

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

МРНТИ 61.31.01

10.53939/15605655/2023_2_18

НОВЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Ш.Н. Кубекова¹, В.И. Капралова¹, А.С. Раимбекова¹

¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И.Сатпаева – Satbayev University», г.Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Переработка полезных ископаемых связана с образованием огромного количества отходов, сопровождающихся проблемами их депонирования и защиты окружающей среды. Целью исследования является изучение элементного и фазового состава отходов обогащения рудного сырья некоторых месторождений Казахстана и создание способов их переработки на новые неорганические материалы многофункционального действия. Установлено, что основными компонентами отходов обогащения золото-сульфидно-кварцевой руды месторождения Ашиктас являются кварц (96,4 масс.%) и слюдястый минерал мусковит (3,6 масс.%), вредные примеси в виде свинца, мышьяка и сурьмы практически отсутствуют, что позволяет рекомендовать эти отходы для получения кремнефосфатных удобрений. Показано, что отходы обогащения марганцевой руды месторождения Жайрем представлены в основном кварцитом (76,4 масс.%), а также содержат кварц (16,4 масс.%) и браунит (2,4 масс.%). Синтезированные на основе этих отходов кислотнo-термическим способом при 200°C фосфатные продукты, независимо от фазового состава исходных отходов, представлены хорошо растворимыми гидродифосфатами катионов, входящих в состав сырья, а также дифосфатом кремния. Полученные продукты обладают полифункциональным действием и могут быть использованы как в качестве кремнефосфатных удобрений, так и ингибиторов коррозии металлов для водных сред.

Ключевые слова: Отходы обогащения, кислотнo-термический синтез, неорганические материалы многофункционального действия, кремнефосфатные удобрения, ингибиторы коррозии металлов.

Введение. Мировое промышленное производство связано с добычей, обогащением и переработкой полезных ископаемых. При этом большая часть перерабатываемых ископаемых не входит в конечные товарные продукты, образуя огромное количество отходов. Образование отходов, которые практически не утилизируются, сопровождается проблемами их депонирования и защиты окружающей среды [1]. Поэтому создание способов и технологий переработки твердых промышленных отходов является актуальной проблемой современности.

Состав отходов обогащения минерального сырья довольно разнообразен и в основном представлен нерудными материалами вскрышных и вмещающих пород, таких как

сланцы, кварциты, глины, известняки, граниты, основными компонентами которых являются соединения кремния, поэтому одним из направлений переработки данных отходов в настоящее время является производство вяжущих и строительных материалов [1].

Кроме того, перспективным направлением переработки кремнийсодержащих отходов обогащения рудного сырья, на наш взгляд, может быть получение силикофосфатных или кремнефосфатных материалов многофункционального назначения, и в частности, антикоррозионных материалов, кремнесодержащих фосфорных удобрений, силикофосфатных сорбентов для очистки природных и сточных вод и др.

Известно, что кремний не только является структурообразующим элементом почв, но и влияет на уровень их плодородия [2-6]. Применение соединений кремния совместно с традиционными фосфорными удобрениями позволяет повысить эффективность последних и получать более высокие урожаи лучшего качества. Однако кремний в природе в основном находится в виде кислородсодержащих соединений – кварца и различных нерастворимых силикатов, тогда как для растений необходима биогеохимически активная форма в виде монокремниевой кислоты.

В последнее время в научно-технической литературе и обзорах интернета публикуются сведения о различных способах получения кремний содержащих комплексных удобрений [7-13]. При этом в качестве кремниевого компонента используют цеолиты [9], золу рисовых растительных остатков, содержащую 88-99% оксида кремния SiO_2 [8], либо аморфный диоксид кремния или соли кремниевых кислот [11-13].

Также следует отметить, что в отходах обогащения рудного сырья могут присутствовать соединения марганца, меди, цинка, которые не только являются ценными микроэлементами для удобрений, но и могут служить основой для получения антикоррозионных материалов, а именно, ингибиторов коррозии или фосфатирующих концентратов для создания защитных покрытий на металлоконструкциях.

Однако, сведения о получении и исследовании свойств новых неорганических материалов на основе техногенного сырья Казахстана в научно-технической литературе отсутствуют, что делает актуальными исследования по теме данной работы.

Объекты исследований. В качестве объектов исследований нами были выбраны отходы флотационного обогащения золото-сульфидно-кварцевой руды (ЗСКР) месторождения Ашиктас и отвальные хвосты крупнокусковой отсадки марганцевой руды (МР) месторождения Жайрем.

Методы исследований. Исследования молекулярной структуры проводили ИК-спектроскопическим методом. Для получения ИК-спектров исследуемое вещество (0,7-1,0 мг) вводили в навеску бромистого калия (0,25 г) и после тщательного перемешивания прессовали в таблетку. Запись инфракрасных

спектров поглощения производили на Фурье спектрометре “Nicolet 5700” в области 400-3600 см^{-1} .

Фазовый состав изучали рентгенодифрактометрическим анализом, который проводили на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$ – излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: $U=35$ кВ; $I=20$ мА; шкала: 2000 имп.; постоянная времени 2 с; съемка θ -2 θ ; детектор 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (Powder Diffraction File) и дифрактограмм чистых от примесей минералов.

Исследование вещественного состава исходных отходов обогащения и синтезированных продуктов проводили методом электронно-зондового анализа с использованием электронного микроскопа фирмы JEOL-733 с рентгеновским анализатором.

Синтез неорганических кремнефосфатных материалов на основе техногенных отходов обогащения рудного сырья вели кислотно-термическим методом с использованием ортофосфорной кислоты в диапазоне температур 200-800°C.

Цель работы - изучение элементного и фазового состава отходов обогащения рудного сырья некоторых месторождений Казахстана и создание способов их переработки на новые неорганические материалы многофункционального действия.

Результаты и обсуждение. С использованием электронно-зондового и рентгенофазового анализов установлено, что основными компонентами отходов обогащения ЗСКР являются кварц (96,4 масс.%) и слюдястый минерал мусковит (36,4 масс.%) (таблица 1), вредные примеси в виде свинца, мышьяка и сурьмы практически отсутствуют, также отсутствуют цветные металлы, а содержание титана минимально и составляет $0,22 \pm 0,08$ масс.%, что позволяет рекомендовать эти отходы для получения кремнефосфатных удобрений.

Отвальные хвосты крупнокусковой отсадки МР представлены в основном кальцитом – 76,4 масс.% (таблица 1). Кроме того, они содержат кварц и браунит (таблица 1), другие вредные примеси в данных отходах отсут-

ствуют, что делает возможным их использование напрямую, в качестве сырьевого источника катионов кальция и марганца в процессе кислотно-термического получения фосфорсодержащих антикоррозионных материалов.

Таблица 1 - Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа отходов флотационного обогащения ЗСКР и отвальных хвостов крупнокусковой отсадки МР

Наименование фазы	Химическая формула	Содержание, масс.%	
		отходы флотационного обогащения ЗСКР	отвальные хвосты обогащения МР
Кальцит	CaCO ₃	0,0	76,4
Браунит	(Mn ₂ O ₃) ₃ MnSiO ₃	0,0	2,4
Кварц	SiO ₂	96,4	16,4
Альбит	Na(AlSi ₃ O ₈)	0,0	4,8
Мусковит	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH, F) ₂	3,6	0,0

При температурах 200-800°C кислотно-термическим способом синтезированы фосфатные продукты на основе отходов обогащения ЗСКР при соотношении компонентов «отходы:H₃PO₄»=3:1; «отходы:H₃PO₄»=4:1; «отходы:H₃PO₄»=5:1 и исследованы их растворимость и удобрительные свойства. Было установлено, что максимальной водной растворимостью обладают продукты, получен-

ные при 100° и 200°C и соотношении отходы:H₃PO₄=3:1. С ростом температуры синтеза растворимость снижается, при этом минимальная растворимость наблюдается для всех составов, термообработанных при 600°C. Повышение температуры до 800°C несколько увеличивает растворимость силикофосфатных продуктов за счет образования стеклофазы (таблица 2).

Таблица 2 – Зависимость растворимости продуктов кислотно-термического синтеза на основе отходов обогащения ЗСКР от соотношения компонентов и температуры синтеза

Соотношение отходы: H ₃ PO ₄	Растворимость, отн.%				
	Температура синтеза, °C				
	100	200	400	600	800
3:1	37,0	14,2	2,0	1,0	3,6
4:1	35,0	11,7	4,7	2,8	3,5
5:1	29,0	10,8	9,5	3,6	3,7
1:0 (без добавок H ₃ PO ₄)	11,8	11,8	11,6	4,3	2,1

Наиболее растворимые силикофосфатные продукты, полученные при термообработке при 100° и 200°C смеси состава отходы:H₃PO₄=3:1 (таблица 3) были исследованы на возможность их использования в качестве но-

вых кремнефосфатных удобрений, для чего по стандартным методикам [14] было определено содержание в растворах усвояемых форм пентаоксида фосфора, а также содержание ортосиликат-иона (таблица 3).

Таблица 3 – Зависимость содержания усвояемых форм P₂O₅, полученных при растворении синтезированных продуктов с соотношением отходы:H₃PO₄ = 3 : 1 от температуры синтеза

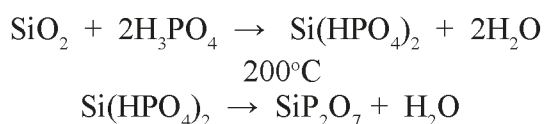
Температура, °C	Содержание усвояемых форм P ₂ O ₅ , отн.%			Содержание усвояемого кремния, отн.%
	водорастворимая	цитратнорастворимая	лимоннорастворимая	
100	7,2	5,4	8,7	0,0
200	2,1	2,7	4,6	0,2

Из полученных результатов следует, что растворы содержат водо-, цитратно- и лимоннорастворимые формы P₂O₅, что позволяет предложить

эти продукты в качестве фосфорных удобрений пролонгированного действия. К тому же при растворении продукта состава отходы:H₃PO₄ = 3:1,

полученного при 200°C, в растворе наблюдается появление ортосиликатов, которые являются усвояемой формой соединений кремния для растений, что позволяет отнести этот продукт к новому типу удобрений – кремнефосфорных.

ИК-спектроскопическое исследование молекулярной структуры продукта, полученного на основе отходов флотационного обогащения ЗСКР при 200°C показало присутствие в спектре полос поглощения, характеристичных валентным колебаниям гидродифосфатного аниона $H_2(P_2O_7)_2^{6-}$ в области 3440; 2300; 1640; 990; 880; 760 cm^{-1} , а также полос поглощения, характеристичных валентным колебаниям дифосфата кремния: 1162; 760 и 520 cm^{-1} . Полученные результаты согласуются с известными данными [15-16] о взаимодействии диоксида кремния SiO_2 с ортофосфорной кислотой с образованием $Si(HPO_4)_2$, который при температуре 200°C дегидратируется с образованием дифосфата кремния:



Также на спектре отсутствуют полосы поглощения в области 1030 и 795 cm^{-1} , характеристичные валентным колебаниям SiO_4 -тетраэдра и Si-O-Si-связей, что может косвенно свидетельствовать об образовании Si-O-P-связей, то есть об образовании кремнефосфатных продуктов.

Также был проведен кислотно-термический синтез фосфорсодержащих материалов на основе хвостов обогащения МР путем смешивания навески отходов с рассчитанным количеством 85%-ной ортофосфорной кислоты. Расчет H_3PO_4 вели по содержанию кислотопоглощаю-

щих компонентов, определенному методами химического анализа. Подготовленные шихты прокаливали при температурах 200°; 400°; 600° и 800°C в течение часа. В диапазоне температур 200-600°C образовывались кристаллические пористые спеки, тогда как в продукте, синтезированном при 800°C, как и в случае продуктов, полученных на основе отходов флотационного обогащения ЗСКР, наблюдали образование значительного количества стеклофазы.

Установлено, что образец, полученный при 200°C практически полностью растворим в воде – 92,41 отн.%, что объясняется как образованием хорошо растворимых дигидрофосфатов и гидратированных гидродифосфатов кальция и марганца, так и присутствием в составе продукта достаточно растворимого дифосфата кремния, что подтверждается результатами РФА и ИКС.

Хорошо растворимый продукт – фосфат кальция-марганца, синтезированный при 200°C, был далее изучен в качестве ингибитора коррозии нелегированной стали (Ст3). Исследования проводили гравиметрическим методом по стандартным методикам [17] при комнатной температуре в стационарных условиях. Испытуемыми образцами служили стальные пластинки размерами 50x20x1 мм, помещенные в химические стаканы с исследуемыми растворами. В качестве контроля использовали алматинскую водопроводную воду и растворы известного ингибитора – полифосфата натрия. О скорости коррозии судили по потере массы образцов за время испытаний (18 суток) [17]. Результаты представлены в таблицах 4-5, из которых следует, что максимальная степень защиты для полифосфата натрия 38,9 % наблюдается в растворе при концентрации 50 мг P_2O_5 /л (таблица 4).

Таблица 4 – Зависимость коррозионных показателей от концентрации полифосфата натрия

Показатель	Концентрация $NaPO_3$, мг P_2O_5 /л					
	1,0	5,0	10,0	20,0	50,0	100,0
Скорость коррозии $V_{кор}$, мг/см ² сут	0,245	0,270	0,227	0,202	0,163	0,171
Коэффициент торможения коррозии	1,09	-0,989	1,176	1,321	1,638	1,561
Степень защиты, Z, %	8,2	0	14,9	24,3	38,9	35,9
Скорость накопления отложений на поверхности металла, $V_{отл}$, мг/см ² сут	0.203	0.332	0.239	0.340	0.315	0.307

Контроль: скорость коррозии в воде без добавок 0,267 мг/см²сут;

скорость накопления отложений на поверхности металла в воде без добавок 0,289 мг/см²сут

Поверхность всех испытуемых образцов в растворах полифосфата натрия покрыта коррозионными отложениями, масса которых, с увеличением концентрации полифосфата, превышает массу продуктов коррозии, образовавшихся на контрольном образце в воде. На поверхности образцов после удаления коррозионных отложений наблюдается поражение металла в виде мелких изъязвлений.

В растворах синтезированного фосфата кальция-марганца $(Ca,Mn)(PO_3)_2$ уже при концентрации 10 мг P_2O_5 /л степень защиты составляет 24,7%, а при концентрации 50 мг P_2O_5 /л и выше коррозии практически отсутствует (таблица 5).

Также на образцах, находившихся в растворах фосфата кальция-марганца при кон-

центрациях 50 мг P_2O_5 /л и выше, визуально отмечается отсутствие каких-либо отложений, образцы представляют собой чистые блестящие металлические пластины без каких-либо изменений. Электронно-микроскопическими исследованиями с использованием электронного сканирующего микроскопа системы JEOL JSM-6490LA установлено, что на поверхности металла при этих концентрациях образовалась тонкая прозрачная стеклообразная пленка, которая при высушивании на воздухе превратилась в стеклообразные пластинки размерами 10-20 мкм, хотя визуальными наблюдениями это не отмечается. Элементный состав данной пленки, по результатам электронно-зондового анализа, представлен фосфатами марганца (III) и железа.

Таблица 5 – Зависимость коррозионных показателей от концентрации фосфатного продукта, синтезированного на основе отходов марганцевой руды м.Жайрем

Показатель	Концентрация $(Ca,Mn)(PO_3)_2$, мг P_2O_5 /л					
	1,0	5,0	10,0	20,0	50,0	100,0
Скорость коррозии $V_{кор}$, мг/см ² сут	0,222	0,286	0,201	0,058	0,001	0,000
Коэффициент торможения коррозии	1,203	-0,933	1,328	4,603	267	0
Степень защиты, Z, %	16,8	0	24,7	78,3	99,9	100,0
Скорость накопления отложений на поверхности металла, $V_{отл}$, мг/см ² сут	0,140	0,413	0,321	0,128	0,001	0,000

Контроль: скорость коррозии в воде без добавок 0,267 мг/см²сут;

скорость накопления отложений на поверхности металла в воде без добавок 0,289 мг/см²сут

Заключение. Показана возможность получения при 200°C новых хорошо растворимых кальций-марганецсодержащих фосфатных ингибиторов коррозии металлов для водных систем на основе отходов крупнокусковой отсадки марганцевой руды месторождения Жайрем, которые при концентрации 20 мг P_2O_5 /л обеспечивают степень защиты стали 78,3%, а увеличение концентрации до 50 мг P_2O_5 /л и выше приводит к полному торможению коррозионных процессов при степени защиты 100%. Также впервые показано, что в процессе кислотно-термического синтеза при 200°C, независимо от фазового состава исходных отходов, образуются хорошо растворимые гидродифосфаты катионов, входящих в состав сырья и

дифосфат кремния. Полученные продукты обладают полифункциональным действием и могут быть использованы как в качестве кремнефосфатных удобрений, так и ингибиторов коррозии металлов для водных сред.

Источник финансирования исследований. Программа целевого финансирования № BR05236302 «Научно-техническое обоснование инноваций химического кластера в области создания новых материалов и технологий для повышения эффективности и экологической устойчивости промышленного производства», договор № 259 от «28» 03 2018 г. с КНМОН РК, в рамках государственного заказа по бюджетной подпрограмме 101 «Грантовое финансирование научных исследований».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 *Балашов В.В.* Ресурсы отвалов и отходов обогащения предприятий горной и металлургической промышленности //Черн. мет-гия. Бюл. ин-та «Черметинформация». – 1993. - №7. – С.20-27.
- 2 *Гладкова К.Ф.* Роль кремния в фосфатном питании растений //Агрохимия. - 1982. №2. - С.133-144.
- 3 *Куликова А.Х., Яшин Е.А., Данилова Е.В., Юдина И.А., Доронина О.С., Никифорова С.А.* Влияние диатомита и минеральных удобрений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы // Агрохимия. - 2007. - №6. - С. 27-31.
- 4 *Матыченков В.В., Абишева З.С., Бектурганов Н.С., Бочарникова Е.А.* Кремниевые удобрения на основе отходов металлургических и химических промышленных предприятий //Доклады национальной академии наук республики Казахстан. - 2006. - № 2. - С. 27-31.
- 5 *Bocharnikova E.A., Matichenkov V.V.* Influence of plant associations on the silicon cycle in the soil-plant system //Applied Ecology and Environmental Research. - 2012. -V.10 (4). -P.547-560.
- 6 *Cornelis J. T., Delvaux B., Georg R. B., Lucas Y., Ranger J., Opfergelt S.* Tracing the origin of dissolved silicon transferred from various soil-plant systems towards rivers: a review //Biogeosciences. - 2011. -V.8 (1). - P.89-112.
- 7 Патент РК № 21858. Способ получения поликомпонентного фосфорсодержащего удобрения из техногенных отходов / Нугманов А.А., Батъкаев Р.И., Батъкаев И.И., Шевченко В.А. Заявл. 18.05.2007, опубл. 16.11.2009, бюлл.№11
- 8 Патент РФ № 2525582. Кремнийсодержащее комплексное удобрение (C05G1/00)/Нестеренко Ю.В., Нестеренко С.В. Заявл. 20.07.2011, опубл. 20.08.2014, бюлл.№9
- 9 Патент RU № 2497785. Способ получения удобрения пролонгированного действия C05G1/00)/Реутов Ю.И. Заявл.30.06.2011. Опубл.10.11.2013, бюлл. №11
- 10 Патент РК №27551. Способ получения сложно-смешанного минерального удобрения / Жантасов Н.К., Бишимбаев В. К., Молдабеков Ш.М., Жантасов К. Т., Жантасов М. К., Айбалаева К. Ж., Алтыбаев Ж.М. Заявл. 07.11.2014, опубл. 15.10.2013, бюлл. №10.
- 11 Патент РФ №2515389. Кремнийсодержащее хелатное микроудобрение и способ его получения. Панова Г. Г., Аникина Л.М.. Заявл. 29.08.2012. Опубл. 10.03.2014, бюлл.№3.
- 12 Патент РК № 21858. Способ получения поликомпонентного фосфорсодержащего удобрения из техногенных отходов/ Нугманов А.А., Батъкаев Р.И., Батъкаев И.И., Шевченко Н.А. Заявл. 18.05.2007. Опубл. 16.11.2009, бюл. № 11.
- 13 Патент РК № 30349. Способ получения фосфорного удобрения из техногенных отходов/ Батъкаев Р.И., Мырхалыков Ж.У., Назарбекова С.П., Назарбек У.Б., Холошенко Л.Х., Батъкаева Л.Р. Заявл. 20.10.2014. Опубл. 15.09.2015, бюл. № 9.
- 14 ГОСТ 20851.2-75 «Удобрения минеральные. Методы определения фосфатов». -М.: Госстандарт, 1990. – 37 с.
- 15 *D.E.C. Corbridge.*, Studies in Inorganic Chemistry, 2. Phosphorus. An Outline of its Chemistry, Biochemistry and Technology – Amsterdam – Oxford - New York, 1980. - 560 p.
- 16 Технология фосфора / Белов В. Н., Большакова А. П., Данцис Я. Б. и др. Под ред. Проф. В. А.Ершова и канд. техн. наук В. Н. Белова – Л.: Химия, 1979. – 336 с.
- 17 ГОСТ 9.502-82 Единая система защиты от коррозии и старения. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Методы коррозионных испытаний. – М.: изд-во стандартов. – 24 с.

ТҮЙІНДЕМЕ

Кубекова Ш.Н., Капралова В.И., Раимбекова А.С.

ТЕХНОГЕНДІК ШИКИЗАТ НЕГІЗІНДЕГІ КӨПФУНКЦИОНАЛДЫ ӘСЕРІ БАР ЖАҢА БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР

Пайдалы қазбаларды өңдеу үлкен көлемдегі қалдықтардың түзілуімен байланысты. Оларды тұндыру және қоршаған ортаны қорғау проблемаларымен бірге жүреді. Зерттеудің мақсаты Қазақстанның кейбір кен орындарының кен байыту қалдықтарының элементтік және фазалық құрамын зерттеу және оларды көп функциялы әрекеттегі жаңа бейорганикалық материалдарда өңдеу әдістерін жасау болып табылады. Ашықтас кен орнының алтын-сульфидті-кварцты кен байыту қалдықтарының негізгі құрамдас бөліктері кварц (мас. 96,4%) және мусковит минералы (36,4 мас.%), қорғасын түріндегі зиянды қоспалар, мышьяк пен сурьма іс жүзінде жоқ, бұл қалдықтарды кремний-фосфатты тыңайтқыштарды өндіруге ұсынуға мүмкіндік береді. Жәйрем кен орнының марганец кенін байыту қалдықтары негізінен

кварциттен (мас. 76,4%), сондай-ақ кварцтан (мас. 16,4%) және броуниттен (2,4 мас.%) болатыны көрсетілген. Осы қалдықтар негізінде 200°C қышқылдық-термиялық әдіспен синтезделген фосфат өнімдері бастапқы қалдықтардың фазалық құрамына қарамастан, шикізатты құрайтын катиондардың жақсы еритін гидродифосфаттарымен, сондай-ақ кремний дифосфатымен берілген. Алынған өнімдер көп функциялы әсерге ие және кремнийлі фосфатты тыңайтқыштар ретінде де, сулы орталар үшін металл коррозиясының тежегіштері ретінде де қолданыла алады.

Түйінді сөздер: Қалдықтарды байыту, қышқыл-термиялық синтез, көп функциялы бейорганикалық материалдар, кремний-фосфатты тыңайтқыштар, металл коррозиясының ингибиторлары.

ABSTRACT

Kubekova Sh.N., Kapralova V.I., Raimbekova A.S.

NEW INORGANIC MATERIALS OF THE MULTI-FUNCTIONAL ACTION BASED ON TECHNOGENIC RAW MATERIALS

The processing of minerals is associated with the generation of a huge amount of waste, accompanied by problems of depositing it and protecting the environment. The purpose of this study is to investigate the elemental and phase composition of raw ore materials from enrichment wastes of some deposits in Kazakhstan and to create methods for their processing into new inorganic materials of multifunctional effect. It was established that the main components of the Ashiktas gold-sulfide-quartz ore enrichment wastes are quartz (96.4 wt%) and the mica mineral muscovite (3,6 wt%), harmful impurities in the form of lead, arsenic and antimony are practically absent, which makes it possible to recommend these wastes for the production of silicophosphate fertilizers. It was shown that the wastes of concentration of manganese ore of the Zhayrem deposit are mainly represented by quartzite (76.4 wt%), and also contain quartz (16.4 wt%) and brownite (2.4 wt%). The phosphate products synthesized based on these wastes by the acid-thermal method at 200°C, regardless of the phase composition of the initial wastes, are represented by the highly soluble hydrodiphosphates of the cations included in the raw materials, as well as silicon diphosphate. The obtained products have polyfunctional action and can be used as both silicophosphate fertilizers and metal corrosion inhibitors for aqueous media.

Keywords: Enrichment wastes, acid-thermal synthesis, inorganic materials of multifunctional effect, silicophosphate fertilizers, metal corrosion inhibitors.

Кубекова Ш.Н., кандидат технических наук, доцент, e-mail: s.kubekova@satbayev.university

Капралова В.И., доктор технических наук, доцент, e-mail: v.kapralova@satbayev.university

Раимбекова А.С., докторант, email: ainura_748@mail.ru