

FOSFORIT SHLAMIDAN KLINKER USULDA EKSTRAKSIYON FOSFAT KISLOTASI PARAMETRLARIGA SULFAT KISLOTASI ME'YORI VA KONSENTRASIYALARINING TA'SIRI

Boxodir Elbekovich Sultonov

Namangan davlat universiteti kimyo kafedrası professori, texnika fanlari doktori

E-mail: bse-chemist-68@mail.ru;

Sohibjon To'xtaraliev

Namangan davlat universiteti II-kurs magistri;

Dilshod Sattorjonovich Xolmatov

Namangan davlat universiteti Kimyo kafedrası dotsenti, texnika fanlari doktori

Аннотасија. Мақолада клинкер усули йордамида фосфорит шламидан (FSh) оlingан екстраксion фосфат кислотаси оlish катталикларига сульфат кислота ме'йори ва консен­траси­я­си­ning та'сирини о'рганish натижалари келтирилган. Yuvuvchi сув миқдорининг екстраксion фосфат кислотасининг сифат параметрларига та'сiri о'рганildi. Сульфат кислотасининг мақбул ме'йор ва консен­траси­я­си­лари аниқланди. Сульфат кислотасининг мақбул ме'йор ва консен­траси­я­си­лари мос равишда 103-105% ва 90-93% ni ташкил қилadi. FSh: H₂O ning мақбул нисбати 1,0: 2,5 га тенг. Мақбул катталикларда 12,01-12,08% P₂O₅ миқдорига ега екстраксion фосфат кислоталари ҳосил бо'лади. ЭФК ni фосфоргипс суспензияларидан ажратиб оlishда қуруқ чо'кма бо'йича филтрлаш тезлиги 941-967 кг/м²·соат ni ташкил қилadi.

Калит со'злар: фосфорит шлами, сульфат кислота, екстраксion фосфат кислотаси, кислота консен­траси­я­си, кислота ме'йори ва филтрасија тезлиги.

ВЛИЯНИЕ НОРМЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ, ПОЛУЧЕННЫХ КЛИНКЕРНЫМ СПОСОБОМ ИЗ ФОСФОРИТОВОГО ШЛАМА

Султонов Боходир Элбекович

профессор кафедры Химии Наманганского государственного университета,

д.т.н.,

E-mail: bse-chemist-68@mail.ru;

Тухтаралиев Сохибжон

магистр II-курса Наманганского государственного университета;

Холматов Дилшод Сатторжонович

доцент кафедры Химии Наманганского государственного университета, д.т.н.

Аннотасија. В статье приведены результаты изучения влияния нормы и концентрации серной кислоты на технологические параметры экстракционной фосфорной кислоты, полученной из фосфоритового шлама (ФШ) клинкерным способом. Изучены влияние количество промывной воды на качественные параметры экстракционной фосфорной кислоты. Определены оптимальные концентрации и нормы серной кислоты. Оптимальные нормы и концентрации серной кислоты составляют 103-105% и 90-93% соответственно. Оптимальным соотношением ФШ:H₂O является 1,0:2,5. При оптимальных параметрах образуется экстракционные фосфорные кислоты с содержанием 12,01-12,08% P₂O₅. При выделении ЭФК

из фосфорногипсовых суспензий скорость фильтрации по сухому осадку составляют 941-967 кг/м²·ч.

Ключевые слова: фосфоритовый шлам, серная кислота, экстракционная фосфорная кислота, концентрация кислоты, норма кислоты и скорость фильтрации.

INFLUENCE OF NORM AND CONCENTRATION OF SULFURIC ACID ON THE PARAMETERS OF EXTRACTION PHOSPHORIC ACID OBTAINED BY CLINKER METHOD FROM PHOSPHORITE SLUDGE

Sultonov Bokhodir

Professor of the Department of Chemistry, Namangan State University, Doctor of Technical Sciences,

E-mail: bse-chemist-68@mail.ru;

Tuxtaraliyev Soxib

2nd year master of Namangan State University

Kholmatov Dilshod

Associate professor of the Department of Chemistry of the Namangan State University, Doctor of Technical Sciences (DSc),

Annotation. The article presents the results of studying the influence of the norm and concentration of sulfuric acid on the technological parameters of the extraction phosphoric acid obtained from the phosphorite sludge (PS) by clinker method. The influence of amount of washing water on quality parameters of the extraction phosphoric acid has been studied. The optimal concentrations and norms of sulfuric acid have been determined. The optimal norms and concentrations of sulfuric acid are 103-105% and 90-93%, respectively. The optimal ratio of PS:H₂O is 1.0:2.5. With optimal parameters, extraction phosphoric acids are a content of 12,01-12,08% P₂O₅. When extracting EPhA from phosphorogypsum suspensions, the filtration rate on dry sediment is 941-967 kg/m²·h.

Key words: phosphorite sludge, sulfuric acid, extraction phosphoric acid, acid concentration, a norm of acid and filtration rate.

Введение. В настоящее время фосфориты Центральных Кызылкумов является основным фосфатных сырьем для предприятий Республики Узбекистана, производящих фосфорсодержащих простых и комплексных удобрений. Усредненная проба фосфорита Джерой-Сардаринского месторождения содержит (вес. %): 16,2 P₂O₅; 46,2 CaO; CaO: P₂O₅ = 2,85; 17,7 CO₂; 0,6 MgO; 2,9 (Fe₂O₃+Al₂O₃); 1,5 (K₂O+Na₂O); 2,65 SO₃; 1,94 F; 7,8 нерастворимого остатка. Низкое содержание фосфора, большое значение кальциевого модуля и высокое содержание карбонатов делает эту фосфоритовую муку непригодной для производства экстракционной фосфорной кислоты и высококонцентрированных фосфорсодержащих удобрений на ее основе. Фосфатное сырьё, пригодное для

получения из него экстракционной фосфорной кислоты методом сернокислотной экстракции, должно отвечать следующим требованиям: содержание P_2O_5 не ниже 24,5%, CO_2 не выше 8%, $(R_2O_3:P_2O_5) \cdot 100$ не должно превышать 12, $(MgO : P_2O_5) \cdot 100$ должно быть не менее 7-8 [1]. Сернокислотная переработка мытого обожженного фосфоритового концентрата (МОФК) из фосфоритов Центральных Кызылкумов с получением ЭФК подробно изучена в работах [2-6]. Выявлены основные технологические параметры (температура процесса, соотношение Т:Ж, концентрация оборотного раствора ЭФК и содержание свободного SO_3 в ЭФК), влияющие в сернокислотной экстракции на $K_{разл.}$, $K_{отм.}$ и $K_{вых.}$. Определены оптимальные параметры ведения сернокислотной экстракции МОФК: температура процесса -85-90°C, соотношение Т:Ж=1:2,-3,5, концентрация оборотного раствора ЭФК – 12-15% и содержание свободного SO_3 в ЭФК-1,5-2,5%. Кроме того, изучено негативное влияние свободного CaO в термоконцентрате при сернокислотной экстракции. С целью устранения этого явления внедрена система вакуум-охлаждения сернофосфорнокислотной пульпы. Также были проведены систематические исследования по получению ЭФК из МОФК разложением серной кислоты в присутствии сульфата аммония в зависимости от соотношения серной кислоты и сульфата аммония. Показано, что замена серной кислоты на сульфат аммония в количестве 5-10% приемлема, так как кроме экономии серной кислоты в этом случае достигается также увеличение $K_{разл.}$, $K_{отм.}$ и $K_{вых.}$.

В целях увеличения объемов производства фосфорсодержащих удобрений КФК увеличил мощность производства мытого обожженного фосфоконцентрата (МОФК) от 400 до 716 тыс. т в год со средним содержанием P_2O_5 26% и появилась задача определения свойств МОФК, полученного по видоизменённой схеме обогащения фосфоритов ЦК, а также нахождения оптимальных режимов его переработки в ЭФК, аммофос и диаммофос [7,8]. Определены физико-химические и физико-механические свойства нового МОФК фосфоритов ЦК, содержащего 26% P_2O_5 . Найдены оптимальные условия

переработки МОФК в ЭФК: норма H_2SO_4 – 103%, концентрация оборотной фосфорной кислоты – 15% P_2O_5 , температура процесса – 85°C и соотношение Ж:Т=3:1, при которых достигнуты приемлемые для технологии показатели: $K_{\text{разл.}} = 96,33\%$, $K_{\text{извл.}} = 95,04\%$; $K_{\text{отм.}} = 97,27\%$; $K_{\text{вых.}} = 92,44\%$; скорость фильтрации–1361 кг/м²·час, а концентрация ЭФК–19,44% P_2O_5 . Нейтрализация полученной кислоты аммиаком до pH=5,5 и 8,5 легла в основу получения аммофоса и диаммофоса соответственно. Были получены аммофос и диаммофос хорошего качества.

Представляет большой практический интерес исследование процесса сернокислотной экстракции химически обогащенного фосфоконцентрата и определение его пригодности для производства экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) [9,10]. Показаны возможность получения экстракционной фосфорной кислоты из химического фосфоритного концентратов фосфоритов Центральных Кызылкумов с хорошими технологическими показателями. Расход серной кислоты на 1 т P_2O_5 в ЭФК при переработки химического фосфоконцентрата по сравнению с мытым обожженным фосфоконцентратом на 20% ниже, а выброс фосфогипса в отвал на 28% меньше.

Производство ЭФК в настоящее время и в ближайшем перспективе будет осуществляться преимущественно сернокислотным разложением природных фосфатов. Базовым способом производства ЭФК как у нас, так и за рубежом, является дигидратный относительно простой и надежный в эксплуатации [11].

В данный момент клинкерный способ получения ЭФК практически не применяется во всем мире, несмотря на это в патенте [12] приведены результаты получения ЭФК из фосфатного сырья. В этом случае фосфатное сырье смешивают и гранулируют с 98%-ной серной кислотой, нагревают гранулы до $200-240^\circ\text{C}$ или $350-400^\circ\text{C}$ для удаления фтора, а из полученной смеси с помощью воды выделяют фосфорную кислоту. Получение ЭФК этим методом имеет ряд преимуществ: высокая концентрация P_2O_5 в ЭФК и низкое содержание фтора.

В последнее время учеными нашей страны систематически проводятся научные исследования по получению ЭФК из фосфатного сырья данным

способом [13-17]. В этих исследованиях изучены получение экстракционной фосфорной кислоты из рядового фосфоритной муки (РФМ), мытого обожженного фосфоритового концентрата (МОФК) кликерным способом и влияние время продолжительности разложения РФМ и МОФК на её качественные параметры, а также выделение ЭФК из фосфатногипсового клинкера водой и раствором фосфорной кислоты. Было показано, что при выделении ЭФК из фосфатногипсового клинкера водой, получается ЭФК содержащая 8,19-9,37% P_2O_5 , а при использовании 10%-ного ЭФК получается ЭФК содержащая 16,57-17,39% P_2O_5 . Исследованы скорости фильтрации фосфатногипсовых суспензий при разделении водой и ЭФК. Приведены результаты изучения влияние нормы и концентрации серной кислоты на технологические параметры экстракционной фосфорной кислоты, полученного из мытого обожженного фосфоритового концентрата кликерным способом. Изучены влияние количество промывной воды на качественные параметры экстракционной фосфорной кислоты. Определены оптимальные концентрации и нормы серной кислоты. Оптимальные нормы и концентрации серной кислоты составляют 103-105% и 90-93% соответственно. Оптимальным соотношением МОФК: H_2O является 1,0:2,5. При оптимальных параметрах образуются экстракционные фосфорные кислоты с содержанием 16,01-16,93% P_2O_5 . При выделении ЭФК из фосфорногипсовых суспензий скорость фильтрации по сухому осадку составляют 959-986 кг/м²·ч.

В данной работе изучено влияние нормы и концентрации серной кислоты на качественные показатели ЭФК, полученной на основе фосфоритового шлама.

Использованная сырьё и методика проведения экспериментов. Для опытов использовали фосфоритовый шлам (ФШ), который образуется при термическом обогащении фосфоритов ЦК, основной состав которого равна (вес., %): 11,57 $P_2O_{5\text{общ.}}$; 1,33 $P_2O_{5\text{усв.}}$; 41,08 CaO; 0,61 MgO; 20,91 CO_2 ; 1,84 Al_2O_3 ; 1,48 Fe_2O_3 ; 0,46 SO_3 ; 1,52 F; и 14,09 нерастворимый осадок.

Методика проведения экспериментов подробно описаны в [13]. Нормы серной кислоты составляли: 95, 100, 103, 105 и 110% (относительно по CaO в

фосфоритовом сырье). Концентрацию серной кислоты варьировали от 70 до 93%. Время разложения фосфорита 30 минут. Образовавшуюся из клинкера фосфорную кислоту выделяли с горячей водой (80-90°C) при соотношениях ФШ:Вода=1,0:2,5 и 1,0:3,0 с перемешиванием в течение 5-10 минут и фильтровали под вакуумом. Рассчитаны коэффициенты разложения МОФК ($K_{\text{разл.}}$), коэффициенты выделения P_2O_5 в ЭФК ($K_{\text{выд.}}$) и скорости фильтрации фосфорнокислотно гипсовых суспензий [18]. Полученный ЭФК и основные вещества фосфогипса анализировали известными методами [19,20].

Полученные результаты и их обсуждение. Полученные результаты сведены в таблицу 1. Из этих табличных данных видно, что с увеличением нормы серной кислоты содержание P_2O_5 в получаемых ЭФК будет повышаться. Например, при увеличении нормы серной кислоты от 95 до 110% содержание P_2O_5 в получаемых ЭФК будет повышаться от 10,10 до 13,01%. Содержание CaO и SO_3 в полученных ЭФК колеблется от 0,85 до 1,00% и от 3,18 до 3,34% соответственно. Количество фтора в получаемых ЭФК находятся в пределах от 0,29 до 0,40%. Для процесса получения ЭФК различных концентраций из ФШ получены следующие основные технологические показатели: $K_{\text{разл.}}$ - 95,10-98,42% и $K_{\text{вых.}}$ - 92,30-93,77%, скорость фильтрации по сухому осадку - 941-967 кг/м²·ч. Если обратит внимание на состав фосфогипса, полученных выше указанных параметрах, то можно обнаружить, что с увеличением нормы кислоты от 95 до 110% количество $P_2O_{5\text{общ.}}$ в фосфогипсе уменьшается от 2,45 до 2,30%. Аналогичная закономерность наблюдается и в случае $P_2O_{5\text{водн.}}$, F и их содержание находятся в пределах 0,50-0,65% и 1,29-1,40%, соответственно. Содержание $CaO_{\text{общ.}}$ и SO_3 в фосфогипсах колеблется от 30,14 до 31,13% от 41,60 до 41,85%, соответственно.

Таблица 1

Влияние нормы и концентрации серной кислоты на основной состав ЭФК и фосфогипса при соотношении ФШ:Вода=1,0:2,5

$N_{H_2SO_4, \%}$	$C_{H_2SO_4, \%}$	Количество веществ, %										$K_{\text{разл.}, \%}$	$K_{\text{вых.}, \%}$	Скорость фильтрации, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$
		ЭФК				Фосфогипс								
		P_2O_5	CaO	SO_3	F	P_2O_5 общ.	P_2O_5 водн.	CaO общ.	SO_3	F	H_2O			
95	93	10,10	1,00	3,18	0,29	2,45	0,65	30,14	41,60	1,40	20,06	95,10	92,30	880
100		11,16	0,98	3,21	0,32	2,40	0,63	30,23	41,66	1,35	20,10	96,56	92,55	901
103		12,08	0,93	3,43	0,35	2,34	0,60	30,28	41,79	1,32	20,15	97,19	93,23	941
105		12,93	0,90	3,44	0,37	2,32	0,53	30,45	41,81	1,30	20,20	97,81	93,36	967
110		13,01	0,85	3,34	0,40	2,30	0,50	31,13	41,85	1,29	20,23	98,42	93,77	1010
103	70	9,28	0,79	3,10	0,25	2,51	0,46	31,05	41,51	1,17	20,40	95,05	91,21	1002
	75	9,44	0,82	3,14	0,27	2,50	0,48	30,07	41,55	1,22	20,35	95,47	91,46	991
	80	11,16	0,85	3,16	0,30	2,44	0,50	30,11	41,62	1,24	20,31	95,79	91,97	978
	85	11,27	0,87	3,17	0,32	2,43	0,52	30,16	41,70	1,28	20,25	96,12	92,46	970
	90	12,01	0,90	3,27	0,34	2,40	0,56	30,21	41,75	1,30	20,19	96,72	93,03	967
	93	12,08	0,93	3,42	0,35	2,34	0,60	30,28	41,79	1,32	20,15	97,19	93,23	941

Из этих табличных данных также видно, что концентрация кислоты тоже существенно влияет на состав ЭФК, фосфогипса и технологические показатели процесса получения ЭФК. Например, при повышении концентрации серной кислоты от 70 до 93% содержание P_2O_5 в полученных ЭФК увеличивается от 9,28 до 12,08%. Содержание CaO и SO_3 в полученных ЭФК колеблется от 0,79 до 0,93% и от 3,10 до 3,42% соответственно. Количество фтора в получаемых ЭФК находятся в пределах от 0,25 до 0,35%. Для процесса получения ЭФК различных концентрацией из ФШ получены следующие основные технологические показатели: $K_{разл.}$ - 95,05-97,19% и $K_{вых.}$ - 91,21-93,23%, скорость фильтрации по сухому осадку - 941-1002 кг/м²·ч. Здесь наблюдается уменьшения скорости фильтрации по сухому осадку за счет уменьшения количество воды фосфорнокислотных суспензиях. В этих условиях основной состав полученных фосфогипсов сильно не отличаются друг от друга. При увеличении концентрации серной кислоты от 70 до 93% количество $P_2O_{5общ.}$ в фосфогипса уменьшается от 2,51 до 2,34%. Содержание $P_2O_{5водн.}$ и F увеличивается от 0,46 до 0,60% и от 1,17 до 1,32%, соответственно. $CaO_{общ.}$ и SO_3 в фосфогипсах колеблется от 31,05 до 30,28% и от 41,51 до 41,79%, соответственно. В таблице 2 сведены результаты промывки фосфогипса при соотношении ФШ: H_2O =1,0:3,0. Здесь наблюдается увеличение скорости фильтрации по сухому осадку за счет увеличении количество воды фосфорнокислотных суспензиях. В этих условиях основной состав фосфогипса сильно не отличаются друг от друга. При увеличении концентрации серной кислоты от 70 до 93% количество $P_2O_{5общ.}$ в фосфогипса уменьшается от 2,44 до 2,27%. Содержание $P_2O_{5водн.}$ и F увеличивается от 0,42 до 0,56% и от 1,15 до 1,30%, соответственно. $CaO_{общ.}$ и SO_3 в фосфогипсах колеблется от 31,13 до 30,43% и от 41,66 до 41,94%, соответственно.

Таблица 2

Влияние нормы и концентрации серной кислоты на основной состав ЭФК и фосфогипса при соотношении **ФШ:Вода=1,0:3,0**

$N_{H_2SO_4, \%}$	$C_{H_2SO_4, \%}$	Количество веществ, %										$K_{\text{разл.}, \%}$	$K_{\text{вых.}, \%}$	Скорость фильтрации, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$
		ЭФК				Фосфогипс								
		P_2O_5	CaO	SO_3	F	P_2O_5 общ.	P_2O_5 водн.	CaO общ.	SO_3	F	H_2O			
95	93	9,26	0,75	3,01	0,23	2,39	0,61	30,28	41,74	1,38	20,10	95,21	93,32	954
100		10,89	0,70	3,03	0,27	2,33	0,59	30,37	41,83	1,33	20,13	96,75	93,59	975
103		11,04	0,61	3,06	0,30	2,27	0,56	30,43	41,94	1,30	20,16	97,30	94,28	1002
105		11,15	0,59	3,10	0,31	2,25	0,49	30,60	41,97	1,28	20,21	97,92	94,39	1032
110		11,37	0,57	3,13	0,33	2,22	0,46	31,28	41,99	1,27	20,24	98,55	94,80	1074
103	70	8,85	0,76	2,90	0,21	2,44	0,42	31,13	41,66	1,15	20,40	95,15	92,24	1109
	75	9,15	0,73	2,95	0,23	2,42	0,44	30,18	41,69	1,20	20,36	95,59	92,49	1092
	80	10,28	0,69	2,97	0,25	2,37	0,46	30,27	41,73	1,22	20,33	95,90	92,99	1073
	85	10,86	0,66	3,01	0,27	2,35	0,49	30,32	41,81	1,26	20,29	96,23	93,48	1051
	90	10,95	0,64	3,03	0,29	2,32	0,53	30,37	41,88	1,28	20,24	96,85	94,07	1031
	93	11,04	0,61	3,06	0,30	2,27	0,56	30,43	41,94	1,30	20,16	97,30	94,28	1002

Заключение. Из полученных данных можно подытожить, что при использовании воды в соотношении ФШ:Вода =1,0:3,0 скорость фильтрации по сухому осадку больше чем при использовании воды в соотношении ФШ:Вода =1,0:2,5, но при этом содержание P_2O_5 в полученных ЭФК низкая. Поэтому здесь целесообразно использовать соотношение ФШ:Вода =1,0:2,5, для выделения ЭФК из клинкера. Из полученных данных также видно, что концентрация получаемых ЭФК низкая, поэтому надо увеличить концентрации ЭФК, которая является предметом нашего дальнейшего исследования.

Список литературы:

1. Аскарлов М.А., Давронбеков У.Ю., Донияров Н.А. Обогащение сложных фосфоритовых руд месторождения Джерой-Сардара и перспектива их интенсификации // Горный вестник Узбекистана. - Навои, 2001. - № 1. - С. 77-79.
2. Волынскова Н.В., Садыков Б.Б., Мирзакулов Х.Ч. Получение экстракционной фосфорной кислоты из мытого обожженного фосфатного концентрата Центральных Кызылкумов // Химия и химическая технология. Научно-технический журнал. – 2008. - №1. С. 4-7.
3. Волынскова Н.В., Садыков Б.Б., Мирзакулов Х.Ч. Изучение процесса экстракционной фосфорной кислоты из мытого обожженного концентрата Центральных Кызылкумов // Умидли кимёгарлар -2008: Научно-техническая конф. проф.-проф. состава, докторантов, аспирантов, научных сотрудников, магистрантов и студентов ТХТИ. 8-11 апреля, 2008. – Ташкент. – 2008.- Химия и химическая технология. Научно-технический журнал. – 2008. - №1. С. 39-40.
4. Волынскова Н.В., Садыков Б.Б., Мирзакулов Х.Ч. Интенсификация процесса экстракционной фосфорной кислоты из термоконцентрата Центральных Кызылкумов // Достижение и перспективы комплексной химической переработки топливно-минерального сырья Узбекистана: Сборник трудов республиканской научно-технической конференции. 7-8 октября, 2008. – Ташкент. – 2008. – С. 86-89.
5. Волынскова Н.В., Садыков Б.Б., Мирзакулов Х.Ч. Снижение негативного влияния свободного оксида кальция в термоконцентрате Центральных Кызылкумов при производстве экстракционной фосфорной кислоты // Современное технологии переработки местного сырья и продуктов: Сборник трудов республиканской научно-технической конференции. 23-24 октября, 2007. – Ташкент. – 2007. – С. 183-184.
6. Волынскова Н.В., Мирзакулов Х.Ч., Эркаев А.У. Получение экстракционной фосфорной кислоты из термоконцентрата КФК при сернокислотном разложении в присутствии сульфата аммония // Актуальные проблемы химической переработки

фосфоритов Центральных Кызылкумов: Материалы республиканской научно-технической конференции. 23 ноября, 2006. – Ташкент. – 2006. – С. 103-105.

7. Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Беглов Б.М., Волынскова Н.В., Садыков Б.С., Мирзакулов Х.Ч. Переработка нового вида фосфоконцентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов, содержащего 26% P_2O_5 , на экстракционную фосфорную кислоту, аммофос и диаммофос // Химический журнал Казахстана. – Алматы, 2014. - № 3. - С. 158-167.

8. Намазов Ш.С., Садыков Б.С., Волынскова Н.В., Сейтназаров А.Р., Исаев Р.Д., Беглов Б.М. Экстракционная фосфорная кислота из мытого обожженного фосконцентрата Центральных Кызылкумов, содержащего 26% P_2O_5 // Химическая промышленность. - Санкт-Петербург, 2014. - т. 91, №5. - С. 225-236.

9. Турсунова З.М., Султанов Б.Э., Намазов Ш.С., Эркаев А.У., Беглов Б.М. Получение экстракционной фосфорной кислоты из химически обогащенного концентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов.// Хим.пром-сть сегодня. Москва. 2003. №8. С. 36-38.

10. Дехканов З.К., Сейтназаров А.Р., Ибрагимов Г.И., Намазов Ш.С., Садыков Б.Б., Закиров Б.С. Получение экстракционной фосфорной кислоты из химически обогащенного фосфоконцентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов. // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2011. - №3- С. 51-55.

11. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. – Л.: Химия, 1983, 336 с.

12. United States Patent N3935298. Process for the preparation of Phosphoric acid//Yujiro Sugahara, Yoshibumi Noshi; Hiroyuki Naito; Akira Takahashi; Shoji Shoji. 1976, 27th January.

13. Нодиров А.А., Султонов Б.Э., Абдуллажанов О.А., Холматов Д.С. Марказий Қизилқум фосфоритларидан экстракцион фосфат кислота олишнинг клинкер усули // НамДУ илмий ахборотномаси, 7-сон, 2021, 69-75 б.

14. Б.Э.Султонов, А.А.Нодиров. Фосфоритлардан клинкер усулда экстракцион фосфат кислота олиш тўғрисида // Ўзбекистон республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги, Наманган давлат университети. Қуролли кучлар, фан, таълимда инновацион ишланмалар. Илмий мақолалар тўплами, 2020 йил. 87-89-бет.

15. Б.Э.Султонов, А.А.Нодиров, О.Абдуллажонов, Холматов Д.С. Клинкер усулда экстракцион фосфат кислота олиш тўғрисида. Урганч давлат университети. Республика илмий-техник анжумани, 2021 йил, 19-20 апрел. 2-жилд, 86-88 бет

16. Нодиров А.А., Султонов Б.Э., Холматов Д.С., Турдалиева С.Х. Влияние нормы и концентрации серной кислоты на параметров экстракционной фосфорной кислоты, полученных клинкерным способом из мытого обожженного фосфоритового концентрата // Universum, технические науки, №3(96), март, 2022 г.

17. Б.Э.Султонов, Ш.С.Намазов, А.А.Нодиров, Д.С.Холматов. Изучение процесса клинкерного способа получения экстракционной фосфорной кислоты из мытого обожженного фосфоритового концентрата // Ўзбек кимё журнали, 2022 йил махсус сони, 39-44 б.

18. Расчеты по технологии неорганических веществ / Дыбина П.В., Соловьева А.С., Вишняк Ю.Н. – М.: Химия, 1987 г., 496 с.
19. Методические инструкции выполнения испытаний экстракционной пульпы и экстракционной фосфорной кислоты. // АО «Аммофос–Максам», Алмалык, 2010, С.16-22.
20. Винник М.М., Ербанова Л.Н., Зайцев П.М. и др.// Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. – М.: Химия. 1975. - 218 с.