

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2021 • 4

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944



ALMATY, NAS RK

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

Редакция алқасы:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич (бас редактордың орынбасары), медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 23

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері (Дэчон, Корея) Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі (Санкт-Петербург, Ресей) Н = 14

ЛОКШИН Вячеслав Нотанович, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш Республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Ақушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі (Чебоксары, Ресей) Н = 23

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры (Карачи, Пәкістан) Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ) Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н = 26

РОСС Самир, Ph.D, Миссисипи университетінің Фармация мектебі өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу орталығының профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 26

МАЛЬМ Анна, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша) Н = 22

ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре, Ph.D (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) Н = 27

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология; физикалық және химиялық ғылымдар.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич (заместитель главного редактора), доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 11

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан) Н = 23

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея) Н = 34

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан) Н = 12

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия) Н = 14

ЛОКШИН Вячеслав Нотанович, академик НАН РК, доктор медицинских наук, профессор, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан) Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия) Н = 23

ФАРУК Асана Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США) Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия) Н = 26

РОСС Самир, доктор Ph.D, профессор Школы фармации Национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 26

МАЛЬМ Анна, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша) Н = 22

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (Ph.D, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия) Н = 27

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 Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии и медицины; физические и химические науки.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров

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

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemistry, Professor, Academician of NAS RK, President of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) H = 4

Editorial board:

BENBERIN Valery Vasilievich, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 11

RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich, Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan) H = 23

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

SANG-SOO Kwak, Ph.D in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB) (Daecheon, Korea) H = 34

BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan) H = 12

ABIYEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) H = 14

LOKSHIN Vyacheslav Notanovich, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan) H = 8

SEMENOV Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia) H = 23

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) H = 21

TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA) H = 27

CALANDRA Pietro, Ph.D in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy) H = 26

ROSS Samir, Ph.D, Professor, School of Pharmacy, National Center for Scientific Research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 26

MALM Anna, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland) H = 22

OLIVIERRO ROSSI Cesare, Ph.D in Chemistry, Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy) H = 27

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

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 periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine; physical and chemical sciences.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 4, Number 338 (2021), 150 – 157

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1483.72>

УДК: 544.4; 666.122; 574.56; 536.7

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж.*, Пономарева Е.А., Байракова О.С., Головченко О.Ю.

ТОО «НПТЦ «Жалын», Алматы, Казахстан.

E-mail: alibek_090@mail.ru

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОРНОГО
АНГИДРИДА АЛЮМИНИЕМ

Аннотация. Произведены термодинамические расчеты получения боридов алюминия в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) с использованием Al и B_2O_3 в качестве сырья. Результаты расчетов показали, что адиабатическая температура составляет 2365 К, свободная энергия Гиббса реакции восстановления борного ангидрида меньше 0 и, следовательно, процесс может протекать в самопроизвольном режиме, что согласуется с результатами эксперимента.

Проведены исследования влияния факторов на кинетические характеристики синтеза боридов алюминия.

Исследовано влияние гранулометрического состава компонентов на скорость СВС процесса, количества восстановителя и подогревающей добавки на скоростной режим горения, а также влияние флюсующих добавок на процесс фазоразделения.

Рассчитан состав шихты. Исследовано влияние предварительной подготовки компонентов шихты методом механоактивации на кинетические характеристики процесса, температуру горения шихты и выход сплава. Скорость процесса горения и температура при различных факторах (крупность шихтовых материалов, количество восстановителя, подогревающей добавки, флюсов) измерена термпарным способом с помощью двухканального USB осциллографа Acute TS2212F.

Произведен расчет термодинамических величин и адиабатической температуры, подтверждающих протекание процесса восстановления борного ангидрида алюминием в самопроизвольном режиме со смещением равновесия в сторону образования боридов алюминия. Рассчитана необходимая теплоты процесса.

Экспериментально исследованы закономерности горения системы B_2O_3 – Al при внепечном алюминотермическом способе. Установлено влияние различных факторов: крупность исходных компонентов, количество флюсующих и подогревающих добавок, способ подготовки сырья, на параметры процесса – кинетику, необходимую теплоту, температуру, выход целевого компонента.

Установлена зависимость масштабного фактора на практический выход сплава.

В результате проведенной работы определены оптимальные параметры процесса, обеспечивающие хорошее фазоразделение продуктов реакции и выход сплава.

Ключевые слова: СВС, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, адиабатическая температура.

Введение. Термодинамический анализ в металлургических процессах используется для изучения путей совершенствования существующих и разработки новых технологических операций. Он позволяет определить оптимальные условия (температуру, давление, состав реагирующих фаз), при которых будет достигнут необходимый результат [1].

При помощи термодинамических расчетов находят направление физико-химических процессов, содержание веществ в реагирующих фазах в состоянии равновесия, оптимальные условия, обеспечивающие получение продукта с заданными свойствами. Результаты термодинамического анализа не зависят от масштабного фактора. Это означает, что сведения о термодинамике про-

цесса, полученные в лабораторных условиях, с определенной корректировкой можно использовать для расчета равновесий реакций, протекающих в промышленных агрегатах.

Существенное улучшение традиционных материалов и создание новых, способных работать в экстремальных условиях (высокие температуры, напряжения, скорости) и обладающих сложным комплексом технических и физико-химических свойств, обеспечивают тугоплавкие соединения. К таким соединениям относятся бориды, в частности, бориды алюминия.

Разработка и реализация новых подходов к получению легких сплавов, обладающих эксплуатационными и прочностными характеристиками, обеспечивают повышенную энергетическую эффективность и пониженную нагрузку на окружающую среду.

В проводимой работе исследован алюминотермический способ получения боридов алюминия из борного ангидрида в режиме СВС, позволяющий получать материалы и сплавы заданного состава за счет высоких энергий экзотермических реакций – основы СВС.

Для разработки этой технологии проведены расчеты, дающие оценку возможности получения боридов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Материалы и методы. Технология получения материалов методом СВС базируется на ряде операций порошковой металлургии и сводится к трем основным стадиям: подготовка материалов для СВ-синтеза; собственно, СВ-синтез; переработка полученного продукта.

Определение условий и параметров проведения подготовки сырья для синтеза и самого СВ-синтеза играют важную роль в получении целевого продукта с заданными свойствами.

Главным требованием к структуре исходной системы является обеспечение условий для эффективного взаимодействия реагентов. Условиями подбора компонентов исходной системы являются экзотермичность взаимодействия компонентов и обеспечение составом системы необходимых температурно-скоростных параметров.

Основным критерием оценки кинетики реакции является скорость химической реакции. Скорость горения шихты – один из определяющих параметров, влияющих на показатели алюминотермического процесса.

Исследование скорости реакций восстановления, определяющих ее факторов, изыскание способов ее регулирования является важным аспектом алюминотермии.

Необходимым средством управления скоростью металлотермических реакций является регулирование крупности компонентов реакционной смеси, состава и плотности смеси, температуры процесса и содержание в смеси разного рода добавок, ускоряющих или стабилизирующих процесс [8].

Скорость химической реакции определяется количеством веществ, прореагировавших за единицу времени в единице объема (в случае гомогенных реакций, когда реагирующие вещества находятся в одной фазе) или на единице поверхности раздела фаз (в случае гетерогенных реакций, когда вещества находятся в различных фазах) [8].

В настоящих исследованиях для оценки скорости использовался метод измерения линейной скорости термометрическим способом.

Скорость процесса СВС и температура, зависят от ряда параметров: термодинамических – начальная температура процесса, состав исходной смеси, теплота образования конечных продуктов синтеза; физических – плотность образца, теплопроводность исходной смеси, форма и размер частиц компонентов, наличие внешних воздействий; технологических – равномерность перемешивания компонентов шихты, степень активации порошков; химических – влажность порошкообразных компонентов, концентрация адсорбированных в них примесей и растворенных газов [8].

Синтез диборида алюминия из борного ангидрида проводился алюминотермическим способом в режиме СВС. Исходными компонентами являлись триоксид бора и алюминий в виде порошков.

Известно, что процесс восстановления при металлотермических реакциях ускоряется с измельчением компонентов шихты, то есть по мере увеличения поверхности восстановителя [6].

Степень измельчения шихтовых материалов является одним из важнейших факторов, определяющих показатели внепечной плавки. Использование восстановителя различной крупности может изменять не только скорость проплавления шихты, но и выход целевого продукта. Как показывает практика производства металлов и сплавов внепечным алюминотермическим способом, что для трудно восстанавливаемых элементов, таких как Ti, Si, Cr, Zr, B, V и др., размер частиц оксидов не должен превышать 0,5 мм. Размер же алюминиевого порошка выбирается в зависимости от крупности оксидов и условий проведения процесса [8].

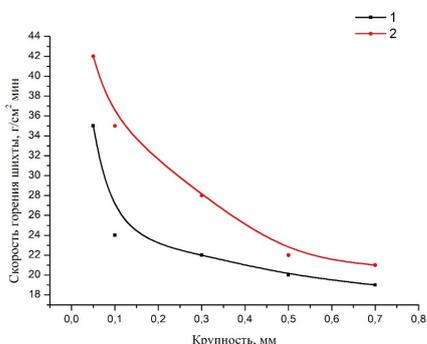
Для максимального развития восстанови-

тельных реакций размер восстановителя должен выбираться таким образом, чтобы после смешивания шихтовых материалов в каждой элементарной части шихты, вступающей в реакцию, компоненты находились в стехиометрическом соотношении (с учетом коэффициента восстановимости оксидов). Соотношение между крупностью оксидов и восстановителя определяется как условиями, обеспечивающими наиболее равномерное смешивание шихты (что выполнимо при использовании частиц одинаковой крупности), так и соотношение их грамм-эквивалентных объемов. Для большинства оксидов, имеющих значение для алюминотермических процессов, грамм-эквивалентный объем превышает грамм-эквивалент алюминия в 1,5-2 раза. В таблице 1 Приложение А приведены соотношения грамм-эквивалентных объемов некоторых трудно восстанавливаемых оксидов [8].

Если принять, что зерна компонентов шихты имеют сферическую форму, диаметр частиц алюминия при стехиометрическом соотношении компонентов должен находиться в пределах 0,8-0,9 диаметра зерна восстанавливаемого оксида [8].

Следовательно, наиболее полного протекания алюминотермического восстановления можно ожидать при использовании оксидов и восстановителя близкой крупности.

Исходя из принятой крупности оксидной части шихты, размер восстановителя должен подбираться равным размеру оксидов только в том случае, когда это обеспечивает необходимые условия для нормальной скорости проплавления шихты. На рисунке 1 приведена зависимость скорости горения шихты от крупности восстановителя.



- 1 – выплавка металлического хрома;
- 2 – выплавка металлического ванадия

Рисунок 1. – Зависимость скорости проплавления шихты от крупности алюминия при стехиометрическом соотношении компонентов

Увеличение крупности восстановителя приводит к снижению скорости процесса горения. Однако чрезмерное измельчение шихтовых материалов может отрицательно сказываться на показателях процесса, так как крупность восстановителя влияет не только на скорость процесса, но и на выход сплава [8]. Переизмельчение восстановителя приводит к снижению выхода целевого компонента в результате того, что образующиеся мелкие корольки расплава «запутываются» в шлаке.

На практике оптимальная крупность восстановителя, как правило, определяется экспериментальным путем.

Для определения скорости горения шихты для получения диборида алюминия использовалась стальная труба с заваренным дном в виде стакана. На боковой поверхности по вертикали были просверлены отверстия на расстоянии 5 см для термопар. Поджиг проводился сверху электроимпульсом, подаваемым на нихромовую спираль через ЛАТР. Для фиксации скорости горения использовались хромель-алюмелевые термопары. Сигнал от термопары записывался на двухканальном USB осциллографе Acute TS2212F.

Результаты и обсуждения. В этом разделе показаны результаты термодинамических расчетов и расчет адиабатической температуры. Для многокомпонентных систем путем термодинамических расчетов можно установить порядок и степень преимущественного восстановления или окисления входящих в состав элементов.

Для расчетов используются следующие термодинамические величины [2]:

Энтальпия (H) – характеризует энергетическое состояние вещества, но включает энергию, затрачиваемую на преодоление внешнего давления;

Энтропия (S) – критерий самопроизвольности протекания процесса, зависящий только от состояния системы и скорости процесса;

Свободная энергия или энергия Гиббса (G) – отражает влияние на направление протекания процесса, как тенденции к уменьшению внутренней энергии, так и тенденции к достижению наиболее вероятного состояния системы;

Теплоемкость (C_p) – при постоянном давлении отражает отношение количества теплоты, сообщаемой системе, к соответствующему изменению температуры;

Константа равновесия (K_p) – дает количественную оценку равновесия системы. Если численное значение K_p велико, то равновесие смещено в сторону образования продуктов

реакции, если мало – то в смеси преобладают исходные вещества. С возрастанием температуры для экзотермических реакций K_p уменьшается, для эндотермических реакций – увеличивается.

Все вышеперечисленные функции имеют большое значение для металлургических процессов. Они дают возможность предсказать направление процесса, позволяют оценить осуществление и полноту протекания той или иной реакции в определенных условиях, образование того или иного продукта.

Основные расчетные формулы при заданной температуре:

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} - \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p \cdot dT \quad (1)$$

$$\Delta S_{T_2} = \Delta S_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta C_p}{T} dT \quad (2)$$

$$\Delta G_{T_2} = \Delta H_{T_1} - \Delta S_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p \cdot dT - \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta C_p}{T} dT \quad (3)$$

При отсутствии справочных данных по коэффициентам теплоемкости, теплоемкость для конкретной температуры считается по формуле Владимирова А.Н. [3]:

$$C_p = \left(\frac{dH}{dT} \right)_p, \quad (4)$$

где $T_1 = 298 \text{ K}$

$$\lg K_{p, \text{хпт}} = -\frac{\Delta G_{\text{хпт}}}{2,3RT}, \quad (5)$$

где $R = 8,314$.

Для многих веществ температурные зависимости теплоемкости, изменение энтальпии и энтропии при стандартных условиях ($T=298 \text{ K}$, $P_{\text{общ}} = 1 \text{ атм}$) приведены в справочниках. В таблице 1 сведены стандартные термодинамические величины для реакции восстановления борного ангидрида алюминием:



Таблица 1 – Стандартные термодинамические величины [4]

Вещество	ΔH_{298} , кДж/моль	ΔS_{298} , Дж/(К·моль)	ΔG_{298} , кДж/моль	C_p , Дж/(К·моль)
Al	0	28,35	0	24,35
B_2O_3	-1254,00	80,80	1193,80	62,76
Al_2O_3	-1675,70	50,92	-1576,40	15,76
AlB_2	-151,00	34,70	-509,67	43,60

Эти справочные данные были использованы для термодинамических расчетов.

Расчет термодинамических функций для реакции (6) производили по следующим формулам:

$$\Delta H_p = \sum \Delta H_{\text{пр}} - \sum \Delta H_{\text{исх}} \quad (7)$$

$$\Delta S_p = \sum \Delta S_{\text{пр}} - \sum \Delta S_{\text{исх}} \quad (8)$$

$$\Delta C_p = \sum \Delta C_{\text{пр}} - \sum \Delta C_{\text{исх}} \quad (9)$$

$$\Delta G_p = \Delta H_p - T \Delta S_p \quad (10)$$

Стандартное изменение энергии Гиббса связано с константой равновесия реакции уравнением:

$$\Delta G^0 = -2,3RT \lg K_p, \text{ или } \Delta G_{298}^0 = -2,3RT \lg K_{298} \quad (11)$$

$$\lg K_p = -\frac{\Delta G}{5,71} \quad (12)$$

Пример расчета термодинамических функций при стандартных условиях ($T=298 \text{ K}$, $P_{\text{общ}} = 1 \text{ атм}$) по уравнениям (7-10, 12) с использованием данных, представленных в таблице 1:

$$(-151,00 + (-1675,70)) - (-1254,00 + 0) = -572,70 \text{ кДж/моль};$$

$$50,92 + 34,70 - 80,80 - 3 \cdot 28,35 = -80,23 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)};$$

$$15,76 + 43,60 - 62,76 + 3 \cdot 24,35 = -76,45 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)};$$

$$-572,70 - 298 \cdot (-80,23) = -548,79 \text{ кДж/моль};$$

$$-548,79/5,71 = 96,31$$

По результатам произведенных расчетов построены графические зависимости изменения термодинамических функций от температуры в интервале 500-1900 К. Эти данные были сопоставлены с расчетами, полученными благодаря HSC Chemistry – программному комплексу, предназначенному для моделирования равновесных термодинамических состояний и процессов на персональном компьютере.

На рисунке 2 представлена зависимость изменения энтальпии от температуры.

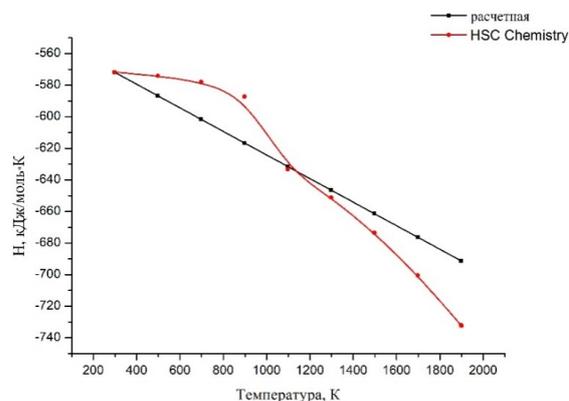


Рисунок 2. – Изменение энтальпии от температуры

С повышением температуры энтальпия уменьшается, что свидетельствует об экзотермичности реакции, следовательно, процесс будет протекать самопроизвольно в сторону образования борида алюминия только при значении S_0 .

Энтропия, являясь функцией состояния термодинамической системы, а также количественной мерой ее беспорядка, с увеличением температуры уменьшается за счет уменьшения хаотичности движения частиц и, как следствие, уменьшение беспорядочности термодинамической системы [3]. На рисунке 3 представлена зависимость изменения энтропии от температуры.

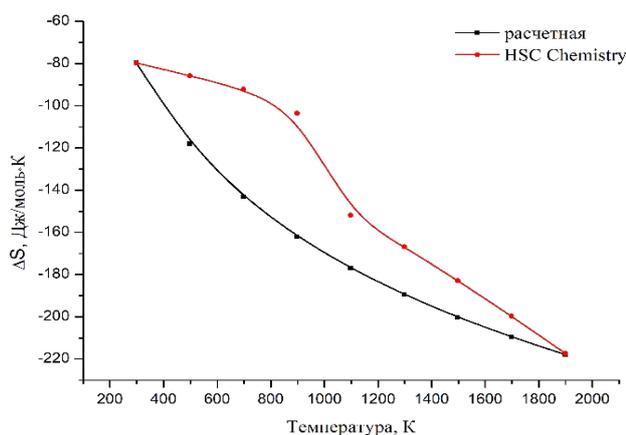


Рисунок 3. – Изменение энтальпии от температуры

Из выражения (10) следует, что с повышением температуры увеличивается влияние энтропии на направление процесса. При низких температурах основное влияние на процесс оказывает изменение энергии системы

Температурная зависимость энергии Гиббса представлена на рисунке 4

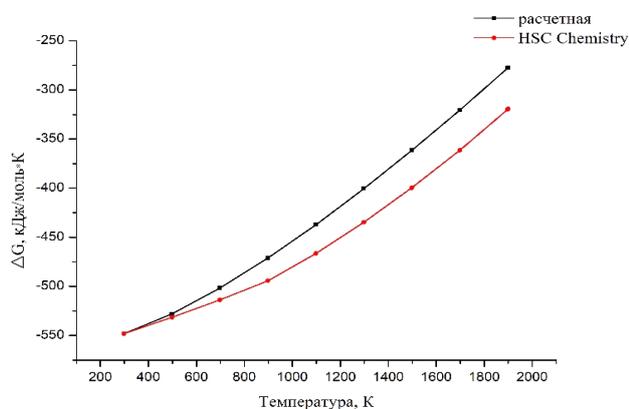


Рисунок 4. – Зависимость энергии Гиббса от температуры

Качественно предвидеть положение равновесия позволяет знак и величина ΔG . На графике зависимости энергии Гиббса видно, что

с повышением температуры величина энергии Гиббса возрастает, что подтверждает самопроизвольный режим восстановления борного ангидрида в сторону образования борида алюминия.

Количественным критерием равновесия химической реакции является константа равновесия реакции K_p . На рисунке 5 представлена температурная зависимость K_p .

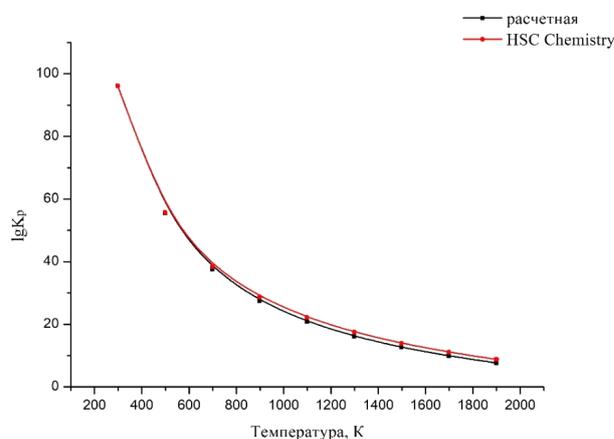


Рисунок 5. – зависимость изменения константы равновесия от температуры

В интервале рассматриваемых температур $K_p > 1$, что также подтверждает заключение о смещении равновесия реакции в сторону образования борида алюминия и алюминотермического шлака.

Все кривые, построенные по данным HSC Chemistry, повторяют характер изменений расчетных данных с некоторыми отклонениями за счет термодинамики фазовых и структурных переходов, учтенных компилятивной базой HSC Chemistry.

Из анализа и сравнения результатов расчетов и графических зависимостей термодинамических функций видно, что процесс восстановления борного ангидрида алюминием протекает в самопроизвольном режиме со смещением равновесия в сторону образования боридов алюминия.

Расчет адиабатической температуры. Температура горения является одной из наиболее важных характеристик горения гетерогенных конденсированных систем. Для оценки температуры горения гетерогенных систем широко применяются расчетные методы [5].

При расчете температур горения обычно используется допущение об адиабатичности процессов, протекающих при горении. Вычисляемые таким образом температуры являются верхней оценкой, истинные же температуры горения – ниже адиабатических, вследствие тепловых потерь в окружающую среду.

Адиабатическая температура является важным термодинамическим параметром, описывающим характеристики реакции синтеза горения (СВС). Мержанов А.Г. и др. выдвинули следующий эмпирический критерий, то есть только при $T_{ad} \approx 1800$ К, реакция СВС может быть самодостаточной [6].

Расчет адиабатической температуры производили энтальпийным методом, двигаясь по так называемым «критическим точкам» температурной оси – температурам полиморфных и фазовых переходов продуктов реакции горения. Когда температура лимитируется теплотой сгорания зависимость определяется уравнением [7]:

$$Q = \Delta H_i + \sum_{i=1}^n \xi_i \int_{T_i}^{T_a} c_p dT \quad (13)$$

где – искомая адиабатическая температура; – левая граница рассматриваемого температурного

интервала; – тепло, поглощенное продуктами реакции в диапазоне температур 298–; – стехиометрические коэффициенты перед продуктами реакции горения; – количество продуктов реакции горения.

Решение уравнения (13) можно получить графическим или аналитическим методом. Графическое решение заключается в построении зависимости поглощаемого тепла от температуры в заданном интервале. Искомая адиабатическая температура определяется интерполяцией значения теплового эффекта реакции на полученную кривую.

Критическими температурами, согласно термодинамическим характеристикам продуктов реакции, представленных в таблице 2, являются: 2300 и 2500 К

Таблица 2 – Термодинамические характеристики борида алюминия и оксида алюминия

Вещество	$-\Delta H_{298}$, кДж/моль	Фазовое состояние	$T_{пр}$, К	$\Delta H_{пр}$, ккал/моль	Коэффициенты уравнения $C_p = a + b \cdot T + d \cdot T^2$			Интервал температур, К
					a	$b \cdot 10^3$	$d \cdot 10^{-5}$	
AlB_2	151,00	тв.	1240	-	33,58	49,23	-	298-1240
Al_2O_3	1675,60	тв.	2300	-	109,36	18,37	30,43	298-2300
		ж	Разл.	109,00	138,00	-	-	2300-2500

Расчет энтальпии продуктов реакции производили по температурным интервалам и критическим точкам.

$$\begin{aligned} & (2300 - 298) \cdot (109,36 + 18,37 \cdot 0,001 \cdot (2300 + 298) \cdot 1/2 - 30,43 \cdot 100000 / (298 \cdot 2300)) + (2300 - 298) \cdot (33,58 + 49,23 \cdot 0,001 \cdot (2300 + 298) \cdot 1/2) = \\ & 453,08 \text{ кДж}; \\ & == 453,08 + 109,00 = 562,08 \text{ кДж}; \\ & (2500 - 2300) \cdot 138,00 + (2500 - 2300) \cdot (33,58 + 49,23 \cdot 0,001 \cdot (2500 - 2300) \cdot 1/2) = 35,30 \text{ кДж}; \\ & == 562,08 + 35,30 = 597,38 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Таким образом, при нагревании продуктов реакции до 2500 К изменение энтальпии составило 597,38 кДж.

Далее для определения адиабатической температуры в первом приближении использовался графический способ (рисунок 6). Теплота реакции восстановления борного ангидрида (6) по расчетной формуле (7) составила 572,7 кДж или 136,7 ккал, интерполяцией которой определили величину адиабатической температуры. Расчетная адиабатическая температура процесса составила 2362 К.

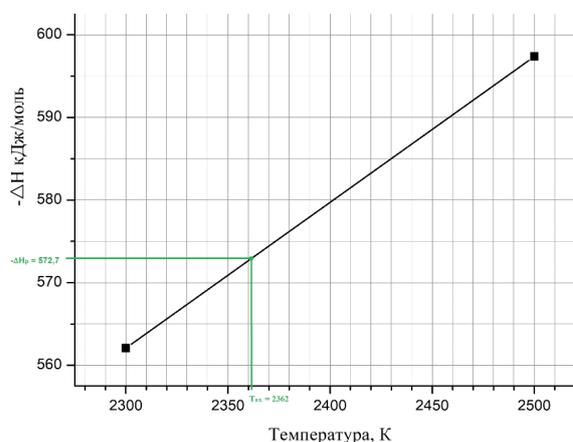


Рисунок 6. – Оценка адиабатической температуры графическим методом

Заключение. Таким образом, проведенные термодинамические расчеты получения AlB_2 с использованием Al и B_2O_3 в качестве сырья показали, что процесс протекает в самопроизвольном режиме. Рассчитанные результаты согласуются с фактическими результатами испытаний.

Благодарность. Данное исследование выполнено при поддержке Министерства образования

и науки Республики Казахстан в рамках гранта ИРН АР08857190 «Создание безотходной, высокоэнергетической технологии получения целевых материалов для машиностроения за счет тепла экзотермических реакций реагирующих веществ методом СВС».

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж. *, Пономарева Е.А., Байракова О.С., Головченко О.Ю.

ТОО «НПТЦ «Жалын», Алматы, Казахстан.

E-mail: alibek_090@mail.ru

БОР АНГИДРИДІН АЛЮМИНИЙМЕН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕРІ

Аннотация. Термодинамикалық есептеулер шикізат ретінде Al және B₂O₃ қолданатын өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез (SHS) режимінде алюминий боридін алу үшін жасалған. Есептеу нәтижелері адиабаталық температура 2365 К, бор ангидридін тотықсыздану реакциясының Гиббс бос энергиясы 0 -ден төмен екенін көрсетті, демек, процесс стихиялық режимде жүре алады, бұл тәжірибе нәтижелеріне сәйкес келеді.

Алюминий боридтері синтезінің кинетикалық сипаттамаларына факторлардың әсері туралы зерттеулер жүргізілді.

Компоненттердің гранулометриялық құрамының өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез процесінің жылдамдығына, тотықсыздандырғыш пен қыздырғыш қоспаның мөлшерінің жану жылдамдығына әсері, сонымен қатар флюсті қоспалардың фазаларды бөлу процесіне әсері зерттелді.

Зарядтың құрамы есептелді. Шихта компоненттерін механикалық белсендіру әдісімен алдын ала дайындаудың процестің кинетикалық сипаттамаларына, шихтаның жану температурасына және қорытпаның шығымына әсері зерттелген. Түрлі факторлардың (зарядтың мөлшері, тотықсыздандырғыштың мөлшері, қыздыру қоспасы, ағындар) термобекіткіш әдіспен acute TS2212F екі арналы USB осциллографы арқылы өлшенді.

Термодинамикалық шамалар мен адиабатикалық температура есебі жүргізілді, бұл тепе-теңдікті алюминий боридтерінің түзілуіне қарай жылжыта отырып, өздігінен режимде бор ангидридін алюминиймен қалпына келтіру процесінің жүруін растайды. Процестің қажетті жылуы есептелді.

Пештен тыс алюминотермиялық әдісте B₂O₃ - Al жүйесінің жану заңдылықтары эксперименталды түрде зерттелді. Бастапқы құрамдас бөліктердің мөлшері, флюсті және қыздыру қоспаларының мөлшері, шикізатты дайындау әдісі, процестің параметрлеріне - кинетика, қажетті жылу, температура, шығымдылық, мақсатты компонент сияқты әртүрлі факторлардың әсері анықталды.

Масштабты фактордың қорытпаның практикалық шығысына тәуелділігі анықталды.

Жүргізілген жұмыс нәтижесінде реакция өнімдерінің жақсы фазалық бөлінуін және қорытпаның шығуын қамтамасыз ететін процестің оңтайлы параметрлері анықталды.

Түйін сөздер: өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез, энтальпия, энтропия, Гиббс энергиясы, адиабаталық температура.

Aknazarov S.Kh., Mutushev A.Zh. *, Ponomareva E.A., Bayrakova O.S., Golovchenko O.Y.

LLP "SPTC Zhalyn", Almaty, Kazakhstan

E-mail: alibek_090@mail.ru

THERMODYNAMIC CALCULATIONS OF THE PROCESS OF REDUCTION OF BORIC ANHYDRIDE BY ALUMINIUM

Abstract. Thermodynamic calculations have been made for the production of aluminum boride in the mode of self-propagating high-temperature synthesis (SHS) using Al and B₂O₃ as raw materials. The calculation results showed that the adiabatic temperature is 2365 K, the Gibbs free energy of the reduction reaction of boric anhydride is less than 0 and, therefore, the process can proceed in a spontaneous mode, which is consistent with the experimental results.

Studies of the influence of factors on the kinetic characteristics of the synthesis of aluminum borides have been carried out.

The influence of the granulometric composition of the components on the speed of the SHS process, the amount of reducing agent and heating additive on the high-speed combustion procedure, as well as the influence of fluxing additives on the phase separation process is investigated.

The composition of the charge is calculated. The effect of preliminary preparation of the charge components by mechanical activation on the kinetic characteristics of the process, the combustion temperature of the charge and the yield of the alloy is investigated. Combustion procedure speed and temperature under various factors (the size of the charge materials, the amount of reducing agent, heating additives, fluxes) was measured by thermocouple method using a two-channel USB oscilloscope Acute TS2212F.

The calculation of thermodynamic values and adiabatic temperature confirming the course of the process of reduction of boric anhydride by aluminum in a spontaneous mode with an equilibrium shift towards the formation of aluminum borides. The required heat of the process is calculated.

The combustion regularities of the B_2O_3 – Al system combustion under the extra-furnace aluminothermic method have been experimentally investigated. The influence of various factors has been established: the size of the initial components, the amount of fluxing and heating additives, the method of preparation of raw materials, on the process parameters - kinetics, the necessary heat, temperature, output of the target component.

The dependence of the scale factor on the practical yield of the alloy is established.

As a result of the work carried out, optimal process parameters were determined, ensuring good phase separation of reaction products and alloy yield.

Key words: SHS, enthalpy, entropy, Gibbs energy, adiabatic temperature.

Information about authors:

Alibek Mutushev – LLP "SPTC Zhalyn", <https://orcid.org/0000-0002-5047-5608>;

Sestager Aknazarov – LLP "SPTC Zhalyn", <https://orcid.org/0000-0002-3948-938X>.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Подергин В.А. / Металлотермические системы. – М.: Металлургия. – 1972. – 189 с. ISBN 5-229-00917-9
- [2] Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. / Физическая химия, – М.: Металлургия. – 1960. – 520 с
- [3] Владимиров А.Н. / Термодинамические расчеты равновесия металлургических реакций. – М.: Металлургия. – 1970. – 528 с
- [4] Крестовников А.Н. и др. / Справочник по расчетам металлургических реакций. – М.: Металлургия. – 1963. – 416 с
- [5] Морачевский А.Г., Сладков И.Б. / Термодинамические расчеты в металлургии. Справочник. – М.: Металлургия. – 1993. – 304 с
- [6] Merzhanov A.G. History and recent developments in SHS // *Ceramics international*. – V. 21. – P. 371-379
- [7] Алехин О.С., Королек Д.В, Суворов А.К., Суворов К.А. Расчет адиабатической температуры горения энтальпийным методом / СПбГТИ (ТУ): Методические указания. – 2001. – 19 с
- [8] Патент на полезную модель №6589 от 29.10.2021. Синтез боридов алюминия в режиме СВС. Акназаров С.Х., Байракова О.С., Сейсенова А.Б., Головченко О.Ю., Пономарева Е.А., Аллан И.К.

REFERENCES

- [1] Podergin V.A. Metallothermic systems. – M.: Metallurgija. – 1972. – 189 p. (in Russ.).
- [2] Zhuhovickij A.A., Shvarcman L.A. / *Fizicheskaja himija*, – M.: Metallurgija. – 1960. – 520 p. (in Russ.).
- [3] Vladimirov A.N. Thermodynamic calculations of the equilibrium of metallurgical reactions. – M.: Metallurgija. – 1970. – 528 p (in Russ.).
- [4] Krestovnikov A.N. et al. Metallurgical Reaction Calculations Handbook. – M.: Metallurgija. – 1963. – 416 p.(in Russ.).
- [5] Morachevskij A.G., Sladkov I.B. Thermodynamic calculations in metallurgy. Handbook. – M.: Metallurgija. – 1993. – 304 p. (in Russ.).
- [6] Merzhanov A.G. History and recent developments in SHS // *Ceramics international*. – V. 21. – P. 371-379. (in Russ.).
- [7] Alehin O.S., Korolek D.V, Suvorov A.K., Suvorov K.A. RCalculation of the adiabatic combustion temperature by the enthalpy method / SPbGTI (TU): Guidelines: Metodicheskie ukazanija. – 2001. – 19 p. (in Russ.).
- [8] Utility model patent No. 6589 dated October 29, 2021. Synthesis of aluminum borides in the SHS mode. Aknazarov S.Kh., Bayrakova O.S., Seisenova A.B., Golovchenko O.Yu., Ponomareva E.A., Allan I.K. (in Russ.).

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Асқарова А.А., Альпеисов Е.А., Баржаксина Б.А., Асқаров А. ДӘНДІ ЖЕЛДЕТУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ МҰМКІНДІКТЕРІН НЕГІЗДЕУ.....	5
Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Токтамысова А.Б. ПРЕБИОТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ БАР КӨМІРСУЛАР КОМПОЗИЦИЯСЫН ҚОЛДАНУДЫ НЕГІЗДЕУ.....	13
Әбдірешов С.Н., Шыныбекова Ш.С., Бөрібай Э.С., Рахметулла Н.А., Сералиева С.Э. ЖАНУАРЛАРДА ҰЙҚЫ БЕЗІ ҚЫЗМЕТІНІҢ БҰЗЫЛУЫ КЕЗІНДЕГІ ҚАН АҒЫСЫНДАҒЫ ӨЗГЕРІСТЕР.....	21
Баймұқанов А., Алибаев Н.Н., Есембекова З.Т., Тулеубаев Ж., Мамырова Л.К. ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНДА ТҮЙЕЛЕР ПАЙДАЛАНАТЫН АЗЫҚТАРДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН ҚОРЕКТІЛІГІ.....	31
Борулько В.Г., Иванов Ю.Г., Позниовкин Д.А., Шлычкова Н.А., Костамахин Н.М. ЖЫЛЫ МЕЗГІЛДЕ СИЫРҚОРАДАҒЫ ЖЫЛУАЛМАСУ ПРОЦЕССТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ.....	37
Жұматаева У.Т., Дүйсембеков Б.А., Кидирбаева Х.К., Абсағтар Г.А. GALLERIA MILLONELLA L. ДЕРНӘСІЛДЕРІНЕ ҚАТЫСТЫ BEAUVERIA BASSIANA ЭНТОМОПАТОГЕНДІ САҢЫРАУҚҰЛАҚТАРЫ ІРІКТЕЛІП АЛЫНҒАН ШТАММДАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	43
Жұрынов Ғ.М., Абдикеримова Г.И., Турлыбекова А.А., Сарқұлова Н.К., Абдрахманова М.Б. ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЕТ ХАБЫ ҮШІН ПАНДЕМИЯНЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ САЛДАРЫ.....	50
Қозыкеева Ә.Т., Мұстафаев Ж.С., Тастемирова Б.Е. ТОБЫЛ ӨЗЕНІНІҢ СУЖИНАУ АЛАБЫНЫҢ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУІН БАҒАЛАУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	57
Кузьмина Н.Н., Петров О.Ю., Глотова И.А., Әубәкіров Х.А., Баймұқанов Д.А. ДИГИДРОКВЕРЦЕТИННІҢ CROSSACOVV-500 БРОЙЛЕР ТАУЫҚТАРЫНЫҢ ЕТ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ.....	64
Насиев Б.Н., Тулегенова Д.К., Бекқалиев А.К., Жанаталапов Н.Ж. ЖАРТЫЛАЙ ШӨЛЕЙТ АЙМАҚТЫҢ ТАБИҒИ АЛҚАПТАРЫНДАҒЫ ДИГРЕССИЯ ҮРДІСТЕРІ.....	71
Сапаков А.З., Сапакова С.З., Өсер Д.Е. ОЗОНДАЛҒАНАУАНЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ГИДРОПОНИКАЛЫҚ ЖАСЫЛ ЖЕМ ӨНДІРУ ПРОЦЕСІН ЖАНДАНДЫРУ.....	80
Такибаева А.Т., Касенов Р.З., Демец О.В., Жумадилов С.С., Бакибаева А.А. (BETULAKIRGHISORUM) ҚЫРҒЫЗ ҚАЙЫҒЫНЫҢ ҚАБЫҒЫНАН СІЛТІЛІК ГИДРОЛИЗ ЖӘНЕ МИКРОТОЛҚЫНДЫ СӘУЛЕЛЕНДІРУ ӘДІСТЕРІМЕН БЕТУЛИНДІ БӨЛІП АЛУ.....	87
Турметова Г.Ж., Тойжигитова Б.Б., Смағұлова Д.Ә., Мендигалиева А.С. ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНДА ӨСІРІЛЕТІН ҚАУЫННЫҢ СҰРЫПТЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	93

Урозалиев Р.А., Есімбекова М.А., Алимгазина Б.Ш., Мукин К.Б. ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АСТЫҚ DAҚЫЛДАРЫНЫҢ (БИДАЙДЫҢ) ГЕНЕТИКАЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН ДАМУЫ СТРАТЕГИЯСЫ.....	101
--	-----

ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ

БаговаЗ., Жантасов Қ., Гүлжан Б., Захиевна Г., Сапарғалиева Б. ТЕХНОГЕНДІК ҚOЖ ҚАЛДЫҚТАРЫ ТҮРІНДЕГІ ҚАЙТАЛАМА РЕСУРСТАРДЫ ҰТЫМДЫ ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	110
--	-----

Джумадилов Т.К., Тотхусқызы Б., Аскар Т., Гражулявичюс Ю.В. СКАНДИЙ МЕН ЛАНТАН СУЛЬФАТЫ ЕРІТІНДІСІНДЕГІ БЕЛСЕНДІРІЛГЕН ПОЛИАКРИЛ ҚЫШҚЫЛЫ МЕН ПОЛИЭТИЛЕНИМИННІҢ ГИДРОГЕЛЬДЕРІНІҢ ҚАШЫҚТЫҚТАН ӘРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	116
---	-----

Құдайберген А.А., Нурлыбекова А.К., Дюсебаева М.А., Юнь Цзян Фэн, Жеңіс Ж. ARTEMISIATERRAE-ALBAE ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	122
--	-----

Мырзабеков Б.Э., Маханбетов А.Б., Гаипов Т.Э., Баешов А., Абдувалиева У.А. КОМПОЗИТТИ МАРГАНЕЦ ДИОКСИДИ-ГРАФИТ ЭЛЕКТРОДЫН ЖАСАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІН ЗЕРТТЕУ.....	129
--	-----

Ысқақ Л.К., Жамбылбай Н.Ж., Мырзахметова Н.О. AMBERLITE IR-120 ЖӘНЕ АВ-17-8 ӨНЕРКӘСПТІК ИОН АЛМАСУ ШАЙЫРЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕМЕН ЛАНТАН ИОНДАРЫНЫҢ СІҢІРІЛУІ.....	137
--	-----

Хусаин Б.Х., Бродский А.Р., Сасс А.С., Яскевич В.И., Рахметова К.С. ӨНЕРКӘСПТІК КӘСІПОРЫНДАР МЕН АВТОКӨЛІКТІҢ ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРЫНЫҢ УЫТТЫ КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ КАТАЛИЗДІК БЕЙТАРАПТАНДЫРҒЫШТАРЫНЫҢ УЛАНУЫН ЖӘНЕ РЕГЕНЕРАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....	143
--	-----

ФИЗИКА ҒЫЛЫМДАРЫ

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж., Пономарева Е.А., Байрақова О.С., Головченко О.Ю. БОР АНГИДРИДІН АЛЮМИНИЙМЕН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕРІ.....	150
--	-----

Жилкашинова Ас.М., Скаков М.К., Жилкашинова Ал.М., Градобоев А.В. КӨП ҚАТТЫ ИОНДЫҚ-ПЛАЗМАЛЫҚ ҚАБЫЛДАУ CR-AL-SO-Y ЖӘНЕ ОНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	158
---	-----

Сағындықова Г.Е., Қазбекова С.Ж., Абденова Г.А., Ермакова Ж.К., Елстс Э. TL ⁺ ИОНДАРЫМЕН АКТИВТЕНДІРІЛГЕН LiKSO ₄ КРИСТАЛЫНЫҢ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫ.....	167
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Аскарова А.А., Альпенсов Е.А., Баржаксина Б.А., Аскарров А. ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА В НАСЫПИ.....	5
Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Токтамысова А.Б. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИИ С ПРЕБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ.....	3
Абдрешов С.Н., Шыныбекова Ш.С., Борибай Э.С., Рахметулла Н.А., Сералиева С.Э. ИЗМЕНЕНИЯ В КРОВОТОКЕ ПРИ НАРУШЕНИИ ФУНКЦИИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИВОТНЫХ.....	21
Баймуканов А., Алибаев Н.Н., Есембекова З.Т., Тулеубаев Ж., Мамырова Л.К. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ВЕРБЛЮДАМИ КОРМОВ В ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	31
Боркулько В.Г., Иванов Ю.Г., Позинковкин Д.А., Шлычкова Н.А., Костамахин Н.М. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В КОРОВНИКЕ ДЛЯ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА.....	37
Жуматаева У.Т., Дуйсембеков Б.А., Кидирбаева Х.К., Абсаттар Г.А. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОТОБРАННЫХ ШТАММОВ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ <i>BEAUVERIA BASSIANA</i> В ОТНОШЕНИИ ЛИЧИНОК <i>GALLERIA MILLONELLA</i> L.....	43
Журинов Г.М., Абдикеримова Г.И., Турлыбекова А.А., Саркулова Н.К., Абдрахманова М.Б. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПАНДЕМИИ ДЛЯ МЯСНОГО ХАБА В КАЗАХСТАНЕ.....	50
Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Тастемирова Б.Е. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ57	
Кузьмина Н.Н., Петров О.Ю., Глотова И.А., Аубакиров Х.А., Баймуканов Д.А. ВЛИЯНИЕ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА НА МЯСНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА КОББ-500.....	64
Насиев Б.Н., Тулегенова Д.К., Беккалиев А.К., Жанаталапов Н.Ж. ПРОЦЕССЫ ДИГРЕССИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ.....	71
Сапаков А.З., Сапакова С.З., Айнабекова Т. Б., Өсер Д.Е. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОПОННОГО ЗЕЛЕННОГО КОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЗОНИРОВАННОГО ВОЗДУХА.....	80
Такибаева А.Т., Касенов Р.З., Демец О.В., Жумадилов С.С., Бакибаев А.А. ВЫДЕЛЕНИЕ БЕТУЛИНА ИЗ БЕРЕСТЫ БЕРЕЗЫ КИРГИЗСКОЙ (<i>BETULAKIRGHISORUM</i>) МЕТОДАМИ ЩЕЛОЧНОГО ГИДРОЛИЗА И МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	87
Турметова Г.Ж., Тойжигитова Б.Б., Смағұлова Д.Ә., Мендигалиева А.С. СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫНИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	93
Урозалиев Р.А., Есимбекова М.А., Алимгазинова Б.Ш., Мукин К.Б. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (ПШЕНИЦА) РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	101

ХИМИЧЕСКАЯ НАУКА

БаговаЗ., Жантасов К., Бектуреева Г., Захиевна Г., Сапаргалиева Б.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ
В ВИДЕ ТЕХНОГЕННЫХ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ.....110

Джумадилов Т.К., Тотхускызы Б., Аскар Т., Гражулявичюс Ю.В.
ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АКТИВИРОВАННЫХ
ГИДРОГЕЛЕЙ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛИЭТИЛЕНИМИНА В РАСТВОРАХ
СУЛЬФАТА СКАНДИЯ И ЛАНТАНА.....116

Кудайберген А.А., Нурлыбекова А.К., Дюсебаева М.А., Юнь Цзян Фэн, Женис Ж.
ФИТОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ *ARTEMISIATERRAE-ALBAE*.....122

Мырзабеков Б. Э., Гаипов Т.Э., Маханбетов А.Б., Башов А., Абдувалиева У.А.
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТНОГО ЭЛЕКТРОДА ДИОКСИДА МАРГАНЦА-ГРАФИТА
И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ.....129

Ысқақ Л.К., Жамбылбай Н.Ж., Мырзахметова Н.О.
СОРБЦИЯ ИОНОВ ЛАНТАНА ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ AMBERLITE IR-120 И АВ-17-8.....137

Хусаин Б.Х., Бродский А.Р., Сасс А.С., Яскевич В.И., Рахметова К.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАВЛЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ
НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И АВТОТРАНСПОРТА.....143

ФИЗИЧЕСКАЯ НАУКА

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж., Пономарева Е.А., Байракова О.С., Головченко О.Ю.
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОРНОГО
АНГИДРИДА АЛЮМИНИЕМ.....150

Жилкашинова Ас.М., Скаков М.К., Жилкашинова Ал.М., Градобоев А.В.
МНОГОСЛОЙНОЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ ПОКРЫТИЕ CR-AL-CO-Y И ЕГО ФАЗОВЫЙ
СОСТАВ.....158

Сагындыкова Г.Е., Казбекова С.Ж., Абденова Г.А., Ермекова Ж.К., Елстс Э.
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ $LiKSO_4$, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ Tl^+167

CONTENTS

BIOTECHNOLOGY

Askarova A., Alpeissov Y., Barzhaksina B., Askarov A. SUBSTANTIATION OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE EFFICIENCY OF DRYING OF GRAIN BY METHOD OF ACTIVE VENTILATION.....	5
Assembayeva E.K., Seidakhmetova Z.Zh., Toktamyssova A.B. RATIONALE FOR APPLICATION OF CARBOHYDRATE COMPOSITION WITH PREBIOTIC PROPERTIES.....	13
Abdreshov S.N., Snynybekova Sh.S., Boribai E.S., Rachmetulla N.A., Seralieva S.E. CHANGES IN BLOOD FLOW DURING PANCREATIC DYSFUNCTION IN ANIMALS.....	21
Baimukanov A., Alibayev N.N., Yessembekova Z.T., Tuleubayev Zh., Mamyrova L.K. CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIONAL VALUE OF CAMEL FEED IN TURKESTAN REGION.....	31
Borulko V.G., Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A., Shlychkova N.A., Kostomakhin N.M. MATHEMATICAL MODELING OF HEAT EXCHANGE PROCESSES IN A COWSHED FOR THE WARM PERIOD.....	37
Zhumatayeva U.T., Duisembekov B.A., Kidirbaeva Kh.K., Absattar G.A. BIOLOGICAL ACTIVITY OF SELECTED STRAINS OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI BEAVERIA BASSIANA AGAINST LARVAE OF GALLERIA MILLONELLA L.....	43
Zhurynov G.M., Adbikerimova G.I., Turlybekova A.A., Sarkulova N.K., Abdrakhmanova M.B. ECONOMIC IMPACT OF THE PANDEMIC ON THE MEAT HUB IN KAZAKHSTAN.....	50
Kozykeyeva A.T., Mustafaev Zh.S., Tastemirova B.E. CURRENT STATE AND PROBLEMS OF ASSESSMENT OF WATER SUPPLY IN THE TOBOL RIVER BASIN.....	57
Kuzmina N.N., Petrov O.Yu., Glotova I.A., Aubakirov Kh.A., Baimukanov D.A. IMPACT OF DIHYDROQUERTETIN ON MEAT PRODUCTIVITY OF THE COBB-500 BROILER CHICKEN.....	64
Nasiyev B.N., Tulegenova D.K., Bekkaliyev A.K., Zhanatalapov N.Zh. DIGRESSION PROCESSES OF NATURAL LANDS OF THE SEMI-DESERT ZONE.....	71
Sapakov A.Z., Sapakova S.Z., Oser D.E. INTENSIFICATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF HYDROPONE GREEN FEED USING OZONIZED AIR.....	80
Takibayeva A.T., Kassenov R.Z., Demets O.V., Zhumadilov S.S., Bakibayev A.A. DERIVE BETULIN FROM KYRGYZ BIRCH BARK (BETULA KIRGHISORUM) THROUGH ALKALINE HYDROLYSIS AND MICROWAVE RADIATION METHODS.....	87
Turmetova G.Zh., Toyzhigitova B.B., Smagulova D.A., Mendigaliyeva F.S. VARIETAL CHARACTERISTICS OF MELON GROWN IN THE TURKESTAN REGION.....	93
Urozaliev R.A., Yessimbekova M.A., Alimgazinova B.Sh., Mukin K.B. STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF KAZAKHSTAN CEREALS GENETIC RESOURCES (WHEAT).....	101

CHEMICAL SCIENCES

Bagova Z., Zhantasov K., Bekturreeva G., Turebekova G., Sapargaliyeva B.
 PROSPECTS FOR THE RATIONAL USE OF SECONDARY RESOURCES IN THE FORM
 OF TECHNOGENIC SLAG WASTES.....110

Jumadilov T.K., Totkhuskyzy B., Askar T., Grazulevicius J.V.
 FEATURES OF REMOTE INTERACTION OF ACTIVATED HYDROGELS OF POLYACRYLIC
 ACID AND POLYETHYLENIMINE IN SCANDIUM AND LANTHANUM SULPHATE
 SOLUTIONS.....116

Kudaibergen A.A., Nurlybekova A.K., Dyusebaeva M.A., Yun Jiang Feng, Jenis J.
 PHYTOCHEMICAL STUDY OF *ARTEMISIA TERRAE-ALBAE*.....122

Myrzabekov B.E., Makhanbetov A.B., Gaipov T.E., Bayeshov A., Abduvalieva U.A.
 .DEVELOPMENT OF A COMPOSITE ELECTRODE OF MANGANESE DIOXIDE-GRAPHITE
 AND RESEARCH OF ITS ELECTROCHEMICAL PROPERTIES.....129

Yskak L.K., Zhambylbay N.Zh., Myrzakhmetova N.O.
 SORPTION OF LANTHANUM IONS BY THE INTERPOLYMER SYSTEM BASED ON
 INDUSTRIAL ION EXCHANGERS «AMBERLITE IR-120:AB-17-8».....137

Khusain B.Kh., Brodskiy A.R., Sass A.S., Yaskevich V.I., Rahmetova K.S.
 STUDY OF POISONING AND REGENERATION OF CATALYTIC CONVERTERS
 OF TOXIC COMPONENTS OF EXHAUST GASES FROM INDUSTRIAL ENTERPRISES
 AND VEHICLES.....143

PHYSICAL SCIENCES

Aknazarov S.Kh., Mutushev A.Zh., Ponomareva E.A., Bayrakova O.S., Golovchenko O.Y.
 THERMODYNAMIC CALCULATIONS OF THE PROCESS OF REDUCTION
 OF BORICANHYDRIDE BY ALUMINIUM.....150

Zhilkashinova As.M., Skakov M.K., Gradoboyev A.V., Zhilkashinova Al.M.
 MULTILAYER ION-PLASMA COATING CR-AL-CO-Y AND ITS PHASE COMPOSITION.....158

Sagyndykova G.E., Kazbekova S.Zh., Elsts E., Abdenova G.A., Yermekova Zh.K.
 PHOTO LUMINESCENCE OF LiKSO_4 ACTIVATED BY TL^+ IONS.....167

**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). 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://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *В.С. Зикирбаевой*

Подписано в печать 15.08.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф.
8,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.