тән экстремизм формаларының топтары, т.б. деп көрсетуге болады. Егер діни экстремистік идеологияның әлеуметтік мазмұнын қарастыратын болсақ, ол – дәстүршілдік (феодалдық немес қауымдық әлеуметтік жүйелерді идеалдандыру негізінде пайда болған) немесе модернистік (капиталистік әлеуметтік жүйені идеалдандыру негізінде пайда болған) діни экстремизм.

Әлеуметтік субъектінің саясатқа қатынасына байланысты діни экстремизмді: биліктік және оппозициялық экстремизм деп екі түрге бөлуге болады. Биліктік – нақты қоғамдағы экономикалық және саяси билікке ие тұлғалар тарапынан жүзеге асырылатын экстремизм. Бұл экстремизм бағынышты топқа қарсы бағытталады. Оппозициялық экстремизм бағынышты әлеуметтік топтардың тарапынан жүзеге асады. Егер алғашқысы билікті сақтап қалу және онымен байланысты жоғарғы топтардың артықшылықтарын да сақтап қалу болса, екіншісі өздерінің жағдайларының күрт төмендеуіне шұғыл қарсылық көрсету болып табылады [14].

Жалпы алғанда, діни экстремизм өзінің мәні жағынан, қазіргі дәуірге тән діни мен зайырлылықтың бөлінуіне радикалды агрессиялар деген пікірлер де жоқ емес. Бұқаралық деңгейде дінді тек рухани, сондай-ақ саяси қатынастарда да адамнан үстем терминдермен түсіндіруге ұмтылу туралы әңгімелер жүргізілуде. Абсолютті бірегей деп, саяси экстремизмнің түрлері болып табылатын, этникалық халықтық экстремизмді, діни-саяси экстремизмді айтуға болады.

Экстремизмнің әртүрлілігіне тән сипаттарының ерекшеліктерін мынадай сәттермен белгілеуге болады:

1. Діни экстремизм – мемлекеттік құрылымды өзгертуге бағытталған (билікті күшпен басып алу да бар) әрекет, мемлекеттің аумақтық тұтастығы мен егемендігін бұзу. Саяси мақсаттардың соңына түсу – діни экстремизмнен діни-саяси экстремизмді ажыратуға мүмкіндік береді.
2. Діни-саяси экстремизм діни жорамал, не ұрандармен көмкерілетін немесе тасаланатын саяси әрекеттің заңға қарсы түрі болып есептеледі.
3. Өздерінің мақсаттарына жету үшін күресудің күш қолданатын тәсілі – діни-саяси экстремизмнің ерекшелігінің қыры [15].

Діни-саяси экстремизм әлеуметтік-саяси мәселелерді шешу жолында келісімге, ымыраға келу, тіпті, бітімгершіл мүмкіндіктерді теріске шығарады. Діни-саяси экстремизмнің жақтастары, бірдей сенімдегілерді қосқанда, бұлардың саяси көзқарастарын ажыратпайтындардың бәріне қатынасы өрескел төзбестікпен айрықшаланады. Олар үшін ешқандай да «саяси ойын ережелері», рұқсат етілген мен етілмегеннің шекарасы болмайды. Мемлекеттік институттармен майдандасу – олардың мінез-құлқының стилі. Әлемдік діндер үшін, негізі қаланған болып табылатын «алтын аралық» пен «олар сенімен сондай қатынаста болатындай ету үшін, өзгелерге өзін қаламағандай қатынас жасама» деген қағидалар жоққа шығарылады. Олардың қоймасында бос сөздермен келіп



тоғысатын күштеу, өрескел қаталдық пен озбырлыққа ұмтылушылық басты нәрселер болып табылады.

Идеологиялық жоспарда экстремизм:

- барлық өзге бір ойларды терістеу, жек көру, тіпті, оған қысымшылық жасау;
- өздерінің саяси және діни көзқарастар жүйесін қатаң және баламасыз түрде тұжырымдау;
- көшбасшысының бұйрықтарын орындау мен оған бағынуды қалыптастыру және оны табынуға айналдыру болып есептеледі.

Ұйымдасқан құрамдағы діни экстремизм туралы:

- құрылған ұйымның жасырын/астыртын сипатын;
- террор мен агрессияшыл әрекеттерге дейін алып баратын ымырашыл/төзімдіктің болмауын;
- сол мемлекет насихаттайтын құрылым мен қызмет етіп отырған мемлекетке өзін қарсы қоюға тырысуын айтуға болады [16].

### **Қорытынды**

Жасалған талдауларды тұжырымдай келе зерттеу объектісі саналатын діни экстремизм типін саяси ғылым санаты ретінде ғылыми, қоғамдық, саяси, діни маңыздылық тұрғысынан, оның мазмұнында саяси мүдденің ашық немесе астарлы түрде орын алуына байланысты, пайда болу себептері мен белгілерін талдау арқылы діни-саяси экстремизм ретінде анықтайтын тұжырым жасауға болады.

Осылайша, экстремизмнің ұғымдық аппаратындағы анықтамалардың нақты дифференциациясы және діни-саяси экстремизмді бөліп көрсету қазіргі таңда көрініс тауып отырған діни-саяси экстремизмнің негізгі бағыттарын, субъектілерін және факторларын айқындауға мүмкіндік береді.

Діни-саяси экстремизмнің негізгі сипаттамаларын негізге ала отырып, діни-саяси экстремизмнің субъектілері ретінде түрлі конфессияларға қатысты діни, ұлттық, сепаратистік ұйымдарды көрсетуге болады. Олар өздерінің нақты саяси мақсаттарына қол жеткізу үшін экстремистік әрекеттерінде діни платформаларды қолданады.

Діни-саяси экстремизмнің пайда болуының және қалыптасуының негізгі факторларын қарастыру шын мәнінде, аса күрделі болып табылады. Діни-саяси экстремизм генезисінің көпфакторлығы оны бір жағынан, қазіргі замандағы әлеуметтік тұрғыдан ең қауіпті құбылыс ретінде көрсетсе, бір жағынан, оны зерттеу деңгейін айтарлықтай күрделендіреді. Оның салдары аталмыш қауіпті құбылыстың алдын алуға бағытталған нақты шараларды жүргізуге кедергілер келтіреді.

### **Зерттеуді қаржыландыру көзі**

Н.Л., Сейтахметова, Ш.М. Жандосова, Қ.Е. Смағұловтың «Діни экстремизм мәселесінің саясаттанулық қыры» атты тақырыптағы ғылыми мақаласы Қазақстан Республикасының Тұңғыш Президенті – Елбасының қоры Жас оқымыстылар мен ЖОО студенттеріне Қазақстанда және шетелде өтетін ғылыми конференцияларға, симпозиумдарға, семинарларға және Конгрестерге қатысуға берілетін «Сапарлар гранттары» конкурсы аясында дайындалды.

### **ӘДЕБИЕТ**

- [1] Философская энциклопедия. – 1998. – Т. 2. – 229 с.
- [2] Агофонов Ю.А., Визнер С.В., Самыгин С.И., Шило С.И., Щербакова Л.И. Основы политологии. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – С. 271.
- [3] Горелик А. В. Политическая идеология: вопросы и ответы. – Минск: ИПиП, 2005. – С. 17.
- [4] Экстремизм. Мир Словарей. [http://mirslovari.com/content\\_pol/jekstremizm-763.html](http://mirslovari.com/content_pol/jekstremizm-763.html).
- [5] Mannheim K. Die Strukturanalyse der Erkenntnistheorie. – Berlin, 1922. – 57 s.
- [6] Mannheim K. Ideologische und soziologische Interpretation der geistigen Gebilde. In: Jahrbuch für Soziologie. – Karlsruhe, 1926. – Bd 2. – 424 s.
- [7] Антонян Ю.М. Терроризм. Криминологическое и уголовно-правовое исследование. – М., 1998. – С.9.
- [8] Мартыненко Б.К. Политический терроризм: понятие, признаки, классификация // Северо-Кавказский юридический вестник. – 1999. – С. 1.
- [9] Рахмон Э. Противодействие террористической угрозе долгосрочная задача // Независимость Таджикистана и возрождение нации. – Душанбе: Ирфон, 2006. – Т.5. – С.16.
- [10] Авдеев Ю.И. Терроризм как социально-политическое явление. Современный терроризм: состояние и перспективы / под ред. Е.И. Степанова. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – С. 50.
- [11] Копылова О.С. Адаптационные процессы в современных поликонфессиональных обществах // Сборник

научных трудов «Взаимоотношения религиозных конфессий многонациональном регионе». – Севастополь: Вебер, 2001. – С. 162.

[12] Трайнин А.Н. Терроризм как метод подготовки и провокации войн // Советское государство и право. – 1952. – №3. – С. 33-34.

[13] Добродеев А. Экстремизм как социально-философское явление // <http://www.pobeda.ru>.

[14] Денисова Л. В. Экстремизм и религия // Материалы международной научно-практической конференции «Экстремизм как социальный феномен». – Курган, 2005. – С. 271-272.

[15] Кабанов П.А. Криминальный политический экстремизм: понятие, сущность и классификация // <http://sartraccs.sgap.ru>.

[16] Красиков В.И. Экстремизм: сущность и генезис // Материалы международной научно-практической конференции «Экстремизм как социальный феномен». – Курган, 2005. – С. 96.

## REFERENCES

- [1] Filosofskaja jenciklopedija. – 1998. –Т. 2. – 229 s.
- [2] Agofonov Ju.A., Vizner S.V., Samygin S.I., Shilo S.I., Shherbakova L.I. Osnovy politologii. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2000. – S. 271.
- [3] Gorelik A. V. Politicheskaja ideologija: voprosy i otvety. – Minsk: IPIp, 2005. – S. 17.
- [4] Jekstremizm. Mir Slovarj. [http://mirslavarej.com/content\\_pol/jekstremizm-763.html](http://mirslavarej.com/content_pol/jekstremizm-763.html).
- [5] Mannheim K. Die Strukturanalyse der Erkenntnistheorie. – Verlin, 1922. – 57 s.
- [6] Mannheim K. Ideologische und soziologische Interpretation der geistigen Gebilde. In: Jahrbuch fur Soziologie. – Karlsruhe, 1926. – Bd 2. – 424 s.
- [7] Antonjan Ju.M. Terrorizm. Kriminologicheskoe i ugovolno-pravovoe issledovanie. – M., 1998. – S.9.
- [8] Martynenko B.K. Politicheskij terrorizm: ponjatie, priznaki, klassifikacija // Severo-Kavkazskij juridicheskij vestnik. – 1999. – S. 1.
- [9] Rahmon Je. Protivodejstvie terroristicheskoy ugroze dolgosrochnaja zadacha // Nezavisimost' Tadžikistana i vozrozhdenie nacii. – Dushanbe: Irfon, 2006. – T.5. – S.16.
- [10] Avdeev Ju.I. Terrorizm kak social'no-politicheskoe javlenie. Sovremennyj terrorizm: sostojanie i perspektivy / pod red. E.I. Stepanova. – M.: Jeditorial URSS, 2000. – S. 50.
- [11] Kopylova O.S. Adaptacionnye processy v sovremennyh polikon-fessional'nyh obshhestvah // Sbornik nauchnyh trudov «Vzaimootnoshenija religioznyh konfessij mnogonacional'nom regione». – Sevastopol': Veber, 2001. – S. 162.
- [12] Trajnin A.N. Terrorizm kak metod podgotovki i provokacii vojn // Sovetskoe gosudarstvo i pravo. – 1952. – №3. – S. 33-34.
- [13] Dobrodeev A. Jekstremizm kak social'no-filosofskoe javlenie // <http://www.pobeda.ru>.
- [14] Denisova L. V. Jekstremizm i religija // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Jekstremizm kak social'nyj fenomen». – Kurgan, 2005. – S. 271-272.
- [15] Kabanov P.A. Kriminal'nyj politicheskij jekstremizm: ponjatie, sushhnost' i klassifikacija // <http://sartraccs.sgap.ru>.
- [16] Krasikov V.I. Jekstremizm: sushhnost' i genezis // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Jekstremizm kak social'nyj fenomen». – Kurgan, 2005. – S. 96.

**Н.Л. Сейтахметова<sup>1</sup>, Ш.М. Жандосова<sup>2</sup>, К.Е. Смагулов<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> Институт философии, политологии и религиоведения КН МОН РК,

<sup>3</sup> Казахский национальный университет имени аль-Фараби

## ПОЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ РЕЛИГИОЗНОГО ЭКСТРЕМИЗМА

**Аннотация.** Проблемы терроризма, экстремизма и противодействия этим явлениям в современном мире стали одними из важнейших – как для отдельных государств, так и для мирового сообщества в целом. Это объясняется масштабами и характером террористических акций в последнее время, свидетельствующими о том, что они, изменив свою сущность, из частночеловеческого и частнонационального превратились в общепланетарное явление. В этой связи необходимо четко выявить сущность современных форм проявлений терроризма и религиозного экстремизма – с целью разработки адекватных методов и механизмов преодоления этих явлений и их искоренения.

Экстремизм в общем виде представляет собой приверженность к крайним взглядам и действиям, радикально отрицающим существующие в обществе нормы и правила. Экстремизм, проявляющийся в политической сфере общества, называется политическим экстремизмом, экстремизм же, проявляющийся в религиозной сфере, получил название религиозного экстремизма.

В данной статье проанализирован политический аспект проблемы религиозного экстремизма. Рассмотрены определения в понятийном аппарате экстремизма.

**Ключевые слова:** религия, политика, религиозный экстремизм, терроризм, идеология.

---



---

**МАЗМҰНЫ**
**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р.</i> Аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	5
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтмбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	14

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің <sup>11</sup> вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	20
<i>Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.</i> Нейтронды жұлдыздардың кристалдық торларындағы фонон-фононды әсерлесулер.....	26

**Химия**

<i>Полещук О.Х., Фатеев А.В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саудахметов П.А.</i> Тығыздық функционал теориясының әдістерімен металоцендердегі химиялық байланыстың талдауы.....	34
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы.....	42

**Жер туралы ғылымдар**

<i>Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналуының заңдылығын зерттеу.....	50
<i>Бітімбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.</i> Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін рентгенорадиометриялық байыту.....	55
<i>Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендяпин А.С.</i> Төмендетілген қысым кезіндегі мышьяқтың диффузия коэффициентін анықтау.....	63

**Әлеуметтік ғылымдар**

<i>Қурманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.</i> Қазақстан республикасындағы кіші және орта бизнестің инновациялық қызметінің дамуы.....	70
<i>Кольбаев М.К., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.</i> Шағын инновациялық кәсіпкерлікті венчурлық қаржыландыру.....	80

\* \* \*

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т.</i> аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	87
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтмбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	96

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің <sup>11</sup> вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	102
<i>Боос Э.Г., Темірәлиев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.</i> Импульсі 22,4 ГэВ/С антипротон-протондық аннигиляцияда және протон мен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында оқиға құрылымын талдау.....	108
<i>Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н.</i> Күн энергиясының фотоэлектрлік түрлендірілуі: KAZPV жобасының жағдайы мен қолдану келешектері.....	113

**Техникалық ғылымдар**

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А.</i> Атомдардың орнын басу әдісімен синтезделген эпитаксиалды SiC қабыршақтарының құрылымы.....	118
<i>Мусабеков Н.Р., Ибраев А. Х., Адильбеков М. Ж.</i> Жылуалмасу процестерін басқару мысалындағы технологиялық процесті басқарудың гибридік жүйесін әзірлеу туралы мәселелер.....	125
<i>Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.</i> Нуклеаттардың жоғары концентрациясы жағдайларында кластерлік дисперсиялар түзілуінің ерекшеліктері.....	132
<i>Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.</i> Жылу энергетикалық қондырғылардың капиллярлық-кеуектік жаңа класты салқындату жүйелеріндегі жылумассаалмасуды зерттеу.....	139
<i>Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М.</i> ТМД елдерінде рельстерді қолдану тәжірибесі және оның мемлекетаралық стандартты өндіру үшін қолдануы.....	146
<i>Телтаев Б. Б., Айтбаев Қ.А., Аблалиев С.А.</i> Жол құрылымының кернеулі-деформациялық күйіне жерасты коллекторының әсері.....	162
<i>Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.</i> Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау тәсілі.....	173

**Механика**

<i>Жолдасбеков С.Ө., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нұрмағанбетова А.Т.</i> Жүк көтергіш иінтіректі механизмді Арм winmachine компьютерлік жүйесі көмегімен жобалау.....	180
---	-----

**Химия**

<i>Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нүркенов О.А., Абдыкалыков М.А., Сатпаева Ж.Б., Мұқашев А.Б., Жақыпова А.Н., Молдахметов М.З.</i> Көмір қалдықтары мен көмір қоқыстары негізінде брикетті отын алудың тиімді көрсеткіштерін жасау.....	186
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы.....	193
<i>Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р.</i> Гидрофобты агенттерді инкапсуляциялауда пикеринг эмульсиясын қолдану.....	200
<i>Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А.</i> Әр түрлі орталарда стационарлы емес токпен поляризациялау кезіндегі күкірттің электрохимиялық қасиеті.....	209
<i>Қоңурбаев А.Е., Баешов А.Б.</i> Композициялы күкірт- графит электродын қолдану арқылы мырыш сульфидін электрохимиялық жолмен алу.....	214
<i>Баешов А.Б., Қоңурбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К.</i> Совместное восстановление ионов цинка и сульфит-ионов на в стеклографитовом электроде.....	222

**Жер туралы ғылымдар**

<i>Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналуының заңдылығын зерттеу .....	231
<i>Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендятин А.С.</i> Төмендетілген қысым кезіндегі мышьяқтың диффузия коэффициентін анықтау.....	245
<i>Метакса Г.П., Буктуков Н.С.</i> Йеллоустон Жанартауы. Ғылыми аңыз бен шындық.....	252

**Медицина**

<i>Рахимов Қ.Д., Адекенов С.М.</i> Дәріге тұрақты метастаздардың өсуіне жаңа табиғи препараттардың цитостатиктермен біріктірген кездегі фармакологиялық әсері.....	257
<i>Рахимов Қ.Д.</i> Клиникаға дейінгі зерттеулерде дәрілерге тұрақты метастаздардың пайда болуын анықтау.....	262

**Аграрлық ғылым**

<i>Аубакиров Х.А., Баймуқанов Д.А., Рахманов С.С.</i> Жамбыл облысы «Бапшы-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жылқы популяциясындағы түстердің таралу ерекшеліктері.....	268
<i>Асембаева Э.Қ., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е.</i> Функционалдық тағамдық өнімдер. Түйе сүтінен алынатын сүтқышқылды өнімдер.....	275

**Қоғамдық ғылымдар**

<i>Пилипчук Я.В.</i> XVII–XVIIIғғ. Моғолстан және ұйғыр мемлекеттерінің құлауы.....	285
<i>Есенбекова А.Б.</i> Экономиканың тұрақты дамуы мәселелері және оның климаттың ғаламдық өзгеруіне тәуелділігі жайлы.....	302
<i>Жакипов Б. М.</i> Шет елдердегі көрме қызметінің даму үрдістерін талдау.....	309
<i>Насимов М. Ө.</i> Саяси менеджмент: түсінігі, құрылымы және негізгі түрлері.....	316
<i>Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К.</i> Экономиканың нақты секторындағы еңбекті ынталандыру: қағидалары мен әдістері.....	324
<i>Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смағұлов Қ.Е.</i> Діни экстремизм мәселесінің саясаттанулық қыры.....	332

## СОДЕРЖАНИЕ

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р.</i> Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд.....	5
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Система управления двухматричным фотометром.....	14

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах <sup>11</sup> в при энергиях 50 и 65 Мэв.....	20
<i>Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.</i> Фонон-фононное взаимодействие в кристаллических решетках нейтронных звезд.....	26

**Химия**

<i>Полещук О. Х., Фатеев А. В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саидахметов П.А.</i> Анализ химической связи в металлоценах методами теории функционала плотности.....	34
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов.....	42

**Жер туралы ғылым**

<i>Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения.....	50
<i>Битимбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.</i> Рентгенорадиометрическое обогащение медных и медно-цинковых руд Казахстана.....	55
<i>Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендятин А. С.</i> Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении.....	63

**Социальные науки**

<i>Курманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.</i> Развитие инновационной деятельности предприятий малого и среднего бизнеса в Казахстане.....	70
<i>Kolbayev M. K., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.</i> Венчурное финансирование малого инновационного предпринимательства.....	80

\* \* \*

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т.</i> Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд.....	87
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Система управления двухматричным фотометром.....	96

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах <sup>11</sup> в при энергиях 50 и 65 Мэв.....	102
<i>Боос Э.Г., Темиралшев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.</i> Анализ структуры событий в антипротон - протонной аннигиляции и реакции перезарядки протона и антипротона при импульсе 22,4 ГэВ/с.....	108
<i>Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н.</i> Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии: состояние и перспективы использования проекта KAZPV.....	113

**Технические науки**

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А.</i> Структура эпитаксиальных пленок SiC, синтезированных методом замещения атомов.....	118
<i>Мусабеков Н.Р., Ибраев А.Х., Адильбеков М. Ж.</i> О вопросах разработки гибридной системы управления технологическим процессом на примере управления процессами теплообмена.....	125
<i>Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.</i> Особенности образования кластерных дисперсий в условиях высокой концентрации нуклеатов.....	132
<i>Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.</i> Исследование теплообмена в капиллярно-пористых системах охлаждения нового класса тепловых энергоустановок.....	139
<i>Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М.</i> Опыт применения рельсов в странах СНГ и использование его для разработки межгосударственного стандарта.....	146
<i>Телтаев Б. Б., Айтбаев К.А., Абляев С.А.</i> Влияние подземного коллектора на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции.....	162
<i>Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.</i> Способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода.....	173

**Механика**

<i>Джолдасбеков С.У., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нурмаганбетова А.Т.</i> Проектирование грузоподъемного рычажного механизма с помощью компьютерной системы Arm winmachine.....	180
---	-----

**Химия**

*Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нуркенов О.А., Сатпаева Ж.Б., Абдыкалыков М.А., Мукашев А.Б., Жакупова А.Н., Мулдахметов М.З.* Разработка оптимальных параметров получения брикетного топлива на основе угольных отсеков и угольного шлама..... 186

*Мальшиев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.* Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов..... 193

*Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А.Б., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р.* Применение эмульсии пикеринга для инкапсуляции гидрофобных агентов..... 200

*Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А.* Электрохимическое поведение серы в различных средах при поляризации нестационарными токами..... 209

*Коңурбаев А.Е., Баешов А.Б.* Электрохимический способ получения сульфида цинка с применением композиционного сера-графитового электрода..... 214

*Баешов А.Б., Коңырбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К.* Мырыш және сульфит иондарының шыныграфит электродында бірге тотықсыздануы..... 222

**Науки о Земле**

*Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.* Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения..... 231

*Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендяпин А. С.* Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении..... 245

*Метакса Г.П., Буктуков Н.С.* Вулкан Йеллоустон. Научные мифы и реальность..... 252

**Медицина**

*Рахимов К.Д., Адекенов С.М.* Фармакологическое влияние новых природных препаратов в комбинации с цитостатиками на рост лекарственно резистентных метастазов..... 257

*Рахимов К.Д.* Индуцирование лекарственной резистентности метастазов перевиваемых опухолей в условиях доклиники..... 262

**Аграрные науки**

*Аубакиров Х.А., Баймуканов Д.А., Рахманов С.С.* Особенности распространения мастей в популяции лошадей, разводимых в крестьянском хозяйстве «Бапыш-Сейсенбай» Жамбылской области..... 268

*Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е.* Функциональные пищевые продукты. Кисломолочные продукты из верблюжьего молока..... 275

**Общественные науки**

*Пилипчук Я.В.* Падение Моголистана и уйгурских государств в XVII-XVIII вв..... 285

*Есенбекова А.Б.* К проблеме устойчивого развития экономики и ее зависимости от глобального изменения климата..... 302

*Жакитов Б. М.* Анализ тенденций развития выставочной деятельности за рубежом..... 309

*Насимов М.О.* Политический менеджмент: понятие, структура и основные виды..... 316

*Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К.* Стимулирование труда в реальном секторе экономики: принципы и подходы... 324

*Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смагулов К.Е.* Политический аспект проблемы религиозного экстремизма..... 332

## CONTENT

**Astrophysics**

- Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R.* Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars... 5  
*Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Itleuov N.T.* Two-matrix photometer control system..... 14

**Physics**

- Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.* Study of scattering of alpha particles from  $^{11}\text{B}$  nuclei at 50 and 65 mev.....20  
*Omar Zh., Takibayev N.Zh., Kurmangaliyeva V.O.* Phonon-phonon interaction in the crystal lattice of neutron star.....26

**Chemistry**

- Poleshchuk O. Kh., Fateev A. V., Adyrbekova G.M., Ermakhanov M. N., Saidakhmetov P.A.* Analysis of the chemical bond in the metallocene using density functional theory.....34  
*Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.* Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials..... 42

**Earth sciences**

- Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.* Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles..... 50  
*Bitimbayev M.Z., Shemyakin V.S., Skopov S.V.* X-ray radiometric enrichment of copper and copper zinc ores of Kazakhstan..... 55  
*Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.* Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure..... 63

**Social sciences**

- Kurmanov N., Rakhimbekova A., Baktymbet A., Makhatova A.* Development of innovative activity in small and medium enterprises in Kazakhstan..... 70  
*Kolbayev M.K., Nyurlikhina G.B., Tyurabayev G.K.* Venture financing of small innovative entrepreneurship..... 80

\* \* \*

**Astrophysics**

- Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T.* Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars..... 87  
*Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Itleuov N.T.* Two-matrix photometer control system..... 96

**Physics**

- Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.* Study of scattering of alpha particles from  $^{11}\text{B}$  nuclei at 50 and 65 mev.....102  
*Boos E.G., Temiraliyev T., Izbasarov M., Samoilov V.V., Fedosimova A.I.* Analysis of events structure in antiproton-Proton annihilation reaction and reaction of proton and antiproton recharging at 22.4 GeV/c..... 108  
*Betekbayev A.A., Kalygulov D.A., Skakov D.M., Mukashev B.N.* Photovoltaic conversion of solar energy: state and perspectives of KAZPV project..... 113

**Technical sciences**

- Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Mit' K.A.* The structure of SiC epitaxial films, synthesized by substitution of atoms.....118  
*Mussabekov N.R., Ibraev A.K., Adilbekov M.J.* On the issues of development the hybrid control system by technological process on the example of the control heat exchange processes.....125  
*Dairabay D. D., Golubev V.G., Balabekov O.S., Brener A.M.* Peculiarities of formation of the cluster dispersions at a high concentration of nuclides..... 132  
*Genbach A.A., Jamankulova N.O.* Study of heat and mass transfer in capillary-porous cooling systems of a new class of energy thermal installations.....139  
*Mashekov S.A., Absadykov B.N., Alimkulov M.M.* Case history of tracks in CIS countries and their application in developing interstate standard ..... 146  
*Teltayev B.B., Aitbayev K.A., Ablaliev S.A.* Impact of underground collector on stress strain behaviour of pavement structure..... 162  
*Bahtaev Sh.A., Bochkareva G.V., Musapirova G.D., Avhadieva F.R.* Method for determining the radius of curvature of the discharge electrodes surface.....173

**Mechanics**

- Dzholdasbekov S.W., Ibraev S.M., Sakenova A.M., Imanbaeva N.S., Nurmaganbetova A.T.* Design of hoisting bar mechanism with *Apm winmachine* computer system..... 180

**Chemistry**

- Fazylov S.D., Zhivotova T.S., Nurkenov O.A., Abdykalykov M.A., Satpaeva Zh.B., Mukashev A.B., Zhakupova A.N., Muldakhmetov M.Z.* Development of optimal parameters for production of fuel briquettes on the basis of the coal screening leftovers and coal slurries.....186  
*Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.* Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials ..... 193

<i>Aidarova S., Tleuova A., Issayeva A., Sharipova A., Grigoriev D., Miller R.</i> Application of the pickering emulsion for encapsulation of hydrophobic agents.....	200
<i>Mamyrbekova A., Bayeshov A.B., Mamyrbekova A.</i> Electrochemical behaviour of sulphur in various environments at polarization by non-stationary currents.....	209
<i>Konurbaev A.E., Baeshov A.B.</i> Electrochemical method for producing of zinc sulphide by using sulfur- graphite composite electrode.....	214
<i>Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Adaybekova A.A., Baeshova A.K.</i> Joint restoration of zinc and sulfite ions on glass graphite electrodes.....	222
<b>Earth Sciences</b>	
<i>Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.</i> Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles....	231
<i>Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.</i> Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure.....	245
<i>Metaksa G.P., Buktukov N.S.</i> Yellowstone volcano. Scientific myths and reality.....	252
<b>Medicine</b>	
<i>Rakhimov K.D., Adekenov S.M.</i> Pharmacological effect of new natural drugs in combination with cytostatics on the growth of drug-resistant metastases.....	257
<i>Rakhimov K.D.</i> The induction of drug resistance metastasis of transplantable tumors in preclinical conditions.....	262
<b>Agricultural sciences</b>	
<i>Aubakirov Kh.A., Baimukhanov D.A., Rachmanov S.S.</i> Peculiarities of color types dispersion in population of horses bred at the farm «Bapysh-Seisenbay» IN Zhambyl region.....	268
<i>Asembaeva E.K., Seydakhmetova Z.Zh., Velyamov T.M., Lesova Zh.T., Nurmuhanbetova D.E.</i> Functional foods. Fermented dairy products from camel milk.....	275
<b>Social Sciences</b>	
<i>Pylycphuk Ya.V.</i> Fall of Mogolistan and Uighur states in XVII-XVIII centuries.....	285
<i>Esenbekova A.B.</i> To the problems of the sustainable development of the economy and its dependence on global climate change.....	302
<i>Zhakupov B.</i> Analysis of trends exhibition activities abroad.....	309
<i>Nassimov M.O.</i> Political management: concept, structure and main types.....	316
<i>Panzabekov A.Zh., Tyurabayev G.K.</i> Stimulation of labor in the real sector of the economy: principles and approaches..	324
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism	
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism.....	332



---

---

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 10.10.2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
п.л. Тираж 2000. Заказ 5.

---

---

*Национальная академия наук РК*  
*050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19*