

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

3 (423)

МАМЫР – МАУСЫМ 2017 ж.
МАЙ – ИЮНЬ 2017 г.
MAY – JUNE 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Бұлат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.Х. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18, <http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

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. э. н., профессор, член-корреспондент НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

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

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.Х. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (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 №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

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

<http://наука-нанрк.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, corresponding member of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.Kh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoyev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (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 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

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

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 423 (2017), 151 – 160

**B. K. Kenzhaliyev, E. I. Kuldeyev, R. A. Abdulvaliyev, V. A. Pozmogov,
K. O. Beisembekova, S. V. Gladyshev, E. A. Tastanov**Institute of Metallurgy and Ore beneficiation, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: rin-abd@mail.ru; vpozmogov@mail.ru; k.o.beisembekova@mail.ru**PROSPECTS OF ALUMINUM INDUSTRY DEVELOPMENT
IN KAZAKHSTAN**

Abstract. The article presents data on resources base of the aluminum industry of the Republic of Kazakhstan and information about the most promising – Koktal bauxite deposits, results of studies on the development and implementation of new Bayer-hydrogarnet Koktal ferrous bauxites conversion technology were introduced.

The analysis of Koktal ferrous bauxite deposits of the Central Torgai district in Kostanay region was carried out. Geological forecasts inform that the current deposit figures are as follows: for category C_2 – 77,5 million tons, for category P_1 – 124,06 million tons whereas $C_2+P_1 = 201,60$ million tons. Overall resources forecasts of the deposit is 300-310 million tons. The bauxite contains alumina ~ 40 %, silica 4 - 8%, iron oxides 22-25 %, titanium up to 4,7 %, scandium (10-30 g/t), gallium (5-30 g/t) and vanadium (10-150 g/t) which indicates the complex nature of ore and the need for development of promising technologies, allowing the process to extract other useful components on the side.

A waste-free Bayer-hydrogarnet technology of Koktal ferrous bauxite conversion was developed and tested in a pilot installation. The technology involves obtaining along with alumina, elements such as iron, building materials, titanium concentrate, gallium and vanadium. This process involves the use of ash from coal burning at TPS factory.

To test the technology on a larger scale on experimental metallurgical production (OEMP) of JSC “ИМОБ” a pilot processing unit of Bayer-hydrogarnet technology of Koktal ferrous bauxite conversion was created with an estimated capacity of 50 kg of bauxite per hour.

Key words: ferrous bauxite, red mud, pilot installation, equipment, Bayer-hydrogarnet technology, alumina production.

УДК 669.712+669.21.8

**Б. К. Кенжалиев, Е. И. Кульдеев, Р. А. Абдулвалиев, В. А. Позмогов,
К. О. Бейсембекова, С. В. Гладышев, Е. А. Тастанов**

Институт металлургии и обогащения, Алматы, Казахстан

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
АЛЮМИНИЕВОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА**

Аннотация. Представлены данные о сырьевой базе алюминиевой отрасли Республики Казахстан и информация о наиболее перспективном – Коктальском месторождении бокситов, приведены результаты исследований по разработке и реализации новой Байер-гидрогранатовой технологии переработки железистых коктальских бокситов.

Проведен анализ Коктальского месторождения железистых бокситов Центрально-Торгайского бокситоносного района Костанайской области. По прогнозным ресурсам запасы месторождения составляют: по категории C_2 – 77,5 млн т, по категории P_1 – 124,06 млн т. и $C_2+P_1 = 201,60$ млн т. Общие прогнозные ресурсы месторождения 300-310 млн. тонн. Содержание в бокситах оксида алюминия ~ 40 %, кремнезема 4-8 %, оксидов железа 22-25 %, титана до 4,7 %, скандия (10-30 г/т), галлия (5-30 г/т) и ванадия (10-150 г/т)

указывает на комплексный характер руд и необходимость разработки перспективной технологии, позволяющей попутно извлекать полезные компоненты.

Разработана и проверена на пилотной установке безотходная Байер-гидрогранатовая технология переработки кокतालских железистых бокситов. Технология предусматривает получение наряду с глиноземом чугуна, строительных материалов, концентрата титана, галлия и ванадия. При этом полностью используется зола от сжигания углей на заводской ТЭС.

Для испытания технологии в укрупненном масштабе на опытно-экспериментальном металлургическом производстве (ОЭМП) АО «ИМиО» создана опытная установка переработки кокतालских железистых бокситов по Байер-гидрогранатовой технологии с расчетной производительностью 50 кг боксита в час.

Ключевые слова: железистый боксит, красный шлам, опытная установка, оборудование, Байер-гидрогранатовая технология, глиноземное производство.

Введение. Мировое производство глинозема базируется в основном на высококачественных бокситах, перерабатываемых по способу Байера, за исключением России, перерабатывающей бокситы и нефелины по способу спекания, а также Казахстана и некоторых заводов Китая, перерабатывающих бокситы по последовательной схеме Байер-спекание.

Запасы качественных бокситов в мире ограничены. Актуальны задачи по расширению сырьевой базы глиноземного производства за счет использования низкокачественных бокситов и применения высокорентабельной технологии их переработки [1-3].

Казахстан по запасам бокситов занимает 17 место в мире и второе место после России, среди стран СНГ. Месторождения бокситов на территории Республики Казахстан группируются в восемь бокситоносных районах: Восточно-Торгайский (Амангельдинский), Западно-Торгайский, Центрально-Торгайский, Северо-Кокшетауский, Мугоджарский, Целиноградский (Акмолинский), Экибастузский, Причимкентский, отличающихся по геолого-морфологическим особенностям и масштабам оруденения. Наиболее крупные месторождения выявлены в Центрально-Торгайском и Западно-Торгайском бокситоносных районах. Всего на территории Республики Казахстан выявлено 250 месторождений бокситопоявлений, бокситоподобных пород и алюможелезняков [4].

В Казахстане бокситы перерабатываются на Павлодарском алюминиевом заводе по последовательной схеме Байер-спекание. Производство базируется на бокситах Западно-Торгайского и Амангельдинского бокситоносных районов со сравнительно низким содержанием вредных примесей, запасы которых постепенно исчерпываются [5, 6].

Ухудшение качества бокситов вызывает увеличение расхода сырья, вспомогательных материалов, энергоресурсов, транспортных затрат по их перевозке, а также приводит к образованию большого количества отходов – шламов и выбросов в атмосферу. Существующие технологические схемы производства глинозема, включающие передельные спекания становятся все более малорентабельными с ростом цен на энергоносители и ужесточением требований по экологии и охране окружающей среды.

Современному глиноземному производству требуются инновационные технологические решения, позволяющие вовлекать в переработку низкокачественные бокситы при обеспечении низкого потребления энерго- и материальных ресурсов [7].

Проведен анализ бокситовых месторождений южной площади Центрально-Торгайского бокситоносного района Костанайской области. Выявлены два крупных месторождения: Наурзумское и Кокतालское. На Кокतालском и Западно-Убаганском месторождениях выделяются бокситы абразивного и байеровского сортов, пригодные соответственно для производства электрокорунда и переработки на глинозем по способу Байера. Наибольший интерес представляет месторождение Кокतालское, на котором выделены рудные тела с общими запасами 50-60 млн. тонн.

Бокситы Кокतालского месторождения характеризуются высоким содержанием окислов железа (до 26%), двуокиси титана (до 5 %), кремнезема (4-8%), глинозема (38-42%), а также содержанием скандия (10-30 г/т), галлия (5-30 г/т) и ванадия (10-150 г/т). Кремневый модуль μ_{Si} - 4,8÷9,0. Повышенные содержания в бокситах железа, титана и ряд других ценных компонентов указывают на комплексный характер руд и необходимость разработки технологии, предусматривающей извлечение всех ценных компонентов.

По прогнозным ресурсам южной площади месторождения запасы бокситов по категориям P_1 и P_2 оцениваются в 310 млн тонн, а суммарные минеральные ресурсы района в целом, с учетом

категорий С₁ и С₂, превышают 400 млн тонн, и в настоящее время целесообразно проведение геологоразведочных работ, направленных на промышленное освоение месторождения уже в ближайшем будущем [6].

Значимым аргументом в пользу освоения Кокतालского месторождения бокситов является близкое расположение Кушмурунского месторождения бурых углей. Общие запасы углей месторождения составляют 2,7 млрд тонн [8].

Компактное расположение Кокतालской группы месторождений бокситов и крупнейшего Кушмурунского месторождения бурых углей, а также нефелиновых сиенитов Кубасадырского месторождения с уникальными запасами создают предпосылки для организации в Костанайской области горно-энергетического кластера. Строительство глиноземного производства на базе бокситов Кокतालской группы месторождений станет первым шагом по созданию кластера.

Результаты и обсуждения. В соответствии с Государственной программой индустриально-инновационного развития выдвинутой Президентом РК «100 конкретных шагов» разработана безотходная, инновационная Байер-гидрогранатовая технология комплексной переработки высокожелезистых бокситов Кокतालского месторождения Костанайской области.

По результатам ранее проведенных геологоразведочных работ на рудном поле Кокतालского месторождения выявлено и оконтурено 48 залежей бокситов и более 20 рудопроявлений, вскрытых единичными пересечениями. По десяти из них, оконтуренных буровыми скважинами по сети 250x200-100 м и 200x200 м, подсчитаны запасы в количестве 77,5 млн т, которые отнесены к категории С₂. По остальным рудным телам с более редкой сетью изучения классифицируются как прогнозные ресурсы категорий Р₁ и Р₂ и составляют 124 и 146 млн тонн, соответственно.

Первоочередными рудными телами, оцененными сетью скважин 250x200-100 м, для проведения разведочных работ рассматриваются 2, 5, 7, и 8 залежи, в которых сосредоточены 74,4% (54,2 млн т) запасов бокситов, подсчитанных по категории С₂. В том числе 32,53 млн. т составляют байеровские сорта.

Слагающие основных бокситовых залежей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав пробы бокситов рудных залежей № 2, 5, 7, 8

Table 1 – Chemical composition of bauxite samples of ore deposits No 2, 5, 7, 8

Рудное тело	Запасы кат. С ₂ тыс. т	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	CO ₂	п.п.п.	μ SiO ₂
2	22859,4	38,22	7,90	25,60	4,34	0,36	1,76	20,98	4,8
5	22034,0	40,65	4,52	26,93	4,29	0,34	1,57	21,80	9,0
7	3377,7	42,23	4,12	22,98	4,88		2,04	23,20	10,3
8	5930,6	38,88	6,88	25,61	4,50		2,68	21,24	5,7

По геологическим данным [4] среднее содержание рудообразующих компонентов в бокситах Кокतालского месторождения, масс %: Al₂O₃ – 39,99; SiO₂ – 5,88; Fe₂O₃ – 24,52; TiO₂ – 4,3; CO₂ – 1,9; кремневый модуль – 6,8. Бокситы гиббситовые, высокожелезистые и высокотитанистые.

Для решения проблемы промышленной переработки высокожелезистых кокतालских бокситов в АО «ИМиО», на основе проведенных казахстанскими учеными фундаментальных и прикладных исследований была разработана инновационная, безотходная Байер-гидрогранатовая технология, которая прошла испытания на лабораторной пилотной установке (рисунок 1).

Технологическая схема Байер-гидрогранатовой технологии переработки высокожелезистых кокतालских бокситов приведена на рисунке 2.

В схеме представлены четыре ветви переработки бокситового сырья: Байера; получения клинкера; выщелачивания красного шлама и конверсии высокомолекулярного раствора.

Функционально схема объединяет четыре процесса:

- схему Байера с получением алюминатного раствора и извлечением из него глинозема и красного шлама;

- технологию получения клинкера, необходимого для обеспечения баланса по каустической щелочи и вовлечения в процесс переработки золы от сжигания углей ТЭС, снабжающей энергией все производство;



Рисунок 1 – Пилотная установка по апробации Байер-гидрогранатовой технологии

Figure 1 – A pilot installation for the Bayer-hydrogarnet technology testing

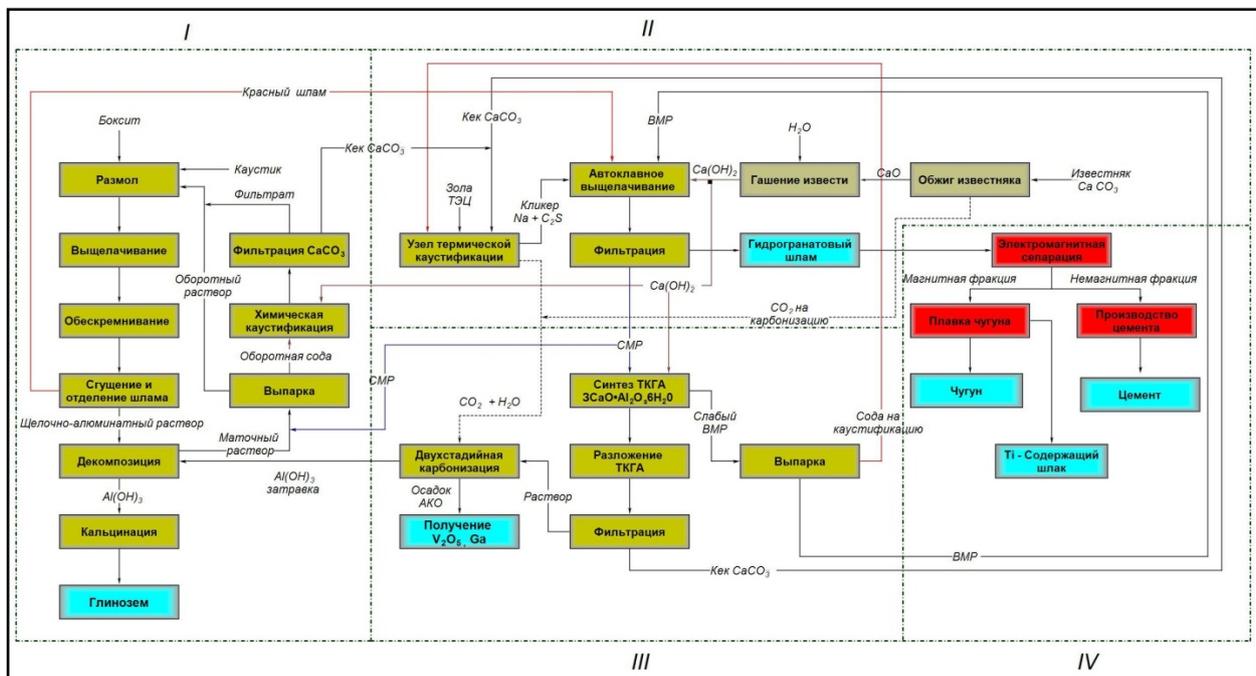


Рисунок 2 – Схема Байер-гидрогранатовой технологии переработки высокожелезистых кокталских бокситов

Figure 2 – Diagram of Bayer-hydrogarnet processing technology of Koktal ferrous bauxite

- технологию совместного автоклавного выщелачивания клинкера и красного шлама высокомодульным алюминатным раствором, получения среднемодульного алюминатного раствора (СМР) и глубокой переработки гидрогранатового шлама;
- технологию конверсии среднемодульного щелочно-алюминатного раствора в высокомодульный оборотный раствор для возвращения в начало технологической схемы.

Отличительными особенностями предлагаемой технологии являются:

- регенируемая из состава красного шлама масса Al_2O_3 возвращается в байеровскую ветвь в форме дисперсного гидроксида алюминия $Al(OH)_3$;
- щелочь, которую регенируют из состава красного шлама и состава оборотной рыжей соды гидрогранатового передела, передают в байеровскую ветвь в виде аликвоты слабого средне-

модульного раствора. Количество этого раствора адекватно массе $\text{Na}_2\text{O}_{\text{общ}} = \text{Na}_2\text{O}_{\text{ку}} + \text{Na}_2\text{O}_{\text{угл}}$ регенируемой связанным оксидом натрия;

- водную суспензию гидроксида алюминия гидрогранатовой ветви подают в ветвь Байера на установку агломерации в линии разложения алюминатного раствора;

- алюминийсодержащую золу ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 30\%$) от сжигания бурых углей в котлоагрегатах заводской ТЭЦ полностью утилизируют в гидрогранатовом переделе, на узле термической каустификации соды;

- каустификацию оборотной соды с установки упаривания слабого высококонцентрированного раствора ведут через синтез алюмината натрия на основе Al_2O_3 угольной золы. Для этого смесь золы, соды, содового раствора и оборотного карбонатного продукта (CaCO_3) после регенерации трехкальциевого гидроалюмината (ТКГА) подвергают термической обработке при температуре 1000°C в вращательной печи;

- полученный твердый клинкер в составе $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaO}$ вводят в качестве активирующей добавки в пульпу автоклавного выщелачивания красного шлама.

- газовую смесь $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ узла каустификации полностью утилизируют на узле карбонизации щелочно-алюминатного раствора в гидрогранатовом переделе;

- регенерацию (ТКГА) ведут бикарбонатным раствором NaHCO_3 посредством агитационного выщелачивания твердой фазы в мешалках при температуре 90°C с получением щелочно-алюминатного раствора и карбонатного продукта CaCO_3 в твердом состоянии.

Разработанная Байер-гидрогранатовая технология и отдельные её переделы защищены 8 патентами РК [9-16].

Для испытания технологии в укрупненном масштабе на ОЭМП АО «ИМиО» создана опытная установка переработки кокतालских высокожелезистых бокситов по Байер-гидрогранатовой технологии с расчетной производительностью 50 кг боксита в час.

Опытная установка располагается на двух ярусах и занимает общую площадь 540 м^2 . Нулевой уровень - 450 м^2 и второй ярус на металлической площадке (+4 м) - 90 м^2 . Панорамный вид опытной установки приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Опытная установка на ОЭМП с общей площадью 540 м^2

Figure 3 – Experimental installation EMP with a total area of 540 м^2

На нулевом уровне установлена щековая дробилка Laarmann LMFC-250 (рисунок 4), измельчающая боксит до фракции 2 мм с производительностью до 160 кг в час.



Рисунок 4 – Опытная установка на ОЭМП. Дробилка Laarmann LMFC-250

Figure 4 – Experimental installation EMP. Laarmann Crusher LMFC-250

На нулевом уровне установлены бак подготовки горячей технологической воды емкостью 8 м^3 , реактор подготовки щелочного раствора объемом 5 м^3 и аппарат для декомпозиции алюминатных растворов объемом 10 м^3 (рисунок 5).



Рисунок 5 - Опытная установка на ОЭМП.

Слева – направо: бак горячей воды, реактор подготовки щелочного раствора, декомпозер.

Figure 5 – Experimental installation EMP. Left to right: hot water tank, alkaline solution preparation reactor, decomposer

На нулевом уровне размещены репульпаторы объемом $1,5 \text{ м}^3$ и емкость накопления сырой пульпы объемом $1,5 \text{ м}^3$ (рисунок 6).

Также на нулевом уровне размещены два автоклава из нержавеющей стали с рабочим объемом 500 литров (рисунок 7).



Рисунок 6 – Опытная установка на ОЭМП.
Емкости сбора гидроксида алюминия и сырой пульпы, репульпаторы

Figure 6 – Experimental installation EMP, Collection tank of aluminum hydroxide and raw pulp, repulperators



Рисунок 7 – Опытная установка на ОЭМП. Автоклавы объемом 500 литров

Figure 7 – Experimental installation EMP, The autoclave of 500 liters

Автоклавы могут работать при давлении 6,0 мПа и температуре 280 °С с перемешиванием пульпы импеллером через магнитную муфту. Для форсированного нагрева пульпы в автоклавах используются два нагревателя – нижний подогреваемый масляным теплоносителем (280 °С) и верхний – электрический, который регулирует и поддерживает температурный режим при достижении заданной температуры.

На втором ярусе опытной установки – металлической площадке (+4 м) расположены мельница мокрого помола с рабочим объемом 1 м³, выщелачиватель объемом 1,5 м³, два сгустителя объемом по 3 м³ и фильтр-пресс (рисунок 8).

Практически вся аппаратура опытной установки выполнена из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т.

Аппараты всех узлов опытной установки подключены к автоматической системе управления и контроля.



Рисунок 8 – Опытная установка на ОЭМП. Мельница мокрого помола, выщелачиватель, сгустители и фильтр-пресс

Figure 8 – Experimental installation EMP, wet grinding mill, Lixiviant, thickeners and filter press

В автоклавах после обработки красного шлама получается гидрогранатовый шлам, который брикетируется и поступает на выплавку первичного чугуна. В настоящее время опытная установка дооснащается печами, позволяющими проводить кальцинацию получаемого глинозема и проводить термообработку гидрогранатового шлама для получения чугуна.

Разработан ТЭР «Строительство завода по производству глинозема, мощностью 1 млн тонн в год в Костанайской области Республики Казахстан», согласно которому преимуществами новой технологии являются более высокие показатели по сравнению с действующим производством (в перерасчете на 1 тонну оксида алюминия):

- экономия расхода кальцинированной соды на 90% (10 кг против 107,9 кг);
- уменьшение затрат на условное топливо (УТ) на 35% (0,31 т УТ против 0,48 т УТ);
- снижение вредных примесей экологических выбросов в 2-3 раза (2132 нм³/т против 6480 нм³/т).

- возможность получения, наряду с металлургическим глиноземом, галлия, ванадия, и экологически безвредного гидрогранатового шлама, пригодного для получения чугуна, строительного материала и титансодержащего шлама;

- снижение капитальных затрат на строительство глиноземного завода мощностью 1,0 млн т в год на 25% (845,0 млн долл. США против 1 130,0 млн долл. США).

При проектной мощности глиноземного завода по безотходной Байер-гидрогранатовой технологии 1,0 млн. тонн глинозема в год выпуск сопутствующей продукции составит:

- галлий металлический 16,0 тонн;
- пентаоксид ванадия (V₂O₅) 413 тонн;
- гидрогранатовый шлам 1,57 млн. тонн, из которого получают:
- чугун – 378,0 тыс. тонн;
- цемент – 1 000,0 тыс. тонн;
- шлак (20,0 % оксида титана) в количестве 200,0 тыс. тонн.

Предлагается производство глинозема по модульной схеме (по 500 тыс. т глинозема в год), что обеспечивает эффективный запуск завода и возможность увеличения мощности.

Проводимые на опытной установке испытания необходимы для разработки Технологического регламента, по которому будет подготовлена Технико-экономическая оценка строительства глиноземного завода в Костанайской области и определена целесообразность внедрения Байер-гидрогранатовой технологии в производство.

Создание нового алюминиевого завода на основе разработанной технологии позволит увеличить объем производства глинозема для экспорта и внутреннего потребления – производства первичного алюминия, сплавов и проката в Казахстане.

Опытная установка может быть использована для технологического опробования руд новых месторождений и техногенных отходов, а также производственного обучения студентов, магистрантов и PhD – докторантов соответствующего профиля.

Выводы. По геологическим данным о сырьевой базе алюминиевой отрасли Республики Казахстан наиболее перспективным считается Коктальского месторождения железистых бокситов Центрально-Торгайского бокситоносного района Костанайской области.

Разработана и апробирована в лабораторных условиях безотходная Байер-гидрогранатовая технология, применимая для переработки высокожелезистых коктальских бокситов. Технология позволяет получить глинозем, чугуны, строительные силикатные материалы, концентрат титана, галлий и ванадий.

Для промышленного испытания данной Байер-гидрогранатовой технологии с расчетной производительностью 50 кг боксита в час на опытно-экспериментальном металлургическом производстве АО «ИМиО» создана опытная установка.

Опытная установка может быть использована для технологического опробования руд новых месторождений и техногенных отходов, а также производственного обучения студентов, магистрантов и PhD-докторантов соответствующего профиля.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Николаев И.В., Киров С.С., Воробьев И.Б., Захарова В.И., Богатырев Б.А., Магазина Л.О. Применимость гидрогранатовой технологии для комплексной переработки индийских кондалитов // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2011. – № 2. – С. 21-26.

[2] Power G., Grafe M., Klauber C. Bauxite residue issues: I. Current management, disposal and storage practices // Hydro-metallurgy. – 2011. – № 108. – P. 33-45.

[3] Бектурганов Н.С., Абишева З.С., Абдулвалиев Р.А., Тастанов Е.А., Ахмедов С.Н., Медведев В.В., Гладышев С.В. Перспективы расширения сырьевой базы алюминиевой промышленности Казахстана // Матер. междунауч. конф. «Ресурсосберегающие технологии в обогащении руд и металлургии цветных металлов». – Алматы, 2015. – С. 180-183.

[4] Габитов Р.К., Джумабаев К.С., Киселев А.Л., Каббо М.Д. Месторождения алюминия Казахстана: Справочник. Редакция журнала «Минеральные ресурсы Казахстана». – Алматы, 1997. – 94 с.

[5] Ибрагимов А.Т., Будон С.В. Развитие технологии производства глинозема из бокситов Казахстана. – Павлодар, 2010. – 299 с.

[6] Бекжанов Г.Р., Мазуров А.К., Нурлыбаев А.Н., Поднебесный Г.П., Курмангалиева Р.Г. Сырьевая база алюминиевой промышленности Казахстана. – Алматы: Академия минеральных ресурсов РК, 2002. – 63 с.

[7] Abdulvaliyev R.A., Tastanov E.A., Medvedev V.V., Akhmedov S.N. Technology for the processing of low-quality iron bauxites from Kazakhstan deposits // The 32nd International Conference of ICSOBA on New Challenges of Bauxite, Alumina & Aluminium Industry and Focus on China. Zhengzhou. – 2014. – P. 28.

[8] Азизов Т.М., Власов В.И. Справочник «Бассейны и месторождения углей и горючих сланцев Казахстана». – Алматы, 1997. – 112 с.

[9] Пат. 25870 РК. Способ переработки алюминатных растворов / Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Ковзаленко В.А. и др.; опубл. 15.12.14.

[10] Пат. 27751 РК. Электролизер для извлечения галлия из алюмощелочных растворов / Бектурганов Н.С., Мылтыкбаева Л.А., Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Тастанов Е.А., Бейсембекова К.О.; опубл. 15.10.15.

[11] Пат. 25938 РК. Способ переработки красного шлама / Абдулвалиев Р.А., Бейсембекова К.О., Гладышев С.В., Ковзаленко В.А., Ибрагимов А.Т., Сабитов А.Р., Тастанов Е.А.; опубл. 15.07.15.

[12] Пат. 26396 РК. Способ электроосаждения галлия из щелочных растворов / Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Ковзаленко В.А., Ибрагимов А.Т., Сабитов А.Р., Бейсембекова К.О., Садыков Н.М.-К.; опубл. 15.05.15.

[13] Пат. 26717 РК. Способ гидрогранатовой переработки красного шлама / Бектурганов Н.С., Мылтыкбаева Л.А., Тастанов Е.А., Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Бейсембекова К.О.; опубл. 15.06.15.

[14] Пат. 27031 РК. Способ гидрогранатовой переработки красного шлама / Бектурганов Н.С., Мылтыкбаева Л.А., Тастанов Е.А., Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Бейсембекова К.О.; опубл. 15.07.2015 г.

[15] Пат. 27264 РК. Способ гидрогранатовой переработки красного шлама / Бектурганов Н.С., Мылтыкбаева Л.А., Тастанов Е.А., Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Бейсембекова К.О.; опубл. 15.07.15.

[16] Пат. 30113 РК. Способ переработки низкокачественных железистых бокситов по Байер-гидрогранатовой технологии / Бектурганов Н.С., Мылтыкбаева Л.А., Абишева З.С., Абдулвалиев Р.А., Тастанов Е.А., Гладышев С.В.; опубл. 15.08.16.

REFERENCES

[1] Nikolaev I.V., Kirov S.S., Vorob'ev I.B., Zakharova V.I., Bogatyrev B.A., Magazina L.O. Primenimost' gidrogranatovoj tekhnologii dlya kompleksnoj pererabotki indijskikh kondalitiv // Izvestiya vuzov. TSvetnaya metallurgiya. 2011. N 2. P. 21-26 (in Russ.).

[2] Power G., Grafe M., Klauber C. Bauxite residue issues: I. Current management, disposal and storage practices // Hydro-metallurgy. 2011. N 108. P. 33-45.

- [3] Bekturganov N.S., Abisheva Z.S., Abdulvaliev R.A., Tastanov E.A., Akhmedov S.N., Medvedev V.V., Gladyshev S.V. Perspektivy rasshireniya syr'evoy bazy alyuminievoj promyshlennosti Kazakhstana // Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii «Resursosberegayushhie tekhnologii v obogashhenii rud i metallurgii tsvetnykh metallov». Almaty, 2015. P. 180-183 (in Russ.).
- [4] Gabitov R.K., Dzhumabaev K.S., Kiselev A.L., Kabbo M.D. Mestorozhdeniya alyuminiya Kazakhstana. Spravochnik. Redaktsiya zhurnala «Mineral'nye resursy Kazakhstana». Almaty, 1997. 94 p. (in Russ.).
- [5] Ibragimov A.T., Budon S.V. Razvitie tekhnologii proizvodstva glinozema iz boksitov Kazakhstana. Pavlodar, 2010. 299 p. (in Russ.).
- [6] Bekzhanov G.R., Mazurov A.K., Nurlybaev A.N., Podnebesnyj G.P., Kurmangalieva R.G. Syr'evaya baza alyuminievoj promyshlennosti Kazakhstana. Almaty: Akademiya mineral'nykh resursov RK, 2002. 63 p. (in Russ.).
- [7] Abdulvaliyev R.A., Tastanov E.A., Medvedev V.V., Akhmedov S.N. Technology for the processing of low-quality iron bauxites from Kazakhstan deposits // The 32nd International Conference of ICSOBA on New Challenges of Bauxite, Alumina & Aluminium Industry and Focus on China. Zhengzhou. 2014. P. 28.
- [8] Azizov T.M., Vlasov V.I. Spravochnik «Bassejny i mestorozhdeniya uglej i goryuchikh slantsev Kazakhstana». Almaty, 1997. P. 112 (in Russ.).
- [9] Pat. 25870 KZ. Abdulvaliev R.A., Gladyshev S.V., Kovzalenko V.A., Ibragimov A.T., Sabitov A.R., Tastanov E.A. 15.12.14. (in Russ.).
- [10] Pat. 27751 KZ. Bekturganov N.S., Myltykbaeva L.A., Abdulvaliev R.A., Gladyshev S.V., Tastanov E.A., Beisembekova K.O. 15.10.15. (in Russ.).
- [11] Pat. 25938 KZ. Abdulvaliev R.A., Beisembekova K.O., Gladyshev S.V., Kovzalenko V.A., Ibragimov A.T., Sabitov A.R., Tastanov E.A. 15.07.15. (in Russ.).
- [12] Pat. 26396 KZ. Abdulvaliev R.A., Gladyshev S.V., Kovzalenko V.A., Ibragimov A.T., Sabitov A.R., Beisembekova K.O., Sadykov N.M.-K. 15.05.15. (in Russ.).
- [13] Pat. 26717 KZ. Bekturganov N.S., Myltykbaeva L.A., Tastanov E.A., Abdulvaliev R.A., Gladyshev S.V., Beisembekova K.O. 15.06.15. (in Russ.).
- [14] Pat. 27031 KZ. Bekturganov N.S., Myltykbaeva L.A., Tastanov E.A., Abdulvaliev R.A., Gladyshev S.V., Beisembekova K.O. 15.07.2015. (in Russ.).
- [15] Pat. 27264 KZ. Bekturganov N.S., Myltykbaeva L.A., Tastanov E.A., Abdulvaliev R.A., Gladyshev S.V., Beisembekova K.O. 15.07.15. (in Russ.).
- [16] Pat. 30113 KZ. Bekturganov N.S., Myltykbaeva L.A., Abisheva Z.S., Abdulvaliev R.A., Tastanov E.A., Gladyshev S.V. 15.08.16. (in Russ.).

**Б. К. Кенжалиев, Е. И. Кульдеев, Р. А. Абдулвалиев, В. А. Позмогов,
К. О. Бейсембекова, С. В. Гладышев, Е. А. Тастанов**

Металлургия және кен байыту институты, Алматы, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАН АЛЮМИНИЙ САЛАСЫНЫҢ БОЛАШАҚ ДАМУЫ

Аннотация. Мақалада Қазақстан Республикасы алюминий саласының шикізат базасы жөнінде мәліметтер, перспективті Көктал бокситі кен орны жайлы ақпарат және темірлі көктал бокситтерін өңдейтін жаңа Байер-гидрогранатты технологиясын жасаудағы зерттеулер нәтижелері келтірілген. Қостанай облысы Орталық-Торғай бокситті ауданының Көктал темірлі бокситтер кен орнына талдау жасалды. Ресурстар болжамы бойынша кен орнының қоры: С₂ санаты бойынша – 77,5 млн т, Р₁ санаты бойынша - 124,06 млн. т және С₂+Р₁ = 201,60 млн т құрайды. Жалпы кен орнының болжамды ресурстары 300-310 млн тонна. Бокситтер құрамындағы алюминий тотығының 40 %, кремний тотығының 4-8 %, темір тотықтарының 22-25 %, титан тотығының 4,7 %-ға дейін, скандийдің (10-30 г/т), галлийдің (5-30 г/т) және ванадийдің (10-150 г/т) болуы кеннің кешенді сипатын және осы компоненттерді толық өндеп алуға болатын заманауи технологияны жасау керектігін көрсетеді. Көктал темірлі бокситтерін қалдықсыз өңдейтін Байер-гидрогранатты технологиясы жасалды. Технология бойынша глиноземмен бірге, шойын, құрылыс материалдары, титан концентратын, галлий мен ванадий алуға болады. Зауыт жылу электр станциясының жанған көмір күлі толық қолданылады. Технологияны ірілендірген, ауқымды көлемде сынау мақсатында Metallургия және кен-байыту институты акционерлік қоғамдастығының тәжірибелік-эксперименталдық металлургия өндірісінде көктал темірлі бокситін Байер-гидрогранатты технологиясымен өңдеуге болатын, өнімділігі сағатына 50 кг тәжірибелік қондырғы құрылды.

Түйін сөздер: темірлі боксит, қызыл шлам, тәжірибелік қондырғы, жабдық, Байер-гидрогранатты технология, глинозем өндірісі.

Сведения об авторах:

Абдулвалиев Р. А. – зав. лабораторией глинозема и алюминия АО «ИМиО», e-mail: rin-abd@mail.ru

Позмогов В. А. – с.н.с. той же лаборатории, e-mail: vpozmogov@mail.ru

Бейсембекова К.О. – м.н.с. той же лаборатории, e-mail: k.o.beisembekova@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/e4ditors/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 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 06.06.2017.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

18,9 п.л. Тираж 300. Заказ 3.