

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

5

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2016

ҚЫРКҮЙЕК
СЕНТЯБРЬ
SEPTEMBER

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, 2016

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, 2016

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, 2016

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

M. Z. Bitimbayev¹, Y. P. Morozov², E. A. Faley², I. H. Khamidulin²

¹"Kazakhmys Corporation" LLP, JSC "MMC "Kazakhaltyn",
²FGBOU VO «Ural State Mining University», Ekaterinburg, Russia.
E-mail: mbitimbayev@mail.ru

TECHNOLOGY OF GRAVITY EXTRACTION OF GOLD FROM MIZEK GOLD-COPPER ORE FIELD

Abstract. Studies of gold-copper ore enrichment at the Mizek field have shown that the effectiveness of a turbulizing centrifugal separation in addition to a combined gravity-flotation circuit results in significant improvement of gold extraction if compared to a stand-alone flotation circuit.

Keywords: gold-copper ore, enrichment study, circulation-shredding concentration, turbulizing centrifugal separation, gravity-flotation processing circuit.

М. Ж. Битимбаева¹, Ю. П. Морозова², Е. А. Фалей², И. Х. Хамидулина²

¹Эксперт ТОО «Корпорация Казахмыс», член совета директоров АО «ГМК Казахалтын»,
²ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», Екатеринбург, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ЗОЛОТО-МЕДНОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИЗЕК

Аннотация. Проведенные исследования возможностей обогащения золото-медной руды месторождения Мизек показали эффективность применения турбулизационной центробежной сепарации. Предложена комбинированная гравитационно-флотационная схема обогащения данной руды, позволяющая значительно повысить извлечение золота по сравнению с флотационной схемой.

Ключевые слова: золото-медная руда, исследование обогатимости, циркуляционно-измельчительная концентрация, турбулизационная центробежная сепарация, гравитационно-флотационная схема переработки.

На месторождении Мизек запасы балансовой руды для подземной отработки составляют на 01.01.16 г. по категории $C_1 + C_2$ 12,444 млн т. Содержание меди в этой руде составляет 0,72 %, содержание золота – 2,53 г/т, содержание серебра – 6,12 г/т.

Золотосодержащие руды с повышенным содержанием меди не могут быть вовлечены в технологию кучного выщелачивания золота, поскольку медные минералы активно взаимодействуют с цианидами и за счёт этого резко снижают извлечение золота в раствор. Такие руды целесообразно перерабатывать по комбинированной гравитационно-флотационной схеме.

В процессе флотации медных минералов свободные частицы золота крупнее 0,02–0,05 мм практически не могут быть извлечены в пенный продукт и теряются с хвостами флотации [1, 2].

С целью изучения возможностей повышения извлечения свободного золота нами на золото-медной руде месторождения Мизек проведены исследования турбулизационной центробежной сепарации. Опыты проведены в лабораторных условиях. Пробу руды, измельчённую до крупности 92,5 % класса минус 0,071 мм подвергали центробежной сепарации на сепараторе К-210. Реализовано два режима работы центробежного сепаратора, отличающихся частотой вращения конуса и давлением воды в турбулизирующих патрубках.

Продукты центробежной сепарации подвергнуты пробирному анализу на золото.

Условия и результаты экспериментов приведены в таблице.

Результаты центробежной сепарации измельчённой золотосодержащей руды
с повышенным содержанием меди месторождения Мизек

Наименование показателя	Значение показателя	
	Опыт 1	Опыт 2
Частота вращения конуса, об/мин	680	720
Давление воды в турбулизирующем патрубке, мПа	0,09	0,05
Выход тяжелой фракции, %	2,4	4,2
Массовая доля золота, г/т	53,44	31,46
Извлечение золота в тяжелую фракцию, %	85,5	88,1

Результаты экспериментов свидетельствуют о высокой эффективности извлечения золота из золотосодержащей руды месторождения Мизек с помощью центробежной сепарации. Так в опыте 1 получен золотосодержащий концентрат с массовой долей золота 53,4 г/т при извлечении в него золота 85,5 %. Полученный концентрат может быть направлен в медную плавку, при которой золото переходит в черновую медь и извлекается из неё при электролизе меди.

Одной из особенностей переработки золотосодержащих руд является накопление золота в циркулирующих продуктах замкнутых циклов измельчения. В зависимости от крупности золотин в руде степень концентрации золота в замкнутых циклах измельчения находится в диапазоне от 2 до 8 и более [2]. Чем крупнее золото в руде, тем выше степень концентрации его в циркулирующих продуктах. Это явление объясняется тем, что частицы золота значительно медленнее измельчаются по сравнению с минералами.

Время накопления золота в циркулирующем продукте измельчения до максимального значения массовой доли составляет 10-90 минут [2]. Так исследование кинетики накопления золота в циркулирующих продуктах измельчения на Сибайской обогатительной фабрике при переработке руды месторождения Бакр-Тау показало, что время накопления золота до массовой доли 18-20 г/т составило 60 минут.

Аналогичные исследования на Жолымбетской золотоизвлекательной фабрике показали [3], что время накопления золота в циркулирующем продукте составляет 10-15 минут.

Высокая степень концентрации золота в песках гидроциклонов позволяет рассматривать их в качестве исходного продукта для гравитационного извлечения из них золота.

Одним из перспективных технологических решений для переработки минерального сырья, содержащего частицы повышенной плотности, является применение циркуляционной концентрации с последующей центробежной сепарацией песков циркуляционной концентрации.

Выполнено обогащение песков гидроциклонов первой стадии измельчения золото-медной руды месторождения Варваринское с массовой долей золота 8,86 г/т по схеме, включающей операции циркуляционной концентрации и турбулизационной центробежной сепарации песковой фракции циркуляционной концентрации [4].

Установлено, что комбинированная схема гравитационного обогащения песков гидроциклонов замкнутого цикла измельчения позволяет извлечь около 10 % золота в шлиховой продукт с массовой долей золота 88 % и более 35 % золота в золотосодержащий продукт с массовой долей золота более 200 г/т.

Выполненные исследования показали перспективность использования накопительных технологий для извлечения золота в циклах измельчения золотосодержащих руд. Чем больше содержание в руде свободного золота, тем выше эффективность использования предлагаемой технологии.

В результате проведенных исследований предложена технология гравитационного обогащения золотосодержащих руд, включающая циркуляционно-измельчительную концентрацию с накоплением частиц тяжелых минералов в песках классификации замкнутого цикла измельчения до предельного значения и их гравитационное обогащение с применением циркуляционной концентрации, позволяющей сбросить в слив от 50 до 90 % породы в зависимости от крупности материала, и последующей центробежной сепарации песков циркуляционной концентрации. Такая схема по

сравнению с обогащением только центробежной сепарацией позволяет резко уменьшить требуемое количество единиц центробежных сепараторов.

Способности накапливать золото в циркулирующих продуктах могут быть эффективно использованы при переработке гравитационным способом определённой доли песков гидроциклонов замкнутого цикла измельчения. Опытным путём установлено, что эта доля перерабатываемых песков составляет 5-10 %. Для полноты извлечения как крупного, так и мелкого золота целесообразно использовать центробежную сепарацию.

Предлагаемая технологическая схема гравитационного извлечения золота из замкнутых циклов измельчения приведена на рисунке 1, схема цепей аппаратов – на рисунке 2.

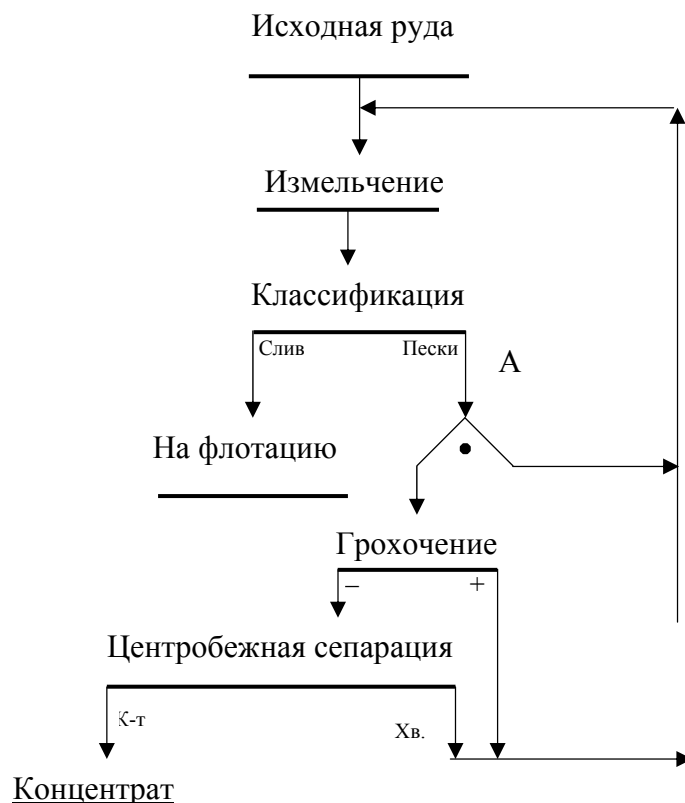


Рисунок 1 – Предлагаемая технологическая схема гравитационного извлечения золота из замкнутых циклов измельчения

Отличительной особенностью технологической схемы является деление песков гидроциклонов в точке А с направлением части песков на шпальтовый грохот, подрешётный продукт которого направляется в турбулизационный центробежный сепаратор. При этом основная часть песков гидроциклонов, надрешётный продукт шпальтового грохота и хвосты (лёгкая фракция) центробежного сепаратора возвращаются в мельницу, а слив гидроциклонов направляется на дальнейшую переработку.

В целом, проведённые исследования показали целесообразность вовлечения в переработку золото-медной руды месторождения Мизек на действующих флотационных фабриках с получением богатого золотосодержащего продукта в “голове” процесса в циклах измельчения. Выполнен расчёт прогнозных показателей переработки руды месторождения Мизек по предлагаемой гравитационно-флотационной схеме. В результате обогащения золото-медной руды возможно получение золотосодержащего концентрата центробежной сепарации с массовой долей золота более 500 г/т при извлечении в него золота 50-70 %. Полученный концентрат может быть объединен с гравитационным медным концентратом и направлен на металлургическую переработку.

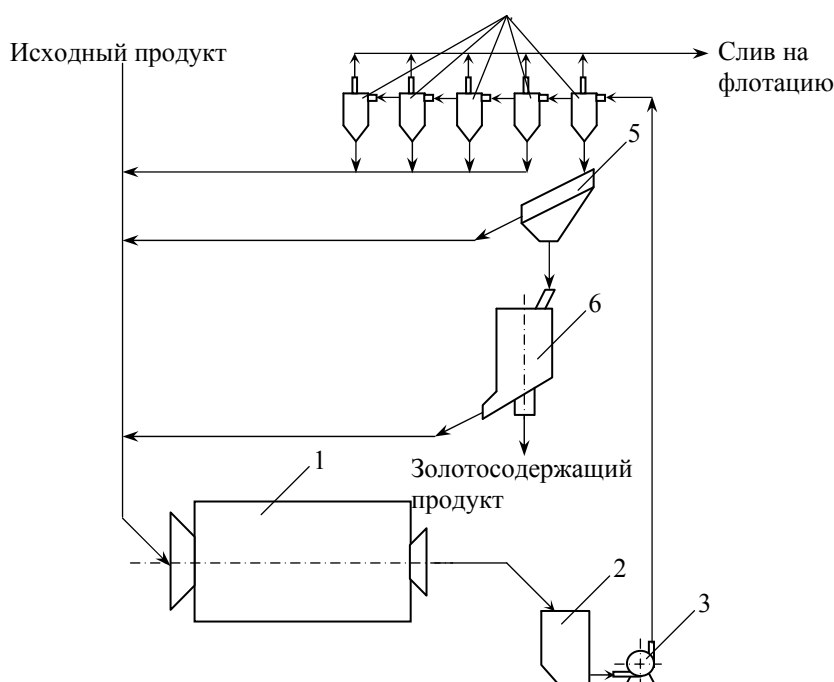


Рисунок 2 – Схема цепей аппаратов гравитационного извлечения золота из замкнутых циклов измельчения:
1 – мельница; 2 – зумпф; 3 – насос; 4 – гидроциклоны; 5 – шпальтовый грохот;
6 – турбулизационный центробежный сепаратор

МИЗЕК КЕНОРНЫНДАҒЫ АЛТЫН-МЫСТЫ КЕННЕН АЛТЫНДЫ АЖЫРАТЫП АЛУДЫҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

М. Ж. Бітімбаев¹, Ю. П. Морозов², Е. А. Фалей², И. Х. Хамидулина²

¹Эксперт ТОО «Корпорация Казахмыс», член совета директоров АО «ГМК Казахалтын»,

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», Екатеринбург, Россия

Аннотация. Алтын-мысты байыту үшін Мизек кен орнына жүргізілген зерттеулер турбулизациялы ортадан тепкіш сепарацияның тиімді екендігін көрсетті. Осы аталып отырған кенді байытудың флотациялық схемаға карағанда алтынды өндіруді едәуір жоғарылататын гравитациялық-флотациялық кешенді байыту схемасы ұсынылған.

Түйін сөздер: алтын-мысты кен, байытылғышты зерттеу, циркуляциялық - ұсақтау концентрациясы, турбулизациялы ортадан тепкіш сепарация, өңдеудің гравитациялық-флотациялық схемасы.

Сведения об авторах:

Битимбаев М.Ж. – эксперт ТОО «Корпорация Казахмыс», член Совета директоров АО «ГМК «Казахалтын»;

Морозов Ю.П. – ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (Екатеринбург, Россия), проф. кафедры обогащения;

Хамидуллин И.Х. – ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», инженер;

Фалей Е.А. – ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», старший научный сотрудник.

**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 11.10.2016.

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

17,9 п.л. Тираж 2000. Заказ 5.