

ISSN 2518-1467 (Online),
ISSN 1991-3494 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

2

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2017

НАУРЫЗ
МАРТ
MARCH

Б а с р е д а к т о р ы

х. ғ. д., проф., ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абиев Р.Ш. проф. (Ресей)
Абишев М.Е. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Аврамов К.В. проф. (Украина)
Аппель Юрген проф. (Германия)
Баймуқанов Д.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Байпақов К.М. проф., академик (Қазақстан)
Байтулин И.О. проф., академик (Қазақстан)
Банас Иозеф проф. (Польша)
Берсимбаев Р.И. проф., академик (Қазақстан)
Велихов Е.П. проф., РҒА академигі (Ресей)
Гашимзаде Ф. проф., академик (Әзірбайжан)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Давлетов А.Е. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Джрбашян Р.Т. проф., академик (Армения)
Қалимолдаев М.Н. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Лаверов Н.П. проф., академик РАН (Россия)
Лупашку Ф. проф., корр.-мүшесі (Молдова)
Мохд Хасан Селамат проф. (Малайзия)
Мырхалықов Ж.У. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Новак Изабелла проф. (Польша)
Огарь Н.П. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Полещук О.Х. проф. (Ресей)
Поняев А.И. проф. (Ресей)
Сагиян А.С. проф., академик (Армения)
Сатубалдин С.С. проф., академик (Қазақстан)
Таткеева Г.Г. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Умбетаев И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Хрипунов Г.С. проф. (Украина)
Якубова М.М. проф., академик (Тәжікстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының Хабаршысы».

ISSN 2518-1467 (Online),

ISSN 1991-3494 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы»РҚБ (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5551-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,
www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

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

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. х. н., проф. академик НАН РК
М. Ж. Журинов

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

Абиев Р.Ш. проф. (Россия)
Абишев М.Е. проф., член-корр. (Казахстан)
Аврамов К.В. проф. (Украина)
Апель Юрген проф. (Германия)
Баймуканов Д.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Байпаков К.М. проф., академик (Казахстан)
Байтулин И.О. проф., академик (Казахстан)
Банас Иозеф проф. (Польша)
Берсимбаев Р.И. проф., академик (Казахстан)
Велихов Е.П. проф., академик РАН (Россия)
Гашимзаде Ф. проф., академик (Азербайджан)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Давлетов А.Е. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Джрбашян Р.Т. проф., академик (Армения)
Калимолдаев М.Н. проф., чл.-корр. (Казахстан), зам. гл. ред.
Лаверов Н.П. проф., академик РАН (Россия)
Лупашку Ф. проф., чл.-корр. (Молдова)
Мохд Хасан Селамат проф. (Малайзия)
Мырхалыков Ж.У. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Новак Изабелла проф. (Польша)
Огарь Н.П. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Полещук О.Х. проф. (Россия)
Поняев А.И. проф. (Россия)
Сагиян А.С. проф., академик (Армения)
Сатубалдин С.С. проф., академик (Казахстан)
Таткеева Г.Г. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умбетаев И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Хрипунов Г.С. проф. (Украина)
Якубова М.М. проф., академик (Таджикистан)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан».

ISSN 2518-1467 (Online),
ISSN 1991-3494 (Print)

Собственник: РОО «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 №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

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:

Abiyev R.Sh. prof. (Russia)
Abishev M.Ye. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Avramov K.V. prof. (Ukraine)
Appel Jurgen, prof. (Germany)
Baimukanov D.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Baipakov K.M. prof., academician (Kazakhstan)
Baitullin I.O. prof., academician (Kazakhstan)
Joseph Banas, prof. (Poland)
Bersimbayev R.I. prof., academician (Kazakhstan)
Velikhov Ye.P. prof., academician of RAS (Russia)
Gashimzade F. prof., academician (Azerbaijan)
Goncharuk V.V. prof., academician (Ukraine)
Davletov A.Ye. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Dzhrbashian R.T. prof., academician (Armenia)
Kalimoldayev M.N. prof., corr. member. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Laverov N.P. prof., academician of RAS (Russia)
Lupashku F. prof., corr. member. (Moldova)
Mohd Hassan Selamat, prof. (Malaysia)
Myrkhalykov Zh.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nowak Isabella, prof. (Poland)
Ogar N.P. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Poleshchuk O.Kh. prof. (Russia)
Ponyaev A.I. prof. (Russia)
Sagiyani A.S. prof., academician (Armenia)
Satubaldin S.S. prof., academician (Kazakhstan)
Tatkeyeva G.G. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umbetayev I. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Khripunov G.S. prof. (Ukraine)
Yakubova M.M. prof., academician (Tadjikistan)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2518-1467 (Online),

ISSN 1991-3494 (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 5551-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/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

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

N. A. Artygalin¹, D. A. Yunusova², U. K. Ormanova², T. A. Turmambekov³, P. A. Saidakhmetov²

¹Nazarbayev intellectual school of physics and mathematics, Shymkent, Kazakhstan,

²M. Auezov South Kazakhstan state university, Shymkent, Kazakhstan,

³Kh. A. Yassawi International kazakh-turkish university, Turkestan, Kazakhstan.

E-mail: nurlan_asanalievich@mail.ru, tore_bai@mail.ru, timpf_ukgu@mail.ru

THE ELASTIC CONSTANTS OF ALLOYS WITH γ -Mn

Abstract. In this work, we investigate the temperature dependence of the elastic constants of alloys with γ -Mn in the lattice by using ultrasonic method. On the single-crystal specimen of the Mn-Cu alloy in the quenched condition decreases to nitrogen temperature. It is shown that constant C_{44} has abnormal temperature dependence. Shear constant, c , has anomalous temperature dependence. The Neel temperature (T_N) of the sample coincided with the onset temperature of FCC \leftrightarrow FCT transformation. The fact of decrease the magnitude of the constant c' by approaching the transition temperature was described. In martensitic transformation alloys of gamma manganese, magnetostrictive transformation with giant deformation of substances is mainly determined with the little constants c' .

Keywords: phase transformation, metal physics, crystals, austenite, martensite, elastic constant, abnormal temperature, deformation, shift.

УДК 669.745.35

Н. А. Артыгалин¹, Д. А. Юнусова², У. К. Орманова², Т. А. Турмамбеков³, П. А. Саидахметов³

¹Назарбаев Интеллектуальная школа физико-математического направления, Шымкент, Казахстан,

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан,

³Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави, Туркестан, Казахстан

КОНСТАНТЫ УПРУГОСТИ СПЛАВОВ γ -Mn

Аннотация. В работе ультразвуковым методом исследована температурная зависимость констант упругости сплавов γ -Mn в решетке. Монокристаллические образцы сплава Mn-Cu в закаленном состоянии охладились до азотной температуры. Показано, что константа C_{44} имеет нормальную температурную зависимость. Сдвиговая константа c' обладает аномальной температурной зависимостью. Температура Нееля (T_N) образца совпала с температурой начала ГЦК \leftrightarrow ГЦТ превращения. Описаны факт уменьшения величины константы c' с приближением к температуре перехода. Мартенситное превращение в сплавах гамма марганца, как магнитострикционное превращение в веществах с гигантской стрикцией, определяется в основном, малостью константы c' .

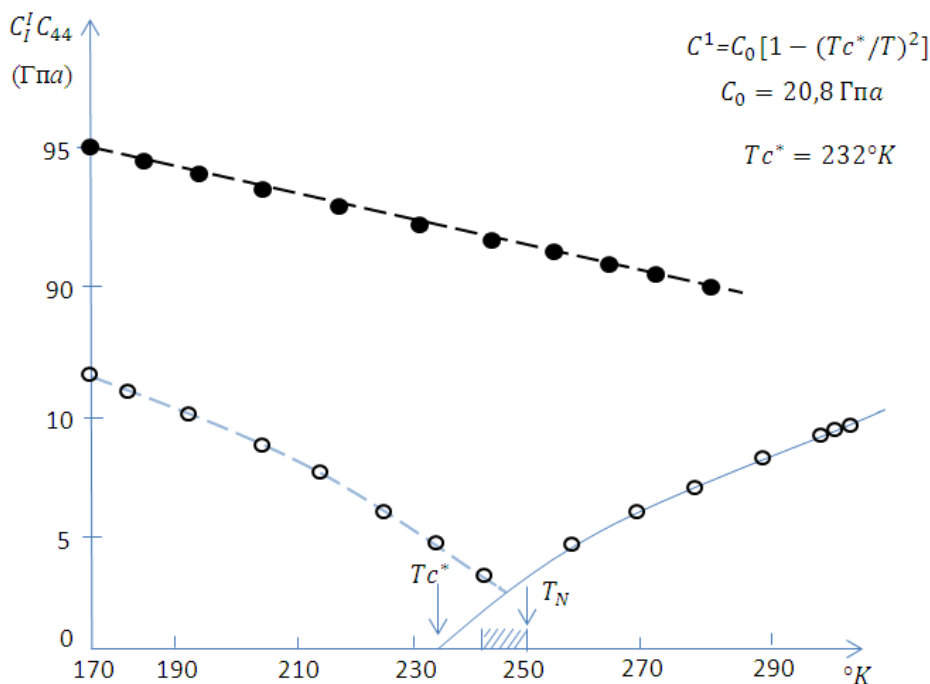
Ключевые слова: фазовый переход, физика металлов, кристаллы, аустенит, мартенсит, константа упругости, аномальная температура, деформация, сдвиг.

Результаты исследования особенностей протекания низкотемпературного ГЦК \leftrightarrow ГЦТ перехода в сплавах на основе марганца показало, что это превращение является фазовым переходом I рода близким ко II-му. В настоящее время в физике металлов накоплен достаточно большой экспериментальный материал по исследованию механизма такого рода перехода в различных соединениях и металлических сплавах. Наиболее часто дискутируется возможность протекания таких переходов по механизму "мягкой моды" с полной или частичной потерей устойчивости кристаллической решетки аустенитной фазы в окрестности критической температуры. С целью изучения механизма перехода в сплавах на основе γ -Mn, нами было предпринято исследование

констант упругости, которое обычно связывается с тепловым колебаниями решетки т.е. динамическими искажениями. Для этого необходимо исследовать температурную зависимость константы упругости рассматриваемых сплавов.

Исследование температурной зависимости констант упругости было проведено нами на монокристаллическом образце сплава Mn-Cu в закаленном состоянии [1, 2]. Температура Нееля (T_N) образца по нейтроннографическим данным составляло 252 ± 3 К, т.е. практически совпала с температурой начала ГЦК \leftrightarrow ГЦТ превращения (T_t , определенная дилатометрически, составляла 250 ± 3 К). Изучение температурной зависимости упругих констант проводилось ультразвуковым методом, для чего образцы охлаждали в азотном дьюаре со скоростью 1-3 градусов в минуту. Измерение скорости звука проводилось эхо-импульсным методом, на несущей частоте 4 Мгц. В качестве склейки кварцевых преобразователей с образцом использовались салол и вакуумная смазка при измерении скорости поперечных волн, и масло ГЖК для продольных. Константы C_{44} определялась по скорости поперечных волн, распространяющихся вдоль [001]. Прямое определение константы $c' = (c_{11} - c_{12})/2$ по скорости поперечных волн, распространяющихся вдоль [110], оказалось затруднительным из-за чрезвычайно высокого затухания этих волн. На специально подготовленном образце, толщиной 1 мм вдоль [110], нам удалось провести прямое измерение c' при температурах близких комнатной. При понижении температуры затухание еще более возрастает, что делает невозможным прямое определение c' . В дальнейшем непосредственно измеренные значения c' использовались нами как калибровочные, для сравнения с величинами, полученными путем измерения констант из скорости продольных волн вдоль [110] и из скорости продольных волн вдоль [111]. Измерения этих величин позволило определить константу c' при всех температурах путем расчета.

Температурные зависимости констант C_{44} и c' исследованного монокристалла приведены на рисунке. Видно, что даже при комнатной температуре [$(T - T_N) \approx 40$ К, т.е. достаточно велико], величина $c' = 7,6$ ГПа аномально низка по сравнению с величиной $C_{44} = 91$ ГПа. При понижении температуры константа C_{44} ведет себя обычным образом, т.е. ее величина возрастает. В то же время константа c' обладает аномальной температурной зависимостью. При понижении температуры она убывает вплоть до $T = T_N$; а при дальнейшем понижении температуры начинает возрастать. В окрестности температуры Нееля $c' = 2,5$ ГПа.



Температурная зависимость упругих констант сплава
(Mn – 25% Cu; o – c' , • – C_{44})

Наши данные об аномальном температурном поведении констант c' полностью согласуются с исследованием [2], проведенном на сплаве Mn - 9%, Ni - 6%С, что позволяет нам утверждать, что уменьшение ультрозвуковой константы c' (но не полное ее зануление) по мере приближения к T_t является характерной чертой предпереходного состояния превращающихся сплавов γ -Mn, что находится в согласии с тем фактом, что ГЦК \leftrightarrow ГЦТ превращение в них близко к фазовому переходу второго рода. При температурной деформации происходят сдвиги плоскостей (101) и (011) в направлениях $[\bar{1}01]$ и $[0\bar{1}1]$ соответственно. Факт уменьшения величины константы c' с приближением к температуре перехода означает смягчение решетки к сдвиговым деформациям указанного типа [3,4,5].

Температурные зависимости упругих констант, приведенные на рисунке 1 позволяют понять, почему магнитоэлектрические модели ГЦК \leftrightarrow ГЦТ перехода в сплавах γ -Mn довольно успешно описывают некоторые особенности этого перехода, хотя и не выявляют причин существования гигантской (величиной в несколько процентов) линейной стрикции. Действительно, магнитоэлектрические константы в кубических кристаллах определяются выражением:

$$\lambda_{100} = -\frac{2}{3} \times \frac{B_1}{C_{11} - C_{12}}$$

$$\lambda_{111} = -\frac{1}{3} \times \frac{B_2}{C_{44}}, \quad (1)$$

где B_1 и B_2 – магнитоупругие константы, определяемые величиной спин-орбитального взаимодействия [6,7].

Из вида выражения (1) следует, что в окрестности T_N λ_{100} может достигать в случае сплавов γ -Mn больших величин из-за аномально малого значения c' . Это хорошо согласуется с характером ГЦК \leftrightarrow ГЦТ превращения, экспериментально наблюдаемым в сплавах γ -Mn. В сплавах первого класса в результате превращения реализуется ГЦТ структура с отношением осей $c/a < 1$, причем $\Delta a \approx -\frac{1}{2} \Delta c$, так что изменение объема при превращении очень мало. Величина же степени тетрагональности $(1 - c/a)$ достигает нескольких процентов и соответственно изменение d_{100} очень велико по сравнению с d_{111} .

Таким образом, формально действительно можно описать превращение в сплавах гамма марганец, как магнитоэлектрическое превращение в веществах с гигантской стрикцией. Причем очень большая, гигантская, стрикция определяется, в основном, малостью константы c' . Однако такое рассмотрение требует ответа на вопрос: за счет чего происходит уменьшение сдвиговой константы c' при приближении к температуре Нееля T_N .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Токий Н.В., Тонкий В.В., Пилипенко А.Н., Письменова Н.Е. Температурная зависимость модулей упругости субмикро-кристаллической меди // ФТТ. – 2014. – Т. 56, вып. 5. – С. 966-969.
- [2] Одинцов И.Н. Метод исследования упругой анизотропии материалов // Вестник Нижегородского ун-та. – 2011. – № 4. – С. 1660-1662.
- [3] Винтайкин Е.З., Удовенко В.А., Сeryabryakov В.Г., Литвин Д.Ф. Константа упругости сплавов марганец-медь // ФММ. – 1980. – Т. 49. – С. 883.
- [4] Удовенко В.А., Полякова Н.А., Турмамбеков Т.А., Дмитриев В.Б. Стадность процесса формирования мартенситной структуры и демпфирующих свойств при отжиге сплавов Mn-Cu // ФММ. – 1994. – Т. 77, вып. 2. – С. 134-140.
- [5] Per Söderlind, Olle Eriksson, Wills J. M., Boring A. M. Theory of elastic constants of cubic transition metals and alloys // Phys. Rev. – B 48, 5844, 1993.
- [6] Eryi Hu, Wenjin Wang. The Elastic Constants Measurement of Metal Alloy by Using Ultrasonic Nondestructive Method at Different Temperature. // Mathematical Problems in Engineering. – Vol. 2 (2016). – Article ID 6762076, 7 p.

REFERENCES

- [1] Tokiy N.V., Tokiy V.V., Pilipenko A.N., Pismenova N.E. Temperaturная zavisimost moduley uprugosti submikro-kristallicheckoy medi. *FTT*, 2014, Vol. 56, N 5, P. 966-969.
- [2] Odintsov I.N. Metod issledovaniya uprugoy aniotropii materialov. *Vestnik Nizhgorodskogo Univer.*, 2011, N 4, P. 1660-1662.
- [3] Vintaykin E.Z., Udoenko V.A., Seryabryakov V.G., Litvin D.F. Konstanta uprugosti splavov marganets-med. *FMM*, 1980, Vol. 49, P. 883.

[4] Udovenko V.A., Polyakova N.A., Turmambekov T.A., Dmitriev V.B. Stadinost protsessa formirovaniya martensitnoy struktury i dempfirovaniya svoystv pri otzhige splavov Mn-Cu. *FMM*, 1994, vol. 77, вып. 2, P. 134-140.

[5] Per Söderlind, Olle Eriksson, Wills J. M., Boring A. M. Theory of elastic constants of cubic transition metals and alloys. *Phys. Rev. B* 48, 5844, 1993.

[6] Eryi Hu, Wenjin Wang. The Elastic Constants Measurement of Metal Alloy by Using Ultrasonic Nondestructive Method at Different Temperature. *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2(2016), Article ID 6762076, 7 p.

Н. А. Артыгалин¹, Д. А. Юнусова², У. К. Орманова², Т. А. Турмамбеков³, П. А. Саидахметов³

¹Физика-математика бағытындағы Назарбаев Зияткерлік мектебі, Шымкент, Қазақстан,

²М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан;

³Х. А. Ясауи атындағы ХҚТУ, Түркістан, Қазақстан

γ-Mn ҚОРТПАЛАРЫНЫҢ СЕРПІМДІЛІК ТҰРАҚТЫСЫ

Аннотация. Жұмыста ультродыбыстық әдіспен γ-Mn қортпа торының серпімді тұрақтысының температураға тәуелділігі зерттелген. Шынықтырылған Mn-Cu монокристал үлгісі азот температурасына дейін суытылды. С₄₄ серпімді тұрақтысының температураға тәуелділігі бірқалыпты. Ығысу тұрақтысы с' температураға тәуелділігі аномалды болады. Үлгінің Неел температурасы (T_N) бастапқы ГЦК↔ГЦТ ауысу температурасымен сәйкес келеді. Ауысу температурасына жақындағандағы с' тұрақты шамасының төмендеу фактысы сипатталған. Гамма марганец қортпасындағы мартенсит ауысу, негізінен с' тұрақтысының аздығымен анықталатын өте үлкен стрикция бар заттардағы магнитострикциялық ауысудағыдай анықталады

Түйін сөздер: металдар физикасы, кристалдар, аустенит, мартенсит, серпімділік тұрақтысы, аномалды температура, деформация, ығысу, фазалық ауысу.

Сведения об авторах:

Нурлан Асаналиевич Артыгалин – учитель физики, Назарбаев Интеллектуальная школа физико-математического направления г. Шымкент, nurlan_asanalievich@mail.ru

Торейбай Абдырахманович Турмамбеков – д.ф.-м.н., зав.кафедрой, МКТУ им. Х. А.Ясауи, tore_bai@mail.ru

Пулат Аблатыевич Саидахметов – к.ф.-м.н., зав.кафедрой, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, timpf_ukgu@mail.ru

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 described work 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). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <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

ISSN 2518-1467 (Online), ISSN 1991-3494 (Print)

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. М. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 13.04.2017.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

19,2 п.л. Тираж 2000. Заказ 2.