

ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНОГО ФОСФОРНОГО УДОБРЕНИЯ ТИПА ДВОЙНОГО СУПЕРФОСФАТА

Шамшидинов Исраилжон Тургунович

Доктор технических наук, профессор, Наманганский инженерно-строительный институт

Арисланов Акмалжон Сайиббаевич

PhD, доцент, Наманганский инженерно-технологический институт

Исомиддинов Ойбек Нажмиддин угли

Студент 2-курса, Наманганский инженерно-технологический институт

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7041769>

Аннотация. В статье установлено, что: при сернокислотной переработки фосфоритов Кызылкум технологические параметры аналогичны переработкой фосфоритов Каратау с улучшенными показателями кристаллизации и отмывки фосфогипса. Гипсовой число 1,42 вода на промывку уменьшается до 1,3-1,5 в зависимости от ж:т в экстракторе и фтор частично (до 40%) переходит в фосфогипс $K_{изв}=97,6$ и $K_{вых}=97,5\%$.

Ключевые слова: фосфорит, Кызылкум, Каратау, серная кислота, фосфорная кислота, фосфогипс, фтор, термостатированной трехгорлой колбе, электромешалка, термометр, обесфторивания ЭФК, NH_4NO_3 , аммонизации, окислительно-восстановительных процессов, степень разложения, Гипсовой число 1,42.

OBTAINING A COMPLEX PHOSPHORUS FERTILIZER SUCH AS DOUBLE SUPERPHOSPHATE

Abstract. The article found that: in the sulfuric acid processing of Kyzylkum phosphorites, the technological parameters are similar to the processing of Karatau phosphorites with improved crystallization and washing of phosphogypsum. The gypsum value of 1.42 water for washing decreases to 1.3-1.5, depending on the liquid:t in the extractor, and fluorine partially (up to 40%) passes into phosphogypsum $K_{iv}=97.6$ and $K_{out}=97.5\%$.

Keywords: phosphorite, Kyzylkum, Karatau, sulfuric acid, phosphoric acid, phosphogypsum, fluorine, thermostated three-necked flask, electric stirrer, thermometer, defluorination of EPA, NH_4NO_3 , ammonization, redox processes, degree of decomposition, Gypsum number 1.42.

ВВЕДЕНИЕ

Узбекистан в качестве фосфорных удобрений используют в основном аммофос и простой суперфосфат вместо ввозимого двойного суперфосфата из России. В процессе длительного использования аммофоса и простого суперфосфата, не содержащего растворимого кальция, почва обеднена, этим важным элементом в питании растений и в развитии живых организмов. Кальций нейтрализует кислотность в почвах, предотвращает образования глинистых минералов взаимодействием Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 и др., поступающей с минеральными удобрениями с разложившимися остатками растений, улучшает накапливанию гумуса и деятельность бактерии в почве.

Кальциевое голодание почвы приводит к постоянному снижению её плодородия, урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивность животноводства и т.д. Известно, что кальций укрепляет стебли хлопчатника и других растений, входит в состав костных тканей живых организмов и улучшением состав и структуры почвы способствует повышению

урожайности растений и улучшению качества продукции. В связи с этим, встал вопрос о применении новых видов удобрений, компенсирующих недостаток растворимого кальция в почве и других элементов питания. Кроме того в получаемых в настоящее время фосфорных и азотно-фосфорных удобрениях (аммофос, суперфосфат) содержится агрохимический агрессивный фтор (2,5-4,0%), который разрушает клетки растений нарушая окислительно-восстановительных процессов. В результате снижается урожайность. Кроме того попадает в организм животных и человека через корм, овощи, фрукты и др. вымывается и попадает в питьевую воду. Фтор в живых организмах, так же как в растений, нарушает окислительно-восстановительных процессов, вызывает болезни почек, печени, кровеносных сосудов, мозга и др.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Фосфорные удобрения, выпускаемые в настоящее время не содержат растворимых сульфатов, так сера способствует образованию (синтез) важнейших компонентов крови, как альбумин, фибрин и казеин в организме растений. Кроме того 50-70% годовой нормы аммофоса вносят осенью вспашке. При этом аммиак в составе удобрений подвергаются нитрификации, а усвояемые фосфаты претерпевают ретроградацию, т.е. переходят в неусвояемые формы фосфатов железа, алюминий и др. Так значительная часть питательных элементов теряется. В результате КПД фосфорных удобрений в первый год составляет около 25%, а второй год достигает до 40% из-за медленного растворения их в почвенных растворах при использования нитратных компонентов. А фосфаты кальция (моно- и ди) не подвергаются к ретроградацию. По этому целесообразно использовать в качестве фосфорных удобрений типа двойного суперфосфата.

В настоящее время в качестве сложных фосфорных удобрений используют аммофос около 70% себестоимости продукта составляет сырьё (фосфорит, серная кислота и аммиак). Во вторых аммофоса вносят и осенью вспашке, при весной при севе семян и в третьей подкормки хлопчатника. По агрохимическим свойствам аммофос отличается от простого и двойного суперфосфата тем, что при длительном нахождении в почве происходит водорастворимые фосфаты не цитратнорастворимые формы фосфатов кальция (особенно в Узбекистане почвы высококарбонатные), железа и алюминия. Кальциевые фосфаты усваиваются растениями а фосфаты железа не усваиваются, а алюминия неизвестно. Так происходит ретроградация усвояемых фосфатов. Аммонийные ионы закрепляется почвенным комплексом. Однако с участием бактерии нитрификаторов происходит нитрификации, а с участием бактерии денитрификаторов нитраты переходят в элементарный азот и выделяются в газовую фазу. Так происходит потеря усвояемого азота. Поэтому внесение в почву аммофоса в поздней осенью в почве нецелесообразно.

В этом отношении простой и двойной суперфосфат имеет преимущества по сравнению аммофосам. Так процесс ретроградация умеренная. Этому поддается только часть свободная фосфорная кислота, связывающаяся с железом в почве, поскольку почва карбонатная образуются моно- и дифосфаты кальция, которые не поддаются ретроградацию в почвенных условиях.

При получении двойного суперфосфата основная часть фтора, которая является в при значительном количестве в удобрении, агрохимическим (биологически) агрессивным (разрушают клеток), снижается в процессе упарки ЭФК (концентрировании) и в процессе фосфорнокислотной разложения вторичного фосфата.

При фосфорнокислотной разложении фосфоритов используется химическая энергия кислоты, что сокращается расход серной кислоты на единицы продукта. А в процессе аммонизации кислого продукта до $pH = 2,3 - 2,6$ сокращается расход аммиака на единицы дополнительного продукта на 70-75%.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведение агрохимических исследований нами обоснована аналогичную эффективность супераммофоса - К и аммофоса. Эти преимущества двойного суперфосфата перед аммофосом даёт основания развивать такого производства.

По этому с целью получения двойного суперфосфата разложения вторичного P_2O_5 фосфата Кызылкум проводили текучей концентрированной (30-37% P_2O_5), полученной по известному способу упариванием магнийсодержащей слабой ЭФК следующего состава, масс. %: $P_2O_5 = 21,06$; $CaO = 0,32$, $MgO = 1,68$; $SO_3 = 2,05$, $F = 1,37$; $R_2O_3 = 0,65$, взвеси 0,12 и др.

Действительно магнийсодержащая ЭФК при содержание MgO даже до 0,3% она загустевает при достижении концентрации до 37-38% P_2O_5 (утверждена Американскими учёными). Однако при введении вторичного фосфата она может загустевать (конечно при случайно остановки реактора). Во вторых как указано выше при введении нитрата аммония в незначительном количестве повышается растворимость фосфатов (обосновано многими учёными).

Концентрация первых водородных ионов в фосфорной кислоте после упарки составляет 0,35-0,42%, степень обесфторивания составляет 17,3-25%, т.е. в два раза меньше по сравнению со степенью обесфторивания ЭФК из фосфоритов Каратау в данных условиях. Так как Каратауская ЭФК фтора содержит в виде H_2SiF_6 и её солей, а Кызылкумская ЭФК содержит HF , что в первом случае в газовую фазу переходит HF и SiF_4 , а во втором HF , которого парциальное давление в парах меньше парциальной давления SiF_4 и меньше улетучиваемость. И так снижается нагрузка системы абсорбции фтористых газов.

В качестве вторичного фосфата для фосфорнокислотной разложении использовали фосфорит Кызылкума следующего состава (масс. %): $P_2O_5 = 25,62$; $CO_2 = 12,84$; $CaO = 48,56$; $MgO = 1,78$; $Fe_2O_3 = 0,35$; $Al_2O_3 = 0,42$; $SO_3 = 2,94$; $F = 2,78$; н.о. = 0,61 и $H_2O = 0,6$.

Процесс разложения проводили в термостатированной трехгорлой колбе с гидрозатвором, снабженной электромешалкой, термометром и обратных холодильником. После достижения температуры кислоты до $60^\circ C$ в колбу вводили фосфорит. Весовое соотношение фосфорит: ЭФК ($100\%P_2O_5$) = 100:100:150 (1:1÷1,5). Время процесса 2 часа при постоянном перемешивании.

Технологические параметры получения суперфосфатной пульпы и её химический состав приведены в таблице 1.

Ранее установлено, что основное количество фосфата разлагается из фосфоритов Каратау в течение 90-120 мин.; при увеличении длительности процесса до 180 мин при $60^\circ C$ степень разложения возрастает всего на 1-4%, несмотря на высокое содержание фосфорной кислоты в жидкой фазе пульпы. А с повышением концентрации и доли кислоты повышается степень разложения. Оптимальной концентрацией выбрано 35-37% P_2O_5 и весовое соотношение фосфорит: ЭФК ($100\%P_2O_5$) выбрано 1,5, т.е. количество кислоты 130-135% от стехиометрии.

Поэтому опыты проведены в этих оптимальных условиях. На основании работ,

Таблица 1.

Технологические параметры получения и химсостав суперфосфатной пульпы на основе фосфоритов Каратау и Кызылкума

№	Конц-я ЭФК, % P ₂ O ₅	Весовое соотношение фосфорит: ЭФК (100% P ₂ O ₅)	Ж.Т	P ₂ O ₅ общ. %	P ₂ O ₅ усв. %	P ₂ O ₅ в.р. %	N _{амм.} %	N _{общ.} %	pH	H ₂ O, %	$\frac{P_2O_{5,усв}}{P_2O_{5,общ}} * 100\%$	$\frac{P_2O_{5,ср}}{P_2O_{5,усв}} * 100\%$	K _p %
На основе фосфоритов Каратау													
1.	30,18	1:1	3,31:1	30,30	28,02	25,88	0,35	0,70	2,14	41,44	92,47	92,36	62,35
2.	30,18	1:1,5	4,97:1	30,79	29,77	27,98	0,38	0,76	2,08	44,64	96,70	94,00	76,92
3.	35,60	1:1	2,81:1	34,84	32,98	30,92	0,36	0,72	2,16	24,48	94,66	93,75	73,30
4.	35,60	1:1,5	4,21:1	35,62	34,95	33,63	0,40	0,80	2,20	26,83	98,12	96,22	86,85
5.	37,20	1:1	2,69:1	36,10	34,04	31,79	0,38	0,76	2,10	22,00	94,29	93,39	71,45
6.	37,20	1:1,5	4,03:1	36,94	36,07	34,60	0,42	0,84	2,15	24,13	97,65	94,26	83,57
На основе фосфоритов Кызылкума													
1.	30,22	1:1	3,31:1	30,85	28,63	26,66	0,34	0,68	2,15	40,86	92,81	93,12	64,05
2.	30,22	1:1,5	4,96:1	31,20	30,28	28,62	0,38	0,76	2,05	43,88	97,05	94,48	79,80
3.	35,36	1:1	2,82:1	35,13	33,45	31,37	0,40	0,80	2,12	27,70	95,49	94,78	77,45
4.	35,36	1:1,5	4,24:1	35,46	34,98	33,60	0,42	0,84	2,00	30,58	98,66	96,05	90,82
5.	37,28	1:1	2,68:1	36,53	34,87	32,56	0,44	0,88	2,08	24,27	95,29	93,54	76,45
6.	37,28	1:1,5	4,02:1	36,80	36,20	34,79	0,47	0,94	2,18	26,48	93,37	96,10	88,84

интересно было сравнить процесса проходящий с фосфоритом Кызылкум с фосфоритом Каратау. Так как в фосфоритах Кызылкум карбонаты больше, а нерастворимый остаток значительно меньше (почти отсутствует) по сравнению с фосфоритом Каратау, состава (масс %): P₂O₅ = 25,04; CaO = 39,74; MgO = 2,57; F = 2,29; CO₂ = 7,16; и.о. = 15,70 и др.

Из результатов видно, что в кислой пульпе при концентрации кислоты 30,18% P₂O₅ степень разложения (K_p) составляет 62,35% при соотношении фосфорит: ЭФК(100%P₂O₅) = 1:1. С повышением концентрации кислоты до 35,60 - 37,20% P₂O₅ K_p повышается до 71,45% соответственно. А повышение доли кислоты в 1,5 раза K_p повышается до 76,92%, 86,85% и 83,57% соответственно концентрациям кислоты.

С повышением концентрации кислоты от 35,60% P₂O₅ до 37,20% P₂O₅ K_p незначительно снижается (на 3,28%). Это объясняется повышением вязкости кислоты, которая несколько снижает диффузии.

А взаимодействия фосфорной кислоты с фосфоритом Кызылкум немного активнее, чем с фосфоритом Каратау. Так при концентрации кислоты 30,22% и весовом соотношении фосфорит:ЭФК(100% P₂O₅) =1:1 K_p составляет 64,05% (на 1,7% выше), а при концентрации кислоты 35,36%-37,28% K_p достигает до 77,45-76,45% соответственно (4,15-5,0% выше чем в фосфоритах Каратау).

В процессе сушки пульпы при температуре 105°C до влагосодержание 1,12-1,85% продолжается процесс разложения фосфата из-за наличия свободной кислоты. При этом K_p при получении продукта из фосфоритов Каратау в зависимости от концентрации кислоты (30,18 - 37,20%) составляет 74,20-81,70%, а из Кызылкума (30,22-37,28%) равны на 76,75-83,40% (табл. 2).

Степень разложения повышается с увеличением доли и концентрации кислоты. Максимальная степень достигается при стехиометрии на образования монофосфата кальция 135 % и концентрации исходной кислоты около 35% ($K_p = 97,60\%$).

Далее суперфосфатные пульпы из фосфоритов Кызылкума нейтрализовали газообразным аммиаком от $pH = 2,00-2,18$ (таблица.2) (кислой суспензии) до $pH = 2.28-3.22$ (табл.3) (в аммонизированной суспензии). Аммонизацию проводили установленной в термостатированной трехгорлой колбе при непрерывном перемешивании с помощью электромешалки. Через 2-ое горло подавали газообразный аммиак, а в 3-ое горло установлен термометр.

При этом температура пульпы повышается от $60^\circ C$ до $70-80^\circ C$ в зависимости от Ж:Т и концентрации исходной кислоты. В процессе аммонизации до pH около 2,5 происходит незначительное доразложение, что повышается K_p .

Таблица 2

Технологические параметры получения и химический состав кислотных удобрений типа двойного суперфосфата на основе фосфоритов Каратау и Кызылкума

№	Конц-я ЭФК, % P_2O_5	Весовое соотношение фосфорит ЭФК (100% P_2O_5)	P_2O_5 общ., %	P_2O_5 усв. %	P_2O_5 в.р. %	P_2O_5 св.об. %	$N_{общ.}, \%$	$N_{амм.}, \%$	$H_2O, \%$	pH	$\frac{P_2O_5_{усв.}}{P_2O_5_{общ.}} * 100\%$	$\frac{P_2O_5_{в.р.}}{P_2O_5_{усв.}} * 100\%$	$K_p, \%$
На основе фосфоритов Каратау													
1.	30,18	1:1	43,07	40,85	38,17	2,76	0,44	0,88	1,22	2,24	94,84	93,90	74,20
2.	30,18	1:1,5	44,03	43,16	40,85	6,72	0,58	1,16	1,85	2,16	98,02	94,65	86,15
3.	35,60	1:1	43,24	41,73	39,46	2,25	0,48	0,96	1,26	2,26	96,50	94,56	82,50
4.	35,60	1:1,5	44,74	44,32	42,56	6,20	0,66	1,32	1,44	2,28	99,06	96,03	93,43
5.	37,20	1:1	43,68	42,08	39,61	2,27	0,46	0,92	1,56	2,26	96,34	94,13	81,70
6.	37,20	1:1,5	45,46	44,94	43,17	6,28	0,56	1,12	1,12	2,22	98,86	96,06	92,03
На основе фосфоритов Кызылкума													
1.	30,22	1:1	44,49	41,46	39,25	2,54	0,42	0,84	1,24	2,22	95,33	94,67	76,65
2.	30,22	1:1,5	44,75	43,92	41,80	6,45	0,52	1,04	1,61	2,08	98,14	95,17	87,26
3.	35,36	1:1	44,61	43,15	41,20	2,81	0,44	0,88	1,32	2,15	96,72	95,69	83,60
4.	35,36	1:1,5	45,84	45,58	43,87	6,33	0,56	1,52	1,48	2,04	99,65	96,24	97,60
5.	37,28	1:1	44,93	43,44	40,77	2,72	0,44	0,88	1,42	2,16	96,68	95,23	83,40
6.	37,28	1:1,5	46,18	45,76	44,12	6,68	0,58	1,16	1,18	2,25	99,09	96,41	93,44

При этом увеличивается усвояемой формы, а водорастворимая уменьшается. Так моноформа взаимодействием аммиаком переходит на диформу с образованием моноаммонийфосфата. С уменьшением монокальцийфосфата в системе равновесие сдвигается в правую сторону (по-видимому, и под действием монофосфата аммония), образованием монофосфата, который тут же переходит на дифосфат.

Дальнейшее повышение pH до 2,7-3,22 ($N_{амм.}=1.7-2.5$) приводит к уменьшению усвояемой P_2O_5 в продукте за счёт ретроградации моно-и дифосфатов на трифосфаты.

Оптимальным условиям получения аммонизированного двойного суперфосфата (вернее супераммофоса, так содержание моноаммонийфосфата составляет свыше 20%), являются концентрация исходной ЭФК около 35% P_2O_5 , Ж:Т = 4,24:1, время разложения

фосфата 2 часа при температуре 60°C, аммонизация пульпы до pH около 2,5 при температуре 70-80°C. При этом $P_2O_{5\text{усв}}/P_2O_{5\text{общ}}$ составляет 97-98 % ($K_p = 84,93-88,29\%$).

Таблица 3

Технологические параметры получения и химический состав аммонизированной суперфосфатной пульпы на основе фосфоритов Кызылкума (t = 80°C)

№	Концентрация ЭФК, % P_2O_5	Весовое соотношение фосфорит ЭФК (100% P_2O_5)	P_2O_5 общ, %	P_2O_5 усв, %	P_2O_5 в.р, %	$N_{\text{общ}}, \%$	$N_{\text{общ}}, \%$	$H_2O, \%$	pH	$\frac{P_2O_{5\text{усв}}}{P_2O_{5\text{общ}}} * 100\%$	$\frac{P_2O_{5\text{в.р}}}{P_2O_{5\text{усв}}} * 100\%$	$K_p, \%$
1.	30,22	1:1	32,34	30,92	28,65	1,15	1,49	39,86	2,36	95,61	92,66	78,05
			32,48	30,70	27,84	1,28	1,62	39,72	2,52	94,52	90,68	72,60
			32,66	30,39	26,18	1,66	2,00	38,78	2,70	93,05	86,15	65,25
			32,85	29,77	24,86	1,78	2,46	37,85	2,85	90,62	83,51	53,10
			33,07	29,41	23,85	2,66	3,34	36,27	3,02	88,93	81,10	44,65
2.	30,22	1:1,5	31,71	30,94	28,81	1,47	1,85	41,64	2,40	97,60	93,15	83,56
			31,75	30,02	27,48	1,72	2,48	41,16	2,65	94,55	91,59	62,67
			31,80	28,84	24,42	2,49	3,05	40,20	2,90	90,69	84,68	36,23
3.	35,56	1:1,5	35,52	34,91	32,34	1,48	1,86	28,52	2,34	98,29	92,64	88,29
			35,48	34,70	32,07	1,70	2,46	28,03	2,52	97,80	92,42	84,29
			35,56	33,96	30,58	2,13	2,85	27,41	2,71	95,50	90,05	69,18
			35,54	32,10	28,55	2,52	3,28	26,68	3,22	90,32	88,94	33,70
4.	37,28	1:1,5	37,02	36,31	33,60	1,04	1,48	24,40	2,28	98,08	92,54	86,85
			36,91	35,90	33,05	1,81	2,55	23,92	2,49	97,26	92,06	81,23
			37,06	34,96	31,50	2,04	2,88	23,29	2,72	94,33	90,12	61,16
			37,11	33,44	29,65	2,33	3,21	22,40	3,15	90,10	88,67	32,19

Ак
Чтс
раз

Таблица 4

Изменение содержания некоторых компонентов в процессе сушки аммонизированной суперфосфатной пульпы на основе фосфоритов Кызылкума

№	Концентрация ЭФК, % P_2O_5	Весовое соотношение фосфорит ЭФК (100% P_2O_5)	P_2O_5 общ, %	P_2O_5 усв, %	P_2O_5 в.р, %	P_2O_5 своб, %	$N_{\text{общ}}, \%$	$N_{\text{общ}}, \%$	$H_2O, \%$	pH	$\frac{P_2O_{5\text{усв}}}{P_2O_{5\text{общ}}} * 100\%$	$\frac{P_2O_{5\text{в.р}}}{P_2O_{5\text{усв}}} * 100\%$	$K_p, \%$
1.	30,22	1:1	44,30	43,02	39,08	2,15	1,60	2,06	2,16	2,54	97,11	90,84	85,55
			44,42	42,74	37,83	1,86	1,76	2,22	2,24	2,68	96,25	88,52	81,25
			44,41	41,83	36,24	1,44	2,27	2,73	1,95	2,75	94,20	86,64	71,00
			44,32	40,29	33,87	1,28	2,41	3,34	2,01	2,93	90,91	80,06	54,55
			43,90	39,24	31,96	0,81	3,56	4,46	2,30	3,12	89,38	81,44	46,90
2.	30,22	1:1,5	44,40	43,70	40,17	5,26	2,06	2,60	0,94	2,52	98,42	91,92	89,18
			44,12	42,73	38,58	4,28	2,40	3,46	1,22	2,71	96,85	90,31	78,42
			43,80	40,02	33,29	2,52	3,45	4,22	1,08	2,95	91,37	83,18	40,89
3.	35,56	1:1,5	45,12	44,57	40,72	5,37	1,88	2,35	1,16	2,42	98,78	91,36	91,64
			44,70	44,01	39,92	4,44	2,15	3,12	1,32	2,58	98,46	90,70	89,45
			44,60	42,82	37,73	2,64	2,68	3,60	1,21	2,75	96,00	88,11	72,60
			44,35	40,64	34,83	1,32	3,14	4,12	1,06	3,28	91,63	85,70	42,67
4.	37,28	1:1,5	45,52	44,90	40,98	5,2	1,28	1,84	1,28	2,36	98,64	91,27	90,68
			45,10	44,19	39,94	4,98	2,26	3,18	1,15	2,56	97,98	90,38	86,16
			45,02	42,91	37,56	2,63	2,50	3,52	1,23	2,80	95,31	87,53	67,88
			44,75	40,96	35,02	1,48	2,84	3,92	1,12	3,22	91,53	85,50	41,98

Ак

ОБСУЖДЕНИЕ

При сушке продукта также незначительно повышается степень разложения фосфата. При выше указанной оптимальной условия $P_2O_{5\text{усв}}/P_2O_{5\text{общ}}$ составляет около 98,5% (рН = 2,6) (табл. 4).

Незначительно повышается рН удобрения за счёт уменьшения свободной кислоты. Свободная P_2O_5 при этом составляет 4,44% .

В продукте в зависимости от доли кислоты в смеси и рН раствора свободная кислота в продукте различные (0,81 - 5,37% $P_2O_{5\text{своб}}$).

При оптимальной условия получен продукт, содержащий в масс. %: $P_2O_{5\text{общ}}= 44,5$; $P_2O_{5\text{усв}}= 44,0$; $P_2O_{5\text{в.р.}} = 40,0$; $SO_3=4.5$; $N_{\text{амм}}=2.15$; $F_{\text{общ}}=3,12$; K_p составляет около 90%.

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлено, что: при сернокислотной переработки фосфоритов Кызылкум технологические параметры аналогичны переработкой фосфоритов Каратау с улучшенными показателями кристаллизации и отмывки фосфогипса. Гипсовой число 1,42, вода на промывку уменьшается до 1,3-1,5 в зависимости от ж:т в экстракторе и фтор частично (до 40%) переходит в фосфогипс $K_{\text{изв}}=97,6$ и $K_{\text{вых}}=97,5\%$.

При фосфорнокислотном разложении вторичного фосфата Кызылкум оптимальными условиями являются: весовое соотношение ЭФК (100 % P_2O_5) й фосфорит около 135% P_2O_5 от стехиометрия (с введением NH_4NO_3) для перевода кальция на монофосфат и концентрация ЭФК 35%, температура 60°C, время перемешивания 1,5-2,0 часа. Пульпу аммонизируют до рН 2,0-2,5 при 70-80°C и сушат при 105°C с получением NP удобрений, состава в масс % : $P_2O_{5\text{общ}}= 44,5-45,5$ %, $P_2O_{5\text{усв}} = 44-45$ %, $P_2O_{5\text{своб}}= 4,5-5$ %, $N= 2-3\%$, $H_2O = 1,5-2,0$ % и др. Экономия серной кислоты составляет 15-20 %, аммиака 60-70 %.

REFERENCES

1. Гафуров К. Обесфторивание удобрения из фосфоритов Каратау. -Ташкент: Фан, 1992.
2. Шамшидинов И.Т. Получение удобрений типа двойного суперфосфата из фосфоритов Каратау. Дисс... канд. тех.. -Ташкент, 1994.
3. Шамшидинов И.Т. . Разработка усовершенствованной технологии производства экстракционной фосфорной кислоты и получения концентрированных фосфорсодержащих удобрений из фосфоритов Каратау и Центральных Кызылкумов: Дисс. ... докт. техн. наук. – Ташкент: ИОНХ АН РУз, 2017. – 193с
4. Гафуров К., Шамшидинов. И.Т.,Арисланов А.С.Обесфторивание экстракционной фосфорной кислоты в процессе ее экстракции.«Вестник ФерПИ», Фергана, 2005 г., №1
5. Гафуров К., Арисланов А., Шамшидинов И. Снижение фтористых соединений в фосфогипсе // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2004. – № 3. – С. 63-66.
6. Гафуров К. Ресурсосбережение и повышение экологической чистоты продуктов переработки фосфоритов Каратау. Автореф. дис. ... докт. техн. наук.Ташкент, 1990.– 52с

7. Арисланов А.С., Шамшидинов И.Т., Гафуров К. Кальцийсодержащие азотно-фосфорные удобрения с растворимыми сульфатами // *Узбекский химический журнал*. – Ташкент, 2005. – № 4. – С. 9-13. (02.00.00. №6)
8. Арисланов А.С., Шамшидинов И.Т. Комбинированная технология производства серосодержащего азотно-фосфорного удобрения // *Композиционные материалы. Узбекский научно-технический и производственный журнал*. – Ташкент, 2018. – № 3. – С. 56-57. (02.00.00. №4)
9. Arislanov Akmaljon Sayubbaevich, Shamshidinov Israiljon Turgunovich, Ergashev Oybek Karimovich. Phosphoric Acid Decomposition of Phosphorite with Partial Replacement of Its Sulfuric Acid // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – 2019. – Vol. 6, – Issue 8. – pp. [10473](#)-10475. (05.00.00. №8)
10. Arislanov Akmaljon Sayubbaevich., Shamshidinov Israiljon Turgunovich., Usmanov Ikham Ikramovich. Thermodynamic justification for the production of sulfurcontaining nitrogen-phosphorus fertilizers // *Scientific and technical journal of Namangan institute of engineering and technology*. – Vol 6. – Issue (2): 2021. – P. 77-81 (05.00.00. №33)
11. Гафуров К., Шамшидинов И.Т., Арисланов А.С. Сернокислотная переработка высокомагнезиальных фосфатов и получение NPS-удобрений на их основе // *Монография*. – Наманган: Издательство «Истеъдод зиё пресс», 2020. – 136 с.
12. Гафуров К., Шамшидинов И.Т., Арисланов А.С. Сернокислотная переработка фосфоритов Каратау и сложных удобрений на их основе // *Монография*. Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. – 132 с.