

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)**Ilov 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

**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.

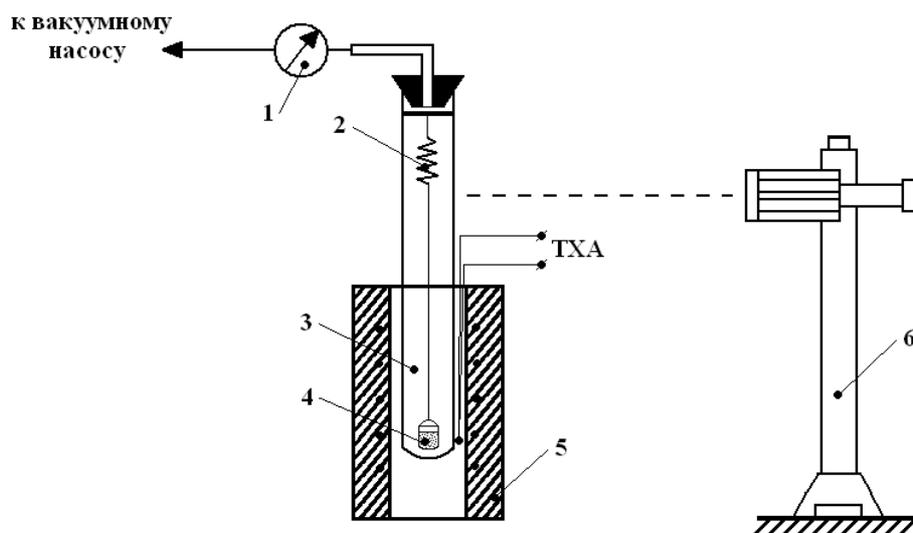
**Materials.** The argon (State standard 10157-79, 99,993% Ar) and the porous material – quartz were used as a neutral medium.

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 charge 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).

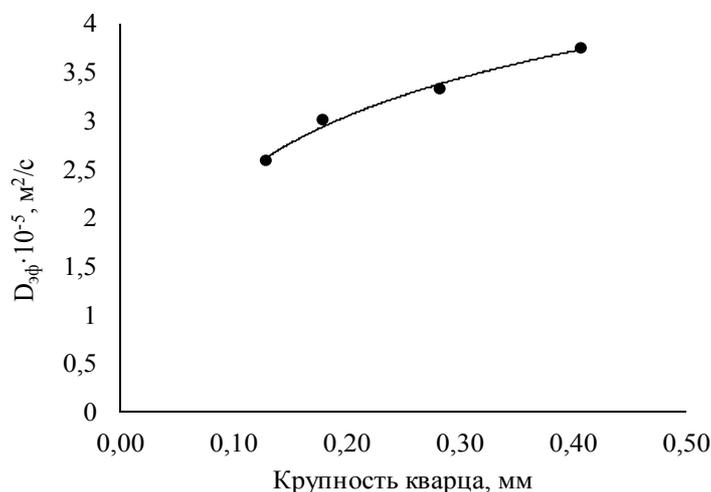


Figure 2 – Influence of grain-size of quartz sand on the diffusion coefficient of arsenic through it

**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 залізовуглецевого 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., Трехухов 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 әдістерінің 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.

---



---

**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., Сейтімбетов 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., Сейтімбетов 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 иіптіректі 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., Баймуханов Д.А., Рахманов С.С.</i> Жамбыл облысы «Бапшы-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жылқы популяциясындағы түстердің таралу ерекшеліктері.....	268
<i>Асембаева Ә.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**

- 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.* Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд..... 5
- Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.* Система управления двухматричным фотометром..... 14

**Физика**

- Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.* Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах <sup>11</sup>в при энергиях 50 и 65 Мэв..... 20
- Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.* Фонон-фононное взаимодействие в кристаллических решетках нейтронных звезд..... 26

**Химия**

- Полещук О. Х., Фатеев А. В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саидахметов П.А.* Анализ химической связи в металлоценах методами теории функционала плотности..... 34
- Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.* Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов..... 42

**Жер туралы ғылым**

- Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.* Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения..... 50
- Битимбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.* Рентгенорадиометрическое обогащение медных и медно-цинковых руд Казахстана..... 55
- Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендятин А. С.* Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении..... 63

**Социальные науки**

- Курманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.* Развитие инновационной деятельности предприятий малого и среднего бизнеса в Казахстане..... 70
- Kolbayev M. K., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.* Венчурное финансирование малого инновационного предпринимательства..... 80

\* \* \*

**Астрофизика**

- 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.* Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд..... 87
- Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.* Система управления двухматричным фотометром..... 96

**Физика**

- Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.* Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах <sup>11</sup>в при энергиях 50 и 65 Мэв..... 102
- Боос Э.Г., Темиралшев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.* Анализ структуры событий в антипротон - протонной аннигиляции и реакции перезарядки протона и антипротона при импульсе 22,4 ГэВ/с..... 108
- Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н.* Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии: состояние и перспективы использования проекта KAZPV..... 113

**Технические науки**

- Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А.* Структура эпитаксиальных пленок SiC, синтезированных методом замещения атомов..... 118
- Мусабеков Н.Р., Ибраев А.Х., Адильбеков М. Ж.* О вопросах разработки гибридной системы управления технологическим процессом на примере управления процессами теплообмена..... 125
- Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.* Особенности образования кластерных дисперсий в условиях высокой концентрации нуклеатов..... 132
- Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.* Исследование теплообмена в капиллярно-пористых системах охлаждения нового класса тепловых энергоустановок..... 139
- Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М.* Опыт применения рельсов в странах СНГ и использование его для разработки межгосударственного стандарта..... 146
- Телтаев Б. Б., Айтбаев К.А., Абляев С.А.* Влияние подземного коллектора на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции..... 162
- Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.* Способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода..... 173

**Механика**

- Джолдасбеков С.У., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нурмаганбетова А.Т.* 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

*Жакипов 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., Iztleuov 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., Iztleuov 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., Nurmuhambetova 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*