

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), 193 – 200

**V.P. Malyshev, Y.S. Zubrina, A.M. Makasheva**Zh. Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan  
[eia\\_hmi@mail.ru](mailto:eia_hmi@mail.ru)**INTERCONNECTION OF HEAT AND MECHANICAL ENERGY  
IN THE DESTRUCTION OF MATERIALS**

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

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

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

УДК 622.8

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

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

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕПЛОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ  
ПРИ РАЗРУШЕНИИ МАТЕРИАЛОВ**

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

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

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

**Введение**

Как известно, разрушение твердых материалов возможно без механического взаимодействия за счет только тепловой энергии при температуре плавления. Очевидно, при более низких температурах этот же эффект может быть достигнут за счет дополнения имеющейся тепловой энергии материала энергией механического воздействия. Это можно обосновать с помощью распределения (энергетического спектра) Больцмана по кинетической энергии хаотического движения частиц, вполне применимого и к твердому состоянию, как это показано в книге Леонтовича М.А. [1].

Равновесное распределение частиц по кинетической энергии хаотического (теплого) движения в зависимости от температуры было установлено Л. Больцманом в следующей форме [2]

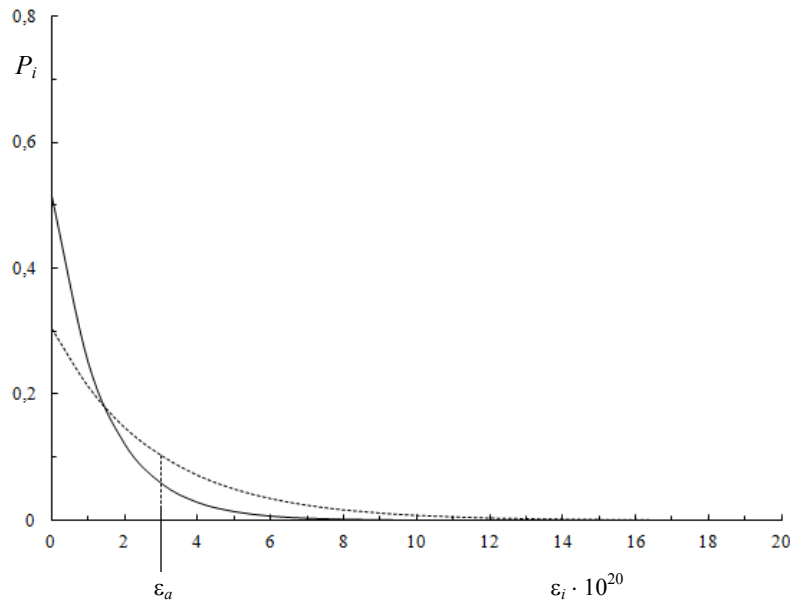
$$P_i = N_i/N = \exp(-\varepsilon_i/kT) / \sum_{i=1}^m \exp(-\varepsilon_i/kT), \quad (1)$$

где  $P_i$  и  $N_i$  – соответственно доля и число частиц с энергией  $\varepsilon_i$ ;  $N$  – общее число частиц;  $k$  – константа Больцмана (названная так М. Планком [2]);  $m$  – число учитываемых энергетических уровней. Величину  $P_i$  можно трактовать и как вероятность обнаружения частиц с энергией  $\varepsilon_i$ .

Одним из свойств этого распределения является запрет на большую заселенность последующего уровня энергии в сравнении с предшествующим по условию  $P_{i+1} \leq P_i$ . Другое свойство состоит в повышении равномерности заселения уровней с увеличением температуры. Так, при 0 К заселенным оказывается только первый уровень, а при  $T \rightarrow \infty$  достигается полная равномерность заселения всех уровней с  $P_i = 1/m$  и  $m = N$  [3-5]. Графически это распределение для двух произвольных температур выглядит следующим образом (рис. 1).

Как и предписывается этим распределением, оно имеет невозрастающий характер, т.е. соблюдается условие  $P_{i+1} \leq P_i$ . С повышением температуры распределение становится все более равномерным (при  $T \rightarrow \infty$  распределение становится горизонтальным и практически совпадает с осью абсцисс). Во всех случаях соблюдается условие

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



$P_i$  – доля частиц, имеющих энергию  $\varepsilon_i \pm \Delta\varepsilon/2$ , Дж;  $\Delta\varepsilon$  – интервал варьирования  $\varepsilon_i$  (в данном случае  $\Delta\varepsilon = 10^{-20}$  Дж);  
 $\varepsilon_i$  – средняя энергия частицы на  $i$ -том уровне энергии, Дж. Сплошная линия – для температуры 1000 К,  
 пунктирная – для 2000 К.  $\varepsilon_a$  – энергетический барьер

Рисунок 1 - Распределение (энергетический спектр) Больцмана

В свою очередь ограничение  $m \leq N$  диктуется тем, что число учитываемых уровней энергии не может быть больше числа обладателей этого признака их различимости, т.е. самого числа частиц [5].

Для определения доли частиц, имеющих энергию, равную или большую, чем энергия некоторого барьера  $\varepsilon_a$ , необходимо просуммировать распределение вероятностей  $P_i$  выше барьера  $\varepsilon_a$ :

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

где  $a$  – номер уровня энергии, соответствующего энергии активации. Чтобы обеспечить определенность номера  $a$ , ему следует задавать некоторое целочисленное значение, исходя из соотношения

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

где  $\Delta\varepsilon$  – постоянный энергетический интервал – шаг варьирования  $\varepsilon_i$ .

Для более точного выражения  $P_a$  необходимо от дискретного распределения энергии перейти к непрерывному, то есть перейти от суммирования к интегрированию. С этой целью вначале числитель и знаменатель дроби (3) умножаются на  $\Delta\varepsilon$  и этот множитель вводится под знак суммы:

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

При  $m \rightarrow \infty$  и  $\Delta\varepsilon \rightarrow d\varepsilon$  обеспечивается переход к интегральной форме

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

Данное выражение раскрывает геометрический смысл функции  $P_a$  (см. рис. 1): она равна отношению площади под кривой  $P = f(\varepsilon)$  (эта площадь и есть интеграл данной функции) справа от  $\varepsilon_a$  к площади под всей кривой. Из рис. 1 очевидно, что с повышением температуры площадь под кривой справа от  $\varepsilon_a$  увеличивается, а слева – уменьшается, поэтому доля сверхбарьерных частиц должна повышаться.

Математически данный результат получается после взятия интегралов. Так, первообразная функция для неопределенного интеграла  $[\exp(-\varepsilon/(kT))d\varepsilon]$  имеет вид

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

При взятии несобственных интегралов в (6) константа интегрирования сокращается, поэтому для интеграла в числителе имеем

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

Интеграл в знаменателе равен

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

В целом получается искомое выражение

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

из которого непосредственно следует необходимость увеличения доли надбарьерных частиц с повышением температуры.

Данное выражение использовалось в качестве составной части константы скорости еще в приближении уравнения Аррениуса, а затем и в более строгих выражениях формальной кинетики [6]. Не менее важным является интеграл (9), поскольку он имеет смысл среднеинтегральной тепловой энергии частицы при температуре  $T$ , с которой непосредственно сопоставляется энергия

барьера  $\varepsilon_a$  в формуле (10). В пересчете на моль эта формула примет вид

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

в которой  $RT$  приобретает смысл среднеинтегральной тепловой энергии моля вещества при температуре  $T$ .

Вообще говоря, согласно теореме о среднем значении функции ее истинная, математически строгая величина может быть определена именно как среднеинтегральная [7]. Поэтому в дальнейшем будем называть величину  $RT$  просто средней тепловой энергией.

Детальное рассмотрение энергетического поведения отдельных частиц в рамках распределения Больцмана можно понимать как микроскопический подход, а с учетом оперирования средней тепловой энергией – как макроскопический. В этом соединении двух крайностей, по-видимому, и заключена непреходящая ценность подобного отображения сложных систем и возможность решения многих конкретных проблем [8], к числу которых относится и проблема адекватного отображения воздействия механической энергии на разрушение материалов.

### **Трактовка разрушаемости материалов под суммарным воздействием тепловой и механической энергии**

Основная причина неудач при попытках решения данной проблемы, рассмотренных в работе [9], на наш взгляд, состоит в слишком непосредственном сопоставлении механической энергии  $E_{mec}$  с энергией связи частиц  $E_b$ , которое заключается в вычитании первой из второй, как это можно выразить для различных вариантов активации разрушения

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

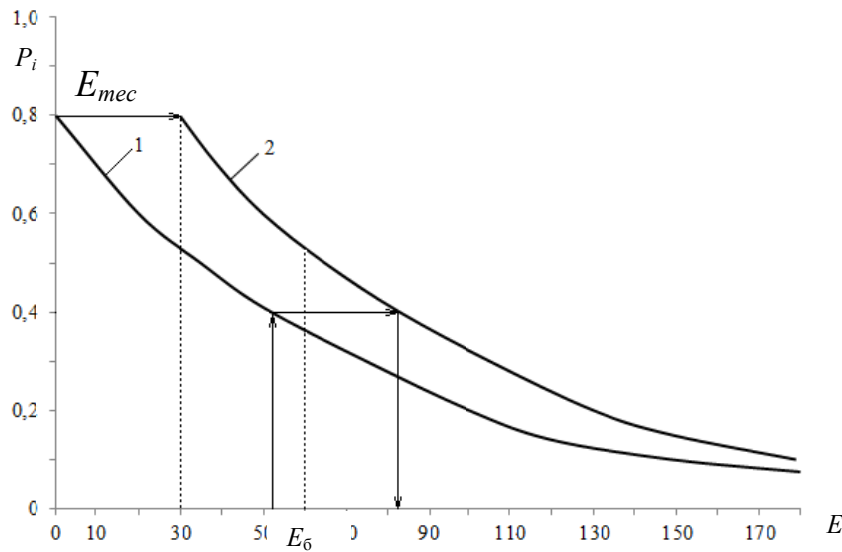
Здесь при возрастании механической энергии вероятность разрушения структуры закономерно увеличивается, но при  $E_{mec} > E_b$ , которое в реальных условиях разрушения может быть нормой, получаются абсурдные значения  $P_a > 1$ . К тому же при таком выражении активационного фактора, имеющего смысл вероятности разрушения, тепловая и механическая энергия противопоставляются друг другу.

Обсуждаемый способ выражения энергии активации заимствован, по-видимому, из молекулярной кинетики, в которой на самом деле преследуется цель понижения энергии активации за счет использования катализаторов.

Между тем при воздействии механической энергии на вещество чисто физически она **прибавляется** к тепловой энергии системы, а не вычитается из энергии связи частиц, что может быть следствием уже **совместного** воздействия тепловой и механической энергии на вещество.

В условиях неравновесности подвода механической энергии это возмущение можно представить как сдвиг всего распределения энергии на одинаковую для всех частиц величину механической энергии благодаря упругим свойствам кристалла (рис. 2).





$E_i$  – энергия частиц;  $E_0$  – энергия барьера, равная энергии активации разрушения  $E_a$ ;  
 $E_{mec}$  – механическая энергия;  $P_i$  – доля частиц с энергией  $E_i$  до удара (1)  
и с энергией  $E_i + E_{mec}$  в момент механического воздействия (2).

Рисунок 2 - Сдвиг энергии частиц по распределению Больцмана при механическом воздействии (в расчете на моль вещества). Стрелками показано мгновенное повышение энергии произвольной частицы

Нельзя исключить и частичную релаксацию системы, сопровождаемую повышением температуры. При этом вероятность преодоления некоторого энергетического барьера  $E_0$ , т.е. вероятность разрушения, будет увеличиваться не за счет абсолютного, а за счет **относительного** понижения барьера благодаря увеличению суммарной энергии для всех частиц, из-за чего часть подбарьерных частиц становится сверхбарьерной (на рисунке это перемещение показано стрелками).

Таким образом, по физическим основаниям вероятность разрушения следует выразить как результат противодействия суммы тепловой и механической энергии активационному барьеру разрушения вещества:

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

Здесь, в отличие от (12), появление абсурдных результатов исключено при любом  $RT$  и  $E_{mec}$  и гарантируется соблюдение условия  $0 \leq P_a \leq 1$ , а при  $E_{mec} \gg RT$  роль тепловой энергии становится ничтожной.

Поскольку размерность  $RT$ , как  $E_a$ , выражается удельной мольной величиной (Дж/моль), к ней же необходимо привести и размерность механической энергии. Для этого достаточно учесть число молей в разрушаемом веществе и отнести величину механической энергии к этому числу:

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

где  $m$  – масса разрушаемого вещества, кг;  $M$  – его молярная масса, кг/моль;  $E$  – прилагаемая механическая энергия, Дж.

В принципе, все выкладки справедливы для любого вида воздействующей энергии – звуковой, лучистой (в частности, лазерной), но наиболее распространенной оказывается энергия удара. Покажем это на примере применения формулы (14) в новой теории измельчения руд, наиболее

адекватно отображающей вероятностную природу этого процесса [10-16].

### Роль активационного фактора в вероятностной теории измельчения

В этой теории скорость измельчения рассматривается как произведение вероятностей последовательных событий совместного присутствия мелющих и измельчаемых тел в объеме их хаотизированной смеси (концентрационный фактор,  $P_{\text{конц}}$ ), их пространственной совместимости – контакта (стерический фактор,  $P_{\text{ст}}$ ), непосредственного удара мелющего тела в измельчаемый материал (активационный фактор,  $P_a$ ) при периодической возобновляемости этих событий (частотный фактор,  $Z$ ,  $\text{с}^{-1}$ ):

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

При этом все факторы раскрываются через паспортные характеристики мельницы, физические константы и режимные параметры процесса измельчения, а также через энергию удара шара в зерно. Так, раскрытие активационного фактора (14) приводит к формуле

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

где  $E_a$  – энергия активации, принятая для модельных расчетов равной теплоте плавления кварца (основного порообразующего минерала руды) 9170 Дж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная 8,31441 Дж/(моль·К);  $T$  – абсолютная температура, приравненная к комнатной, 298 К;  $M$  – молекулярная масса кварца, 0,0601 кг/моль;  $g$  – ускорение силы тяжести, 9,807 м/с<sup>2</sup>;  $D$  – внутренний диаметр мельницы, для модельных расчетов взятый из характеристики промышленной мельницы равным 3,36 м;  $\gamma_{\text{ш}}$  и  $\gamma_3$  – плотность материала шаров и руды, соответственно 7874 и 2650 кг/м<sup>3</sup>;  $d_{\text{ш}}$  – диаметр шара, равный в среднем 0,06 м;  $d_j$  – размер зерен  $j$ -ой фракции.

Энергия удара учтена через приравненную ей потенциальную энергию шара, массой  $m_{\text{ш}}$ , при падении с высоты  $h = D$  [14] по формуле

$$E_{\text{mec}} = m_{\text{ш}} g h. \quad (17)$$

Из формулы (16) следует, что с уменьшением размера зерен и увеличением диаметра шара разрушаемость зерен резко увеличивается. Однако этому противодействует стерический (экранирующий фактор), который по геометрическим соотношениям размеров шара и зерна получает выражение

$$P_{\text{ст}} = 4 \left[ \frac{d_j}{d_{\text{ш}}} - \left( \frac{d_j}{d_{\text{ш}}} \right)^2 \right]. \quad (18)$$

Здесь, напротив, при таком же изменении размеров зерен и шаров величина данного фактора уменьшается. Их совместное воздействие иллюстрируется рисунком 3.

Полученные данные свидетельствуют о доминировании стерического фактора в общем ничтожном разрушении для всех мелких классов, от  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$  при всей разрушительной мощи прямого удара шара в зерно. Лишь с  $10^{-3}$  м начинается заметный рост разрушаемости за счет ослабления стерического фактора, но на фоне ослабления и активационного, что приводит к формированию максимума разрушаемости на уровне 13,3% для размера зерна 3 мм. Вне этой зоны энергия падения шара тратится буквально впустую либо из-за непопадания в мелкие зерна из «мертвого» (экранированного) пространства, либо ввиду недостаточной мощи удара для разрушения более крупных зерен.

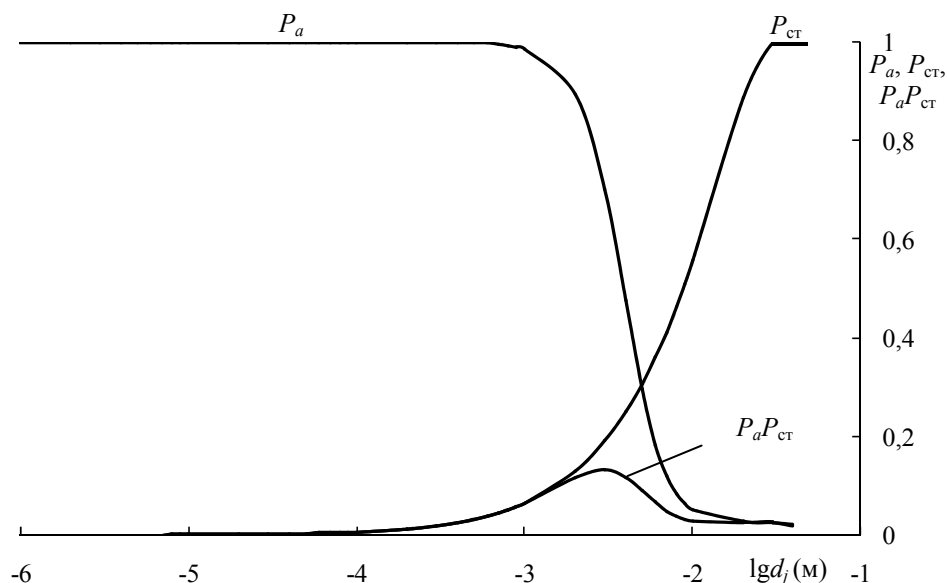


Рисунок 3 - Зависимость активационного и стерического факторов и их совместного воздействия в каждом цикле соударений от размера зерен

При этом впервые в рамках вероятностной теории измельчения дается объяснение крайне низкому энергетическому КПД процесса, который тем не менее требует не менее 90% всех затрат по горно-металлургическому циклу. Полученный результат можно рассматривать как еще одно свидетельство непреходящей ценности статистического распределения (энергетического спектра) Больцмана, сохраняющего до сих пор привлекательность для самых различных областей науки и практики [10].

### Заключение

Распределение Больцмана позволяет определить вероятность преодоления любого энергетического барьера за счет тепловой энергии хаотического движения частиц. Это воздействие может быть дополнено учетом приложенной механической энергии путем суммирования ее с тепловой. При этом полученная формула представляет собой вероятность разрушения вещества при суммарном воздействии тепловой ( $RT$ ) и механической ( $E_{mec}$ ) энергии

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

и обеспечивает относительное понижение барьера активации  $E_a$ . Данный активационный фактор использован в вероятностной теории измельчения материалов, и с его помощью раскрыта причина низкого энергетического КПД этого высокочрезвычайно затратного процесса.

### ЛИТЕРАТУРА

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

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

#### REFERENCES

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

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

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

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

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

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

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

## МАЗМҰНЫ

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р.</i> Аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	5
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтмбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	14

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің <sup>11</sup> вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	20
<i>Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.</i> Нейтронды жұлдыздардың кристалдық торларындағы фонон-фононды әсерлесулер.....	26

**Химия**

<i>Полещук О.Х., Фатеев А.В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саудахметов П.А.</i> Тығыздық функционал теориясының әдістерімен металоцендердегі химиялық байланыстың талдауы.....	34
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы.....	42

**Жер туралы ғылымдар**

<i>Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналуының заңдылығын зерттеу.....	50
<i>Бітімбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.</i> Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін рентгенорадиометриялық байыту.....	55
<i>Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендяпин А.С.</i> Төмендетілген қысым кезіндегі мышьяқтың диффузия коэффициентін анықтау.....	63

**Әлеуметтік ғылымдар**

<i>Қурманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.</i> Қазақстан республикасындағы кіші және орта бизнестің инновациялық қызметінің дамуы.....	70
<i>Кольбаев М.К., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.</i> Шағын инновациялық кәсіпкерлікті венчурлық қаржыландыру.....	80

\* \* \*

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурызбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т.</i> аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	87
<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтмбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	96

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің <sup>11</sup> вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	102
<i>Боос Э.Г., Темірәлиев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.</i> Импульсі 22,4 ГэВ/С антипротон-протондық аннигиляцияда және протон мен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында оқиға құрылымын талдау.....	108
<i>Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н.</i> Күн энергиясының фотоэлектрлік түрлендірілуі: KAZPV жобасының жағдайы мен қолдану келешектері.....	113

**Техникалық ғылымдар**

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А.</i> Атомдардың орнын басу әдісімен синтезделген эпитаксиалды SiC қабыршақтарының құрылымы.....	118
<i>Мусабеков Н.Р., Ибраев А. Х., Адильбеков М. Ж.</i> Жылуалмасу процестерін басқару мысалындағы технологиялық процесті басқарудың гибридік жүйесін әзірлеу туралы мәселелер.....	125
<i>Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.</i> Нуклеаттардың жоғары концентрациясы жағдайларында кластерлік дисперсиялар түзілуінің ерекшеліктері.....	132
<i>Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.</i> Жылу энергетикалық қондырғылардың капиллярлық-кеуектік жаңа класты салқындату жүйелеріндегі жылумассаалмасуды зерттеу.....	139
<i>Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М.</i> ТМД елдерінде рельстерді қолдану тәжірибесі және оның мемлекетаралық стандартты өндіру үшін қолдануы.....	146
<i>Телтаев Б. Б., Айтбаев Қ.А., Аблалиев С.А.</i> Жол құрылымының кернеулі-деформациялық күйіне жерасты коллекторының әсері.....	162
<i>Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.</i> Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау тәсілі.....	173

**Механика**

<i>Жолдасбеков С.Ө., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нұрмағанбетова А.Т.</i> Жүк көтергіш 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 Э.Қ., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е.</i> Функционалдық тағамдық өнімдер. Түйе сүтінен алынатын сүтқышқылды өнімдер.....	275

**Қоғамдық ғылымдар**

<i>Пилипчук Я.В.</i> XVII–XVIIIғғ. Моғолстан және ұйғыр мемлекеттерінің құлауы.....	285
<i>Есенбекова А.Б.</i> Экономиканың тұрақты дамуы мәселелері және оның климаттың ғаламдық өзгеруіне тәуелділігі жайлы.....	302
<i>Жакипов Б. М.</i> Шет елдердегі көрме қызметінің даму үрдістерін талдау.....	309
<i>Насимов М. Ө.</i> Саяси менеджмент: түсінігі, құрылымы және негізгі түрлері.....	316
<i>Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К.</i> Экономиканың нақты секторындағы еңбекті ынталандыру: қағидалары мен әдістері.....	324
<i>Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смағұлов Қ.Е.</i> Діни экстремизм мәселесінің саясаттанулық қыры.....	332

## СОДЕРЖАНИЕ

**Астрофизика**

- 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**

<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>Мальшиев 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>Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендяпин 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., Баймуканов 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., Shendypin 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*