

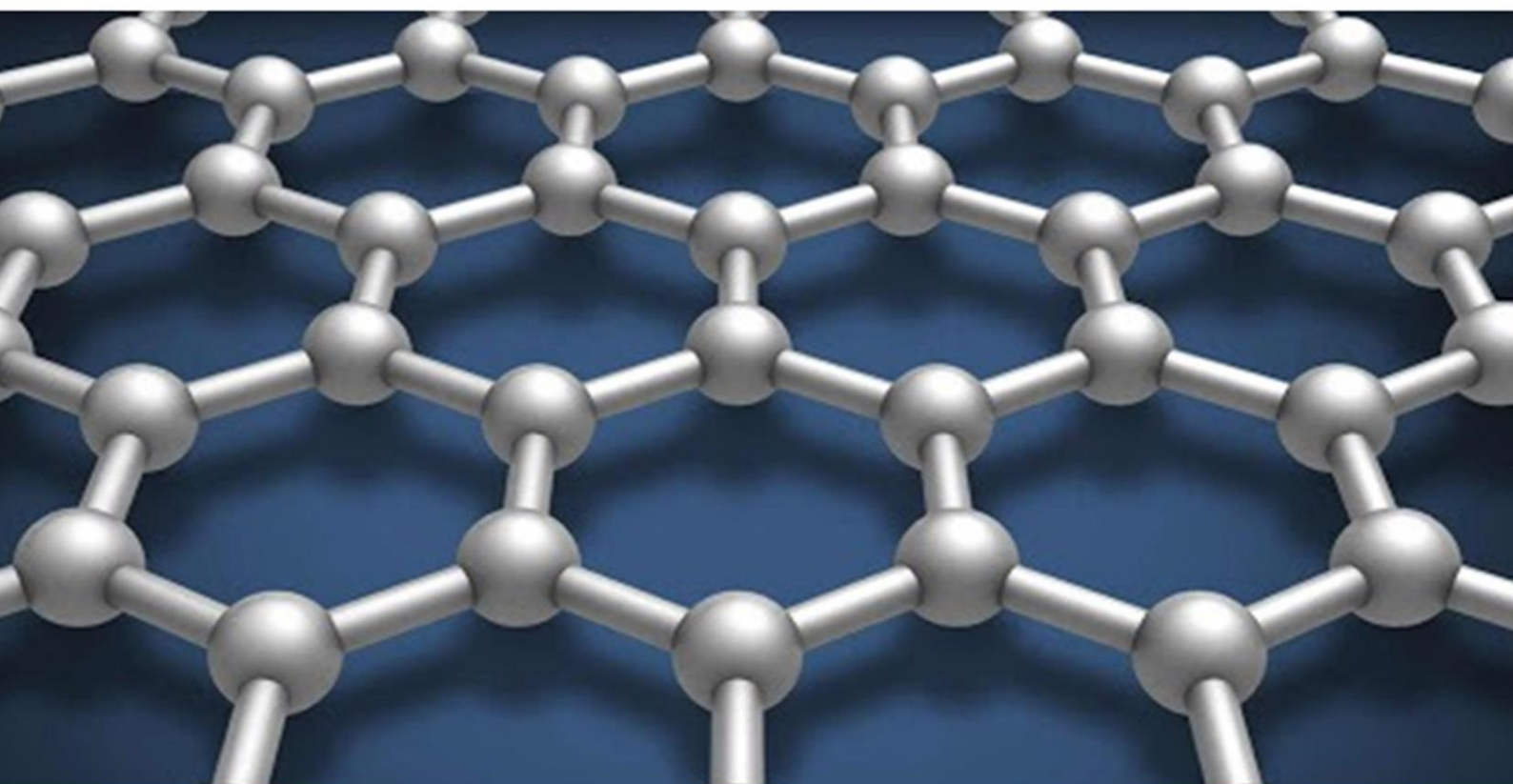
ISSN 2091-5527

№ 3/2026

O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

ПЕРСПЕКТИВЫ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ОТХОДОВ ЩЕЛОЧНОЙ ОЧИСТКИ ПИРОГАЗА

¹Азимова Ш.А., ²Азимов Д.М.

¹Ташкентский химико-технологический институт

²Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Аннотация: В работе рассмотрены экологические аспекты образования и утилизации сернисто-щелочных стоков нефтехимических производств. На основе ИК-спектроскопического анализа установлен их сложный многокомпонентный состав, включающий сероорганические соединения, углеводороды и продукты их окисления. Обоснована возможность использования сернисто-щелочных стоков в качестве сырьевого компонента для синтеза силикатных материалов. Показано, что при термической обработке происходит формирование ячеистой структуры за счёт газообразования и одновременное снижение токсичности серосодержащих соединений. Предложенный подход позволяет получать эффективные сорбционные материалы для очистки окружающей среды от нефтепродуктов.

Ключевые слова: сернисто-щелочной сток, ИК-спектроскопия, сероорганические соединения, силикатные материалы, пеностекло, сорбенты, утилизация отходов

Введение. Развитие нефтехимической промышленности сопровождается образованием значительного количества технологических отходов, представляющих потенциальную опасность для окружающей среды. К числу наиболее проблемных видов промышленных стоков относятся сернисто-щелочные растворы, образующиеся в процессах очистки газов и жидких нефтепродуктов от соединений серы. Эти отходы характеризуются высокой токсичностью, наличием растворенных органических и неорганических соединений серы, а также повышенной щелочностью среды [1, 2].

Сернисто-щелочные стоки формируются при абсорбционной очистке пиролизных и природных газов растворами гидроксида натрия, а также в процессах очистки сжиженных углеводородных газов, бензиновых и керосиновых фракций. В их составе присутствуют сульфиды, полисульфиды, меркаптиды, феноляты, карбонаты натрия, а также различные нефтепродукты, находящиеся в растворенном или коллоидном состоянии. Такие отходы обычно имеют характерный желто-коричневый цвет, резкий запах и выраженную щелочную реакцию среды [3-5].

Высокая концентрация токсичных серосодержащих соединений и значительные значения pH делают невозможным прямой сброс сернисто-щелочных вод в водные объекты или почву даже после значительного разбавления. Более того, состав таких стоков не позволяет эффективно очищать их совместно с другими промышленными сточными водами. В связи с этим возникает необходимость создания специализированных технологий их переработки и обезвреживания [6].

Дополнительным фактором, усиливающим актуальность данной проблемы, является постоянное ужесточение требований к содержанию соединений серы в природном газе и нефтепродуктах. Современные нормативы устанавливают предельно допустимые концентрации сероводорода и меркаптановой серы на уровне сотых долей грамма на кубический метр газа. Это приводит к увеличению объемов процессов сероочистки и, соответственно, к росту образования сернисто-щелочных отходов [7, 8].

В связи с этим разработка эффективных экологически безопасных методов переработки сернисто-щелочных отходов является важной научно-технической задачей для нефтехимической промышленности.

Токсичность сернисто-щелочных отходов. Экологическая опасность сернисто-щелочных стоков определяется двумя основными факторами: высокой токсичностью серосодержащих соединений и сильной щелочностью раствора.

К числу наиболее опасных соединений серы, встречающихся в нефтехимических продуктах и отходах их переработки, относятся сероводород, меркаптаны, сероуглерод, серооксид углерода, а также различные органические сульфиды и дисульфиды. Эти вещества обладают выраженным токсическим воздействием на живые организмы и способны оказывать негативное влияние на здоровье человека.

Исследования состояния здоровья работников нефтеперерабатывающих предприятий показывают повышенную частоту ряда заболеваний у персонала, контактирующего с серосодержащими соединениями. Кроме того, попадание таких

веществ в водные экосистемы приводит к угнетению биологических процессов и нарушению функционирования водных организмов.

Серьезную экологическую угрозу представляет также высокая щелочность сернисто-щелочных растворов. Растворы гидроксида натрия обладают сильными коррозионными свойствами и при попадании в природные водоемы способны вызывать резкие изменения кислотно-щелочного баланса. Даже кратковременное повышение pH воды до значений 8,5–10 может привести к физиологическим нарушениям у рыб и других водных организмов, а также к нарушению естественных процессов разложения аммонийных соединений.

Таким образом, сернисто-щелочные отходы одновременно содержат токсичные соединения серы и характеризуются высокой щелочностью, что делает их крайне опасными для окружающей среды.

Метод исследования. Для определения химического состава сернисто-щелочного стока применялся метод инфракрасной (ИК) спектроскопии. Анализ проводился с использованием ИК-Фурье спектрометра в диапазоне волновых чисел 4000–500 см^{-1} .

Образец сернисто-щелочного стока предварительно подвергался подготовке,

включающей удаление влаги и механических примесей. Исследование проводилось при комнатной температуре с регистрацией спектра поглощения в режиме пропускания.

Интерпретация спектров осуществлялась по характерным полосам поглощения, соответствующим валентным и деформационным колебаниям функциональных групп органических и неорганических соединений. Идентификация компонентов проводилась на основе сопоставления полученных данных с литературными значениями.

Результаты исследования. В результате проведенного ИК-спектроскопического анализа сернисто-щелочного стока (рис.) был получен спектр поглощения в диапазоне волновых чисел 4000–500 см^{-1} , позволяющий установить наличие различных функциональных групп и оценить химический состав исследуемого образца.

Анализ спектра показал, что сернисто-щелочной сток представляет собой сложную многокомпонентную систему, включающую как органические, так и неорганические соединения. На спектре зафиксированы характерные полосы поглощения, соответствующие углеводородным, серосодержащим и кислородсодержащим функциональным группам.

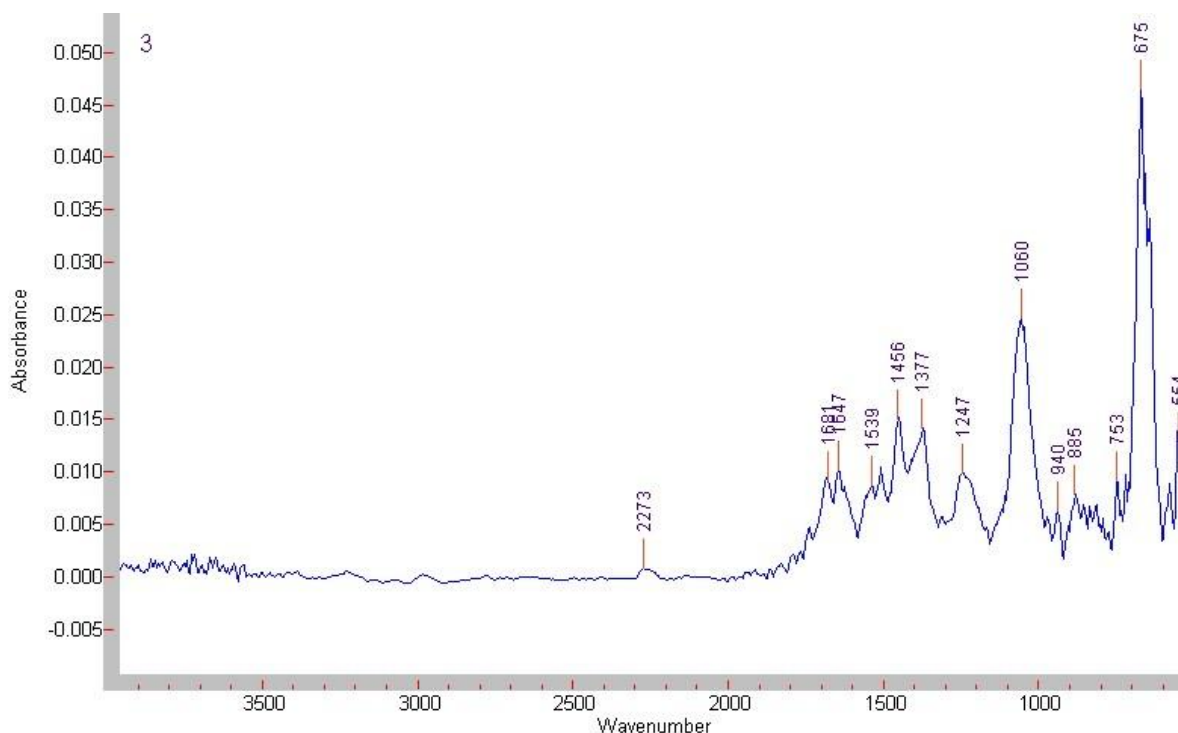


Рисунок. ИК-спектр сернисто-щелочного стока Шуртанского газохимического комплекса.

В области около 2273 см^{-1} наблюдается слабовыраженная полоса, свидетельствующая о наличии кратных связей, что может быть

связано с присутствием продуктов термического разложения углеводородов, образующихся в процессе пиролиза.

В диапазоне 1680–1600 см⁻¹ выявлены интенсивные полосы поглощения, характерные для валентных колебаний двойных связей C=C. Это указывает на присутствие ненасыщенных углеводородов и ароматических соединений, образующихся в результате вторичных реакций конденсации и полимеризации.

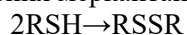
Полосы в области 1456–1377 см⁻¹ соответствуют деформационным колебаниям C–H связей алифатических соединений, что подтверждает наличие углеводородных фрагментов различного строения.

Наличие интенсивной полосы в области 1247 см⁻¹ указывает на присутствие связей C–S, что является характерным признаком сероорганических соединений, таких как меркаптаны и сульфиды, образующихся в процессе щелочной очистки газов.

Выраженный пик в области 1060 см⁻¹ свидетельствует о наличии кислородсодержащих и сероокисленных соединений, таких как сульфоксиды и сульфоновые производные, что подтверждает протекание процессов частичного окисления сернистых соединений.

Полосы в диапазоне 940–750 см⁻¹ соответствуют внеплоскостным деформационным колебаниям C–H ароматических структур, что дополнительно подтверждает присутствие ароматических углеводородов.

В области 875 см⁻¹ зафиксирована интенсивная полоса, характерная для колебаний связей S–S и C–S, что свидетельствует о наличии дисульфидных соединений. Образование данных соединений связано с процессами окисления меркаптанов:



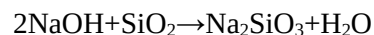
В низкочастотной области (~554 см⁻¹) наблюдаются полосы, соответствующие колебаниям серосодержащих связей, что подтверждает присутствие полисульфидных структур.

Таким образом, результаты ИК-спектроскопии показали, что сернисто-щелочной сток содержит широкий спектр соединений, включая алифатические и ароматические углеводороды, сероорганические соединения (меркаптаны, сульфиды, дисульфиды), а также продукты их частичного окисления. Полученные данные подтверждают сложный химический состав стока и объясняют его высокую токсичность и устойчивость к разложению.

Перспективы использования сернисто-щелочных отходов для получения товарных продуктов. Проведённые исследования состава

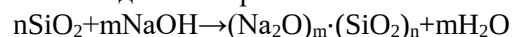
сернисто-щелочного стока методом ИК-спектроскопии показали наличие в его составе не только гидроксида натрия, но и широкого спектра органических и сероорганических соединений, включая меркаптаны, сульфиды, дисульфиды и продукты их частичного окисления. Установленный состав подтверждает, что данный вид отходов может рассматриваться не только как экологически опасный объект, но и как потенциальное вторичное сырьё для получения функциональных материалов.

Одним из наиболее перспективных направлений переработки сернисто-щелочных стоков является их использование при синтезе силикатных материалов. Основу данного подхода составляет химическое взаимодействие гидроксида натрия, содержащегося в стоке, с диоксидом кремния с образованием силикатов натрия:

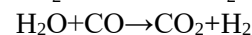
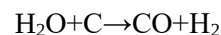


Данная реакция приводит к формированию силикатной матрицы, которая при последующей термической обработке переходит в стеклообразное состояние. При этом важную роль играют гидроксо-группы и связанная вода, присутствующие как в исходном растворе, так и образующиеся в ходе реакции.

В процессе термообработки при повышенных температурах происходит дегидратация системы, сопровождающаяся выделением водяного пара:

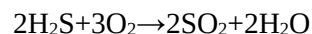


Выделяющиеся пары воды выполняют функцию газообразователя, способствуя формированию пористой структуры материала. Дополнительно, присутствующие в сернисто-щелочном стоке органические компоненты могут подвергаться термическому разложению с образованием углерода, который вступает в окислительно-восстановительные реакции с водяным паром:



Указанные процессы приводят к увеличению объёма газовой фазы и, как следствие, к формированию развитой ячеистой структуры силикатного материала с низкой плотностью и высокой удельной поверхностью.

Одновременно с этим в процессе термообработки происходит окисление токсичных соединений серы (II) до менее опасных форм, преимущественно оксидов серы (IV):



Таким образом, переработка сернисто-щелочного стока в силикатные материалы

сопровождается не только формированием новой структуры, но и снижением экологической опасности исходного сырья.

Получаемые ячеистые силикатные материалы, в частности пеностекло, характеризуются низкой плотностью, развитой пористой структурой и высокой химической устойчивостью. Благодаря этим свойствам они проявляют выраженные сорбционные характеристики по отношению к нефтепродуктам и могут эффективно использоваться для очистки водных поверхностей от углеводородных загрязнений.

Дополнительным преимуществом силикатных сорбентов является возможность их многократной регенерации термическим способом без существенной потери эксплуатационных характеристик, что выгодно отличает их от органических сорбентов.

Таким образом, использование сернисто-щелочных стоков в качестве сырьевого компонента при синтезе силикатных материалов представляет собой комплексное решение, позволяющее одновременно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и получить востребованные функциональные материалы. Полученные результаты подтверждают целесообразность дальнейших исследований в данном направлении, включая оптимизацию технологических параметров синтеза и оценку эксплуатационных свойств получаемых сорбентов.

Заключение. Сернисто-щелочные стоки представляют собой опасные отходы нефтехимической промышленности,

характеризующиеся высоким содержанием токсичных сероорганических соединений и повышенной щелочностью. Проведенный ИК-спектроскопический анализ подтвердил их сложный состав, включающий меркаптаны, сульфиды, дисульфиды, углеводородные компоненты и продукты их частичного окисления.

Установлено, что наличие в составе стока гидроксида натрия и органических соединений создаёт предпосылки для его использования в качестве вторичного сырья. Показано, что при взаимодействии с диоксидом кремния и последующей термической обработке формируются силикатные структуры, при этом выделяющиеся газы способствуют образованию пористой ячеистой структуры материала.

Одновременно в процессе термообработки происходит частичное окисление токсичных соединений серы (II) до менее опасных форм, что приводит к снижению экологической опасности исходного отхода. Получаемые силикатные материалы характеризуются низкой плотностью, развитой поверхностью и высокой химической устойчивостью.

Обоснована перспективность использования полученных ячеистых силикатных материалов в качестве сорбентов для удаления нефтепродуктов с поверхности воды. Таким образом, предложенный подход позволяет реализовать комплексное решение, направленное на утилизацию сернисто-щелочных стоков и получение функциональных материалов экологического назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кисленко Н. Н. Глубокая переработка углеводородного сырья с получением высоколиквидной продукции - перспективное направление развития газовой промышленности. «Научно-технический прогресс в технологиях переработки природного газа и конденсата». Сборник научных трудов ВНИИГАЗ, Москва, 2003, с. 7–16.
2. Azimova Sh.A., Azimov D.M. Mechanism of formation and structure of waste yellow oil of the Shurtan Gas Chemical Complex. Ж.: “O‘zbekiston neft va gaz” ilmiy-texnika jurnali, Ташкент - 2023 №3, с.24-28.
3. Мирзакулов Х. Ч., Кодиров О. Ш., Бердиев Х. У., Шарипова В. В. Исследование химического состава пироконденсата пиролизного производства. Universum: Технические науки: электронный научный журнал, № 9 (54), 2018.
4. Азимова Ш.А., Расулов Ш.М. Образование и перспективы переработки отходов газохимических комплексов. Kimyo va kimyoviy texnologiyaning dolzarb muammolari va yechimlari ilmiy-amaliy konferensiya (Navoiy, 2023), 56-57 b.
5. Liu J., Wang L., Chen F., Hu W., Dong C., Wang Y., Han Y. Molecular Characterization of Hydrocarbons in Petroleum by Ultrahigh-Resolution Mass Spectrometry. Energies, 2023; 16(11):4296. <https://doi.org/10.3390/en16114296>.
6. Azimova Sh.A., Rasulov Sh.M. Gaz-kimyo majmualaridagi chiqindilarni tarkibiy qismlarga ajratish. “Farg‘ona vodiysida fan va texnologiya” ilmiy konferensiya, Namangan shahri, 2023 yil 11-12 may. – 352-353-b.
7. Черкесов А.Ю. Железо-каталитическая технология очистки высококонцентрированных сероводородсодержащих сточных вод предприятий нефтеоргсинтеза. Водоснабжение и санитарная техника, 2020, № 11, с. 16-26.

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Негматова К.С. Технология флотационного обогащения медно-молибденовых руд с применением химических флотореагентов для извлечения медного концентрата	68
Xusenov A.Sh., Orazova Sh.Sh., Zokirov B.U., Kiyamova M.I., Raxmanberdiev G. Seritsin va inulin asosida kompozitsion plyonka olish va uning fizik-kimyoviy xossalarni o'rganish	72
Саидова Ш.З., Каттаев Н.Т., Колядин В.Г., Акбаров Х.И. Синтез и характеристика гранулированного тройного сополимера 1-винилимидазола, акрилонитрила и дивинилбензола	75
Maxkamov B.G'. Vermikulit asosida olingan kompozitsion materialda benzol va suv bug'i adsorbsiyasi	79
Эшанкулова Г.Р., Ахмадов У.А. Тургунов Ф.Ф., Хасанов А.С. Ер остида танлаб эритиш усули билан уран қазиб олишда ҳосил бўладиган маҳсулдор эритмалардаги водород сульфидни фаолсизлантиришнинг самарали усулини ишлаб чиқиш	82
Bakhromova I.A., Vokhidova N.R. Synthesis of iron-modified chitosan for the purification of hydrogen sulfide waste from the oil and gas industry	85
Туляганова В.С. Разработка и исследование свойств композиционных кордиеритовых электрокерамических материалов на основе местного и вторичного сырья	87
Tursunkulov O.M., Gulyamov B.B., Sobitov M.A., Abduqahhorov F.I., Toxtabayev E.R., Uzakbergenov N.J., Bozorov S.S., Khojiev Sh.G. Effect of methane flow rate on the Raman characteristics and spatial uniformity of CVD graphene grown on high-purity copper at 1020 °C	91
Davlatova Z.Z., Safarov A.R., Abdiyeva F.I., Ixtiyarova G.A. <i>Apis mellifera</i> xitozani asosida suyuq neft tarkibidagi molibden va reniyni ajratib olish texnologiyasi	94
Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Хамдамов Д.Х., Камолов Т.О. Способы переработки золы от сжигания энергетических углей	97

4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Азимова Ш.А., Азимов Д.М. Перспективы вторичной переработки органических компонентов отходов щелочной очистки пирогаза	100
Sultanova N.S., Ismailova R.M., Ulliboboev A.M., Ismailov R.I. Tsellyuloza materiallarini olovga chidamli materiallarga aylantirish uchun vermikulit asosidagi olovga chidamli kompozitsiyaning tarkibini optimallashtirish	104
Шомуротов Ш.А., Содикова М.А., Абдурахмонов Ж.А., Ахмедов О.Р., Тураев А.С., Юлдашев Ж.М., Олимжонов Ж.У. Периодатное окисление декстрана и синтез оксимных производных путём нуклеофильного присоединения гидроксилламина	106
Razzoqov H.Q., Amonov M.R. Modifikatsiyalangan shofirkon bentoniti asosidagi kompozitsion sorbentlar va koagulyatsion tizimlar yordamida sanoat oqova suvlarini kompleks tozalash	110
Бозоров А.Н. Техногенные отходы предприятий металлургической отраслей и разработка технологии их переработки	112
Xokimov A.E., Eminov A.M., Kadirova Z.R., Xamdamova Sh.Sh. Sho'rsuv gilining mineralogik tarkibi va texnologik xususiyatlarini kompleks tadqiq etish	116
Nuriddinova G.A., Jalilov Sh.N. KMS va PAA ishtirokida melamin va gossipol bilan modifikatsiyalangan mochevina-formaldegid asosidagi yelimlovchi-bog'lovchining strukturaviy va termik xususiyatlari	120
Туляганова М.А., Маткаримов С.Т. Сравнительная оценка технологических схем извлечения технического теллура из медьэлектролитных шламов	124
Шомуротов Ш.А., Ахмедов О.Р., Тураев А.С., Юлдашев Ж.М., Олимжонов Ж.У., Туляшева М.А., Тураева Х.К. Восстановление оксимных производных декстрана и получение аминированного полисахарида	127
Амонова Н.М., Темиров Ў.Ш., Жўраев И.И. Оқова сув чўкиндиларини компостлашда органик моддалар, азот ва гумус моддаларининг ўзгариши	131
Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Хамдамов Д.Х., Камолов Т.О. Исследование процесса извлечения скандия из зольных техногенных отходов с применением ионообменного сорбента	133