

Umurov Farhod Ergashovich

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, texnika fanlari doktori
umirov3@yandex.ru

Sharipov San'at Shuhrat o'g'li

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, texnika fanlari falsafa
doktori
element_2993@mail.ru

Majidov Hayotjon Baxtiyor o'g'li

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, tayanch doktoranti
majidovhayot532@gmail.com

“NAVOIYAZOT” AJ KAUSTIK SODA ISHLAB CHIQARISH BO‘LIMI SHLAMINING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH

Annotatsiya. Mazkur maqolada “Navoiyazot” AJ kaustik soda ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi mahsulot - shlam namunalarining tarkibi zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida o‘rganildi. Rentgen-fluoresens (XRF) usuli orqali shlamning asosiy element tarkibi aniqlanib, unda kaltsiy, natriy, xlor, temir va kremniy elementlarining yuqori miqdorda mavjudligi qayd etildi. Rentgen difraksion fazaviy tahlil (XRD - X-ray Diffraction Analysis) - “Navoiyazot” AJ Kaustik soda ishlab chiqarish bo‘limining ikkilamchi mahsuloti – shlam namunasi tarkibida qaysi kristall modda (faza) lar mavjudligini aniqlash uchun qo‘llanildi. Shlam namunasi tarkibi X-ray Diffraction (XRD) usuli yordamida tahlil qilindi. “Match! Phase Analysis” dasturiy ta‘minoti orqali namunadagi asosiy kristall fazalar aniqlanib, kaltsit (CaCO_3), magniy xlorid (MgCl_2), natriy xlorid (NaCl) va kaltsiy xlorid (CaCl_2) birikmalari mavjudligi aniqlandi. Olingan natijalar shlamni qayta ishlash orqali kimyo sanoti mahsulotlari ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida foydalanish imkoniyatini asoslab beradi.

Kalit so‘zlar: “Navoiyazot” AJ, kaustik soda, ikkilamchi mahsulot, shlam, rentgen-fluoresens tahlil (XRF), X-ray Diffraction (XRD), chiqindisiz texnologiya.

Умиров Фарход Эргашович

Навоийский государственный горно-технологический университет, доктор
технических наук,
umirov3@yandex.ru

Шарипов Санъат Шухрат угли

Навоийский государственный горно-технологический университет, доктор
философии по техническим наукам
element_2993@mail.ru

Мажидов Хаётжон Бахтиёр угли

Навоийский государственный горно-технологический университет,
базовый докторант
majidovhayot532@gmail.com

**ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛАМА ОТДЕЛА
ПРОИЗВОДСТВА КАУСТИЧЕСКОЙ СОДЫ АО “НАВОИАЗОТ”**

Аннотация. В данной статье исследован состав вторичного продукта - шлама, образующегося в процессе производства каустической соды на АО «Навоийазот», с использованием современных физико-химических методов анализа. С помощью рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) был определён элементный состав шлама, при этом установлено высокое содержание кальция, натрия, хлора, железа и кремния. Для определения кристаллических фаз, входящих в состав образца шлама - вторичного продукта отдела производства каустической соды АО «Навоийазот», применён метод рентгено-дифракционного анализа (РДА). Анализ состава шлама был проведён методом рентгено-дифракционного анализа (РДА). С использованием программного обеспечения «Match! Phase Analysis» были определены основные кристаллические фазы, присутствующие в образце: кальцит (CaCO_3), хлорид магния (MgCl_2), хлорид натрия (NaCl) и хлорид кальция (CaCl_2). Полученные результаты обосновывают возможность использования шлама в качестве сырья для производства химических продуктов при переработке, что способствует реализации безотходных технологий.

Ключевые слова: АО «Навоийазот», производство каустической соды, вторичный продукт, шлам, рентгено-флуоресцентный анализ (РФА), рентгено-дифракционный анализ (РДА), безотходная технология.

Farkhod Umirov

Navoi state mining and technologies university, doctor of technical sciences
umirov3@yandex.ru

San'at Sharipov

Navoi state mining and technologies university, doctor of philosophy in technical sciences
element_2993@mail.ru

Hayotjon Majidov

Navoi state mining and technologies university PhD Student (Basic Doctoral Candidate)
majidovhayot532@gmail.com

STUDY OF THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE SLUDGE FROM THE CAUSTIC SODA PRODUCTION DEPARTMENT OF JSC “NAVOIYAZOT”

Abstract. This article investigates the composition of the secondary product sludge generated during the production of caustic soda at JSC “Navoiyazot”, using modern physicochemical analytical methods. Through X-ray Fluorescence (XRF) analysis, the main elemental composition of the sludge was determined, revealing a high content of calcium, sodium, chlorine, iron, and silicon. X-ray Diffraction (XRD) phase analysis was applied to identify the crystalline substances (phases) present in the sludge samples produced in the caustic soda unit of JSC “Navoiyazot.” Using the “Match! Phase Analysis” software, the principal crystalline phases were identified as calcite (CaCO_3), magnesium chloride

($MgCl_2$), sodium chloride ($NaCl$), and calcium chloride ($CaCl_2$). The obtained results substantiate the possibility of utilizing the sludge formed during caustic soda production as a raw material for the manufacture of chemical products, thereby supporting the implementation of waste-free technology principles.

Keywords: JSC “Navoiyazot”, caustic soda production, secondary product, sludge, X-ray Fluorescence (XRF), X-ray Diffraction (XRD), waste-free technology.

Введение. В последние годы создание безотходных технологий и переработка промышленных отходов стали одним из актуальных научных и практических направлений. Рациональное использование вторичных продуктов, образующихся в процессе химического производства, позволяет обеспечить экологическую безопасность, эффективно использовать ресурсы и получать экономическую выгоду. Одним из крупнейших предприятий химической промышленности Узбекистана является АО «Навоийазот», где в цехе производства каустической соды ($NaOH$) ежегодно образуются тысячи тонн вторичных отходов шламов. Переработка данных шламов с целью получения экономически и экологически ценных продуктов имеет большое значение.

Процесс производства каустической соды основан преимущественно на хлор-щелочном электролизе. В качестве сырья используются природные хлориды, добываемые из соляных месторождений Борсакелмас. В ходе технологического процесса на стадиях очистки растворов, электролиза и регенерации образуются твёрдые осадки в виде отходов (шламов). Согласно расчётам, из производственного процесса в среднем выделяется около 9,2 тонн шлама в час, что приводит к значительному накоплению техногенных отходов в течение года.

Состав шлама характеризуется высоким содержанием кальция, натрия, хлора, железа и кремния, которые присутствуют в форме различных минеральных и оксидных соединений. Поэтому простая утилизация таких отходов не только вызывает экологические проблемы, но и ведёт к потере ценных компонентов, которые могли бы быть использованы более эффективно.

С этой точки зрения в данном исследовании изучен физико-химический состав шлама, образующегося в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот», с применением современных аналитических методов рентгено-флуоресцентного (РФА) и рентгено-дифракционного фазового анализа (РДА). Наличие в шламе ценных оксидов и минеральных соединений свидетельствует о том, что данный материал следует рассматривать не как отход, а как вторичное сырьё, пригодное для переработки.

Объект и методы исследования.

В качестве объекта исследования использовались образцы шлама, образующиеся в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот». Шлам представляет собой твёрдый осадок, формирующийся после стадий электролиза и очистки раствора, и в основном состоит из карбоната кальция, хлорида натрия, оксидов железа и соединений кремния.

Для определения физико-химических свойств образцов применялись следующие аналитические методы:

Рентгено-флуоресцентный (РФА) анализ использовался для определения элементного состава шлама. С помощью этого метода были установлены основные элементы (Ca, Na, Cl, Fe, Si) и их процентное соотношение.

Рентгено-дифракционный фазовый анализ (РДА) применялся для выявления кристаллических фаз, присутствующих в образце шлама. Анализ проводился с использованием программного обеспечения «Match! Phase Analysis», в результате чего были определены основные кристаллические фазы: кальцит (CaCO_3), хлорид магния (MgCl_2), хлорид натрия (NaCl) и хлорид кальция (CaCl_2).

Полученные экспериментальные данные показали, что шлам содержит ценные оксиды и минеральные соединения, что позволяет рассматривать его не как отход, а как перерабатываемое промышленное сырьё.

Результаты исследований и их анализ.

Для изучения химического состава вторичного продукта (шлама), полученного в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот», первоначально был проведён химический анализ образца. Анализ выполнен методом рентгено-флуоресцентного (РФА) исследования с использованием оборудования Shimadzu RF-6000. Согласно полученным результатам, состав образца во многом схож с природными минералами, следовательно, высокое содержание SiO_2 и Al_2O_3 позволяет использовать данный материал в качестве добавочного компонента для керамических и строительных материалов.

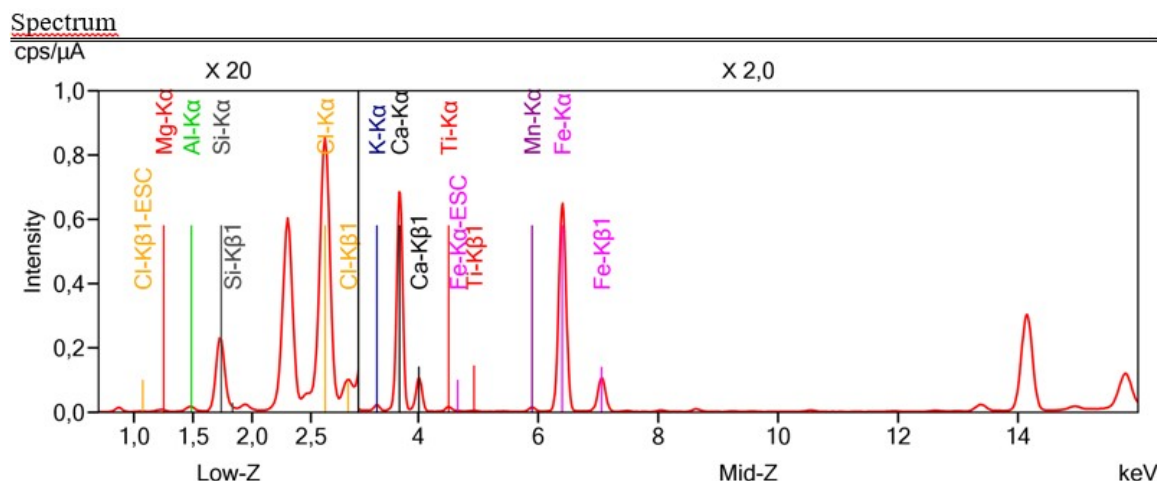


Рис. 1. Рентгено-флуоресцентный спектр (ЭДС) отхода, образующегося в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот».

Высокая доля CaO и MgO , а также присутствие новообразованных хлоридных соединений (5,18%) свидетельствуют о возможности применения шлама в качестве источника хлоридных солей при его химической переработке, а также в производстве цемента.

Наличие оксидов MnO , TiO_2 и Fe_2O_3 дополнительно влияет на химические и физические свойства отхода. В частности, присутствие оксидов железа и марганца может усиливать каталитические, красящие и сорбционные свойства материала.

На основании полученных данных химического анализа и теоретических сведений установлено, что основную часть шлама, образующегося на пресс-фильтре в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот», составляют SiO_2 (36,3%) и CaO (33,4%). Наличие в составе MgO (10,5%), Al_2O_3 (9,05%) и Cl_2 (5,18%) делает данный материал перспективным сырьём для переработки в химической и строительной промышленности. Кроме того, оксиды Fe_2O_3 , TiO_2 и MnO повышают добавленную стоимость отхода. Высокое содержание SiO_2 , CaO , MgO и Al_2O_3 позволяет рассматривать данный шлак как потенциальное сырьё для производства строительных материалов, керамики, цементных добавок и сорбентов.

Таблица 1

Химический состав отхода, образующегося в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот».

№	Компонент	Содержание, (мас. %)
1.	SiO_2	36,3
2.	CaO	33,4
3.	MgO	10,5
4.	Al_2O_3	9,05
5.	Fe_2O_3	3,91
6.	TiO_2	0,589
7.	Cl_2	5,18
8.	K_2O	1,03
9.	MnO	0,041

Для определения того, какие кристаллические вещества (фазы) присутствуют в составе вторичного продукта шлама, образующегося в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот», был проведён рентгено-дифракционный (РДА) анализ. Результаты анализа представлены на рис. 2. Рентгено-дифракционное фазовое исследование проводилось в диапазоне углов $5-90^\circ 2\theta$ при длине волны $1,5406\text{\AA}$. Согласно данным РДА-анализа, в составе шлама были выявлены следующие основные соединения: оксид кремния (SiO_2), карбонат кальция (CaCO_3), карбонат кальция-магния ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), оксиды магния и алюминия (Mg-Al-O), а также кальций-силикатные и алюмосиликатные соединения. Наличие данных компонентов свидетельствует о том, что шлак обладает минерализованной, гидроксидной и карбонатной природой.

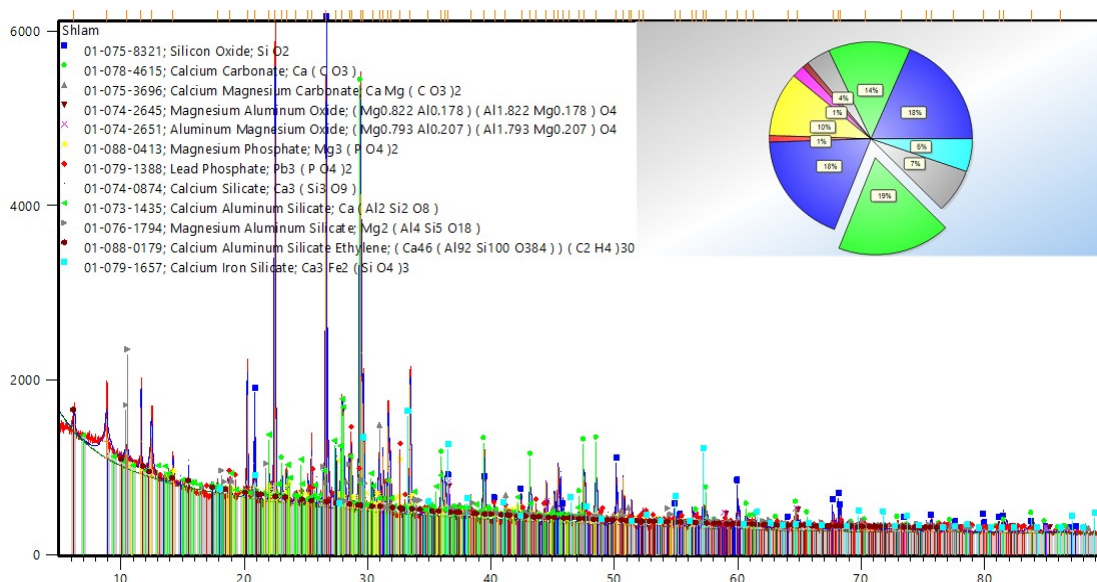


Рис. 2. Дифрактограмма образца шлама, полученная методом рентгено-дифракционного анализа (РДА).

На дифрактограмме наблюдаются интенсивные пики при углах 22,49°, 26,64°, 29,41°, 33,45°, 39,43°, 45,45° и 50,14°, что подтверждает наличие кристаллических фаз, соответствующих SiO₂, CaCO₃ и CaMg(CO₃)₂. Алюмосиликатные соединения в составе шлама выражены пиками в диапазоне 27–31°.

Степень кристалличности (Degree of crystallinity) составляет 21,6%, что указывает на то, что основная часть шлама (около 78,4%) находится в аморфном состоянии. Основную часть состава шлама образуют пики SiO₂, которые имеют на дифрактограмме наибольшую интенсивность; их относительное содержание составляет около 65%. Пики CaCO₃ (кальцита) также довольно интенсивны, однако их доля несколько ниже - около 54%, что указывает на карбонатную природу материала. Кроме того, в диапазонах 27–29° и 20–22° наблюдаются слабые и низкоинтенсивные пики.

Проведённый рентгено-дифракционный (РДА) анализ показал, что в шламе, образующемся в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот», содержится значительное количество кальцита, а также хлоридов натрия и магния, что подтверждает хлоридно-карбонатную природу данного сырья.

Таким образом, подобный вторичный продукт (шлам), являясь побочным отходом содового производства, представляет собой ценный источник для переработки и обладает перспективным составом для получения промышленных продуктов на основе кальция и магния.

Поскольку пики SiO₂ на дифрактограмме имеют наибольшую интенсивность, их относительная доля составляет примерно 65%, в то время как пики CaCO₃ несколько ниже - около 54%. Остальные фазы CaMg(CO₃)₂, Mg-Al-O, Ca-Si-O и Ca-Al-Si-O оценены в диапазоне 15–31% на основе пиков средней и низкой интенсивности.

Таблица 2

Результаты рентгено-дифракционного (РДА) анализа шлама, образующегося в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот».

№	Наименование соединения	Химическая формула	Относительное содержание (%)	Описание
1	Оксид кремния	SiO_2	65	На дифрактограмме наблюдаются наиболее высокие и широкие пики ($\sim 26,6^\circ$ и $50,1^\circ 2\theta$); фаза SiO_2 является доминирующим компонентом.
2	Карбонат кальция	CaCO_3	54	Основная фаза, образующаяся в процессе нейтрализации. Наблюдаются интенсивные пики при $29,4^\circ$ и $39,4^\circ$, что подтверждает формирование основной карбонатной фазы.
3	Карбонат кальция-магния	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	31	Карбонатная форма солей магния и кальция. В диапазоне $30\text{--}32^\circ$ отмечаются пики средней интенсивности, соответствующие соединению ионов Mg и Ca.
4	Оксид магния-алюминия	$(\text{Mg,Al})_2\text{O}_4$	25	Смешанный оксид, образующийся из печи или электролитного раствора. В диапазоне $36\text{--}45^\circ$ наблюдаются пики средней высоты; фаза формируется при электролизе или под действием высоких температур.
5	Силикат кальция	$\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$	23	Силикатная фаза, образующаяся при термических изменениях; низкоинтенсивные пики в диапазоне $31\text{--}34^\circ$, что указывает на термохимическое происхождение фазы.
6	Алюмосиликат кальция	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	19	Компонент, формирующий твёрдую структуру шлама. Характеризуется слабыми, но чёткими пиками в диапазоне $27\text{--}29^\circ$; определяет прочность структуры шлама.

Следует отметить, что приведённые в таблице процентные значения отражают не абсолютную массу, а относительное содержание фаз. Доля каждой фазы пропорциональна интенсивности её пиков на РДА-спектре. Эти показатели используются для определения фазового соотношения в составе шлама, а также при проведении комплексного анализа состава в сочетании с результатами рентгено-флуоресцентного (РФА) химического анализа.

Полученные результаты показывают, что шлак не является химически инертным, а состоит из реакционноспособных компонентов, переработка которых позволяет получать новые хлоридные или силикатные продукты. Это, в свою очередь, способствует реализации принципов безотходной технологии в производственных процессах.

Заключение.

В результате проведённых исследований был всесторонне проанализирован состав, структура и реакционная активность вторичного продукта - шлама, образующегося в цехе производства каустической соды АО «Навоийазот». На основании полученных данных подтверждено наличие ценных оксидных и солевых компонентов в его составе.

Согласно результатам рентгено-флуоресцентного анализа (РФА), шлам в основном состоит из SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 и Cl_2 , что указывает на его перспективность как хлоридно-карбонатного сырья для последующей переработки. Рентгено-дифракционный анализ (РДА) показал, что в составе шлама основными фазами являются кальцит (CaCO_3), магниевые и алюмосиликатные соединения, при этом до 78,4% вещества находится в аморфном состоянии.

Высокое содержание SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 и Fe_2O_3 делает данный материал пригодным для использования в строительной, керамической промышленности, а также при производстве дефолиантов. Переработка шлама способствует не только повышению экономической эффективности производства, но и имеет важное значение для обеспечения экологической безопасности. Полученные результаты создают научную основу для разработки новых функциональных материалов на основе данного вторичного продукта.

Список использованной литературы.

1. Умиров Ф.Э., Худойбердиев Ф.И., Мажидов Х.Б., Хамидова Г.О. Результаты исследований по получению гипохлорита и хлората кальция на основе отходов содовых производств. Ta'lim fidoyilari, 2022, 265–271-betlar.
2. Умиров Ф.Э., Худойбердиев Ф.И. Изучение химических свойств дистиллерной жидкости - отхода производства кальцинированной соды. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences, 2022, 144-bet.
3. Умиров Ф.Э., Худойбердиев Ф.И., Мажидов Х.Б., Болтаев Ш.А. Изучение физико-химических свойств дистиллерной жидкости Кунградского содового завода. Нукус, 2022, Ч.II, 410 bet.
4. Umirov F.E., Nomozova G.R., Majidov X.B., Xamidova G.O., Soda sanoati chiqindilarini qayta ishlash asosida yangi maxsulotlarni olish. /Navoy 2023. 762-763b
5. O'zbekiston milliy ensiklopediyasi. Birinchi jildi. Toshkent - 2000. 48, 103 bet.
6. Умиров Ф.Э., Номозова Г.Р. и др. Новые дефолианты на основе хлората натрия, содержащего ПАВ // Нукус давлат педагогика институти фан ва жамият Илмий-услубий журнал -Нукус, 2020. -№2. -С.12-14.
7. F. Umirov, K. Urunova, U. Temirov, E3S Web of Conferences 377, 03003 (2023)
8. D. Azimova, D. Salikhanova, I. Eshmetov, F. Umirov, U. Temirov, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1142(1), 012079 (2023)