

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), 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.

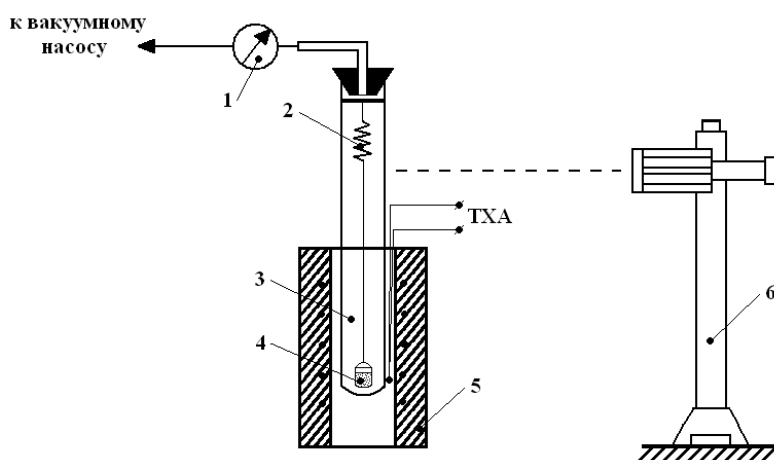
**Материалы.** В качестве нейтральной среды использовали аргон (ГОСТ 10157-79, содержащий 99,993 % Ar), а пористого вещества – кварц.

Порошок кварца готовили измельчением плавленого 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, $V \cdot 10^{-5}$ , кг/м <sup>2</sup> ·с	Высота фильтра, м	Коэффициент диффузии, $D \cdot 10^{-5}$ , м <sup>2</sup> /с		
темпе- ратура, °С	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			

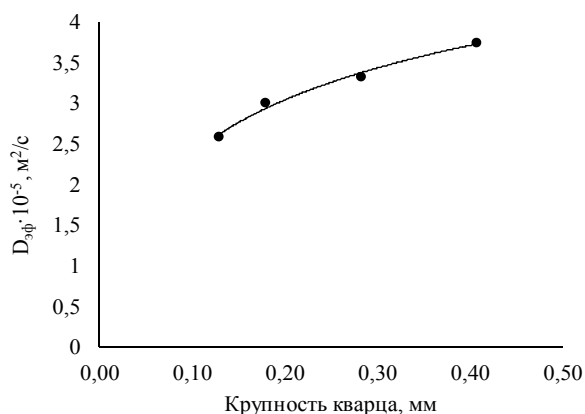


Рисунок 2 – Влияние крупности кварцевого песка на коэффициент диффузии мышьяка через него  
Установлено, что при диффузии через фильтр кварцевого песка коэффициент диффузии

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.

## 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>Бітімбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.</i> Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін рентгенорадиометриялық байыту.....	236
<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., Баймуканов Д.А., Рахманов С.С.</i> Жамбыл облысы «Бапыш-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**

<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**

<i>Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нуркенов О.А., Сатпаева Ж.Б., Абдыкалыков М.А., Мукашев А.Б., Жакупова А.Н., Мулдахметов М.З.</i> Разработка оптимальных параметров получения брикетного топлива на основе угольных отсеков и угольного шлама.....	186
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов.....	193
<i>Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А.Б., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р.</i> Применение эмульсии пикеринга для инкапсуляции гидрофобных агентов.....	200
<i>Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А.</i> Электрохимическое поведение серы в различных средах при поляризации нестационарными токами.....	209
<i>Коңурбаев А.Е., Баешов А.Б.</i> Электрохимический способ получения сульфида цинка с применением композиционного сера-графитового электрода.....	214
<i>Баешов А.Б., Коңырбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К.</i> Мырыш және сульфит иондарының шыныграфит электродында бірге тотықсыздануы.....	222

**Науки о Земле**

<i>Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения.....	231
<i>Битимбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.</i> Рентгенорадиометрическое обогащение медных и медно-цинковых руд Казахстана.....	236
<i>Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендятин А. С.</i> Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении.....	245
<i>Метакса Г.П., Буктуков Н.С.</i> Вулкан Йеллоустон. Научные мифы и реальность.....	252

**Медицина**

<i>Рахимов К.Д., Адекенов С.М.</i> Фармакологическое влияние новых природных препаратов в комбинации с цитостатиками на рост лекарственно резистентных метастазов.....	257
<i>Рахимов К.Д.</i> Индуцирование лекарственной резистентности метастазов перевиваемых опухолей в условиях доклиники.....	262

**Аграрные науки**

<i>Аубакиров Х.А., Баймуханов Д.А., Рахманов С.С.</i> Особенности распространения мастей в популяции лошадей, разводимых в крестьянском хозяйстве «Бапыш-Сейсенбай» Жамбылской области.....	268
<i>Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е.</i> Функциональные пищевые продукты. Кисломолочные продукты из верблюжьего молока.....	275

**Общественные науки**

<i>Пилипчук Я.В.</i> Падение Моголистана и уйгурских государств в XVII-XVIII вв.....	285
<i>Есенбекова А.Б.</i> К проблеме устойчивого развития экономики и ее зависимости от глобального изменения климата.....	302
<i>Жакипов Б. М.</i> Анализ тенденций развития выставочной деятельности за рубежом.....	309
<i>Насимов М.О.</i> Политический менеджмент: понятие, структура и основные виды.....	316
<i>Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К.</i> Стимулирование труда в реальном секторе экономики: принципы и подходы.....	324
<i>Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смагулов К.Е.</i> 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>Bitimbayev M.Z., Shemyakin V.S., Skopov S.V.</i> X-ray radiometric enrichment of copper and copper zinc ores of Kazakhstan.....	236
<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., Seydashmetova 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*