

ISSN 2091-5527

№ 4/2025

O'zbekiston

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал

**Композиционные материалы**

УДК 662.673.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Бегентаев Мейрам Мухаметрахимович<sup>1</sup>, Кульдеев Ержан Итеменович<sup>1</sup>,  
Нурпеисова Маржан Байсановна<sup>1</sup>, Бек Айман<sup>1</sup>, Низамова Альбина Талгатовна<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. Сатпаева,  
Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup> *Ташкентский государственный технический университет имени И.Каримова,  
Ташкент, Узбекистан*

**Аннотация.** В статье приведены результаты оценки влияния золоотвалов на природную среду в условиях сжигания углей Экибастузского месторождения Казахстана. Показано, что на территории золоохранилища Экибастузской ГРЭС-2 и в Алматинской области в результате деятельности трех тепловых электростанций накопились огромные количества золоотвалов, существенно загрязняющих окружающую среду. Определены возможности получения из них востребованных строительных материалов. Актуальность и значимость данной проблемы усиливаются с фактом признания, что техногенные отходы ТЭЦ недостаточно перерабатываются, текущие отходы золы накапливаются и занимают огромные площади, что выводит их из землепользования. Утилизация золоотвалов позволяет снизить техногенную нагрузку на окружающую среду и обеспечить рациональное использование вторичного сырья. Определен химический и гранулометрический состав золошлаков. Выполнен рентгенофазовый и дифференциально-термический анализ. Анализ химического состава Экибастузской золы дает представление о составе минеральных веществ угля, что дает возможность использования ее для получения строительных материалов. Таким образом, все проведенные исследования показали возможность использования золошлаковых отходов в качестве вторичного сырья с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**Ключевые слова:** золошлаковые отходы, анализ, загрязнение, экология, вторичные ресурсы, строительные материалы.

**Введение.** Одним из основных направлений устойчивого развития Республики Казахстан является Национальный проект «Зеленый Казахстан», разработчиками которого является министерство экологии, геологии и природных ресурсов РК.

Уже по самому названию становится понятным, что он имеет экологическую направленность. Проект состоит из четырех разделов (направлений), в рамках каждого из которых предусмотрено решение ряда крайне важных задач, что должно способствовать созданию в нашей стране благоприятной среды проживания для населения, формированию в обществе бережного отношения к природе, ко всему, что нас окружает.

*1 направление – «Чистый Казахстан».*

**Задача 1 –** Улучшение качества атмосферного воздуха, снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, отходящих от стационарных источников в крупных городах по промышленным предприятиям. Взять, например, Алматы. В самом большом городе республики, который считается неблагополучным именно с точки зрения качества атмосферного воздуха, одним из главных его загрязнителей является работающие на Экибастузском угле ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3.

**Задача 2 –** Устойчивое управление отходами, охват раздельным сбором крупных городов. Здесь особое внимание обращено переработке и утилизации промышленных отходов [1].

На территории Республики, по данным Государственного кадастра, в отвалах, хвостоохранилищах и накопителях предприятий горнопромышленного производства заскладировано около 30 млрд. т. промышленных отходов, в том числе: 72% - отвальные породы вскрыши и некондиционных руд, 20% - отвальные хвосты обогащения, 8% - прочие отходы. При годовом выходе промышленных отходов 1 млрд. т. полезно используется не более 100 млн. т. Остальная часть загрязняет окружающую среду, постепенно накапливаясь в ней.

Накопленные отходы являются, с одной стороны, главными загрязнителями окружающей среды, а с другой стороны представляют собой ценные продукты, потенциально пригодные для переработки и вторичного использования с получением товарной продукции с высокой добавленной стоимостью. Основной причиной прогрессирующего накопления отходов в стране является сырьевая направленность нашей экономики.

В настоящее время на 450 полигонах страны накоплено более 22 миллиард. тонн твердых отходов (рис.1.). Большая их часть отходов расположена в Карагандинской (29,4 %), Восточно-Казахстанской (25,7 %), Костанайской (17 %) и Павлодарской (14,6 %) областях. Ежегодно в республике образуется до 20 млн. м<sup>3</sup> бытовых, около одного млрд. тонн промышленных, в том числе более 150 млн. тонн токсичных отходов.

В Казахстане имеется значительное

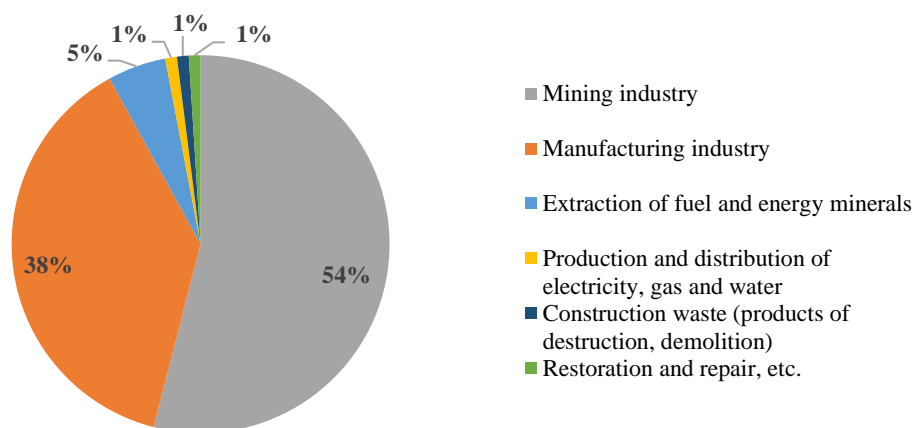


Рис. 1. Основные показатели по твердым отходам, накопленным в республике к 2023 году

Сравнительный анализ. Известно, что хранение золоотходов является весьма затратным мероприятием. По экспертным оценкам инвестиции в реконструкцию одного золошлакового отвала могут достигать 5 млрд. тенге, а строительство нового обходится в 10-12 млрд. тенге. Складирование золошлаковых отходов приводит не только к изъятию значительных земельных площадей, но и вызывает весьма существенное загрязнение практически всех компонентов окружающей среды в зоне их расположения [2-4].

Сегодня многие зарубежные страны обладают опытом в разработке эффективных эколого-экономических систем безотходной технологии. Для Казахстана этот опыт полезен в плане использования в отечественной практике инновационных решений в области переработки и утилизации золошлаковых отходов. Проблема утилизации шлаков в строительстве остается актуальной задачей, поскольку практически все исследования ограничиваются опытными разработками. Всё это вызывает настоятельную необходимость проведения целенаправленных комплексных исследований, как самого шлака, так и материалов на его основе. Поэтому сегодня особую актуальность приобрело управление отходами, как одно из ключевых направлений развития «Зеленого Казахстана», т.е. сохранение и эффективное управление экосистемами [5-8].

количество тепловых электрических станций, в результате чего, на территории республики накоплено более 500 млн. тонн золошлаковых отходов, запасы которых к 2030 г. увеличатся до одного млрд. тонн. Львиная доля этих техногенных материалов образуется при сжигании Экибастузских углей, являющихся каменными, слабоспекающимися, высокозольными, малозернистыми, зато дешевыми. Поэтому их применяют как топливо во многих ТЭС Казахстана и России.

Именно с этой позиции была поставлена цель, обоснована идея, сформулированы задачи наших исследований. КазНИТУ им. К.И. Сатпаева уделяется повышенное внимание промышленной безопасности на рудниках и снижению вредного воздействия на окружающую среду. Свидетельством этому является проводимые исследования по проектам [9,10].

Рост масштабов строительства в Казахстане требует значительного количества минерального сырья для индустрии строительных материалов. Интенсификация в данном направлении сопряжена с использованием промышленных отходов взамен первичных природных ресурсов с целью удешевления стройматериалов. Использование в индустрии строительных материалов твердых отходов горнорудного производства является более экономичным по сравнению с производством стройматериалов на базе специальной добычи минерального сырья.

Целью данной работы является изучение свойств золошлаковых отходов от сжигания углей Экибастузского месторождения Казахстана, оценка их как источник загрязнения природной среды и определение возможности получения из них востребованных строительных материалов

**Объекты и методы исследований.** Для определения фазового состава исследуемого

материала был использован модернизированный дифрактометр ДРОН-3М на  $\text{CuK}\alpha$ -излучении с программным обеспечением. Рентгенограммы пробы получены в интервале  $2\theta$ (углов) от 10 до  $70^\circ$ . Химический состав установлен с помощью энергодисперсионного спектрометра «EDX-8000». Микрофотографию золы-уноса снимали на растровом электронном микроскопе Суперпроб-733.

Объект исследования - элементный состав золошлаковых отходов ТЭЦ-2. Предмет исследования - выбор наиболее оптимального варианта использования золошлаков.

Экологическая обстановка Алматы сложная. В Стратегии развития "Алматы-2050" сообщается, что ежегодно на территории города в воздух выбрасывается более 122 тысяч тонн вредных веществ. 65 процентов приходится на транспорт. Это более 500 тысяч городских машин и порядка 200 тысяч иногородних. 27 процентов выбросов, по данным акимата, дает ТЭЦ-2, которая сжигает высокозольный экибастузский уголь Золоотвал Алматинской ТЭЦ-2 размещен на черте Алатауского района города (рис. 2)

На золоотвале ТЭЦ-2. были отобраны рядовые пробы весом от 3-5 до 15-16 кг, из которых в последующем составлялись групповые пробы [11].

#### Результаты и их обсуждение. 1.

Первичные лабораторные исследования. Интенсификация в данном направлении сопряжена с использованием промышленных

отходов взамен первичных природных ресурсов с целью удешевления стройматериалов. В данном направлении учеными Satbayev University проводится большой объем исследований по производству вторичного сырья на основе отходов производства [12].

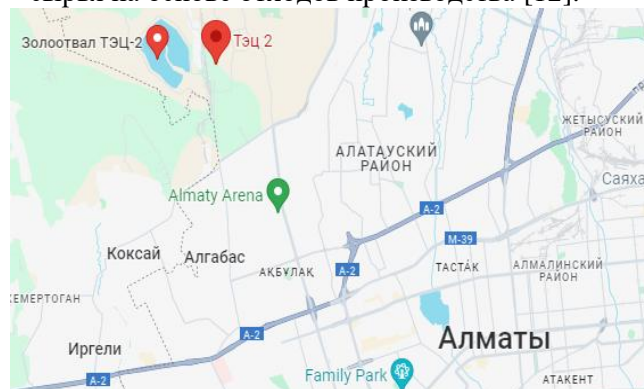


Рис. 2. Расположение золоотвала ТЭЦ-2 города Алматы

Сжигая уголь, ТЭЦ получают тепловую энергию и генерируют электрическую. Отрицательной стороной этого процесса является образование побочных продуктов сжигания угля – зола уноса и шлак. Состав золошлакового материала определяется количественным соотношением входящих в него минералов, которые зависят от минералогического состава исходной части топлива.

На рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 была получена рентгенограмма золы ТЭЦ-2, которая представлена на рисунке 3, а.

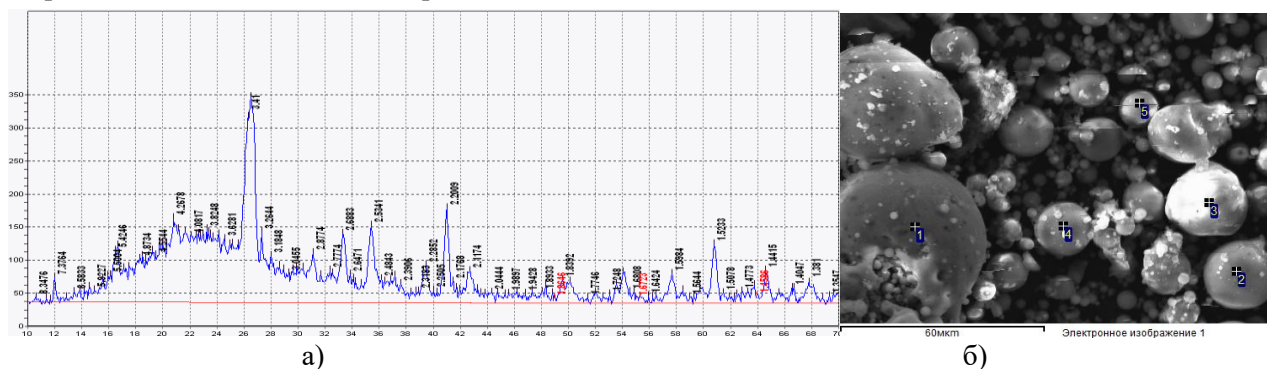


Рис.3. Рентгенограмма (а) и микрофотография (б) золы-уноса

Химический состав, %:  $\text{SiO}_2$  – 57,7;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 29,6;  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$  – 6,4;  $\text{CaO}$  – 1,1;  $\text{MgO}$  – 0,35;  $\text{SO}_3$  – 1,3;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,03;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,52; ппп – 3,0.

Анализируя фазовый состав золы-уноса можно констатировать: из индивида ее пуццоланической и гидравлической активностью обладает только стеклофаза, в составе которой присутствует микросфера, а остальное – муллит ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), кварц ( $\text{SiO}_2$ ), силлиманит ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и углерод (С) не обладают пуццоланической и гидравлической активностью.

Кроме того, в составе золы присутствуют следующие микроэлементы: P, Sc, Mn, Pb, Ti, As, Zr, Ge, Ga, W, Ni, Cr, которые в золе не существуют самостоятельно, не образуют самостоятельных соединений, а входят в состав минералов и стеклофазы. Удельная поверхность –  $290 \text{ м}^2/\text{кг}$ ; истинная плотность –  $2,1 \text{ г}/\text{см}^3$ , насыпная плотность –  $780 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

На рисунке 3, б- частицы золы-уноса имеют шарообразную форму, они стекловидные и пылевые, их размеры варьируют от 1 мкм до 50 мкм. Крупные частицы содержат в своих

полостях более мелкие шарообразные частицы, что показано стрелкой на рисунке. На поверхности крупных частиц присутствуют, как правило, крепко «приклеенные» мельчайшие обсыпные шарики. Электронная микроскопия позволяет более глубоко понимать микроструктуру материалов и их свойства, что имеет важное научное значение. Это позволяет определить поверхностную область, термическую стабильность и прочность золы-уноса и понимать, как зола-унос взаимодействует с окружающей средой [13].

2. Исследование и получение вторичного сырья. Одним из наиболее перспективных направлений становится вовлечение промышленных отходов, в частности золы тепловых электростанций, в состав строительных материалов. Подобный подход позволяет одновременно решать три ключевые задачи: экономическую, технологическую и экологическую. С экономической точки зрения применение золы обеспечивает значительное сокращение затрат за счёт замены части цемента и природных заполнителей, что особенно важно в условиях роста цен на сырьё. С технологической стороны зола выступает активным минеральным компонентом, который улучшает физико-механические свойства строительных материалов, повышая их прочность, долговечность и устойчивость к воздействию внешней среды. Экологический аспект выражается в снижении объёмов отходов, подлежащих захоронению на полигонах, что уменьшает антропогенную нагрузку и способствует переходу к принципам «Зелёного Казахстана» [14].

В рамках программы ПЦФ с государственной поддержкой в КазНИТУ имени К.И.Сатпаева создан ТОО «Politech Construction», где реализуется инновационные технологии производства строительных материалов с использованием золосодержащих отходов. Сегодня компания активно занимается переработкой золы, расположенной на территории золоотвала Алматинской ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и превращает её в ценное сырьё для выпуска современных строительных изделий [15, 16].

В результате проведенной работы:

- разработан способ получения золосодержащего вяжущего, техническая новизна которого подтверждена патентом Республики Казахстан [17].;
- разработан способ получения неавтоклавного железобетона из золы Экибастузской ГРЭС-2, техническая новизна которого подтверждена патентом Республики Казахстан [18];

- разработан способ получения агпорита - заполнителя для легкого бетона из золы экибастузского угля. Техническая новизна полученного агломерационного заполнителя для легкого бетона подтверждена авторским свидетельством [19];

На основе результатов выполненных научных исследований разработана технология производства золошлакосодержащих строительных материалов (рис.4).

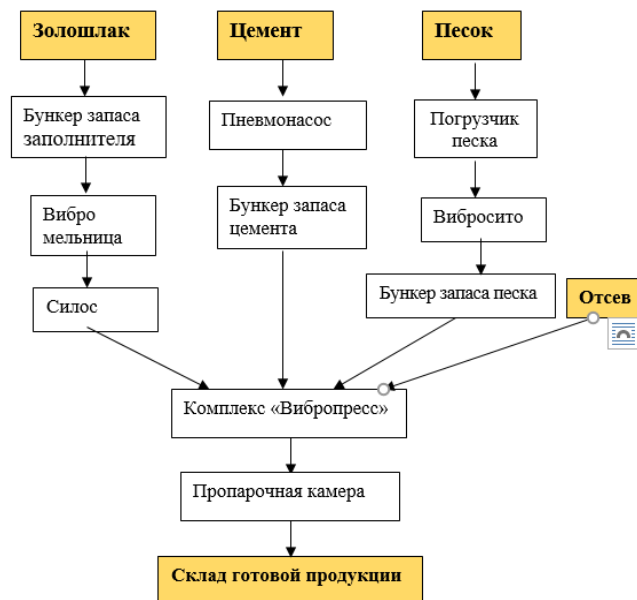


Рис. 4. Технологическая схема производства золошлаковых материалов

Внедрение золошлаковых отходов позволяет существенно изменить структуру себестоимости. В традиционном производственном цикле до 45-50% затрат приходится на цемент. Его частичная замена золой в пределах 15-20% обеспечивает экономию порядка 20-25 тенге на единицу продукции. Кроме того, использование золошлаковых компонентов вместо части природных заполнителей (песка и щебня) снижает себестоимость ещё на 10-15 тенге на блок.

Вовлечение золы в производственный процесс также уменьшает расходы на утилизацию промышленных отходов и снижает платежи за размещение отходов на полигонах, что особенно актуально для регионов с крупными ТЭЦ [20].

Таким образом, анализ производственной деятельности ТОО «Politech Construction» демонстрирует, что внедрение золосодержащих отходов не только обеспечивает снижение себестоимости продукции, но и формирует значимый социально-экологический эффект. Помимо прямых финансовых показателей, важным фактором является и экологический эффект. Использование золосодержащих

отходов способствует снижению нагрузки на полигоны твёрдых бытовых отходов, минимизирует ущерб окружающей среде и соответствует принципам «Зелёного Казахстана». В условиях государственной политики, направленной на устойчивое

развитие и ресурсосбережение, это открывает дополнительные возможности для привлечения субсидий и грантов, а также повышает инвестиционную привлекательность компании (рис. 5, 6).



Рис.5. Готовая продукция



Рис. 6. Мобильный цех по производству золошлаковых изделий ТОО «Politech Construction»

**Заключение:** Золошлаковые отходы Алматинской ТЭЦ- по химическому составу и свойствами являются как источниками загрязнения почвенного покрова, так и выгодным и перспективным сырьем. Они могут быть отнесены к техногенному минеральному сырью, которое, в отличие от природного, со временем накапливается, а не истощается, что повышает перспективность их изучения и вовлечения в использование. Следовательно, переработка золошлаковых отходов является весьма перспективной сферой для инноваций и инвестиций, имеющей многоцелевую направленность и благоприятное влияние на

эколого-экономическое развитие промышленных центров.

Анализ производственной деятельности ТОО «Politech Construction» наглядно демонстрирует, что внедрение золосодержащих отходов не только обеспечивает снижение себестоимости продукции и рост ежегодной производительности, но и формирует значимый социально-экологический эффект.

Дополнительно, высокий уровень качества и разнообразие видов строительных блоков позволяют компании занимать устойчивые позиции на рынке и способствуют достижению стратегических целей строительной отрасли Казахстана.

**Благодарность, финансирование:** Настоящее исследование выполнено в рамках грантового финансирования Министерства науки и высшего образования РК BR21882292

<b>Мардонакулов Ш.Ў., Каримов К.А., Турахужаева Ш.Н.</b> Аллюминий–кремний қотишмаларини суюклантириш режимига кўра металл йўқотилишини аниқлашнинг математик модели .....	122
<b>Panjiyev A.X., Xolliyeva Sh.O., Ziyayev R., Shodmonov B.</b> Sirka kislotali monoetanolammoniy va karbamidammiakli selitra eritmalarining xossalari o'rganish .....	124
<b>To'rayeva G.S., Todjiyev J.N., Navruzov F.M., Tuliyeu B.A., Turabov N.T.</b> Qo'rg'oshin(II) ionini aniqlash uchun spektroskopik usullarini tanlashning nazariy asoslari va spektrofotometriya usulining qo'llanilishi .....	127
<b>Mamurov E.T., Sarimsakov O.Sh.</b> Linter mashinalari uchun resurstejamkor kolosnik konstruksiyasi .....	130
<b>Ахмедов О.Р., Абдурахманов Ж.А., Шомуротов Ш.А., Тураев А.С.</b> Синтез и свойства <i>n</i> -гуанидиний хитозана .....	133
<b>Murtazoyev A.M., Xikmatova D.X., Bozorova Z.X.</b> Parmalash qorishmalarining chiqindilaridan foydalanish .....	136
<b>Бердияров Б.Т., Исмаилов Ж.Б., Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Боймурзаева Ж.И.</b> Восстановления обожонного цинкового концентрата в слабо-восстанавливающей газовой среде .....	139
<b>6. Проблемные обзоры</b>	
<b>Бегентаев М.М., Кульдеев Е.И., Нурпеисова М.Б., Бек А., Низамова А.Т.</b> Исследование и использование золошлаковых отходов в качестве вторичного сырья .....	143
<b>Абед Н.С., Маматов Б.А., Исломов Ш.А., Улмасов Т.У., Негматов С.С., Ибодуллаев Т.Н., Туляганова В.С., Бозорбоев Ш.А.</b> Исследование закономерностей влияния внешних факторов на физико-механические и виброакустические характеристики композиционных полимерных материалов ...	148
<b>Абед Ф.Ж.</b> Перспективы использования полимерных пленок в фармации .....	152
<b>Хусанов Н.А.</b> Тоғ-кон саноати курилмалари деталлари юзасига композицион металл кукунлари ёрдамида электроконтакт усули билан қоплама қоплаш технологияси .....	156
<b>Hojiyev Sh.T., Xolikulov D.B., Xaydaraliyev X.R., Javliyev S.S., Movlanov A.S.</b> Sulfidli rux boyitmasini piroluzit yordamida kislotali muhitda oksidlash yo'li bilan tanlab eritish jarayonining kinetikasini tadqiq etish..	158
<b>Raxmonova X.Q., Sultonov Sh.A.</b> Paxta moyidagi rang beruvchi pigmentlarining o'zgarishiga gil kukunlarini tarkibining ta'siri .....	161
<b>Turakhujaeva Sh.N., Sharipov K.A., Mardonakulov Sh.U., Turakhujaeva A.N.</b> The effect of the addition of silicon and manganese on the properties of aluminum-magnesium alloy: an overview for a comparative analysis .....	163
<b>Мирсагатова М.А., Абдумавлянова М.К., Содикова М.Р.</b> Исследования газового конденсата месторождений Узбекистана, проблемы класификации и кодирования в соответствии с ТН ВЭД .....	165
<b>Усманкулов О.Н.</b> Исследование осаждения платины в виде комплексного соединения .....	169
<b>Qurbonov A.R., Yusupov F.M., Raximov X.Yu.</b> Gaz quvurlari uchun mahalliy xomashyo asosidagi korroziyaga qarshi materiallarning fizik-kimyoviy va ekspluatasion xususiyatlarini o'rganish .....	175
<b>Dustqobilov E.N.</b> Tabiiy gazni nordon komponentlar va oltingugurtli birikmalardan absorbtsiyasi tozalashda qo'llaniladigan qurilmalarning asosiy turlari .....	178
<b>Qurbonov A.R., Yusupov F.M., Raximov Kh.Yu.</b> Korroziya jarayonining tezligi va xarakterini belgilovchi asosiy omillarning ta'sirini o'rganish .....	184
<b>Turonov M.Z.</b> Qattiq qotishmali perosimon parmaning kesib ishlash jarayonida radial tebranishlarini tadqiqotlash .....	187
<b>Xalikulov U.M., Parmonov G'M.</b> Volfram keklar tarkibidan kalsiy nitrat (Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) mineral o'g'iti olish texnologiyasini ishlab chiqish .....	190
<b>Omonov Z.J.</b> Ishchi qismi takomillashtirilgan arrali jinni jin samaradorligiga va mahsulot sifatiga ta'sirining tadqiqoti .....	193
<b>Qurbonov A.R., Yusupov F.M., Raximov X.Yu.</b> Mahalliy xomashyolar asosida korroziyaga qarshi materiallarning turli faktorlarga ta'sirini o'rganish .....	198
<b>Баракаев Н.Р., Шукуров Ю.У.</b> Замонавий куриштиш усулларининг таҳлили ва сублиматция усули билан куриштишнинг афзалликлари .....	201