

ISSN 2518-1491 (Online),  
ISSN 2224-5286 (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ  
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

# ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН»  
ЧФ «Халық»

# N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN  
«Halyk» Private Foundation

**SERIES  
CHEMISTRY AND  
TECHNOLOGY  
2 (459)**

**APRIL – JUNE 2024**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



## ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в Astana IT University, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «USTEM Robotics» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «Almaty Digital Ustaz».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится

работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и WoS и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,  
Благотворительный Фонд «Халык»!**

### **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:**

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы** (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

**АГАБЕКОВ Владимир Енокович** (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

**СТРНАД Мирослав**, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) Н = 66

**БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың бірінші проректоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

**ХОХМАНН Джудит**, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) Н = 38

**РОСС Самир, PhD докторы**, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 35

**ХУТОРЯНСКИЙ Виталий**, философия докторы (PhD, фармацевт), Рединг университетінің профессоры (Рединг, Англия) Н = 40

**ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) Н = 13

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

**ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) Н = 6

**ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) Н = 4

**ХАЛИКОВ Джурабай Халикович**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) Н = 6

**ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) Н = 13

**ГАРЕЛИК Хемда**, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) Н = 15

### **«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»**

**ISSN 2518-1491 (Online),**

**ISSN 2224-5286 (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ66VPY00025419** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/archiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2024

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

### 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:

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

**АГАБЕКОВ В ладимир Енокович** (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

**СТРНАД Мирослав, профессор**, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия) Н = 66

**БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Первый проректор КазНУ имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н = 11

**ХОХМАНН Джудит**, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия) Н = 38

**РОСС Самир**, доктор PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 35

**ХУТОРЯНСКИЙ Виталий**, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия) Н = 40

**ТЕЛЬГАЕВ Багдат Бурханбайулы**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 13

**ФАРУК Асана Дар**, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

**ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан) Н = 6

**ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна**, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан) Н = 4

**ХАЛИКОВ Джурабай Халикович**, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан) Н = 6

**ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы**, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан) Н = 13

**ГАРЕЛИК Хемда**, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия) Н = 15

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (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 № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arithv>

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2024

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: [orgcat@nursat.kz](mailto:orgcat@nursat.kz)

#### **Editor in chief:**

**ZHURINOV Murat Zhurinovich**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of NAS RK, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky (Almaty, Kazakhstan) H = 4

#### **Editorial board:**

**ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich** (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the international Scientific and production holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

**AGABEKOV Vladimir Enokovich** (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

**STRNAD Miroslav**, head of the laboratory of the institute of Experimental Botany of the Czech academy of sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) H = 66

**BURKITBAYEV Mukhambetkali**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, first vice-rector of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan) H = 11

**HOHMANN Judith**, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, university of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) H = 38

**ROSS Samir, Ph.D.**, professor, school of Pharmacy, national center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 35

**KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D.**, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) H = 40

**TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly**, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 13

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine. faculty of Oriental medicine, Hamdard university (Karachi, Pakistan) H = 21

**FAZYLOV Serik Drakhmetovich**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director for institute of Organic synthesis and coal chemistry (Karaganda, Kazakhstan) H = 6

**ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) H = 4

**KHALIKOV Jurabay Khalikovich**, doctor of chemistry, professor, academician of the academy of sciences of Tajikistan, institute of Chemistry named after V.I. Nikitin AS RT (Tajikistan) H = 6

**FARZALIEV Vagif Medzhid ogly**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) H = 13

**GARELIK Hemda**, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) H = 15

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.**

**ISSN 2518-1491 (Online),**

**ISSN 2224-5286 (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. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2024

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: [orgcat@nursat.kz](mailto:orgcat@nursat.kz)

© **B.I. Dikhanbayev<sup>1</sup>, A.B. Dikhanbayev<sup>2\*</sup>, M.B. Koshumbayev<sup>1</sup>, Zh.T. Bekisheva<sup>1</sup>,**  
**2024**

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: arystan.d74@gmail.com

## **ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF KAZAKHSTAN'S ENERGY COMPLEX AND DECARBONIZATION OF THERMAL COAL POWER WITH THE TRAN- SITION TO WASTE-FREE TECHNOLOGIES**

**Dikhanbayev B.I.** — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin. Astana, Kazakhstan

E-mail: otrar\_kz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2666-5484>;

**Dikhanbayev A.B.** — PhD candidate at the Department of Thermal Power Engineering, Almaty University of Energy and Communications. Almaty, Kazakhstan

E-mail: arystan.d74@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6602-4230>;

**Koshumbaev M.B.** — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin. Astana, Kazakhstan

E-mail: marat7759@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2434-1905>;

**Bekisheva Zh.T.** — Master of the Department of Thermal Power Engineering, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin. Astana, Kazakhstan

E-mail: zhanna\_1986\_23@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3814-1921>.

**Abstract.** The Republic of Kazakhstan ranks eighth in the world regarding coal reserves. Of these, the coals of the Ekibastuz basin, with an ash content of 43–50 %, have a reserve of ~ 12 billion tons. When burning Ekibastuz coal, about 100 million tons of CO<sub>2</sub> are released into the atmosphere annually, accumulating 300 million tons of ash in dumps. The concentration of rare and non-ferrous metals in coal ash is, in %, up to Zn – 4.0; Pb — 0.9; Cd – 0.028, Ga, Ge – 200 g/t, and dusty gold ~ 0.8 g/t. The novelty of the work is 1) combining a boiler with a melting reactor to extract valuable components and obtain building materials from the ash part of coal; 2) the zinc method of carbon splitting according to the formula  $\text{CO} + 2\text{Zn} = 2\text{ZnO} + \text{C}$ , with the return of “C” to the system; 3) the design of the zinc distiller, allowing the sublimation and condensation of zinc in one chamber; 4) method of sublimation of zinc from its oxide in an arc of counter-colliding jets. Calculations show the possibility of achieving carbon neutrality by increasing the power of the BKZ–420 boiler by 2.54 times compared to its nominal value of 125 MW. For a BKZ–420 boiler with a charge capacity of 80 t/h, with CO<sub>2</sub> neutralization up to 15 %, the average payback period will be 7–8 years. By scaling the proposed technology, there will be no need to build nuclear power plants, convert coal boilers to gas, or race for renewable energy sources.

**Keywords:** coal, ash, metal sublimations, stone casting, decarbonization, boiler

© Б.И. Диханбаев<sup>1</sup>, А.Б. Диханбаев<sup>2</sup>, М.Б. Кошумбаев<sup>1</sup>, Ж.Т. Бекишева<sup>1</sup>,  
2024

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,  
Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан.  
E-mail: arystan.d74@gmail.com

## ҚАЗАҚСТАН ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КЕШЕНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ПРОБЛЕМАЛАРЫ ЖӘНЕ ҚАЛДЫҚСЫЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА КӨШЕ ОТЫРЫП, ЖЫЛУ КӨМІР ЭНЕРГЕТИКАСЫН ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУ

**Диханбаев Б.И.** — техника ғылымдарының докторы, профессор С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің «Жылуэнергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры. Астана, Қазақстан

E-mail: otrar\_kz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2666-5484>;

**Диханбаев А.Б.** — Ph.D. Алматы энергетика және байланыс университетінің «Жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушысы, Алматы, Қазақстан

E-mail: arystan.d74@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6602-4230>;

**Кошумбаев М.Б.** — техника ғылымдарының докторы, профессор С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің «Жылуэнергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры. Астана, Қазақстан

E-mail: marat7759@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2434-1905>;

**Бекишева Ж.Т.** — «Жылуэнергетика» кафедрасының қауымдастырылған магистр С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Астана қ, Қазақстан

E-mail: zhanna\_1986\_23@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3814-1921>.

**Аннотация.** Қазақстан Республикасы көмір қоры бойынша әлемде сегізінші орында. Оның ішінде күлділігі 43–50 % құрайтын Екібастұз бассейнінің көмірлерінің қоры ~12 млрд. т. Екібастұз көмірін жағу кезінде жыл сайын атмосфераға 100 млн тоннаға жуық CO<sub>2</sub> шығарылады, үйінділерде 300 млн тонна күл жиналады. Көмір күліндегі сирек және түсті металдардың концентрациясы %-ға дейін: Zn – 4,0; Pb – 0,9; Cd – 0,028, Ga, Ge – 200 г/т, сонымен қатар шаңды алтын ~ 0,8 г/т. Жұмыстың жаңалығы: 1) көмірдің күлді бөлігінен бағалы компоненттерді алу және құрылыс материалдарын алу үшін қазанды балқыту реакторымен біріктіру; 2) жүйеге «С» қайтарумен CO + 2Zn = 2ZnO + C формуласы бойынша көміртекті бөлудің мырыш әдісі; 3) мырыш дистилляторының конструкциясы, бір камерада мырыштың сублимациясын және конденсациялануын қамтамасыз етеді; 4) қарсы соқтығысатын ағындар доғасында мырыш оксидінен оның сублимациясын алудың әдісі. Есептеулер БКЗ-420 қазандығының қуатын оның 125 МВт номиналды құнымен салыстырғанда 2,54 есе арттыру арқылы көміртегі бейтараптығына қол жеткізу мүмкіндігін көрсетеді. Өнімділігі 80 т/сағ БКЗ-420 қазандығы үшін 15 %-ға дейін CO<sub>2</sub> бейтараптандырудың орташа өтелу мерзімі 7–8 жылды құрайды. Ұсынылған технологияны қолдану арқылы атом электр-станцияларын салудың, көмір қазандықтарын газға ауыстырудың немесе жаңартылатын энергия көздері үшін жарысудың қажеті болмайды.

**Түйін сөздер:** көмір, күл, металдарды айдау, тас құю, декарбонизация, қазандық

© Б.И. Диханбаев<sup>1</sup>, А.Б. Диханбаев<sup>2</sup>, М.Б. Кошумбаев<sup>1</sup>, Ж.Т. Бекишева<sup>1</sup>,  
2024

<sup>1</sup> Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан;

<sup>2</sup> Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан.  
E-mail: arystan.d74@gmail.com

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАЗАХСТАНА И ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ УГОЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ПЕРЕХОДОМ НА БЕЗОТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Диханбаев Б.И.** — доктор технических наук, профессор кафедры теплоэнергетики Казахского агротехнического исследовательского университета имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан  
E-mail: otrar\_kz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2666-5484>;

**Диханбаев А.Б.** — доктор PhD кафедры теплоэнергетики Алматинского университета энергетики и связи, Алматы, Казахстан  
E-mail: arystan.d74@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6602-4230>;

**Кошумбаев М.Б.** — доктор технических наук, профессор кафедры теплоэнергетики Казахского агротехнического исследовательского университета имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан  
E-mail: marat7759@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2434-1905>;

**Бекишева Ж.Т.** — магистр кафедры теплоэнергетики Казахского агротехнического исследовательского университета имени С. Сейфуллина; Астана, Казахстан  
E-mail: zhanna\_1986\_23@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3814-1921>.

**Аннотация.** Республика Казахстан занимает восьмое место в мире по запасам углей. Из них угли Экибастузского бассейна, с зольностью 43–50 %, имеют запас ~ 12 миллиардов тонн. При сжигании Экибастузского угля ежегодно в атмосферу выбрасывается более 100 миллионов тонн CO<sub>2</sub>, с накоплением в отвалах 300 млн тонн золы. Концентрация редких и цветных металлов в золе угля составляет, в %, до: Zn – 4,0; Pb – 0,9; Cd – 0,028, Ga, Ge – 200г/т, а также пылевидное золото ~ 0,8 г/т. Новизной работы являются: 1) комбинирование котла с плавильным реактором, для извлечения ценных компонентов и получения из золы угля строительных материалов; 2) расщепления углерода по формуле  $CO + 2Zn = 2ZnO + C$ , с возвратом «С» в систему; 3) конструкция дистиллятора, позволяющая возгонку и конденсацию цинка в одной камере; 4) метод сублимации цинка из его оксида в дуге встречно-соударяющихся струй. Расчеты показывают возможность достижения углеродной нейтральности путем повышения мощности котла БКЗ-420 в 2,54 раза против его номинального значения – 125МВт. Для котла БКЗ-420 производительностью по шихте 80 т/ч, при нейтрализации CO<sub>2</sub> до 15 %, **усредненное значение срока окупаемости** составит 7-8 лет. При масштабировании предложенной технологии, отпадет необходимость строительства атомных электростанций, перевод угольных котельных на газ или гонка за возобновляемыми источниками энергии.

**Ключевые слова:** уголь, зола, возгоны металлов, каменное литье, декарбонизация, котел

## Введение

Республика Казахстан занимает восьмое место в мире по запасам угля. Из них угли Экибастузского бассейна с зольностью 43–50 % имеют запас ~ 12 миллиард тонн (Бекман, 1989: 135–196), и совместно с другими видами топлива обеспечивает энергобезопасность страны на сотни лет. Дешевизна угля, связанная с открытым способом добычи, привел к росту производства угля до 60 млн тонн в год (Хамзин, 2003: 63–65). При сжигании Экибастузского угля (ЭУ) ежегодно в атмосферу выбрасывается более 100 миллионов  $\text{CO}_2$  и почву до 30 млн тонн золы. В настоящее время в отвалах теплоэлектрических станций накоплено ~300 млн тонн отходов, которые содержат значительное количество ценных компонентов. Согласно Блайда (Блайд, 2008, 39–51), концентрация редких и цветных металлов в золошлаках составляет в %, до: Zn — 4,0; Pb — 0,9; Ga — 0,019; Ge — 0,01; Cd — 0,028, а среднее содержание пылевидного золота – 0,8 г/т.

Литературный обзор показывает, что диоксид углерода может быть выделен из воздуха или дымовых газов с помощью различных технологий (Fanchi, 2016: 350; Birch, 2014: 184–185; Rhodes, 2008: 321–328; Phelps, 2015: 210–220; Sumida, 2011: 724–781; Bryngelsson, 2009: 1403–1410) (абсорбции, адсорбции, очистки аминами, мембранного газоразделения или газогидратов). Существующие технологии имеют высокую стоимость, поэтому на сегодняшний день их применение становится экономически нецелесообразным.

Изменение климата из-за выбросов  $\text{CO}_2$  формирует общественное мнение о «вредности» угольных технологий с уклоном в сторону использования возобновляемых источников энергии. Однако накопленный мировой опыт показал, что в обозримом будущем не приходится говорить о победе возобновляемых источников энергии, таких как ветер, Солнце и вода, над традиционными – нефтью, газом и углем.

В целях декарбонизации казахстанские эксперты предлагают действующие электростанции перевести с угля на природный газ. Если учесть, что 1 кДж природного газа в 4 раза дороже 1 кДж Экибастузского угля, и в стране нет достаточных запасов «голубого» топлива, то данный план нельзя назвать успешным. Если даже газ будет импортирован, то это не приведет к углеродной нейтральности.

Еще одним вариантом снижения выбросов углекислого газа является строительство атомных электростанций. Однако после аварий в Чернобыле и Фукусиме опасения по поводу их безопасности возросли во всем мире.

Имеются и другие варианты решения проблемы. Компания по прямому улавливанию воздуха Climeworks предлагает смешивать захваченный  $\text{CO}_2$  с водой и закачивать его на 500–600 метров под землей, где газ вступит в реакцию с окружающим базальтом и превратится в твердое вещество. Другой способ прямого захвата воздуха (DAC — direct air capture), содержащий 0,04 % углекислого газа, связан с раствором гидроксид калия (KOH), который поглощает  $\text{CO}_2$ . Затем жидкость смешивается с гидроксидом кальция —  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Известь удерживает растворенный  $\text{CO}_2$ , образуя чешуйки известняка ( $\text{CaCO}_3$ ). Известковые хлопья нагреваются для выделения  $\text{CO}_2$ , который улавливается и помещается в хранилище. По оценке компании Climate Engineering стоимость уловленного  $\text{CO}_2$  из воздуха сильно различаются: от

100 до 1000 долларов за тонну. На сегодняшний день глобальные выбросы  $\text{CO}_2$  составляют 36 гигатонн в год, для реализации данного мероприятия потребуется строительство дорогостоящих подземных хранилищ. Более того, даже при дороговизне и успешном внедрении вышесказанных технологий с углекислым газом будет утерян энергетически ценный компонент — углерод, что приведет к его извлечению из земли и применению углеродного топлива в прежнем масштабе. Для Казахстана проблема экологии еще усугубляется растущим накоплением золы в отвалах, ожидаемое количество которых к 2050 году может превысить 1 миллиард тонн. Предлагаемая нами технология позволяет комплексно утилизировать вредные газы и уменьшить количество  $\text{CO}_2$ , а твердые отходы переработать в возгоны цветных и редких металлов и строительные материалы (Диханбаев, 2022: 74–92).

#### Метод исследования и новизна работы

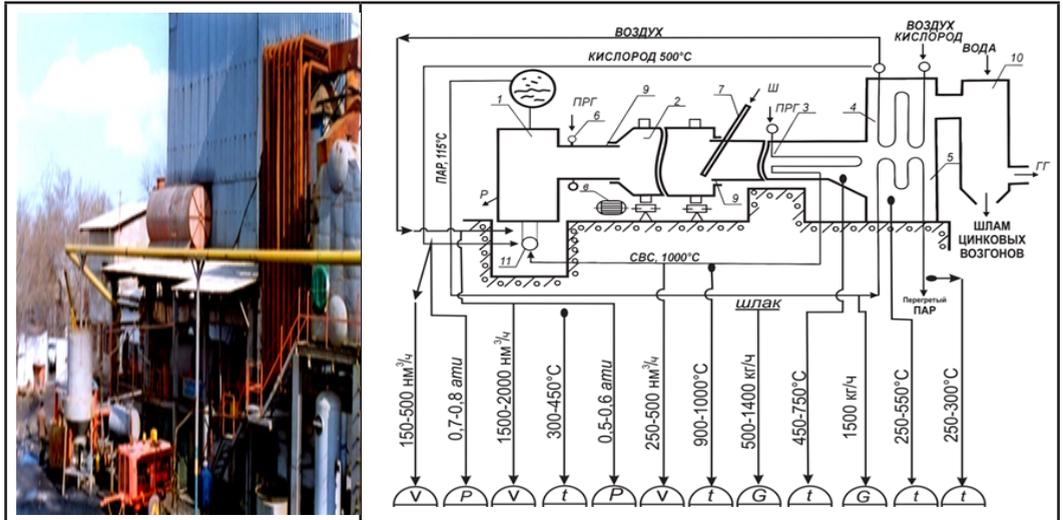
В работе использован метод предельного энерго-ресурсосбережения, который подразумевает разработку экологически безопасной, энергосберегающей, безотходной системы переработки зол и шлаков с низкой концентрацией ценных металлов. Новизна работы заключается в следующем: 1) разделение элементного углерода от углекислого газа согласно реакции  $\text{CO}_2 + 2\text{Zn} = 2\text{ZnO} + \text{C}$ ; восстановление цинка согласно —  $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$ ; регенеративное использование «Zn» в качестве реагента, а «CO» как топливо в системе. 2) создание плавильного реактора «идеального» смешения, позволяющего коагуляции частиц ценных компонентов ( $\text{GeO}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) и растворении их с жидким цинком, с последующим их подъемом из расплава испаряющимся цинком в газовую фазу; получение расплава из зол электростанций и шлаков металлургии, пригодной для камнелитья/шлаковаты/цементного клинкера. Преимуществом системы перед ее аналогами является: 1) очистка окружающей среды от зол электростанций и шлаков металлургии; 2) извлечение из золы, в виде возгонов, ценных компонентов ( $\text{ZnO}$ ,  $\text{GeO}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ); 3) выработка из золошлака расплава пригодного для производства строительных материалов; 4) разделения углерода от  $\text{CO}_2$  с регенеративным использованием его в системе.

#### Проведение экспериментов

Проведение экспериментов по извлечению германия и цинка из шлаков

Опыты проводились на пилотной установке, использующие новый принцип переработки расплава — «идеальное смешение-идеальное вытеснение» (Dikhanbaev, 2019: 23388–95; Диханбаев, 2020; Окунев, 1966; Dikhanbaev, 2018: 221–231). В экспериментах использовался отвальный шлак химического состава, %: ; ; ; . Принцип работы установки следующий (см. рис 1). Офлюсованный шлак загружается во вращающийся печь 2, нагревается отходящими газами плавильного реактора 1 и вдувается в тот же реактор 1. В реакторе шлак плавится и возгоняются из него цинк и германий в газовую фазу. Расплав, пригодный для производства строительной продукции, выпускается из реактора.

Отходящие газы вращающейся печи нагревают дутьевой воздух и перегревают пар, произведенный в кессонах реактора. Возгоны цинка и германия отделяются в скруббере 10 от уходящих газов.



1 – плавильный реактор, 2 – вращающаяся печь, 3 – теплообменник для подогрева природного газа, 4 – воздухоподогреватель, 5 – пароперегреватель, 6-9 – узлы установки, 10 – скруббер

Рисунок 1 – Общий вид и схема измерений пилотной установки

В таблице 1 приведены фрагменты результатов опытов над цинксодержащим шлаком.

Таблица 1 – Результаты экспериментов по возгонке цинка и германия из шлака в плавильном реакторе

$H_{\text{риф}}$ мм. вод. ст.	$t_p, ^\circ\text{C}$	$M_{\text{в}}$ кг	$P_{\text{риф}}$ кг/ ч	$\frac{I_c}{G_{\text{в}}}$	$\frac{Zn^{\text{н}}}{Zn^{\text{к}}}, \%/ \%$	$\frac{Ge^{\text{н}}}{Ge^{\text{к}}}$ ,(г/г)/ (г/г)	$E, \%$	$V_{\text{прг}}$ $\frac{\text{лм}^3}{\text{ч}}$	$V_{\text{кнсл}}$ $\frac{\text{лм}^3}{\text{ч}}$	$t_{\text{воз}},$ $^\circ\text{C}$	$Zn$ в возго нах, %
50-100	1300- 1400	75	693	0,56	10,15/3,34	114/26	77	300	80	240	57
50-100	1300- 1400	84	674	0,42	10,15/2,13	120/25	79	317	90	250	60

Здесь:  $H_{\text{риф}}$  – давление газов в реакторе,  $t_p$  – температура в ванне расплава,  $M_{\text{в}}$ ,  $P_{\text{риф}}$  – масса ванны и производительность реактора,  $\frac{I_c}{G_{\text{в}}}$  – отношение импульса газов в соплах продувочной решетки к весу ванны реактора,  $\frac{Zn^{\text{н}}}{Zn^{\text{к}}}$  – отношение начальной и конечной концентрации цинка в шлаке,  $\frac{Ge^{\text{н}}}{Ge^{\text{к}}}$  – отношение начального и конечного содержания германия в

шлаке,  $E$  — степень извлечения цинка и германия из шлака,  $V_{\text{прг}}$  — расход природного газа в реактор инверсии фаз,  $V_{\text{кисл}}$  — расход кислорода на процесс, температура  $t_{\text{воз}}$  — дутьевого воздуха с воздухоподогревателя.

#### Обсуждение результатов экспериментов

Возгонка германия из расплава занимала особое место в экспериментах. Согласно (Koizhanova, 2012: 843–846), при возгонке цинка в вельпечи, при твердофазном восстановлении, галлий и германий остается в клинкере. Последнее обстоятельство, возможно, объясняется высокой температурой кипения (2200 °C) и низким давлением пара при 1300 °C (1 мм.рт. ст.), галлия и (2850 °C, 0,7 мм.рт. ст) германия, по сравнению с цинком (900 °C, 40 мм.рт.ст).

Изучение термодинамических характеристик реакций  $\text{GeO} + \text{CO} = \text{Ge} + \text{CO}_2$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Ga} + 3\text{CO}_2$ ,  $\text{Zn} + \text{GeO} = \text{ZnO} + \text{Ge}$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3 + 3\text{Zn} = 3\text{ZnO} + 2\text{Ga}$  показывает, что значения констант- равновесия для них, при температуре расплава 1300–400 °C, находится в диапазонах (9,868E-007 — 9,135E-012) (Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Version 5.1. October 31, 2012). Эти данные также приводят к мысли о малой вероятности восстановления Ge и Ga в условиях процесса.

Поэтому перед экспериментаторами встает вопрос: по какому механизму стало возможно возгонка GeO при температуре расплава 1300–400 °C. Результаты обсуждения приводят к выводу, что при жидкофазном восстановлении, в режиме, близкому к «идеальному смешению», молекулы GeO могли захватываться парами цинка и выноситься из слоя расплава. Также сделано предположение, что в случае нахождения  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  в шлаке, путь его возгонки может протекать по такому же механизму.

Формирование технологической схемы безотходной переработки Экибастузского угля

Разработана схема декарбонизации  $\text{CO}_2$  в газах теплоэлектростанций путем безотходной переработки Экибастузских углей, представленная на рисунках (2–5). Предлагаемая система состоит из следующих четырех основных устройств. В середине рисунка расположен паровой котел, а под ним установлен плавильный реактор, использующий комбинацию режимов «идеальное смешение-идеальное вытеснение» (Dikhanbaev, 2017: 1–16; Dikhanbaev, 2021: 101003). При этом существующие горелки котла могут работать в резервном режиме. Слева от котла расположен электротермический цинковый дистиллятор, справа — электрофильтр.

Принцип работы системы следующий. Смесь измельченного угля, отходов конвертерного шлака и песка в пропорции «зола: шлак: песок — 1:0,3:0,15» на вихревой воздушной струе будет продуваться через четыре горелки цилиндрических камер реактора с двух сторон (см.рис. 2, 5). В цилиндрических камерах будут происходить сжигание угля, химические реакции образования минералогических фаз, а в ванне реактора — образование расплава необходимой консистенции для производства строительных материалов. За пределами реактора расплав будет направлен на следующий технологический этап, для получения шлаковой ваты или каменного литья. Сублиматы цинка, свинца и германия в отходящих газах реактора, после охлаждения в котле, будут направляться в электрофильтр.

За последней ступенью воздухонагревателя котла установлена камера декарбонизации отходящих газов. Последнее не ограничивает тепловой режим работы котла и не меняет конструкцию котла. В струе пара порошок цинка вдувается в камеру, в результате реакций, показанных на схеме, образуются оксид цинка и элементарный углерод. Смесь «ZnO, C» вместе с сублиматами GeO, ZnO, PbO, содержащимися в отходящих газах котла, отделяется от газов в электрофильтре в виде концентрата. Концентрат в струе «CO» вдувается через полые угольные электроды в дистиллятор (см. рис. 2, б). За счет ионизационных потенциалов элементов между электродами температура дуги повышается и происходит восстановление цинка из его оксида элементарным углеродом. Далее пылегазовый поток проходит через коксовую насадку, где цинк конденсируется, выводится из дистиллятора. После охлаждения и измельчения цинк впрыскивается паром в камеру декарбонизации, и процесс повторяется. Еще одним продуктом дистилляции является CO-газ, содержащий пусьеру (цинковую пыль). Пусьера состоит из сублиматов ZnO, PbO и GeO. После очистки от пусьеры в скруббере и сжатия в компрессоре, CO-газ накапливается в газгольдере и используется в качестве топлива в системе. Использование в системе газгольдера исключает необходимость резервного топлива или плазменного реактора для растопки котла после его остановки на ремонт.

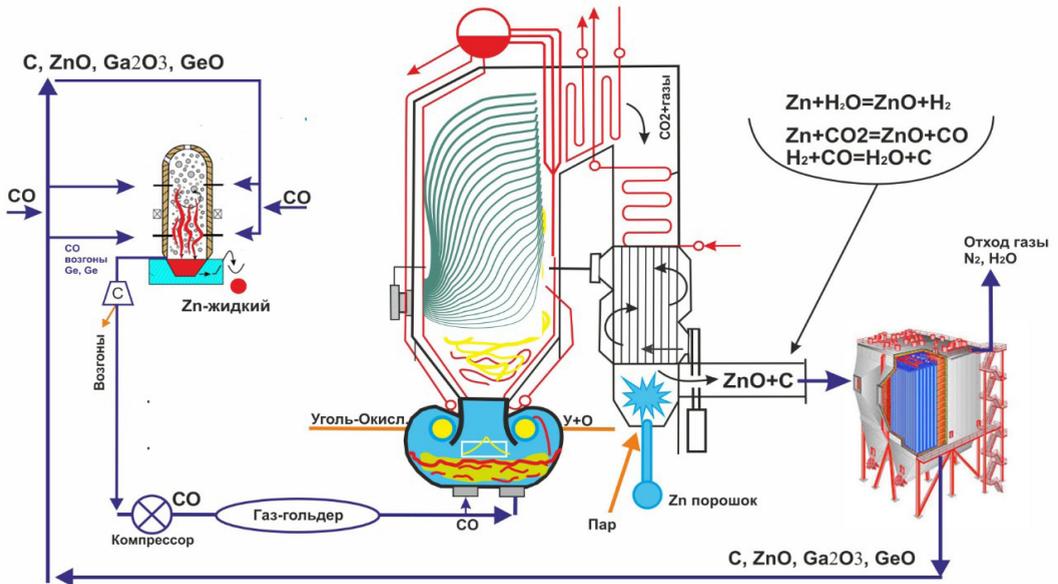


Рисунок 2 — Предлагаемая схема безотходной и экологически чистой переработки Экибастузского угля в котлах тепловых электростанций

На рисунке 3 показана разница в ассортименте продукции при переходе с действующей на предлагаемую систему.

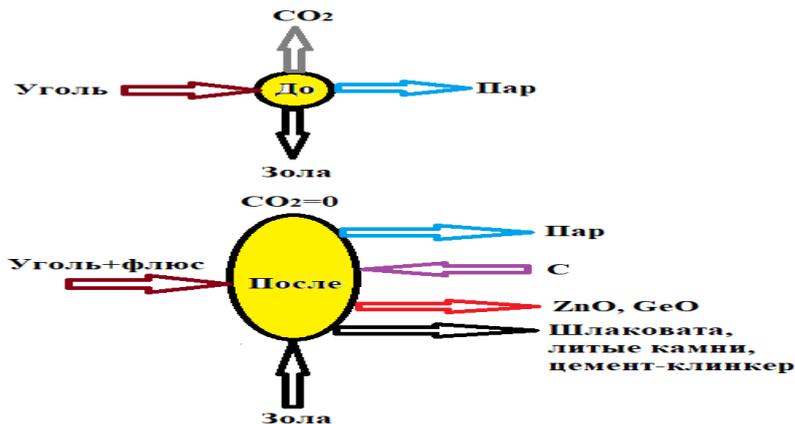


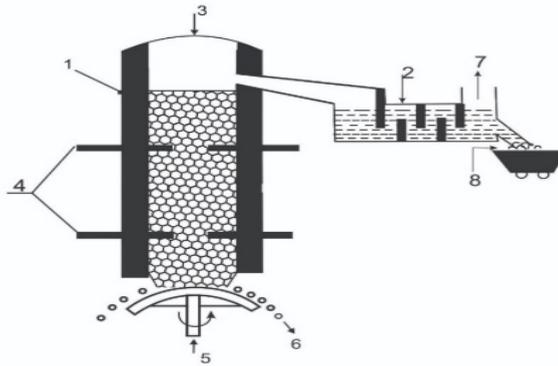
Рисунок 3 — Сравнительные характеристики действующей (до) и предлагаемой (после) систем

В предлагаемой системе, в отличие от действующей, может вырабатываться три дополнительных продукта: 1) возгоны цинка, свинца, германия, 2) расплав пригодный для производства строительных материалов, 3) элементный углерод с его регенеративным использованием в процессе. Экологическим преимуществом системы является нейтрализация  $\text{CO}_2$  и вовлечение в переработку золы с отходов. Учитывая неуклонное увеличение зольности Экибастузского угля в местах ее добычи, возврат углерода в систему позволит уравновесить необходимое соотношение «углерод/зола» в смеси горения.

Оценка удельного расхода электрической энергии на дистиллятор цинка

Ключевым показателем, определяющим рентабельность предлагаемой системы, является расход электроэнергии в дистилляторе цинка. На рисунке 4 представлена принципиальная схема традиционной электротермической установки «дистиллятор-конденсатор». Принцип работы агрегата следующий. В верх печи подается смесь агломерата и кокса (диаметром  $\sim 1020$  мм) и между угольными электродами в печи подается ток силой 10 000–20 000 ампер, напряжением 220–240 вольт, повышая температуру до 1200–1400 °С (Марченко, 2009). Конденсатор представляет собой ванну с жидким цинком, через которую отсасываются газы. Содержащийся в газовом потоке цинк поглощается жидкостной ванной. Для действующей установки, где дистилляция и конденсация происходят раздельно, удельный расход энергии составляет 2,5 кВтч/кг Zn (9000 кДж/кг Zn) (Марченко, 2009). Для декарбонизации 15 %  $\text{CO}_2$  в газах котла БКЗ-420 (22 т/ч  $\text{CO}_2$ ) требуется 65 т/ч одноразового металлического цинка; тогда необходимая энергия для дистиллятора составит  $(2,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{кг Zn}) \cdot 65000 \text{ кг Zn} = 162 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$ , против электрической производительности котла — 125 МВт·ч.

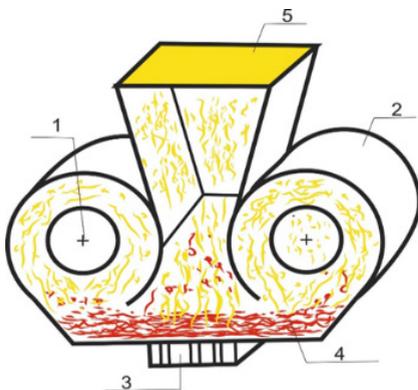
Таким образом, в случае применения традиционного дистиллятора, путем использования агломерата цинка диаметром 10–20 мм, предлагаемая система будет энергоемкой и убыточной.



1 — электротермический дистиллятор. 2 — конденсатор, 3 — агломерат, 4 — электроды, 5 — вращающаяся чаша,  
6 — остаток, 7 — газы CO, 8 — жидкий Zn

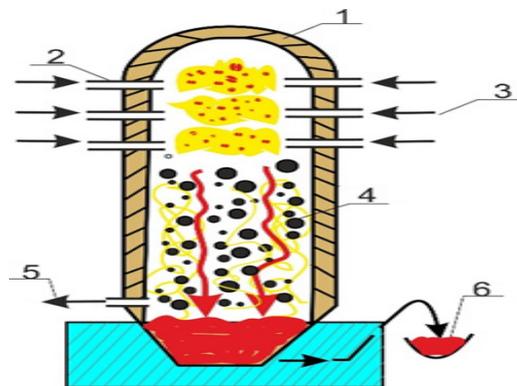
Рисунок 4 – Принципиальная схема установки «дистиллятор-конденсатор»

Для решения проблемы предлагается новая конструкция дистиллятора, где дистилляция и конденсация цинка будет производиться в одной камере. В этом случае пылевидный концентрат с электрофильтра диаметром частиц мм вдувается через полые электроды в дистиллятор. (см.рис. 6). Согласно (Сиденко, 1968), затраты энергии на технологическую обработку материала при прочих равных условиях прямо пропорциональны его объему или весу. Исходя из этого положения, можно предположить, что при подаче концентрата через полый электрод в область дуги, удельные энергозатраты могут снизиться в 10—20 раз против приведенного выше значения 2,5 кВт·ч/кг Zn.



1-горелка, 2-цилиндрическая камера, 3-топка, 4-расплав, 5-газы

Рисунок 5-Схема плавильного реактора



1-корпус, 2-полые электроды, 3-CO-газ, 4-коксовая насадка, 5- CO-газ, 6-цинк

Рисунок 6-Схема дистиллятора

Проведен укрупненный расчет предлагаемого дистиллятора, результаты

которого приведены в Таблице 1.

Таблица 1- Тепловой баланс дистиллятора  
на 1 кг цинкового концентрата (доля цинка в концентрате 80 %)

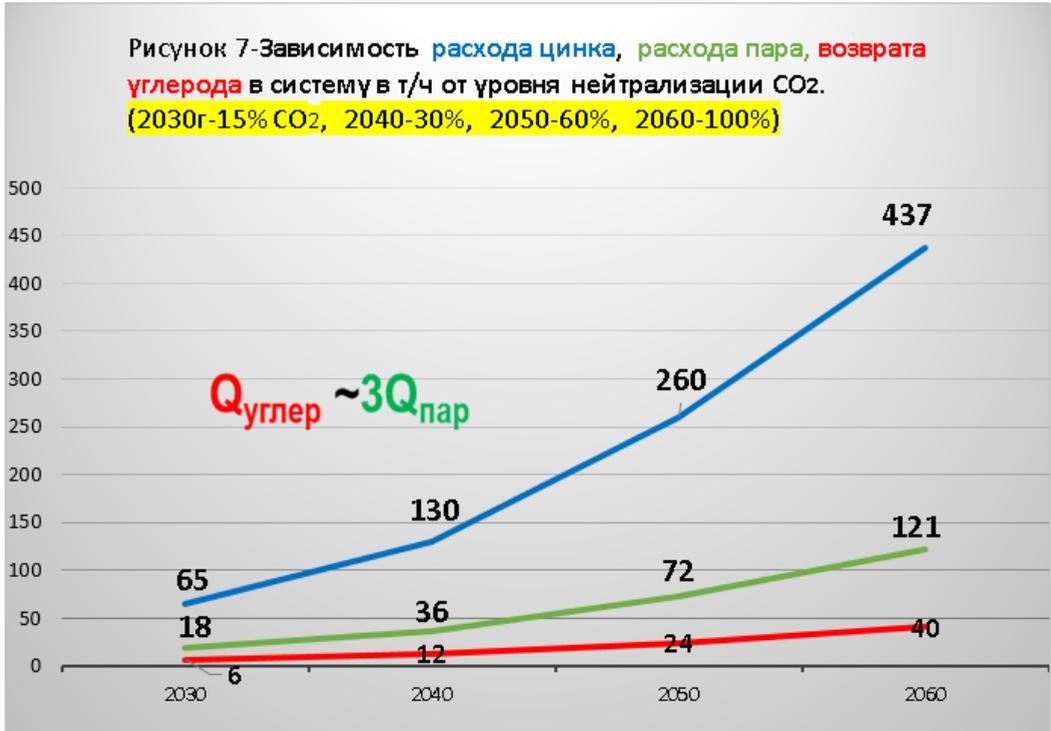
№	Приход теплоты	Q, кДж	%	№	Расход теплоты	Q, кДж	%
1	Нагрев цинкового концентрата. $G_{ZnO} * c_p * t =$ $1.0 \text{ кг} * \frac{0.63 \text{ кДж}}{\text{кг} * \text{К}} * 1200^\circ\text{C} =$	756	84,46	1	Восстановление $0,75 \text{ кг}_{Zn} * q_{Zn} =$ $0,75 * \frac{2790 \text{ кДж}}{\text{кг}_{Zn}} =$ (0,05 кг цинка уходит со шлаком)	2092	235,32
2	Нагрев «СО» газа. $0.1 \text{ кг}_{CO} * 1.16 * 1200 =$	139	15,53	2	«СО» газом $0.1 \text{ кг}_{CO} * 1.16 * 300 =$	35	3,94
3	Всего	895 (0.2486 кВт*ч)	100	3	Теплота конденсации цинка $0,75 \text{ кг}_{Zn} * q_{Zn} =$ $0,75 * \frac{2011 \text{ кДж}}{\text{кг}_{Zn}} =$	-1508	-169,6
				4	С жидким цинком. $0,75 \text{ кг}_{Zn} * \frac{0,4 \text{ кДж}}{\text{кг} * \text{К}} * 500^\circ\text{C} =$	150	16,87
				5	Со шлаком $0,2 \text{ кг}_{шл} * \frac{0,6 \text{ кДж}}{\text{кг} * \text{К}} * 500^\circ\text{C} =$	60	6,75
				6	Потери в окружающую среду	60	6,75
					Всего	889	100
Невязка баланса ~0,7 %, удельная энергозатрата ~ 0.25 кВт*ч/кг Zn концентрата							

Согласно таблице 1, наименьший расход электроэнергии в предлагаемом дистилляторе может составить ~ 0.25 кВтч/кг Zn концентрата, что согласуется с вышеуказанным предположением.

Оценка возможности полной нейтрализации  $\text{CO}_2$  — газов в предлагаемой системе

Предварительно приняв удельный расход электроэнергии на дистиллятор, 0,25 кВтч/кг Zn концентрата, просчитаны основные параметры системы.

Рисунок 7 демонстрирует одноразовые расходы цинка на дистиллятор, расходы пара на декарбонизатор и возврат углерода в систему в зависимости от уровня нейтрализации  $\text{CO}_2$  по годам. Общая теплотворная способность возвращенного углерода в три раза превышает теплосодержание пара на декарбонизатор.



Согласно рисунку 8, в диапазоне нейтрализации CO<sub>2</sub> от 15 % до 100 %, возрастает энергопотребление дистиллятора с 16 МВт·ч до 105 МВт·ч, а электрическая мощность котла снизится с 109 МВт до 20 МВт. Для сохранения номинала мощности 125 МВт потребуется увеличение мощности котла на разницу потерь энергии в дистилляторе, например, в интервале 2030–2060 гг., с 143 МВт (1,14 раза) до 318 МВт (2,54 раза).



## Обсуждение результатов расчетов технологической схемы

Центральным элементом, определяющим энергоэкономичность предлагаемой системы, является дистиллятор цинка. Согласно расчету, при применении традиционной установки «дистиллятор-конденсатор», использующей кусковой материал необходимая энергия для дистиллятора составляет 162 МВт·ч, по сравнению с электрической производительностью котла БКЗ–420 125 МВт·ч. Очевидно, при таком варианте дистиллятора предлагаемая система будет убыточной. Для решения проблемы предложена новая конструкция дистиллятора. В этом случае пылевидный концентрат из электрофилтра, в струе «СО», вдувается через полые угольные электроды в дистиллятор (см. рис.2, 6). За счет ионизационных потенциалов элементов между электродами температура дуги повышается и происходит восстановление цинка из его оксида элементарным углеродом. Расчеты показывают (см. табл.1), что наименьший удельный расход электроэнергии в предлагаемом дистилляторе может составить  $w \sim 0.25$  кВтч/кг Zn.

Приняв  $w = 0.25$  кВтч/кг Zn, выполнен укрупненный расчет прогнозных характеристик котла БКЗ-420 для нейтрализации  $\text{CO}_2$  до 2060 года (см. рис. 8). Например, для 15 % нейтрализации  $\text{CO}_2$  в 2030 году, в дистилляторе расходуется 16 МВт·ч электроэнергии, уменьшив номинальную производительность котла с 125 МВт·ч до 109 МВт·ч. Для сохранения номинальной мощности котла необходимо производительность котла повышать до 143 МВт·ч, т.е. в 1,14 раза. Для 100 %-ной нейтрализации  $\text{CO}_2$  в 2060 году этот показатель повысится до 318 МВт·ч, т.е. в 2,54 раза.

Таким образом, путем повышения единичной мощности котла против номинальной, предлагаемая система может обеспечить углеродную нейтральность в 2060 году. При этом отпадет необходимость строительства атомных электростанций, перевод угольных котельных на газ или гонка за возобновляемыми источниками энергии. Другим преимуществом системы является перевод зольной части угля в расплав пригодный для производства строительных материалов и возврат в процесс элементного углерода. В связи с неуклонным снижением углерода в Экибастузском угле возврат углерода в систему позволит уравновесить необходимое соотношение «углерод/зола» в смеси и даже вовлечь в переработку золы с отвалов.

Для изучения возможности плавки смеси золы Экибастузского угля и известняка на расплав, пригодный для производства шлаковаты, был произведен технологический расчет по методике (Вагин, 2008), для состава ЗШО в %:  $\text{SiO}_2 - 60$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 25$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 10$ ;  $\text{CaO} - 5$ ;  $\text{MgO} - 0,8$ . Соотношение: «100 кг зола/100 кг известняк». Полученные значения модуля кислотности расплава – 1,52, модуля вязкости – 1,2 и показателя водостойкости – 4,42 удовлетворяют получению шлаковаты при температуре 1400–1500 °С с вязкостью расплава 7–6 Пуаз, что позволяет легко выпускать его из летки. Расчеты, проведенные для композиции «зола/конверторный шлак/ кремнезем» в соотношении 1/0,3/0,15, показывают схожие результаты. Учитывая, что конверторного шлака в отвалах Карагандинского металлургического комбината накопилось около 20 миллионов тонн, с ежегодным выходом 60 000 тонн, его плавка с золой дала бы возможность производить дешевый строительный материал.

Таким образом, реализация предлагаемой системы путем выработки возгонов редких, цветных металлов, расплава пригодного для производства строительных материалов, углеродного материала, с одновременным сокращением выброса  $\text{CO}_2$  — газов и золоотходов позволит сохранить существующую инфраструктуру угольной промышленности без существенного изменения.

Оценка экономических показателей предлагаемой технологии

С целью определения экономической целесообразности безотходной переработки Экибастузского угля, с декарбонизацией углекислого газа на 15 %, был проведен укрупненный расчет предлагаемой технологии. В качестве основного оборудования был принят энерготехнологический агрегат «плавильный реактор–паровой котел БКЗ-420» производительностью 80 т/ч по Экибастузскому углю (по шихте – 40 т золы, 12 т конверторного шлака и 6 т песка, пропорцией 1:0,3:0,15, соответствующей получению расплава для производства строительной продукции).

Расчетно установленная стоимость удельных капитальных затрат данного проекта —  $73\,600\,000\,000 \text{ тг} / \left( 430 \frac{\text{тг}}{\$} \cdot 125000 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \right) = \$ 1369 / \text{кВт} \cdot \text{ч}$  против справочных данных для топливных котлов электростанций — (1150–1450) \$/кВт · ч .

Содержание цветных и редких металлов в угле может меняться в зависимости от места и времени добычи. Поэтому срок окупаемости системы рассчитан для двух крайних случаев: оптимистичный вариант, когда в угле присутствуют Zn, Pb, Cd, Ge, Ga, и пессимистичный вариант, когда эти компоненты отсутствуют. В таблице 1 приведены результаты расчетов для двух вариантов.

Таблица 1— Экономические параметры предлагаемой технологии

№	Параметр	Оптимистичный вариант	Пессимистичный вариант
1	Продукция в год, тенге	26 632 296 000	18 573 580 800
2	Себестоимость продукции в год, тенге	9 700 927 200	9 700 927 200
3	Капитальные затраты, тенге	73 600 000 000	73 600 000 000
4	Чистая прибыль за год, тенге	13 545 095 040	8 872 653 600
5	Срок окупаемости, лет	5,4	10,36

Таким образом, оценка экономической эффективности безотходной переработки Экибастузского угля с 15 %-ной декарбонизацией газов показывает, что усредненное значение срока окупаемости предлагаемой системы может составить  $\tau_{\text{ср}} = 7,88$  лет.

Заключение

Эксперименты, проведенные на плавильном реакторе, использующие комбинацию режимов «идеальное смешение-идеальное вытеснение», показали, что степень извлечения цинка и германия из отвальных шлаков превышает 70 %.

На базе агрегата «плавильный реактор-паровой котел» сформирована

тепловая схема безотходной переработки Экибастузского угля, с извлечением возгонов редких и цветных металлов в газовую фазу и силикатную часть золы в расплав, пригодный для производства строительных материалов.

Предложена новая конструкция дистиллятора, где дистилляция и конденсация цинка производится в одной камере, с использованием метода соударяющихся встречных пылегазовых струй.

Разработана технология декарбонизации газов котла порошковым цинком с выделением технического углерода, с последующим восстановлением и замкнутым использованием цинка в системе.

Расчетным путем установлен наименьший расход электроэнергии в предлагаемом дистилляторе  $\sim 0.25$  кВтч/кг Zn концентрата; на его основе сделан прогноз: для сохранения номинальной мощности котла 125 МВт и 100 %-ной нейтрализации  $\text{CO}_2$  необходимо производительность котла повышать до 318 МВтч, т.е. в 2,54 раза.

Оценка экономической эффективности переработки Экибастузского угля с 15 %-ной декарбонизацией газов показывает, что усредненное значение срока окупаемости предлагаемой системы может составить  $\tau_{\text{ср}} = 7-8$  лет.

В случае реализации предлагаемой технологии сохранится существующая инфраструктура угольных ТЭС, отпадет необходимость строительства атомных электростанций, перевод угольных котельных на газ или гонка за возобновляемыми источниками энергии.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бекман В.М. (1989). Месторождения углей. В кн. «Геология СССР» Т. XX, Центральный Казахстан. Полезные ископаемые. — С. 135–196. — М.: Недра, — 1989.
- Блайда И.А., Слюсаренко Л.И., Абишева З. (2008). “Золошлаковые отходы энергетики – сырье для производства редких металлов и глинозема”. Комплексное использование минерального сырья. — DOI: 10.31643/2018/166445. — № 4. – (2008). — С.39–51. — ISSN: 2616–6445 (Online).
- Birch E.L. (2014). “A Review of “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability” and “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.” Journal of the American Planning Association. — № 80(2). (2014): — 184–185. — <https://doi.org/10.1080/01944363.2014.954464>.
- Bryngelsson M., Westermark M. (2009). “CO2 capture pilot test at a pressurized coal fired CHP plant”. Energy Procedia. — № 1(1), (2009): — 1403–1410. — <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.184>.
- Вагин В.В., Килесо В.В., Скотаренко З.Г. (2008). Продукция черной металлургии. Отраслевой каталог. Каменное литье. — Москва. — 2008. — 6с.
- А.Б. Диханбаев, Б.И. Диханбаев, С.Б. Ыбрай, Ж.Т. Бекишева (2022). News of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan series chemistry and technology. — ISSN 2224–5286. — Volume 2. — Number 451. (2022). — 74–92 — <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1491.104>. Разработка безотходной технологии переработки золоотвалов электростанций с полной декарбонизацией отходящих газов.
- Диханбаев Б.И., Диханбаев А.Б. (2020). “К проблеме утилизации диоксида углерода отходящих газов котлов электростанций при сжигании высокозольных углей”. Комплексное Использование Минерального Сырья. — № 4 (315). — Алматы. — 2020. — ISSN-L 2616–6445. — ISSN 2224–5243. — <https://doi.org/10.31643/2020/6445.34>.
- Dikhanbaev B., Gomes C., Dikhanbaev A.B. (2019). Energy efficient system for galena concentrate processing. — IEEE Access 2019. — 7: 23388–95. — <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895591>.
- Dikhanbaev B., Dikhanbaev A.B., Sultan I. & Rusowicz A. (2018). Development of hydrogenenriched water gas production technology by processing Ekibastuz coal with technogenic waste. Archive of Mechanical Engineering. — LXV(2), 2018. — 221–231. — <http://doi.org/10.24425/12302>.
- Dikhanbaev B., Dikhanbaev A., Chandima G. (2017). “Energy-saving method for technogenic waste processing”. Journal PLoS ONE. — № 12(12): — San Francisco, California, USA. — 1–16. — <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182888>.

org/10.1371/journal.pone.0187790.

Dikhanbaev B., Dikhanbaev A., Chandima G. (2021). “Design and implementation of an energy-saving melting reactor”. *International journal Case Studies in Thermal Engineering*. — London. — Vol. 26. — 101003. — journal homepage: [www.elsevier.com/locate/csite](http://www.elsevier.com/locate/csite). <http://dx.doi.org/10.1016/j.csite.2021.101003>.

Fanchi John R., Fanchi Christopher J. (2016). “Energy in the 21st Century”. *World Scientific Publishing Co Inc*. — 350. — ISBN 978-981-314-480-4.

Koizhanova A.K., Osipovskaya L.L., and Erdenova M.B. (2012). “Study of precious metals extraction recovery from technogenic wastes”. *12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference — SGEM 2012*. — Vol. 1. — June (2012): 843–846.

Марченко Н.В., Вершинина Е.П., Хильдебрандт Е.М. (2009). *Металлургия тяжелых цветных металлов*. — ISBN 978-5-7638-1776-8. — Красноярск. — ИПК СФУ. 2009. — 394 с.

Сиденко П.М. (1968). *Измельчение в химической промышленности*. — Москва. Издательство «Химия» — 1968 г. — 384 с.

Rhodes J.S., Keith D.W. (2008). “Biomass with capture: negative emissions within social and environmental constraints: an editorial comment”. *Climatic Change*. — № 87(3–4). — 321–328. — <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9387-4>.

Phelps J.J.C., Blackford J.C., Holt J.T. & Polton J.A. (2015). “Modelling large-scale CO<sub>2</sub> leakages in the North Sea”. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. — № 38. — 210–220. — <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.10.013>.

Sumida K., Rogow D.L., Mason J.A., McDonald T.M., Bloch E.D., Herm Z.R., Long J.R. (2011). “Carbon Dioxide Capture in Metal–Organic Frameworks”. *Chemical Reviews*. — № 112(2). 724–781. — <https://doi.org/10.1021/cr2003272>.

Окунев А.И., Костяновский И.А., Донченко П.А. (1966). *Фьюмингование шлаков*. — М: *Металлургия*. — 1966. — 259 с.

Outokumpu HSC Chemistry for Windows. *Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database*. — Version 5.1. — October 31. — 2012.

Хамзин В.С., Байдалинов А.Т. (2003). “О расширении сфер использования минерального сырья”. *Геология и охрана недр*. — Алматы. — № 2. — 2003. — Стр. 63–65.

## REFERENCES

Beckman V.M. (1989). “Mestorojdenie uglei”. In the book. “*Geologia SSSR T.XX, Centralnyi Kazakhstan. Poleznye iskopaemye [Deposits of coal. Geology of the USSR Vol. XX, Central Kazakhstan. Minerals]*”. — М.: Nedra. — 135–196. (In Russ.)

Blyda I.A., Slyusarenko L.I., Abisheva Z. (2008). “Zoloshlakovie othody energetiki – syrie dly proizvodstva redkih metallov i glinozema. Kompleksnoe ispolzovanie mineralnogo Syria. [Ash and slag waste from the power industry - raw material for the production of rare metals and alumina. Complex use of mineral raw materials]”. — № 4. — 39–51. — DOI: 10.31643/2018/166445. (In Russ.)

Birch E.L. (2014). “A Review of “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability” and “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.” *Journal of the American Planning Association*. — № 80(2). — 184–185. — <https://doi.org/10.1080/01944363.2014.954464>.

Bryngelsson M., Westermark M. (2009). “CO<sub>2</sub> capture pilot test at a pressurized coal fired CHP plant”. *Energy Procedia*. — № 1(1). (2009): 1403–1410. — <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.184>.

Dikhanbaev A.B., Dikhanbaev B.I., Sultan I.B., Bekisheva Zh.T. (2022). *NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY*. — ISSN 2224-5286. — Volume 2. — Number 451. — 74–92. — <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1491.104>. Development of waste-free technology for processing ash dumps of power plants with complete decarbonization of exhaust gases.

Dikhanbaev B., Gomes C., Dikhanbaev A.B. (2019). Energy efficient system for galena concentrate processing. — *IEEE Access* 2019. — 7:23388–95. — <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895591>.

Dikhanbaev B.I., Dikhanbaev A. (2020). “K probleme utilizacii dioksida ugleroda othodiashih gazov kotlov eletrostancii pri sjiganii visokozolnih uglei. Kompleksnoe ispolzovanie Mineralnogo Siaria. [On the problem of carbon dioxide utilization of waste gases from boilers of power plants when burning high-ash coals. Complex Use of Mineral Raw Materials]”. — Алматы. — № 4 (315). — 33–41. — ISSN-L 2616–6445. — ISSN 2224–5243. — <https://doi.org/10.31643/2020/6445.34> (In Russ.).

Dikhanbaev B., Dikhanbaev A.B., Sultan I. & Rusowicz A. (2018). Development of hydrogenenriched

water gas production technology by processing Ekibastuz coal with technogenic waste. *Archive of Mechanical Engineering*. — LXV(2), 2018. — 221–231. — <http://doi.org/10.24425/12302>.

Dikhanbaev B., Dikhanbaev A., Chandima G. (2017). “Energy-saving method for nogenic waste processing”. *Journal PLoS ONE*, no 12(12): — San Francisco, California, USA. — 1–16. — <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187790>.

Dikhanbaev B., Dikhanbaev A., Chandima G. (2021). “Design and implementation of an energy-saving melting reactor”. *International journal Case Studies in Thermal Engineering*. — London. — Vol. 26.(2021). — 101003. — journal homepage: [www.elsevier.com/locate/csite](http://www.elsevier.com/locate/csite). — <http://dx.doi.org/10.1016/j.csite.2021.101003>.

Fanchi John R., Fanchi Christopher J. (2016). “Energy in the 21st Century”. *World Scientific Publishing Co Inc.*, (2016): — 350. — ISBN 978-981-314-480-4.

Khamzin V.S., Baidalinov A.T. (2003). “O rasshirenii sfer ispolzovanya mineralnogo syria. Geologia i ohrana nedr. [Expansion of the spheres of use of mineral raw materials. Geology and protection of mineral resources]”. — Almaty. — № 2. (2003): 63–65. (In Russ.)

Koizhanova A.K., Osipovskaya L.L., and Erdenova M.B. (2012). “Study of precious metals extraction recovery from technogenic wastes”. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference - SGEM2012. — Vol. 1. — June (2012): 843–846.

Marchenko N.V., E.P. Vershinina, E.M. Hildebrandt (2009). *Metallurgy of heavy non-ferrous metals*. — ISBN 978-5-7638-1776-8. — Krasnoyarsk: — IPK SFU, 2009. — 394 p. (in Russ.).

Vagin V.V., Kileso V.V., Scotarekko Z.G. (2008). *Products of ferrous metallurgy. Industry catalogue. Stone casting*. — Moscow. — 2008. — 6 p. (in Russ.).

Rhodes J.S., Keith D.W. (2008). “Biomass with capture: negative emissions within social and environmental constraints: an editorial comment”. *Climatic Change*. — № 87(3–4). — 321–328. — <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9387-4>.

Phelps J.J.C., Blackford J.C., Holt J.T. & Polton J.A. (2015). “Modelling large-scale CO<sub>2</sub> leakages in the North Sea”. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. — № 38. — 210–220. — <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.10.013>.

Okunev A.I., Kostyanovsky I.A., Donchenko P.A. (1966). *Fiumingovanie shlakov. [Slag fuming]*. — M: — Metallurgy. 1966. — 259 p. — <http://doi.org/10.24425/12302> (In Russ.).

Outokumpu HSC Chemistry for Windows. *Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database*. — Version 5.1. — October 31, 2012.

Sumida K., Rogow D.L., Mason J.A., McDonald T.M., Bloch E.D., Herm Z.R., Long J.R. (2011). “Carbon Dioxide Capture in Metal-Organic Frameworks”. *Chemical Reviews*. — № 112(2). (2011): — 724–781. — <https://doi.org/10.1021/cr2003272>.

Sidenko P.M. (1968). *Grinding in the chemical industry*. Moscow. Publishing house “Chemistry”. — 1968. — 384 p. (in Russ.).

## МАЗМҰНЫ

<b>Қ. Амантайұлы, С. Азат, Н.Н. Нурғалиев, Х. Аббас, Қ. Тоштай</b> МЫРЫШ БАЛҚЫТУ ҚОЖДАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫНАН МЫРЫШТЫ АММОНИЙ ХЛОРИДІ АРҚЫЛЫ ШАЙМАЛАП БӨЛІП АЛУ.....	7
<b>Е.Б. Асылбеков, С.А. Тунгатарова, G.G. Xanthoroulou, Т.С. Байжуманова, М. Жумабек</b> МЕТАНОЛДЫ SHS ӘДІСІМЕН СИНТЕЗДЕЛГЕН КАТАЛИЗАТОРЛАРДА СУТЕГІ БАР ЖАНАРМАЙ ҚОСПАСЫНА КОНВЕРСИЯЛАУ.....	21
<b>С.Н. Ахметова, А.С. Ауезханова, А.К. Жармагамбетова, Э.Т. Талғатов, А.И. Джумекеева</b> АЛКАНДАРДЫҢ СҰЙЫҚ ФАЗАЛЫҚ ТОТЫҒУЫНДА ГЕТЕРОГЕНДІ ХИТОЗАНМЕН ТҰРАҚТАНДЫРЫЛҒАН ХРОМ ЖӘНЕ ТЕМІР КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ...34	34
<b>М.Д. Даулетова, А.К. Умбетова, Ю.А. Литвиненко, Г.Ш. Бурашева, Н.С. Елибаева</b> <i>POLYGANACEAE</i> ТҰҚЫМДАС ӨСІМДІК ТҮРІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ КЕШЕНДІ АЛУ ЖОЛДАРЫН ҰСЫНУ.....	46
<b>Г.Д. Жетписбаева, Б.К. Масалимова, В.А. Садықов</b> ТРАНСМИССИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРОНДЫ МИКРОСКОПИЯНЫҢ КӨМЕГІМЕН ПЕРОВСКИТ ТӘРІЗДІ КҮРДЕЛІ ОКСИДТЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	62
<b>Б.И. Диханбаев, А.Б. Диханбаев, М.Б. Кошумбаев, Ж.Т. Бекишева</b> ҚАЗАҚСТАН ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КЕШЕНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ПРОБЛЕМАЛАРЫ ЖӘНЕ ҚАЛДЫҚСЫЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА КӨШЕ ОТЫРЫП, ЖЫЛУ КӨМІР ЭНЕРГЕТИКАСЫН ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУ.....	70
<b>Э.А. Камбарова, Н.А. Бектенов, А.К. Байдуллаева, М.А. Гавриленко</b> ЦЕОЛИТ БЕТІНДЕГІ ЭПОКСИДІ ШАЙЫРЛЫ ПЛАНДАРДАҒЫ СОРБИЦИЯЛЫҚ ЗАТТАРДЫҢ БӨЛҮІ.....	87
<b>М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек</b> КӨМІР ӨНДІРУ ҚАЛДЫҚТАРЫН АЗЫҚ ӨНДІРУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ: ҚҰС ТАҒАМЫНДАҒЫ ГУМАТТАРДЫҢ ӘЛЕУЕТІН ЗЕРТТЕУ.....	99
<b>М.М. Матаев, Г.С. Патрин, К.Ж. Сейтбекова, М.А. Нурбекова, М.Е. Жайсанбаева</b> ШПИНЕЛЬ-ПЕРОВКСИТТИ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДЫ ӨНДІРУ ЖӘНЕ ҚҰРЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ.....	114
<b>Г. Мукушева, Р. Джалмаханбетова, М. Алиева, А. Самородов, А. Тәжібай</b> ХИНИН АЛКАЛОИДЫНЫҢ СИНТЕЗДЕЛГЕН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ АНТИКОАГУЛЯЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ АГРЕГАЦИЯҒА ҚАРСИ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....	126
<b>А.О. Оразымбетова, С.А. Сакибаева, Г.Ф. Сагитова, А.Ж. Суйгенбаева</b> ШАНҚАНАЙ КЕН ОРНЫНДАҒЫ ЦЕОЛИТТЕРДІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	138
<b>Ж. Рахимберлинова, И. Кулаков, Г. Якуда, А. Ағысбай, А. Альжанов</b> ХЛОРАНҒАН КӨМІРЛЕР МЕН ХЛОРГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СИНТЕЗДЕР.....	151

**В.В. Романов, В.В. Меркулов, С.К. Кабиева, Р.Қ. Жаслан, Л.М. Власова**  
КЛИНКЕРСІЗ ТҮТҚЫР ЗАТ АЛУ МАҚСАТЫНДА ДОМНА ӨНДІРІСІНІҢ  
ТЕХНОГЕНДІК ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....164

**Ә.И. Тасмағамбетова, А.Д. Товасаров, Н.Б. Акынбаев**  
ИТБАЛЫҚ МАЙЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....177

**Р. Шулен, Д. Махаева, Д. Казыбаева, Г. Ирмухаметова, Г.А. Мун**  
ТЕТРААКРИЛАТ ПЕНТАЭРИТРИТОЛ ЖӘНЕ ТЕТРАКИС(3-  
МЕРКАПТОПРОПИОНАТ) ПЕНТАЭРИТРИТОЛ НЕГІЗІНДЕ  
БИОДЕГРАДАЦИЯЛАНАТЫН ДӘРІЛІК ФОРМАЛАРДЫ АЛУ.....191

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Қ. Амантайұлы, С. Азат, Н. Нурғалиев, Х. Аббас, Қ. Тошта</b> ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ЦИНКОВЫХ ШЛАКОВ ПУТЕМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ХЛОРИДОМ АММОНИЯ.....	7
<b>Е.Б. Асылбеков, С.А. Тунгатарова, G.G. Xanthoroulou, Т.С. Байжуманова, М. Жумабек</b> КОНВЕРСИЯ МЕТАНОЛА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩУЮ ТОПЛИВНУЮ СМЕСЬ НА КАТАЛИЗАТОРАХ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ SHS.....	21
<b>С.Н. Ахметова, А.С. Ауезханова, А.К. Жармагамбетова, Э.Т. Талғатов, А.И. Джумекеева</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОГЕННЫХ ХИТОЗАН-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ХРОМОВЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ЖИДКОФАЗНОМ ОКИСЛЕНИИ АЛКАНОВ.....	34
<b>М.Д. Даулетова, А.К. Умбетова, Ю.А. Литвиненко, Г.Ш. Бурашева, Н.С. Елибаева</b> РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА POLYGANACEAE.....	46
<b>Г.Д. Джетписбаева, Б.К. Масалимова, В.А. Садықов</b> ИЗУЧЕНИЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ПЕРОВСКИТНОГО ТИПА МЕТОДОМ ТРАНСМИССИОННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ.....	62
<b>Б.И. Диханбаев, А.Б. Диханбаев, М.Б. Кошумбаев, Ж.Т. Бекишева</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАЗАХСТАНА И ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ УГОЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ПЕРЕХОДОМ НА БЕЗОТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	70
<b>Э.А. Камбарова, Н.А. Бектенов, А.К. Байдуллаева, М.А.Гавриленко</b> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОРБИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА В ПЛЕНКАХ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕОЛИТА .....	87
<b>М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ: ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ГУМАТОВ В ПИТАНИИ ПТИЦЫ.....	99
<b>М.М. Матаев, Г.С. Патрин, К.Ж. Сейтбекова, М.А. Нурбекова, М.Е. Жайсанбаева</b> РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ШПИНЕЛЬНО-ПЕРОВКСИТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА....	114
<b>Г. Мукушева, Р. Джалмаханбетова, М. Алиева, А. Самородов, А. Тәжібай</b> ИЗУЧЕНИЕ АНТИКОАГУЛЯЦИОННОЙ И АНТИАГРЕГАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛКАЛОИДА ХИНИНА.....	126
<b>А.О. Оразымбетова, С.А. Сакибаева, Г.Ф. Сагитова, А.Ж. Суйгенбаева</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕОЛИТОВ ЧАНКАНАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	138
<b>Ж. Рахимберлинова, И. Кулаков, Г. Якуда, А. Ағысбай, А. Альжанов</b> СИНТЕЗЫ НА ОСНОВЕ ХЛОРИРОВАННЫХ УГЛЕЙ И ХЛОРГУМИНОВЫХ КИСЛОТ .....	151

<b>В.В. Романов, В.В. Меркулов, С.К. Кабиева, Р.Қ. Жаслан, Л.М. Власова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗКЛИНКЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО.....	164
<b>А.И. Тасмагамбетова, А.Д. Товасаров, Н.Б. Акынбаев</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖИРА ТЮЛЕНЯ.....	177
<b>Р. Шулен, Д. Махаева, Д. Казыбаева, Г. Ирмухаметова, Г.А. Мун</b> ПОЛУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ ТЕТРААКРИЛАТА ПЕНТАЭРИТРИТОЛА И ТЕТРАКИС(3- МЕРКАПТОПРОПИОНАТА) ПЕНТАЭРИТРИТОЛА.....	191

## CONTENTS

<b>K. Amantaiuly, S. Azat, N.N. Nurgaliyev, Q. Abbas, K. Toshtay</b> EXTRACTION OF ZINC FROM ZINC SMELTING SLAG BY LEACHING WITH AMMONIUM CHLORIDE.....	7
<b>Y.B. Assylbekov, S.A. Tungatarova, G.G. Xanthopoulou, T.S. Baizhumanova, M. Zhumabek</b> CONVERSION OF METHANOL INTO HYDROGEN-CONTAINING FUEL MIXTURE ON CATALYSTS SYNTHESIZED BY SHS METHOD.....	21
<b>S.N. Akhmetova, A.S. Auyezkhanova, A.K. Zharmagambetova, E.T. Talgatov, A.I. Jumekeyeva</b> STUDY OF THE CATALYTIC PROPERTIES OF HETEROGENEOUS CHI- TOSAN-STABILIZED CHROMIUM AND IRON CATALYSTS IN LIQUID-PHASE OXIDATION OF ALKANES.....	34
<b>M.D. Dauletova, A.K. Umbetova, Yu.A. Litvinenko, G.Sh. Burasheva, N.S. Yelibaeva</b> DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING A BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOSITION BASED ON PLANTS OF THE <i>POLYGANACEAE</i> FAMILY.....	46
<b>G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov</b> STUDYING COMPLEX OXIDES OF THE PEROVSKITE TYPE BY THE METHOD OF FLASHED ELECTRON MICROSCOPY.....	62
<b>B.I. Dikhanbayev, A.B. Dikhanbayev, M.B. Koshumbayev, Zh.T. Bekisheva</b> ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF KAZAKHSTAN'S ENERGY COMPLEX AND DECARBONIZATION OF THERMAL COAL POWER WITH THE TRANSITION TO WASTE-FREE TECHNOLOGIES.....	70
<b>E.A. Kambarova, N.A. Bektenov, A.K. Baidullayeva, M.A. Gavrilenko</b> DISTRIBUTION OF SORBED SUBSTANCE IN EPOXY RESIN FILMS ON THE SURFACE OF ZEOLITE, 2024 .....	87
<b>M.B. Kambatyrov, P.A. Abdurazova, U.B. Nazarbek</b> UTILIZING COAL MINING WASTE FOR FEED PRODUCTION: EXPLORING THE POTENTIAL OF HUMATES IN POULTRY NUTRITION.....	99
<b>M.M. Mataev, G.S. Patrin, K.Zh. Seitbekova, M.A. Nurbekova, M.E. Zhaisanbaeva</b> DEVELOPMENT OF A METHOD FOR PRODUCING AND STUDYING THE STRUCTURE OF SPINEL-PEROVSKITE COMPOSITE MATERIAL.....	114
<b>G. Mukusheva, R. Jalmakhanbetova, M. Aliyeva, A. Samorodov, A. Tazhibay</b> STUDY OF ANTICOAGULATION AND ANTIAGGREGATIONAL ACTIVITY OF SYNTHESIZED QUININE ALKALOID DERIVATIVES.....	126
<b>A.O. Orazymbetova, S.A. Sakibayeva, G.F. Sagitova, A.Zh. Suigenbayeva</b> INVESTIGATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF ZEOLITES OF THE CHANGKANAI DEPOSIT.....	138
<b>Zh. Rakhimberlinova, I. Kulakov, G. Yakuda, A. Agysbay, A. Alzhanov</b> SYNTHESES BASED ON CHLORINATED CARBONS AND CHLOROHUMIC ACIDS.....	151

**V. Romanov, V. Merkulov, S. Kabiyeva, R. Zhaslan, L. Vlasova**  
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF PROCESSING TECHNOGENIC WASTE  
FROM BLAST FURNACE PRODUCTION IN ORDER TO OBTAIN A CLIN-  
KER-FREE BINDER.....164

**A.I. Tasmagambetova, A.D. Tovassarov, N.B. Akynbayev**  
RESEARCH ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SEAL OIL.....177

**R. Shulen, D. Makhayeva, D. Kazybayeva, G. Irmukhametova, G. Mun**  
CREATING BIODEGRADABLE DOSAGE FORMS BASED ON PENTAERYTHRI-  
TOL TETRAACRYLATE AND TETRAKIS(3-MERCAPTOPROPIONATE)  
PENTAERYTHRITOL.....191

## **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](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)  
<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>  
ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)**

Подписано в печать 15.06.2024.  
Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
13,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.