

**INFLUENCE OF TIME
ON THE PROCESS DECOMPOSITION
OF A MIXTURE OF MANGANESE AND PHOSPHORUS
SLUDGE MIXTURE OF SULFURIC AND PHOSPHORIC ACID**

**R. M. Chernyakova, R. A. Kaiynbayeva, N. N. Kozhabekova,
K. D. Berzhanov, A. A. Agataeva, U. Zh. Jussipbekov, E. A. Tusupkaliev**

JSC «Chemical Sciences Institution named after A.B. Bekturov», Almaty, Kazakhstan.

E-mail: marzhan.zhan.84@mail.ru

Key words: fertilizers, manganese, sulfuric acid, phosphoric acid, leaching.

Abstract. It was established that the recovery of aluminum and manganese from the mixture of sludge in the acid phase of the "P sludge - Mn sludge - H_2SO_4 - H_3PO_4 is rectilinear time dependence. Increasing time initiates the extraction process Fe (III) in the acidic phase system. Kinetic curves are characterized by extracting potassium weakly pronounced maximum at 100 minutes of the process.

Increasing the process time of the mixture of sludge with a mixture of phosphoric acid and sulfuric acid extraction process initiates Fe (III) in the acidic phase system.

It is shown that the transition from a mixture of potassium sludge into a liquid phase process time has little effect. Kinetic curves of its recovery characterized by the presence of weakly pronounced maximum at 100 minutes of the process. K_2O recovery rate ranges from 9% to 16%. The presence of high or low on the curves determined by the ratio of sludge and the process temperature. With increasing time at low rates manganese slurry (P slurry : Mn slurry =10:0,5) in the range of 80-100 minutes transition curves are characterized by high potassium. It is possible that in such a complex system formed sulfates and phosphates that escape the process of release of potassium from the sludge.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ НА ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ СМЕСИ МАРГАНЦЕВОГО И ФОСФОРСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМОВ СМЕСЬЮ СЕРНОЙ И ФОСФОРНОЙ КИСЛОТ

Р. М. Чернякова, Р. А. Кайынбаева, Н. Н. Кожобекова,
К. Д. Бержанов, А. А. Агатаева, У. Ж. Джусипбеков, Е. А. Тусупкалиев

АО «Институт химических наук им. А. Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

Ключевые слова: удобрения, марганец, серная кислота, фосфорная кислота, выщелачивание.

Аннотация. Установлено, что извлечение марганца и алюминия из смеси шламов в кислую фазу системы «Р шлам – Mn шлам – H_2SO_4 – H_3PO_4 » носит прямолинейную зависимость от времени. Повышение времени инициирует процесс извлечения Fe (III) в кислую фазу системы. Кинетические кривые извлечения калия характеризуются наличием слабо выраженного максимума при 100 минутах процесса.

Повышение времени процесса разложения смеси шламов смесью фосфорной и серной кислот инициирует процесс извлечения Fe (III) в кислую фазу системы.

Показано, что на переход калия из смеси шламов в жидкую фазу продолжительность процесса оказывает незначительное влияние. Кинетические кривые его извлечения характеризуются наличием слабо выраженного максимума при 100 минутах процесса. Степень извлечения K_2O колеблется в пределах от 9% до 16%. Наличие максимума либо минимума на кривых определяется соотношением шламов и температурой процесса. С ростом времени при условии низкой нормы марганецсодержащего шлама (Р шлам : Mn шлам = 10: 0,5) в интервале 80-100 минут кривые перехода калия характеризуются наличием максимума. Не исключено, что в столь сложной системе образуются сульфаты и фосфаты, которые экранируют процесс выхода калия из шламов.

В результате деятельности промышленных предприятий в настоящее время происходит накопление отходов как фосфорной промышленности, так и металлургической промышленности. Это является источником загрязнения окружающей среды, которое вызывает нарушение сложившихся в природе экологических связей. С другой стороны техногенные отходы могут рассматриваться как достаточно концентрированное сырье для организации производства полезных целевых продуктов. Наиболее перспективным способом утилизации отходов является их использование в производство минеральных удобрений.

Известковый шлам является малоизученным фосфорсодержащим отходом производства фосфора. Согласно данным химического анализа известковый шлам содержит: P_2O_5 общ. 18,0%, из которых 0,94% P_2O_5 находится в водорастворимой форме; 16,7% P_2O_5 – в 0,4% соляной кислоте; в 2% лимонной кислоте – 13,8% P_2O_5 ; и 17,9% цитрате аммония [1]. Высокое содержание в известковом шламе P_2O_5 (более 18%) позволяет использовать его в качестве основного фосфатного сырья в производстве фосфорных удобрений.

Наличие в марганецсодержащих отходах марганца позволяет рассматривать их в качестве недорогого сырья для получения фосфорных удобрений, в состав которых входит микроэлемент марганец. Одновременное присутствие в таких удобрениях фосфора и марганца, во-первых, повышает сумму питательных компонентов, улучшает качество фосфорных удобрений, а, во-вторых, может активизировать действие фосфатной части удобрения.

Существуют различные методы переработки марганецсодержащих отходов. Наиболее распространенным является тукосмешение [2-4]. Основными недостатками такого способа являются неравномерность распределения микроэлементов на гранулах в связи с определенным процентом (не более 2%) связующего, высокий процент истирания гранул при хранении и транспортировке удобрений, использование дорогостоящих неорганических солей, и сегрегация микроэлементов, многостадийность процесса.

В научно-патентной литературе имеются работы, связанные с получением марганизированных удобрений путем кислотного разложения исходного сырья, в основном серно-кислотный метод [5-7]. Серно-кислотные способы имеют недостатки в плане использования сырья, как

правило, это высококачественные фосфаты (апатиты), либо уже готовые удобрения, а также дорогостоящие неорганические соединения.

Более перспективным методом получения фосфорных марганецсодержащих удобрений является серно-фосфорно-кислотное разложение смеси известкового шлама с марганцевым шламом. В работе исследовали влияние времени и температуры процесса, соотношения «известковый шлак (Р шлак) : марганецсодержащий шлак (Мп шлак) на переход основных компонентов из сырья в жидкую фазу системы «Р шлак – Мп шлак – H₂SO₄ – H₃PO₄» методом математического планирования ортогонального 3-х факторного эксперимента 2-го порядка [8-10]. Переменными факторами процесса являлись: время X₁ = (30-180 минут), температура X₂ = (25-90)°С, соотношение «Р шлак : Мп шлак» – X₃ = (10: 0,5-1,5) масс. части. Определяемыми параметрами в кислотной фазе являлись содержание (%): Мп – Y₁, Fe (III) Y₂, K₂O – Y₃, Al₂O₃ – Y₄, Fe (II) – Y₅. Норма серной кислоты рассчитывалась на стехиометрический расход, необходимой на связывание марганца, железа, кальция и магния в марганецсодержащем шламе, а фосфорной кислоты – на содержание (40-44)% P₂O₅ в продукте разложения смеси шламов.

Координаты центра плана, интервалы варьирования и уровни исследования приведены в таблице.

Координаты центра плана, уровни варьирования

Параметры	X ₁ , мин	X ₂ , °С	X ₃ , соотношение Р шлак : Мп шлак
Z	105	57,5	10:1
Z _г	40	19,5	10:0,3
+1	145	77	10:1,3
- 1	60	38	10:0,7
+1,682	180	90	10:1,5
-1,682	30	25	10:0,5

В результате обработки экспериментальных данных по выщелачиванию основных компонентов из смеси шламов получены уравнения регрессии 1-5, адекватно описывающие эксперимент, т.к. F < F_{1-р}(f₁, f₂) для Y_{Мп} (5,02566 < 5,09999), для Y_{Fe3+} (0,8506 < 5,0), Y_{K₂O} (0,3622 < 5,0), для Y_{Al₂O₃} (0,893223 < 5,09999), и позволяющее количественно рассчитать переход этих компонентов из сырья в кислую фазу системы при различных комбинациях основных факторов.

$$Y_{\text{Mn}} = 1,324 + 0,037X_1 + 0,149X_2 + 0,13X_3 + 0,021X_1^2 - 0,095X_2^2 - 0,234X_3^2 + 0,064X_1X_2 + 0,161X_1X_3 - 0,0287X_2X_3 \quad (1)$$

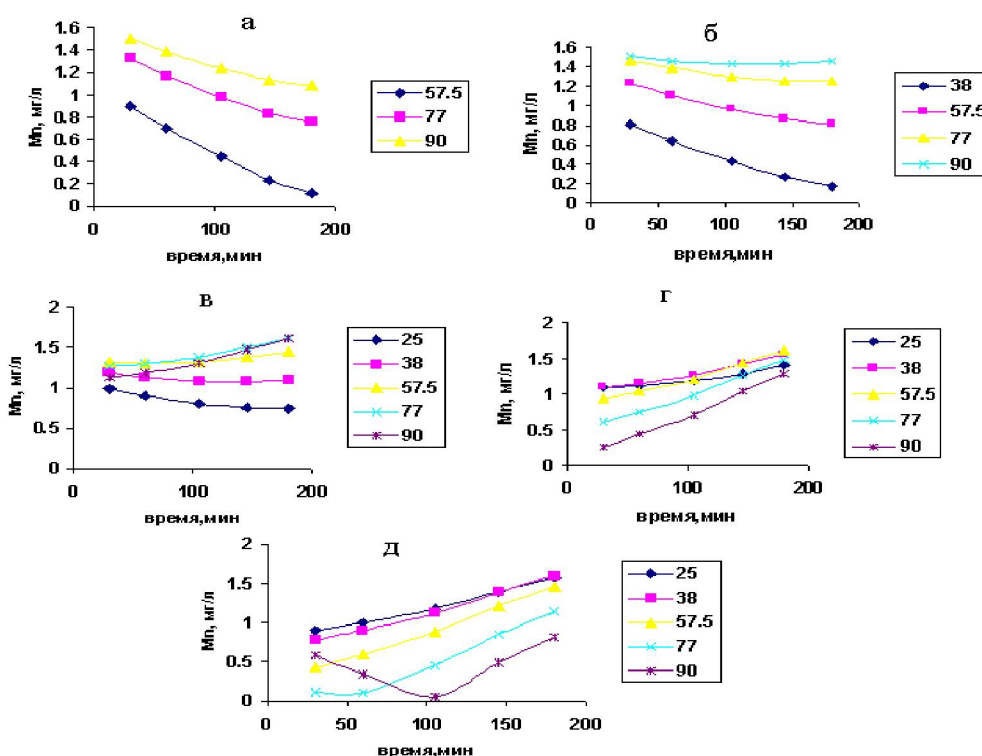
$$Y_{\text{Fe}^{3+}} = 0,692 - 0,106X_1 - 0,081X_2 + 0,189X_3 - 0,045X_1^2 - 0,048X_2^2 - 0,127X_3^2 + 0,109X_1X_3 - 0,102X_2X_3 \quad (2)$$

$$Y_{\text{K}_2\text{O}} = 0,533 + 0,047X_2 + 0,055X_3 - 0,023X_1^2 - 0,054X_2^2 - 0,11X_3^2 + 0,033X_1X_2 + 0,033X_1X_3 - 0,06X_2X_3 \quad (3)$$

$$Y_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 0,826 + 0,054X_2 + 0,162X_3 + 0,061X_1^2 + 0,076X_2^2 - 0,172X_3^2 - 0,047X_1X_2 + 0,143X_1X_3 - 0,239X_2X_3 \quad (4)$$

Ниже приводятся графические зависимости влияния времени на извлечение марганца, железа (III), калия и алюминия из смеси шламов в жидкую фазу системы «Р шлак - Мп шлак - H₂SO₄ - H₃PO₄».

Как видно из рисунка 1 фактор времени перехода марганца из смеси шламов взаимосвязан с их соотношением. Ход кривых во всем исследуемом интервале температур для соотношений «Р шлак : Мп шлак» равных 10:0,5-0,7 одинаков. С увеличением времени процесса для указанных соотношений переход марганца в кислую фазу системы уменьшается (рисунок 1 а, б). Наибольший переход Мп (0,92-1,55 мг/л) из шламов происходит за 30 минут процесса.



Соотношение известкового и марганецсодержащего шламов: 10:0,5 (а); 10:0,7 (б); 10:1 (в); 10:1,3 (г); 10:1,5 (д)

Рисунок 1 – Влияние времени на извлечение марганца из смеси шламов

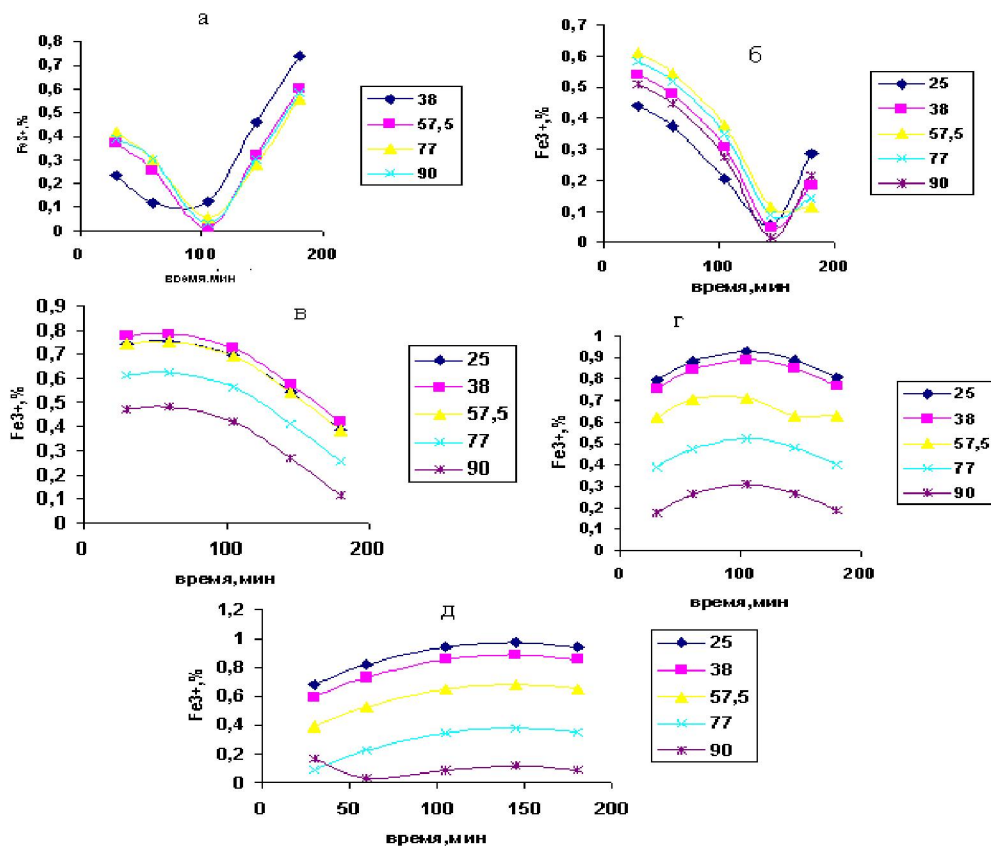
Увеличение продолжительности процесса кислотного разложения смеси шламов для соотношения 10:1 практически не оказывает влияния (рисунок 1 в), в то время как для соотношений 10:1,3-1,5 происходит увеличение содержания Мп в кислотной вытяжке (рисунок 1 г, д). При 180 мин процесса достигается наиболее высокий выход марганца из смеси шламов (1,0-1,6 мг/л). Обращает внимание ход кривой для соотношения 10 : 1,5 при 90°С (рисунок 1 д). На кривой перехода Мп имеется минимум при 100 мин процесса. Возможно, что при 90°С в начальный момент процесса создаются условия образования пленки из фосфатов, оседающих на зернах Мп шлама и препятствующих его разложению. Свыше 100 мин процесса она, возможно, растворяется в смеси кислот, освобождая доступ кислотных реагентов к зернам марганецсодержащего шлама, что приводит к увеличению марганца в кислой фазе системы. Судя по характеру кривых, в указанном интервале соотношений шламов сохраняется тенденция к увеличению перехода марганца в жидкую фазу системы с ростом времени процесса.

Следует отметить, что содержание Мп в кислой фазе исследуемой системы за 30 мин для соотношений «Р шлам : Мп шлам» равных 10:0,5-0,7 такое же как и за 180 мин для соотношений 10:1,3-1,5 и составляет 1,0-1,5мг/л. То есть процесс разложения шламов для соотношений «Р шлам : Мп шлам» равных 10:1,3-1,5, когда норма марганцевого шлама увеличивается, желательно проводить при длительности свыше 3 часов.

Извлечение железа (III) в зависимости от времени представлено на рисунке 2, откуда видно, что временной фактор процесса взаимосвязан с соотношением шламов больше, чем с температурой процесса их разложения. Кинетические кривые извлечения трехвалентного железа от времени при низкой норме марганецсодержащего шлама (Р шлам : Мп шлам=10: 0,5-0,7) носят экстремальный характер и характеризуются наличием минимума в интервале 100-150 минут процесса (рисунок 2 а, б).

Появление минимума на кривых перехода железа (III) в кислую фазу системы, возможно, обусловлено тем, что с увеличением продолжительности процесса до 100-150 минут образуются малорастворимые фосфаты железа, а свыше этого времени происходит их растворение в сульфатно-фосфатной смеси кислот. Кривые перехода железа (III) от времени в кислую фазу системы при

условии больших норм марганцевого шлама, для соотношений Р шлам : Мп шлам = 10: 1,0-1,3, имеют слабовыраженный максимум при 90-100 минутах процесса (рисунок 2 в, г). Уменьшение перехода трехвалентного железа с увеличением времени также, по-видимому, связано с образованием фосфатов железа при длительном контакте смеси шламов со смесью кислот.

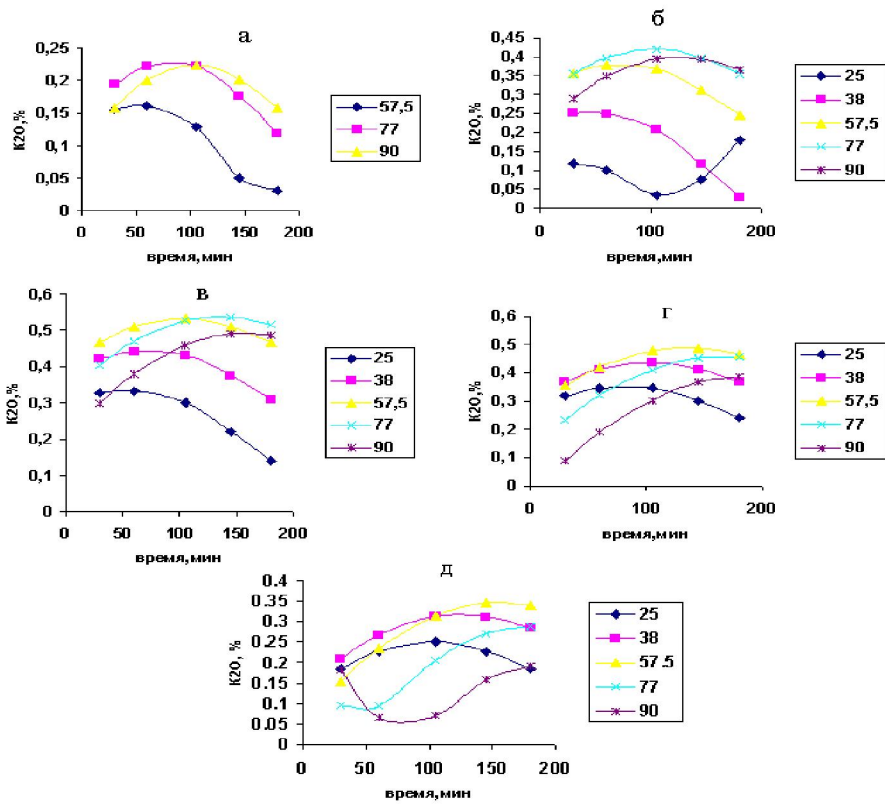


Соотношение известкового и марганецсодержащего шламов: 10:0,5 (а); 10:0,7 (б); 10:1 (в); 10:1,3 (г); 10:1,5 (д)
Рисунок 2 – Влияние времени на извлечение Fe^{3+} из смеси шламов

Переход трехвалентного железа из смеси шламов в кислую фазу системы практически не зависит от времени при условии большой нагрузки марганецсодержащего шлама, когда соотношение Р шлам : Мп шлам равно 10: 1,5 (рисунок 2 д). Варьируя продолжительность процесса и учитывая норму марганецсодержащего шлама можно получать жидкую фазу исследуемой системы с минимальным и максимальным содержанием трехвалентного железа. Следует отметить, что наибольший переход марганца из марганецсодержащего шлама при его большой норме достигается в условиях длительного процесса разложения (рисунок 1 в, г), а в этом случае содержание трехвалентного железа снижается (рисунок 2 в, г).

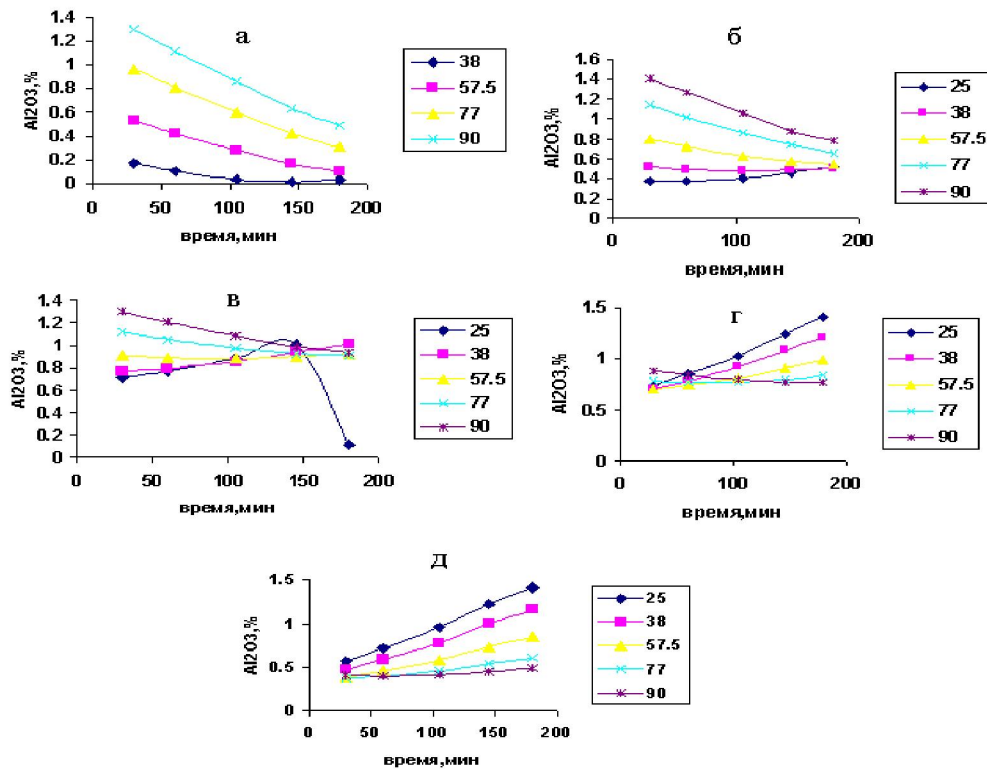
На рисунке 3 представлено извлечение калия в пересчете на K_2O из смеси шламов в кислую фазу системы «Р шлам - Мп шлам - H_2SO_4 - H_3PO_4 ». Кривые извлечения калия от времени носят экстремальный характер.

Наличие максимума либо минимума на кривых определяется соотношением шламов и температурой процесса. С ростом времени при условии низкой нормы марганецсодержащего шлама (Р шлам : Мп шлам = 10: 0,5) в интервале 80-100 минут кривые перехода калия характеризуются наличием максимума. Не исключено, что в столь сложной системе образуются сульфаты и фосфаты, которые экранируют процесс выхода калия из шламов. Возможно, что упрочнение сульфатно-фосфатной корки на зернах сырья с увеличением температуры приводит к наличию максимума для всех соотношений Р шлам : Мп шлам. Наибольший выход калия из смеси шламов в кислую фазу исследуемой системы происходит при 80-120 минутах. Степень его извлечения достигает 8,5 - 15,5%. То есть для наиболее полного перехода калия из шламов в кислую фазу



Соотношение известкового и марганецсодержащего шламов: 10:0,5 (а); 10:0,7 (б); 10:1 (в); 10:1,3 (г); 10:1,5 (д).

Рисунок 3 – Влияние времени на извлечение K_2O из смеси шламов



Соотношение известкового и марганецсодержащего шламов: 10:0,5 (а); 10:0,7 (б); 10:1 (в); 10:1,3 (г); 10:1,5 (д).

Рисунок 4 – Влияние времени на извлечение Al_2O_3 из смеси шламов

системы необходима продолжительность процесса их разложения не более 150 минут. Что же касается извлечения алюминия (Al_2O_3), то с увеличением времени контакта смеси шламов со смесью кислот его содержание в жидкой фазе системы уменьшается для соотношений шламов равных 10:0,5-1,0 (рисунок 4 а-в) и увеличивается для соотношений Р шлам : Mn шлам =10:1,3-1,5 (рисунок 4 г, д). Последнее обусловлено ростом нормы Mn – содержащего шлама, в котором также присутствует алюминий.

Учитывая требования по содержанию алюминия в удобрительных продуктах разложение смеси шламов смесью серной и фосфорной кислот необходимо проводить при длительности процесса не свыше 50 минут для высоких норм марганецсодержащего шлама и при 180 минутах для низкого его расхода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мусаева А.Ж., Чернякова Р.М., Саржанов С.Б., Джусипбеков У.Ж., Батырбеков Е. Переработка известкового шлама на фосфорсодержащее удобрение // Изв. МОН РК. Сер. хим. – 2003. – №3. – С. 26-30.
- [2] Пат. 2142444 РФ. Способ получения гранулированных сложных удобрений с микроэлементами / Бродский А.А., Тигонен В., Овчинникова К.Н.; опубл. 05.03.99, Бюл. №3. – 5 с.
- [3] Пат. 22221760 РФ. Способ получения комплексных удобрений с микроэлементами / Чернышева Л.А., Козырева О.И.; опубл. 20.01.04, Бюл. №1. – 5 с.
- [4] А. с. 1263684. СССР. Способ получения гранулированного суперфосфата / Гумбатов М.О., Федюшкин Б.Ф., Агаев Н.А., Зейналова С.А.; опубл. 15.10.86, Бюл. №38. – 4 с.
- [5] А. с. 1444325. СССР. Способ получения марганецсодержащего гранулированного суперфосфата / Насибов И.О., Султанов Т.И., Гусейнов М.Н., Рукин Я.В., Весенин Н.В., Дубинин В.Г., Бушуев Н.Н., Бельская Н.П., Мурадова М.Г., Гумбатов М.О.; опубл. 15.12.88, Бюл. №46. – 5 с.
- [6] А. с. 783293. СССР. Способ получения суперфосфата /Завертяева Т.И., Трубицына Г.Я., Бабкин В.В., Усов Г.А., Ямром В.Н.; опубл. 30.11.80, Бюл. №44. – 5 с.
- [7] А. с. 1699985. СССР. Способ получения марганецсодержащего гранулированного суперфосфата /Гришаев И.Г., Рустамов Ф.А., Гумбатов М.О.; опубл. 23.12.91, Бюл. №47. – 5 с.
- [8] Ахназарова С.Л., Драздова В.И., Коновалова Н.В., Кафаров В.В. Математическое моделирование азотнокислотного разложения котельного молока // Хим. пром-сть. – 1984. – №7. – С. 428-430.
- [9] Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Наука, 1978. – 319 с.
- [10] Умирбаева Р.С., Шееко В.М. Применение метода рототабельного планирования экспериментов второго порядка в изучении разрушения шламовой структуры твёрдофазными сорбентами // Мех. и мод. проц. тех. – 1996. – № 2. – С. 219-223.
- [11] Jussipbekov U.Zh., Chernyakova R.M., Agataeva A.A., Tusupkaliev E.A. Study of sulfuric acid processes of decomposition of manganese containing slurry. Influence of concentration acid and its norms on removal degree of manganese ions from manganese slurry acidic solution // Хим. журн. Казахстана. – 2014. – № 1. – С. 233-238.
- [12] Chernyakova R.M., Jussipbekov U.Zh., Agataeva A.A., Sultabaeva G.Sh. Study of sulfuric acid decomposition processes of manganese –sludge. Message 2. Effect of temperature and duration of the process for extraction of Mn^{2+} manganese sludge into sulfuric acid solution // Хим. журн. Казахстана. – 2014. – № 2. – С. 85-90.
- [13] Лепилина Р.Г., Смирнова Н.М. Термограммы неорганических фосфатных соединений. – Л.: Наука, 1984. – 334 с.
- [14] Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- [15] Якушина Н.И., Бахтенко Е. Ю. Физиология растений. – М.: Владос, 2005. – 464 с.
- [16] Винник М.М., Ербанова Л.Н. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. – М.: Химия, 1975. – 218 с.
- [17] Позин М.Е. Технология минеральных солей. – Л.: Химия, 1983. – 304 с.
- [18] Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. –К.: Наукова думка, 1975. – 351 с.
- [19] Шарло Г. Методы аналитической количественный анализ неорганических соединений. – Л.: Химия, 1965. – 975 с.
- [20] Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 496 с.

REFERENCES

- [1] Musaeva A., Chernyakova R.M., Sarzhanov S.B., Dzhussipbekov U.Zh., Batorybekov E. *News R.K., Ser.him*, **2003**, 3, 26-30 (in Russ.).
- [2] Pat. 2142444 Russia. Brodsky A.A., Tigonen V., Ovchinnikov K.N.; publ. **05.03.99**, 5 p. (in Russ.).
- [3] Pat. 22221760 Russia. Chernyshev L.A., Kozhyrev O.I.; publ. **20.01.04**, 5 p. (in Russ.).
- [4] A.S 1263684 Russia. Humbatov M.O., Fedyushkin B.F., Agaev N.A., Zeynalova S.A.; publ. **15.10.86**, 4 p. (in Russ.).
- [5] A.S 1444325 Russia. Nasibov I.O., Sultanov T.I., Huseynov M.N., Rukin Y.V., Vesenina N.V., Dubinin., Bushuyev N.N., Bielsko N. P., Muradova M.G., Humbatov M.O.; publ. **15.12.88**, 5 p. (in Russ.).
- [6] A.S 783293 Russia. Zavertyaev T.I., Trubitsyna G.Y., Babkin V.V., Usov G.A., Yamrom V.N.; publ. **30.11.80**, 5 p. (in Russ.).

- [7] A.S 1699985 Russia. Grishaev I.G., Rustamov F.A., Humbatov M.O.; publ. **23.12.91**, p. 5 (in Russ.).
- [8] Ahnazarova S.L., Drazdova V.I., Kononov N.V., Kafarov V.V. *Chem. ind.*, **1984**, 7, 428-430 (in Russ.).
- [9] Ahnazarova S.L., Kafarov V.V. Optimization experiment in chemistry and chemical technology. M: Nauka, **1978**, 319 p. (in Russ.).
- [10] Umirbaeva R.S., Cheeko V.M. *Mech. mod. of tech.*, **1996**, 2, 219-223 (in Russ.).
- [11] Jussipbekov U.Zh., Chernyakova R.M., Agataeva A.A., Tusupkaliev E.A. *Chem. Zh. Kazakhstan*, **2014**, 1, 233-238 (in Russ.).
- [12] Chernyakova R.M., Jussipbekov U.Zh., Agataeva A.A., Sultabaeva G.Sh. *Chem. Zh. Kazakhstan*. **2014**, 2, 85-90. (in Russ.).
- [13] Lepilina R.G., Smirnova N.M. The thermograms of inorganic phosphate compounds. L.: Nauka, **1984**, 334 p. (in Russ.).
- [14] Kabat-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants. M.: Mir, **1989**, 439 p. (in Russ.).
- [15] Yakushina N.I., Bahtenko E.Y. Vegetable physiology. M.: Vldos, **2005**, 464 p. (in Russ.).
- [16] Winnick M., Erbanova L.N. Methods for analysis of phosphate raw materials, phosphate and compound fertilizers, feed phosphates. M.: Chemistry, **1975**, 218 p. (in Russ.).
- [17] Posin M.E. The technology of mineral salts. L.: Chemistry, **1983**, 304 p. (in Russ.).
- [18] Tarasevich J.I., Ovcharenko F.D. Adsorption on clay minerals. K.: Naukova Dumka, **1975**, 351 p. (in Russ.).
- [19] Charlot G. analytical methods quantitative analysis of inorganic compounds. L.: Chemistry, **1965**, 975 p. (in Russ.).
- [20] Gafarov V.V. Cybernetics methods in chemistry and chemical technology. M.: Chemistry, **1971**, 496 p. (in Russ.).

МАРГАНЕЦ ЖӘНЕ ФОСФОРДАН ТҰРАТЫН ҚОСПАЛАРДЫ КҮКІРТ ЖӘНЕ ФОСФОР ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ҚОСПАСЫМЕН ЫДЫРАТУ ҮРДІСІНЕ УАҚЫТТЫҢ ӘСЕРІ

**Р. М. Чернякова, Р. А. Қайыпбаева, Н. Н. Қожабекова,
К. Д. Бержанов, А. А. Ағатаева, Ө. Ж. Жүсіпбеков, Е. А. Түсіпқалиев**

АҚ «А. Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты», Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: тыңайтқыш, марганец, күкірт қышқылы, фосфор қышқылы, сілтілендіру.

Аннотация. Шламдар қоспасынан марганец пен алюминийді «Р шлам – Mn шлам – H₂SO₄ – H₃PO₄» жүйесінің қышқыл фазасына бөліп алу уақытқа тікелей байланысты екені анықталды. Уақытты арттыру жүйенің қышқыл фазасына Fe (III) бөліп алу процесін жылдамдатады. Калийді бөліп алудың кинетикалық қисықтары процестің 100-минутында әлсіз көрінген максимумның болуымен сипатталады.

Шламдар қоспаларының фосфор және күкірт қышқылдарының қоспаларымен ыдырау процесінің уақытын арттыру жүйенің қышқыл фазасына Fe (III) бөліп алу процесін жылдамдатады.

Шламдар қоспасынан сұйық фазаға калийдің өтуіне процестің ұзақтығы онша әсер етпейтіні көрсетілді. Оны бөліп алудың кинетикалық қисықтары процестің 100-минутында әлсіз көрінген максимумның болуымен сипатталады. K₂O бөліну дәрежесі 9 %-дан 16 %-ға дейінгі аралықта өзгеріп тұрады. Тұнба қатынасы және технологиялық температура қисықтарының жоғары және төмен болуы анықталады. Марганец суспензия (Р суспензия: Mn суспензия 10: 0,5) төмен ставкалар бойынша уақыт ұлғаюына 80-100 минут өтпелі қисық диапазонында жоғары калий сипатталады. Ол осындай күрделі жүйесінде тұнба калий шығару процесінде сульфаттар және фосфаттар қалыптасуы мүмкін.

Поступила 03.06.2015г.