

**ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛАМОВ,  
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ  
ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ**

**Нурмуродов Т.И.<sup>1</sup>, Ахтамова М.З.<sup>2</sup>, Самадова М.З.<sup>3</sup>, Каримов О.А.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Нурмуродов Тулкин Исамурадович – доцент, доктор технических наук;*

<sup>2</sup>*Ахтамова Мафтуна Зайнитдин кизи – ассистент;*

<sup>3</sup>*Самадова Махбуба Орифжон кизи – магистр;*

<sup>4</sup>*Каримов Отабек Актам угли – студент,*

*кафедра химической технологии,*

*Навоийский государственный горный институт,*

*г. Навои, Республика Узбекистан*

***Аннотация:** авторы рассматривают способы обогащения низкосортных фосфоритов при солянокислотной обработке, при этом изучая реологических свойств образующихся шламов. Эксперименты проводили на лабораторной установке, состоящей из трубчатого стеклянного реактора, снабженного лопастной мешалкой, приводимой в движение мотором. Разделение хлоркальцийфосфатной пульпы осуществляли декантацией с дальнейшей фильтрацией сгущенной части и суспензии по отдельности. Полученные результаты показывают, что с ростом температуры вязкость суспензии значительно уменьшается.*

***Ключевые слова:** низкосортные фосфориты, солянокислотная переработка, шлам, суспензия, реологические свойства, вязкость.*

В Республике Узбекистан имеется крупная отрасль химической промышленности по производству различных видов удобрений. Фосфорные удобрения производятся на основе фосфоритов месторождения Центральные Кызылкумы, которые считаются бедными рудами, но содержание в них фосфорного ангидрида составляет в среднем 19,4%. Тем не менее, данное месторождение фосфоритов по оценочным запасам не имеет аналогов в странах СНГ и входит в первую десятку месторождений в мире [1].

На АО «НАВОИАЗОТ» организовано производство каустической соды электрохимическим методом общей мощностью 81 тыс. т/год с одновременным получением в качестве побочного продукта 37,8 тыс. т/год соляной кислоты. Учитывая близость Кызылкумского фосфоритового комбината к городу Навои, целесообразно организовать на АО «НАВОИАЗОТ» производство фосфорсодержащих продуктов на основе солянокислотного разложения фосфоритов Кызылкумского месторождения. В настоящее время увеличение объемов производства фосфорсодержащих удобрений, в основном, приводит к росту себестоимости продукции из-за завышенных удельных расходных норм

сырьевых и энергетических ресурсов. С другой стороны, почти на всех предприятиях технические процедуры освоения соответствующих технологий осуществляются с использованием серной или азотной кислоты с повышенной нормой расхода по сравнению с другими фосфоритами. Солянокислотная переработка фосфоритов Центральных Кызылкумов с целью получения фосфатных солей до сих пор еще не исследована. В связи с этим с целью создания интенсифицированной технологии предложена обработка низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов соляной и азотной кислотой с дальнейшей аммонизацией прозрачного раствора, разделением хлоркальцийфосфатной и нитрокальцийфосфатной пульпы перед её нейтрализацией. После аммонизации осуществляется центрифугирование, сушка и грануляция получаемого влажного осадка. Нами проведен детальный анализ составно-качественных изменений фосфоритов в каждой стадии их переработки низкой нормой соляной и стехиометрической нормой азотной кислоты с аммонизацией пульпы до  $pH = 1-2,5$  [2].

Солянокислотной обработке подвергались низкосортные фосфориты Центральных Кызылкумов, химический состав которых приведено в таблице 1. Разложение проводили 5%-й соляной кислотой, приготовленной разбавлением 32%-й кислоты. Норма кислоты составляла 100% от стехиометрии относительно содержания двууглекислого кальция в исходном фосфорите. Эксперименты проводили на лабораторной установке, состоящей из трубчатого стеклянного реактора, снабженного лопастной мешалкой, приводимой в движение мотором. Необходимое количество соляной кислоты помещали в реактор и добавляли расчетное количество низкосортного фосфатного сырья при интенсивном перемешивании (скорость вращения мешалки 250-300 об/мин). Температуру реакционной массы поддерживали на уровне 40-45°C с помощью контактного термометра. Загрузку фосфорита осуществляли в течение 5-7 мин. Высота пены достигала 4-7 см, но она быстро разрушалась. После дозировки фосфорита содержимое реактора выдерживали в течение 30 мин. Разделение хлоркальцийфосфатной пульпы осуществляли декантацией с дальнейшей фильтрацией сгущенной части и суспензии по отдельности. Твердая часть (осадок 1), отделенная от сгущенной части, дважды промывалась водой. Осадок 2 выделяли от мутной части хлоркальциевой суспензии.

*Таблица 1. Химический состав исходных материалов*

№	Наименование компонентов	Содержание компонентов, масс %				CaO/ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	Cl	
1	Исходный фосфорит ЦК	52,0	20,0	15,4	-	2,6

2	Осадок 1 – дважды промытая твердая часть выделена из сгущенной части солянокислотного разложения	41,72	26,11	4,80	-	1,60
3	Осадок 2 – твердая часть выделена из мутной части солянокислотного разложения без промывки	38,50	24,47	3,60	-	1,57
4	Раствор 1 – фильтрат солянокислотной вытяжки (фильтрат после отделения осадка 1)	3,83	-	-	4,75	7,49% (CaCl <sub>2</sub> )
5	Раствор 2 – первая промывная вода	0,34	-	-	0,42	0,66% (CaCl <sub>2</sub> )
6	Раствор 3 – вторая промывная вода	0,095	-	-	0,12	0,19% (CaCl <sub>2</sub> )

Установлено, что при солянокислотной обработке содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в продукте увеличивается от 20 до 26,11% и 4,47%, а кальциевый модуль снижается с 2,6 до 1,6 и 1,57 соответственно для осадков 1 и 2. Несмотря на то, что кальциевый модуль осадка 2 меньше чем осадка 1, содержание в нем P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1,67% ниже. Это связано с тем, что в осадке 2 содержание глинистых материалов больше. Экспериментальные данные показывают, что отделение твердой фазы осадка 2 путем декантации и промывки от мутной части хлоркальциевой суспензии затруднено. Соотношение P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> между осадками 1 и 2 составляет 60:40. Содержание хлорида кальция в растворах составляет 7,49, 0,66 и 0,19% соответственно. Установлено, что при солянокислотной обработке содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в продукте увеличивается от 20 до 26,11%, а кальциевый модуль снижается с 2,6 до 1,6. При аммонизации повышение pH от 0,6 до 2 приводит к уменьшению количества усвояемого CaO (вод) в жидкой фазе от 14,4 до 30,41%. Аналогичное изменение характерно для основного компонента - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В жидкой фазе этот показатель увеличивается от 4,24 до 34,84%.

*Таблица 2. Химический состав солянокислотно обработанного фосфорита*

№	Химический состав концентратов масс. %:			Выход концентрата, %	Химический состав шламов масс. %:			Выход шлама, %
	m/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>							
	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>		CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	
1	45,14	23,29	5,94	55,91	31,62	20,4	3,97	53,6
2	41,90	24,69	4,97	68,41	33,51	22,34	3,81	31,59
3	41,66	22,03	7,4	34,34	25,20	12,93	4,14	65,66

Исследованы реологические свойства солянокислотных (табл. 3) пульп в зависимости от соотношения Ж:Т и температуры среды. Соотношения Ж:Т в суспензии варьировали от 1:0 до 1:1 и от 8:1 до 65:1 при переработке соляной кислотой. Процесс разложения фосфорита соляной кислотой проводили при 20-50 °С. Реологические свойства образцов определяли по общеизвестной методике.

Таблица 3. Реологические свойства солянокислотных пульп

№ проб	Номера растворов и осадков		Соотношение Ж:Т	Плотность, кг/м <sup>3</sup>			Вязкость, сПз		
	Раствор	Осадок		20°С	35°С	50°С	20°С	35°С	50°С
1	1	2	1:0	1070	1067	1064	1,35	1,15	1,06
2			4:1	1155	1147	1142	77,39	38,36	26,71
3			1:1	1510	1506	1500	86,98	40,70	29,26
4	1	1	1:0	1070	1067	1064	1,35	1,15	1,06
5			4:1	1145	1136	1132	83,37	41,33	30,47
6			1:1	1450	1444	1438	86,51	43,67	32,1
7	2	2	1:0	1007	1002	1001	2,41	1,472	1,42
8			4:1	1120	1112	1108	35,32	26,14	25,02
9			1:1	1385	1380	1375	62,92	27,68	25,02
10	2	1	1:0	1007	1002	1001	2,41	1,47	1,42
11			4:1	1030	1025	1020	20,10	8,58	5,94
12			1:1	1350	1340	1335	26,43	12,86	9,69
13	3	2	1:0	1004	1001	1000	1,37	0,74	0,67
14			4:1	1095	1090	1085	57,41	26,43	19,14
15			1:1	1380	1374	1368	64,65	29,01	21,93
16	3	1	1:0	1004	1001	1000	1,37	0,744	0,67
17			4:1	1064	1060	1055	17,30	7,25	5,03
18			1:1	1340	1330	1325	27,68	12,55	9,08

**Примечание:** Раствор 1 – фильтрат солянокислотной вытяжки; раствор 2 – первая промывная вода; раствор 3 – вторая промывная вода; осадок 1 – дважды промытая твердая часть сгущенной части пульпы солянокислотного разложения; осадок 2 – непромытая твердая фаза, выделенная из мутной части солянокислотной суспензии.

Из таблицы 3 видно, что с повышением температуры от 20 до 50 °С при Ж:Т = 4:1 плотность и вязкость солянокислотных суспензии и растворов снижается на 9,1-13,5 кг/м<sup>3</sup> и 10,1-56,9 сПз и колеблется в пределах 1020-1147 кг/м<sup>3</sup> и 5,03-83,37 сПз соответственно. С увеличением Ж:Т плотность и вязкость суспензии при 20 °С повышается от 1004 кг/м<sup>3</sup>, 13,47 сПз до 1510 кг/м<sup>3</sup> 86,98 сПз соответственно. Такая же картина наблюдается у суспензии, образующейся при азотнокислотном разложении.[1]

Полученные данные показывают, что суспензии, образующиеся в интервалах варьирования технологических параметров, можно легко транспортировать существующим оборудованием.

Результаты экспериментов также показывают, что в суспензии, содержащей осадок 2, с увеличением массового соотношения Ж:Т от 1:0 до 1:1 при температуре 20 °С плотность увеличивается от 1070 до 1510 кг/м<sup>3</sup>. С увеличением температуры до 50 °С плотность суспензии уменьшается от 1070 при 20 °С до 1064 кг/м<sup>3</sup>. С повышением температуры уменьшение плотности суспензии от 1510 до 1500 кг/м<sup>3</sup> наблюдается и в суспензии с массовым соотношением Ж:Т, равным 1:1. Изучение вязкости этой суспензии при 20, 35 и 50 °С показало, что с повышением температуры вязкость суспензии уменьшается. Увеличение твердой массы в суспензии от 1:0 до 1:1 привело к резкому увеличению вязкости суспензии. Так, например, при 20 °С в отсутствие осадка жидкость имеет вязкость 1,35 сПз, а суспензия с массовым соотношением 4:1-77,39 сПз. При массовом соотношении 1:1 этот показатель увеличивается до 86,98 сПз. При Ж:Т = 4:1 суспензия, содержащая фильтрат солянокислотной вытяжки и дважды промытую твердую часть сгущенной части пульпы солянокислотного разложения, имеет наибольшую вязкость (83,37 сПз) по сравнению с другими суспензиями, имеющих такое же количество твердой фазы.

Полученные результаты показывают, что с ростом температуры вязкость суспензии значительно уменьшается. И даже суспензии, имеющие 50% осадка при температуре 50 °С, имеют вязкость в 2,5-3 раза меньшую, чем при 20 °С. Необходимо отметить, что самую наименьшую вязкость 5,94; 9,69; 5,03; 9,08 сПз имеют суспензии, содержащие 20% и 50% дважды промытой твердой фазы сгущенной части пульпы соляно кислотного разложения. Причем при повышении температуры на 40 °С вязкость суспензий уменьшается в 6-7 раз, в то же время плотность суспензий уменьшается незначительно – на 12-24 кг/м<sup>3</sup>. Независимо от количества твердой фазы в суспензии при одинаковой температуре, значения плотности и вязкости отличаются незначительно.

Таким образом, результаты исследований реологических свойств суспензий показали, что низкосортные фосфориты Центральных Кызылкумов можно перерабатывать соляной кислотой с целью получения фосфорных удобрений.

### ***Список литературы***

1. Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х. Разработка технологии переработки низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов соляно-, азотно- и сернокислотным разложением // Химическая технология. Контроль и управление, Ташкент, 2018. №1-2. С. 86-89.

2. *Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У., Мирзаев А.У., Ахтамова М.З.* Исследование процесса получения экстракционной фосфорной кислоты из фосфоконцентрата Центральных Кызылкумов // *Universum: Технические науки: электрон научн. журн.*, 2018. № 7 (52).
3. *Кармышев В.Ф.* Химическая переработка фосфоритов. М.: Химия, 1983. С. 26-30.
4. *Бойко В.С., Шабанина Н.В.* Минералогические особенности зернистых фосфоритовых руд Кызылкумов и исследование их обогатимости // *Узб. геолог. ж.*, 1979. № 3. С. 84-86.