

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

АЗОТНОФOSФОРНОКАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИЕ И АММОФOSФАТНЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ

Расулов Аъзамжон Авазжонович

преподаватель кафедры «Химия», Наманганский государственный университет,
160119, Узбекистан, г. Наманган, ул. Уйчи 316
E-mail: igic@rambler.ru

Режаббоев Кобилжон Абдуллаевич

мл. науч. сотр., Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
100170, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а
E-mail: igic@rambler.ru

Алимов Умарбек Кадырберенович

ст. науч. сотр., канд. техн. наук, Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
100170, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а
E-mail: Abdirasul.86@mail.ru

Сейтназаров Атаназар Рейнназарович

гл. науч. сотр., д-р техн. наук, Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
100170, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а
E-mail: igic@rambler.ru

Намазов Шафоат Саттарович

заведующий лабораторией «Фосфорных удобрений», д-р техн. наук, проф.,
Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
100170, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а
E-mail: igic@rambler.ru

NITROGEN-PHOSPHATE-CALCIUM AND AMMOPHOSPHATE FERTILIZER BASED ON PHOSPHORITES FROM CENTRAL KYZYL KUM

Azamjon Rasulov

teacher, Namangan state university
160119, Uzbekistan, Namangan, 316 Uychi str.

Kobiljon Rejabboev

junior researcher scientist, Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
100170, Uzbekistan, Tashkent, 77-a Mirzo Ulugbek str.

Umarbek Alimov

senior researcher scientist, PhD in technique Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
100170, Uzbekistan, Tashkent, 77-a Mirzo Ulugbek str.

Atanazar Seytnazarov

chief researcher scientist, Doctor of science, Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
100170, Uzbekistan, Tashkent, 77-a, Mirzo Ulugbek str.

Shafoat Namazov

*head of "Phosphate fertilizers" laboratory, Doctor of science, professor
 Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
 100170, Uzbekistan, Tashkent, 77-a, Mirzo Ulugbek str.*

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты лабораторных исследований получения двух видов удобрений на основе разложения рядовой фосфоритовой муки экстракционной фосфорной кислотой из фосфоритов Центральных Кызылкумов. Сущность разработанной технологии заключается в разложение фосфоритовой муки экстракционной фосфорной кислотой с последующей частичной аммонизацией (рН от 1,6 до 3,0) кальцийфосфатной пульпы и разделением получаемой аммофосфатной пульпы на твердую и жидкую фазы. Твердая фаза – это не что иное, как одностороннее фосфорное удобрение, а жидкая фаза после доаммонизации, грануляции и сушки – высококачественный аммофосфат. При увеличении рН аммонизированных кальцийфосфатных пульп от 1,6 до 3,0 содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$, $P_2O_{5\text{св.}}$ по лим. к-те и $P_2O_{5\text{св.}}$ по трилону Б в образцах фосфорных удобрений меняется от 24,74 до 45,26 %; от 30,40 до 44,75 %; от 33,80 до 43,07 % и от 32,49 до 42,43 % соответственно для весовых соотношений ЭФК : ФС = 100 : 5; 100 : 10; 100 : 15 и 100 : 20. Относительная усвояемая форма $P_2O_{5\text{св.}}$ по лим. к-те и по трилону Б составляет от 66,85 до 92,29 % и от 65,22 до 90,68 % соответственно. Продукты после доаммонизации жидкой фазы содержат $P_2O_{5\text{общ.}}$, $P_2O_{5\text{св.}}$ по лим. к-те, $P_2O_{5\text{св.}}$ по трилону Б и азот от 51,49 до 55,28 %; от 49,93 до 53,45 % и от 7,80 до 11,39 %. Относительная усвояемая форма $P_2O_{5\text{св.}}$ по лим. к-те и по трилону Б составляет от 95,10 до 99,59 % и от 94,06 до 98,82 % соответственно. В них сумма питательных компонентов ($P_2O_{5\text{св.}}$ + $CaO_{\text{св.}}$ + N) составляет 68,39–68,81 %. Удобрения с таким содержанием питательных веществ значительно превосходят традиционный аммофос.

Установлена степень перехода компонентов в зависимости от условия аммонизации кальцийфосфатной пульпы 1,6; 2,0; 2,5; 2,7 и 3,0 при массовых соотношениях ЭФК : ФС = 100 : 5; 100 : 10; 100 : 15 и 100 : 20.

ABSTRACT

The results of laboratory investigations of two types of fertilizers obtained on a basis of ordinary phosphorite flour decomposition by wet process phosphoric acid of Central Kyzylykum's phosphorites, have been given. Essence of an invention is consisted in decomposition phosphorite flour by wet process phosphoric acid with subsequent partial ammonization (pH from 1,6 to 3,0) of calciumphosphate slurry and separation ammophosphate slurry obtained into solid and liquid phases. The solid phase is as single phosphoric fertilizer, the liquid phase after ammonization, granulation and drying is high quality ammophosphate. When increasing pH of ammonated calciumphosphate slurry from 1,6 to 3,0 content of $P_2O_{5\text{tot.}}$, $P_2O_{5\text{acc.}}$ on citric acid and trilon B in the fertilizer samples changed from 24,74 to 45,26%; from 30,40 to 44,75 %; from 33,80 to 43,07 % and from 32,49 to 42,43 % respectively for weight ratio WPA : PF = 100 : 5; 100 : 10; 100 : 15 and 100 : 20. The relative acceptable form of $P_2O_{5\text{acc.}}$ on citric acid and trilon B contents from 66,85 to 92,29 % and from 65,22 to 90,68 % respectively. The product after ammonization process the liquid phase contents $P_2O_{5\text{tot.}}$, $P_2O_{5\text{acc.}}$ on citric acid, $P_2O_{5\text{acc.}}$ on trilon B and nitrogen from 51,49 to 55,28 %; from 49,93 to 53,45 % and from 7,80 to 11,39 %. The relative acceptable form of form of $P_2O_{5\text{acc.}}$ on citric acid and trilon B contents from 95,10 to 99,59 % and from 94,06 to 98,82 % respectively. There are the total of nutritious ($P_2O_{5\text{acc.}}$ + $CaO_{\text{acc.}}$ + N) is 68,39–68,81 % in the fertilizers. The fertilizer with such nutritious components exceeds considerably of the traditional ammophos. It has been that distributing degree of components depending on the ammonization condition of calcium phosphate slurry at pH 1,6; 2,0; 2,5; 2,7 and 3,0 when weight ratio of WPA : PRM = 100 : 5; 100 : 10; 100 : 15 and 100 : 20.

Ключевые слова: фосфоритовая мука, экстракционная фосфорная кислота, степень перехода компонентов, азотнофосфорнокальциевые и аммофосфатные удобрения.

Keywords: phosphorite flour, wet process phosphoric acid, distributing degree of components, nitrogen-phosphate-calcium and ammophosphate fertilizers.

В научно-технической литературе имеются сведения по получению азотнофосфорного удобрения – аммофосфата путем разложения различных видов фосфоритов экстракционной фосфорной кислотой (ЭФК) с последующей аммонизацией пульпы, гранулированием и сушкой продукта [1–7]. Авторами работы [6] для получения такого удобрения рекомендуется использовать частично аммонизированную ЭФК. Аммофосфат с высоким содержанием P_2O_5 получается лишь в том случае, если высококачествен-

ное фосфатное сырьё – апатитовый концентрат разлагается экстракционной фосфорной кислотой из этого же сырья.

Предлагаемый нами способ предусматривает для этой цели использовать низкокачественное фосфатное сырьё Центральных Кызылкумов, причём, с получением одновременно двух видов продукта: высококонцентрированного аммофосфата и концентрированного фосфорного удобрения с минимальным содержанием азота. Суть процесса заключается в том, что фосфорнокислотная фосфатная пульпа сначала

частично аммонизируется, затем получаемая аммофосфатная пульпа разделяется на твердую и жидкую фазы. Твердая фаза – это не что иное, как обогащенный одинарный суперфосфат, а жидкая фаза после доаммонизации, грануляции и сушки – высококачественный аммофосфат.

В лабораторных исследованиях в качестве исходного сырья использовали экстракционную фосфорную кислоту, получаемую из термоконцентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов на Алмалыкском АО «Аммофос-Максам» дигидратным способом и имеющую состав (вес. %): 19,05 P₂O₅; 0,3 CaO; 0,32 MgO; 0,56 Fe₂O₃; 1,20 Al₂O₃; 1,50 SO₃ и фосфоритовую муку Центральных Кызылкумов состава (вес. %): 17,37 P₂O₅; 47,13 CaO; 1,75 MgO; 0,76 Fe₂O₃; 1,12 Al₂O₃; 1,33 SO₃; 14,89 CO₂. Опыты проводили на лабораторной установке, состоящей из трубчатого стеклянного реактора, снабженного винтовой мешалкой, приводимой в движение мотором. Весовое соотношение ЭФК : ФС варьировали в диапазоне от 100 : 5 до 100 : 20. Температуру реакционной массы во всех опытах поддерживали на уровне 80°С. Вначале в реактор загружали ЭФК и после достижения заданной температуры при непрерывном перемешивании

дозировали навеску фосфоритовой муки. Продолжительность процесса разложения составляла 30 мин. После разложения кальцийфосфатную пульпу подвергали нейтрализации газообразным аммиаком до значений pH 1,6; 2,0; 2,5; 2,7 и 3,0. Затем аммонизированные кальцийфосфатные пульпы разделяли на жидкие и твердые фазы методом фильтрации под вакуумом на воронке Бюхнера при помощи водоструйного насоса. Оставшийся на фильтре осадок высушивали вместе с фильтровальной бумагой в сушильном шкафу при 100°С. Фильтрат доаммонизировали газообразным аммиаком до значения pH 4,8–5,5 далее аммонизированную пульпу высушивали. Высушенные образцы анализировали на содержание составляющих компонентов по известным методикам [8]. По изменению содержания компонентов рассчитывали степень их распределения по фазам.

Усвояемую форму P₂O₅ определяли по растворимости как в лимонной кислоте, так и в растворе трилона Б. Усвояемую форму CaO – только по лимонной кислоте. Азот методом отгонки по Кьельдалю. Состав новых видов удобрений приведен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.
Состав азотнофосфорнокальциевых удобрений, полученных на основе твердой фазы кальцийфосфатной пульпы

рН кальцийфосфатной пульпы	рН 10% рас-ра удобрений	Химический состав продуктов %										
		P ₂ O ₅ общ.	P ₂ O ₅ усв. в 2%-лим. к-те	P ₂ O ₅ усв. по 0,2М тр.Б	P ₂ O ₅ вод.	CaOобщ.	CaOусв.	CaOвод.	Nобщ.	$\frac{P_2O_{5\text{усв}}}{P_2O_{5\text{общ}}}$ по 2% лим. к-те, %	$\frac{P_2O_{5\text{усв}}}{P_2O_{5\text{общ}}}$ по 0,2М тр.Б, %	$\frac{P_2O_{5\text{вод}}}{P_2O_{5\text{общ}}}$, %
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 5												
1,6	2,10	24,74	20,43	19,80	19,06	22,17	18,01	14,03	2,23	82,58	80,03	77,04
2,0	2,63	36,71	31,24	30,55	27,8	12,21	10,07	6,82	3,40	85,10	83,22	75,73
2,5	3,13	41,27	36,01	35,67	29,44	10,38	8,82	4,98	5,14	87,25	86,43	71,33
2,7	3,40	43,01	38,73	38,35	29,08	9,81	8,54	4,23	5,74	90,05	89,16	67,61
3,0	3,63	45,26	41,77	41,04	29,29	9,62	8,64	3,88	5,88	92,29	90,68	64,71
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 10												
1,6	2,43	30,40	24,43	23,57	21,61	23,93	14,89	13,45	1,37	80,36	77,53	71,08
2,0	2,67	37,07	30,74	30,11	25,25	18,51	12,59	8,71	2,53	82,92	81,22	68,11
2,5	3,24	40,98	35,14	34,34	26,65	16,37	12,32	6,43	3,78	85,75	83,80	65,03
2,7	3,32	41,80	36,97	36,57	25,28	15,52	12,10	5,63	4,07	88,44	87,49	60,48
3,0	3,51	44,75	41,03	39,51	26,13	13,53	11,66	4,48	5,04	91,69	88,29	58,39
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 15												
1,6	2,41	33,80	26,71	23,21	20,39	27,54	15,96	11,61	1,31	79,02	68,67	60,32
2,0	2,54	37,56	30,56	29,79	22,02	25,12	15,37	9,71	2,26	81,36	79,31	58,63
2,5	3,17	39,89	33,14	31,94	22,52	22,56	14,26	7,84	2,57	83,08	80,07	56,45
2,7	3,27	40,14	35,09	34,24	21,41	21,42	14,08	6,91	2,90	87,42	85,30	53,34
3,0	3,53	43,07	32,63	31,72	21,80	18,52	12,46	5,59	3,94	75,76	73,65	50,61
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 20												
1,6	2,44	32,49	21,72	21,19	18,74	29,17	15,42	11,61	0,96	66,85	65,22	57,68
2,0	2,64	38,18	25,98	25,80	20,16	27,26	14,84	9,46	1,77	68,05	67,57	52,80
2,5	2,71	40,46	29,52	28,75	19,69	25,45	14,26	8,19	2,40	72,96	71,06	48,67
2,7	3,42	41,19	30,81	30,47	18,13	23,26	13,64	7,08	2,89	74,80	73,97	44,01
3,0	3,60	42,43	34,01	31,58	17,01	20,94	13,10	5,71	3,71	80,16	74,43	40,09

Из данных табл. 1 видно, что состав фосфорсодержащих удобрений из твердой фазы существенно меняется в зависимости от pH исходной частично аммонизированной кальцийфосфатной пульпы и весового соотношения ЭФК : ФС. Например, при увеличении pH аммонизированных кальцийфосфатных пульп от 1,6 до 3,0 содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$, $P_2O_{5\text{усв.}}$ по лимонной кислоте, $P_2O_{5\text{усв.}}$ по трилону Б, $P_2O_{5\text{вод.}}$, $CaO_{\text{усв.}}$ и N в образцах удобрений меняется от 24,74 до 45,26; от 30,40 до 44,75; от 33,80 до 43,07 и от 32,49 до 42,43; от 20,43 до 41,77; от 24,43 до 41,03; от 26,71 до 32,63 и от 21,72 до 34,01; от 19,80 до 41,04; от 23,57 до 39,51; от 23,21 до 31,72 и от 21,19 до 30,84; от 19,06

до 29,29; от 21,61 до 26,13; от 20,39 до 21,80 и от 18,74 до 17,01; от 18,00 до 8,64; от 14,89 до 11,66; от 15,96 до 12,46 и от 15,42 до 13,10; от 2,23 до 5,88; от 1,37 до 5,04; от 1,31 до 3,94 и от 0,96 до 3,71% соответственно для весовых соотношений ЭФК : ФС = 100 : 5; 100 : 10; 100 : 15 и 100 : 20.

Следует обратить внимание на то, что в продуктах, полученных из твердой фазы во всех соотношениях ЭФК : ФС имеется большое количество усвояемой формы CaO (до 89,81 %). Кальций является питательным элементом для растений. Поэтому получаемые таким способом продукты мы назвали азотно-фосфорнокальциевыми удобрениями (NPCa).

Таблица 2.

Состав образцов аммофосфата, полученных на основе жидкой фазы кальцийфосфатной пульпы

pH кальцийфосфатной пульпы	pH 10% раствора удобрений	Химический состав продуктов, масс. %										
		$P_2O_{5\text{общ.}}$	$P_2O_{5\text{усв.}}$ в 2%-лим. к-те	$P_2O_{5\text{усв.}}$ по 0,2М тр.Б	$P_2O_{5\text{вод.}}$	$CaO_{\text{общ.}}$	$CaO_{\text{усв.}}$	$CaO_{\text{вод.}}$	N _{общ.}	$\frac{P_2O_{5\text{усв.}}}{P_2O_{5\text{общ.}}}$ по 2% лим. к-те, %	$\frac{P_2O_{5\text{усв.}}}{P_2O_{5\text{общ.}}}$ по 0,2М тр.Б, %	$\frac{P_2O_{5\text{вод.}}}{P_2O_{5\text{общ.}}}$ %
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 5												
1,6	5,10	51,49	51,28	50,88	41,02	3,73	3,57	1,62	7,80	99,59	98,82	79,66
2,0	5,09	52,20	51,68	51,20	43,72	2,87	2,66	0,95	8,71	99,00	98,08	83,75
2,5	5,56	52,65	51,92	51,46	45,37	2,81	2,53	0,85	9,77	98,61	97,74	86,17
2,7	5,32	53,10	51,95	51,53	47,44	2,75	2,42	0,78	10,84	97,83	97,04	89,34
3,0	5,16	52,24	50,70	50,58	47,91	2,64	2,30	0,72	11,39	97,05	96,82	91,71
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 10												
1,6	4,89	53,62	52,93	52,36	40,95	6,61	5,77	1,73	9,84	98,71	97,65	76,37
2,0	4,95	54,46	53,45	52,88	44,46	5,77	4,94	1,43	10,17	98,14	97,10	81,64
2,5	5,29	54,75	53,37	53,04	46,98	5,15	4,32	1,23	10,70	97,48	96,88	85,81
2,7	5,10	53,87	52,26	51,83	46,63	5,02	4,12	1,16	10,79	97,01	96,21	86,56
3,0	5,34	53,61	51,92	51,49	46,81	4,12	3,34	0,92	11,20	96,85	96,04	87,31
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 15												
1,6	4,76	53,51	52,49	51,86	40,30	7,21	6,42	1,62	9,28	98,09	96,92	75,31
2,0	4,88	53,87	52,57	51,87	42,04	6,25	5,45	1,23	9,55	97,58	96,29	78,04
2,5	5,09	54,02	52,31	51,72	44,98	5,04	4,28	0,95	10,04	96,83	95,74	83,26
2,7	5,14	55,28	53,24	52,72	46,54	4,94	3,99	0,86	10,21	96,31	95,37	84,19
3,0	5,21	53,48	51,37	50,88	45,94	4,57	3,45	0,75	10,67	96,05	95,14	85,90
Массовое соотношение ЭФК : ФС = 100 : 20												
1,6	5,16	51,86	50,56	49,88	36,83	9,07	7,52	1,48	8,57	97,49	96,18	71,02
2,0	4,90	53,08	51,35	50,90	39,29	8,40	6,73	1,22	9,03	96,74	95,89	74,02
2,5	5,24	53,47	51,34	50,92	42,87	8,03	6,20	1,0	9,14	96,02	95,23	80,17
2,7	5,18	53,96	51,74	51,16	44,45	7,95	5,74	0,80	10,31	95,89	94,81	82,38
3,0	5,31	52,50	49,93	49,38	44,47	6,15	4,24	0,51	10,98	95,10	94,06	84,70

При изучаемых весовых соотношениях ЭФК : ФС и значениях pH пульпы после доаммонизации жидкой фазы в продуктах содержание питательных компонентов увеличивается (вес. %): $P_2O_{5\text{общ.}}$ от 51,49 до 55,28; $P_2O_{5\text{усв.}}$ по лимонной кислоте от 49,93

до 53,45; $P_2O_{5\text{усв.}}$ по трилону Б от 49,38 до 53,04; $P_2O_{5\text{вод.}}$ от 36,83 до 47,91; $CaO_{\text{общ.}}$ от 2,64 до 9,07; $CaO_{\text{усв.}}$ от 2,30 до 7,52; $CaO_{\text{вод.}}$ от 0,72 до 1,73; N от 7,80 до 11,39. Относительные содержания $P_2O_{5\text{усв.}}$ по лимонной кислоте, $P_2O_{5\text{усв.}}$ по трилону Б, $P_2O_{5\text{вод.}}$,

CaO_{усв.} и CaO_{вод.} в образцах аммофосфата в зависимости от условий их получения колеблется соответственно в пределах 95,10–99,59; 94,06–98,82; 71,02–91,71; 68,94–95,71; 8,29–43,43%. При одном и том же значении pH кальцийфосфатной пульпы с увеличением массовой доли фосфатного сырья к исходной ЭФК, т.е. с уменьшением соотношения ЭФК : ФС, относительное содержание усвояемой и водной формы фосфора и кальция снижается. Это обстоятельство объясняется тем, что по мере увеличения количества фосфорита в ЭФК и степени аммонизации фосфорной кислоты водные формы фосфатов кальция переходят от усвояемой формы в неусвояемые формы фосфатных соединений.

Практика сельского хозяйства показывает, что наиболее ценными фосфорсодержащими удобрениями являются те, в которых P₂O_{5 вод.} : P₂O_{5 общ.} составляет около 50 и более процентов. С этой точки зрения оптимальными параметрами мы считаем следующее: соотношение ЭФК : ФС = 100 : (10–20) и pH пульпы 2,5, при которых получается азотнофосфорнокальциевые удобрения состава (вес. %): P₂O_{5 общ.} 40,46–40,98 %; P₂O_{5 усв.} по лимонной кислоте 29,52–35,14 %; P₂O_{5 усв.} по трилону Б 28,75–34,34 %; P₂O_{5 вод.} 19,69–26,65 %; CaO_{общ.} 16,37–25,45 %; CaO_{усв.} 12,32–14,26 %; CaO_{вод.} 6,43–8,19 %; N 2,40–3,78 %; P₂O_{5 усв.} по лимонной кислоте : P₂O_{5 общ.} = 72,96–85,75 %; P₂O_{5 усв.} по трилону Б : P₂O_{5 общ.} = 71,06–83,80 %; P₂O_{5 вод.} : P₂O_{5 общ.} = 48,67–65,03 %; CaO_{усв.} : CaO_{общ.} = 56,03–75,26 %; CaO_{вод.} : CaO_{общ.} = 32,18–39,28 %.

При вышеприведенных оптимальных соотношениях ЭФК : ФС из жидкой фазы кальцийфосфатной пульпы получили образцы аммофосфата, состава (вес. %): P₂O_{5 общ.} 53,47–54,75 %; P₂O_{5 усв.} по лимонной кислоте 51,34–53,37 %; P₂O_{5 усв.} по трилону Б 50,92–53,04 %; P₂O_{5 вод.} 42,87–46,98 %; CaO_{общ.} 5,15–8,03 %; CaO_{усв.} 4,32–6,20 %; CaO_{вод.} 1,0–1,23 %; N 9,14–10,70 %; P₂O_{5 усв.} по лимонной кислоте : P₂O_{5 общ.} = 96,02–97,48 %; P₂O_{5 усв.} по трилону Б : P₂O_{5 общ.} = 95,23–96,88 %; P₂O_{5 вод.} : P₂O_{5 общ.} = 80,17–85,81 %; CaO_{усв.} : CaO_{общ.} = 77,21–83,88 %. В них сумма пита-

тельных компонентов (P₂O_{5 усв.} + CaO_{усв.} + N) составляет 68,39–68,81 %. Удобрения с таким содержанием питательных веществ превосходят традиционный аммофос.

В табл. 3 приведены степени распределения компонентов в процессе получения двух видов удобрений. Из данных табл. 3 видно, что с увеличением pH аммонизированных кальцийфосфатных пульп значительно возрастает степень перехода в твердую фазу P₂O₅, CaO, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃, а SO₃, наоборот снижается. Такая закономерность наблюдается для всех соотношений ЭФК : ФС. Это объясняется тем, что по мере увеличения pH кислоты наблюдается появление водонерастворимых соединений дикальцийфосфата, недоразложенного фторкарбонатапатита и комплексных солей, выпадающих в твердую фазу при аммонизации экстракционной фосфорной кислоты. При pH кислоты меньше 2 основной кристаллической составляющей осадка является соединение NH₄(Fe,Al)₃H₈(PO₄)₆ · 6H₂O. Присутствует также соединение NH₄(Fe,Al)₃ · H₁₄(PO₄)₈ · 4H₂O. При pH больше 2 в твердой фазе появляется (NH₄)₂(Fe,Al) · Mg (HPO₄)₂ F₃ [9–11]. Свободная серная кислота в исходной ЭФК в процессе разложения фосфатного сырья сначала переводится в CaSO₄ · 2H₂O, затем в процессе аммонизации в присутствии аммиака превращается в растворимый сульфат аммония. Чем больше массовой доли фоссырья к ЭФК, тем больше степень осаждения компонентов.

Анализируя данные табл. 3, можно прийти к выводу о том, что наиболее оптимальным значением pH аммонизированный кальцийфосфатной пульпы является 2,5. При весовом соотношении ЭФК : ФС = 100 : (5–20) и нейтрализации кальцийфосфатной пульпы до указанного значения pH в жидкую фазу переходит от 40,70 до 60,16 % P₂O₅; от 14,08 до 24,26 % CaO; от 50,71 до 88,54 % MgO; от 9,81 до 16,36 % Fe₂O₃; от 13,37 до 28,75 % Al₂O₃; от 17,45 до 34,41 % SO₃; остальная часть компонентов остается в твердой фазе.

Таблица 3.

Степень распределения компонентов

Массовое соотношение ЭФК:ФС	pH частично аммонизированной пульпы	Вид продуктов	Степень распределения, %					
			P ₂ O ₅	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃
100 : 5	1,6	NPCa удобрения на основе т/ф	7,52	50,12	2,26	18,46	3,43	71,61
	2,0		28,70	70,89	6,34	54,51	39,04	69,03
	2,5		39,84	75,74	11,46	83,64	71,25	65,59
	2,7		46,50	79,28	13,93	88,03	80,14	63,87
	3,0		51,57	81,75	18,85	94,54	91,19	60,34
	1,6	Аммофосфат из ж/ф	92,48	49,88	97,74	81,54	96,57	28,39
	2,0		71,30	29,11	93,66	45,49	60,96	30,97
	2,5		60,16	24,26	88,54	16,36	28,75	34,41
	2,7		53,50	20,72	86,07	11,97	19,86	36,13
	3,0		48,43	18,25	81,15	5,46	8,81	39,66

100 : 10	1,6	NPCa удобрения на основе т/ф	17,84	58,10	8,44	32,81	24,01	80,86
	2,0		34,63	71,41	13,81	60,16	53,18	78,53
	2,5		48,48	79,99	19,62	86,11	79,75	72,84
	2,7		53,02	81,81	22,94	91,12	88,02	70,99
	3,0		69,20	89,84	28,01	96,18	92,26	68,52
	1,6	Аммофосфат из ж/ф	82,16	41,90	91,56	67,19	75,99	19,14
	2,0		65,37	28,59	86,19	39,84	46,82	21,47
	2,5		51,52	20,01	80,38	13,89	20,25	27,16
	2,7		46,98	18,19	77,06	8,88	11,98	29,01
	3,0		30,80	10,16	71,99	3,82	7,74	31,48
100 : 15	1,6	NPCa удобрения на основе т/ф	30,57	72,69	14,83	44,76	39,91	85,80
	2,0		41,59	80,41	20,39	66,87	61,83	82,35
	2,5		52,72	87,11	28,04	87,83	83,26	77,06
	2,7		56,86	88,73	31,54	92,50	90,17	75,29
	3,0		73,92	93,45	36,89	97,03	93,41	72,19
	1,6	Аммофосфат из ж/ф	69,43	27,31	85,17	55,24	60,09	14,20
	2,0		58,41	19,59	79,61	33,13	38,17	17,65
	2,5		47,28	12,89	71,96	12,17	16,74	22,94
	2,7		43,14	11,27	68,46	7,50	9,83	24,71
	3,0		26,08	6,55	63,11	2,97	6,59	27,81
100 : 20	1,6	NPCa удобрения на основе т/ф	35,63	73,97	25,02	51,53	46,42	90,34
	2,0		49,38	81,49	31,82	70,98	64,06	86,93
	2,5		59,30	85,92	40,29	90,19	86,63	82,55
	2,7		68,31	89,21	43,47	94,36	91,58	80,11
	3,0		81,09	94,87	49,25	98,48	96,59	78,98
	1,6	Аммофосфат из ж/ф	64,37	26,03	74,98	48,47	53,58	9,66
	2,0		50,62	18,51	68,18	29,02	35,94	13,07
	2,5		40,70	14,08	50,71	9,81	13,37	17,45
	2,7		31,69	10,79	56,53	5,64	8,42	19,89
	3,0		18,91	5,13	50,75	1,52	3,41	21,02

Таким образом, на основе результатов проведенных лабораторных исследований можно сделать вывод о том, что путем разложения рядовой фосфоритовой муки экстракционной фосфорной кислотой из мытого обожженного фосфоконцентрата Центральных Кызылкумов при весовых соотношениях ЭФК : ФС = 100 : (5–20) с последующей аммонизацией кальцийфосфатной пульпы аммиаком до pH 2,5, разделением пульпы на жидкую и твердую фазы, доаммонизацией фильтрата, сушкой, грануляцией аммонизированной аммонийнокальцийфосфатной пульпы

и твердой фазы возможно получить два вида продукта. Первый – это высококонцентрированный аммофосфат, второй – концентрированные NPCa удобрения с минимальным содержанием азота. Аммофосфат благодаря высокому содержанию суммы питательных компонентов относятся к экспорториентированным продуктам. Второй вид удобрения можно успешно применять под сельскохозяйственные культуры перед вспашкой, тогда эффективность фосфора будет выше по сравнению с внесением фосфорных удобрений перед посевом.

Список литературы:

1. А.с. 1017697 СССР. МКИ С05В 19/00. Способ получения аммофосфата / А.А. Суетинов, В.А. Хамидов, В.И. Левин, А.П. Егоров, В.А. Раков, О.В. Габескирия – Б.И. – 1988. – № 20.
2. А.с. 1583402 СССР. МКИ С05В 11/04. Способ получения аммофосфата / И.М. Астрелин, В.Г. Богачев, Ю.А. Омельченко, М.М. Мирходжаев. – Б.И. – 1990. – № 29.
3. Ирецкая С.М., Ярош Е.Б., Позин М.Е. Аммофосфаты из карбонат содержащих фосфоритов Каратау // Журн. прикл. химии. – 1991. – № 11. – С. 2225–2228.
4. Новиков А.А., Суетинов А.А., Микаев Б.Т., Стародубцев В.С. Производство нового фосфорсодержащего удобрения – аммофосфата // Тр. НИУИФА. – 1984. – вып. 245. – С. 93–100.
5. Суетинов А.А., Новиков А.А., Стародубцев В.С., Габескирия О.В., Левин В.И., Сыратятников А.Л., Кувшинникова О.И. Разработка и исследование технологии нового фосфорсодержащего удобрения – аммофосфата // Хим. пром. – 1994. – С. 22–24.
6. Сейтназаров А.Р. Химическая и механохимическая активация фосфоритов Центральных Кызылкумов: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. – Ташкент, 2005. – 23 с.

7. Саттаров Т.А. Разработка технологии получения аммофосфатных удобрений на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 2008. – 25 с.
8. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов // М.М. Винник, Л.Н. Ербанова, П.М. Зайцев, Л.А. Ионова и др. – М.: Химия, 1975.
9. Кононов А.В., Трутнева Н.В., Ленева З.Л., Евдокимова Л.М. Количество и состав твердой фазы, образующейся при аммонизации экстракционной фосфорной кислоты из рядовых руд бассейна Каратау в интервале изменения pH 1,3-2,5 // Химическая промышленность. 1983. № 7. С. 417–419.
10. Лапина Л.М., Гришина И.А., Усачева Н.И., Портнова Н.Л. О характере соединений, образующихся при нейтрализации аммиаком фосфорной кислоты, содержащей алюминий и железо // – Ж. прикл. химии. 1972. т. 45. № 1. С. 6–11.
11. Бруцкус Е.Б., Лицова А.И., Портнова Н.Л. Состав осадков, образующихся при аммонизации фосфорной кислоты, содержащей железо и алюминий // Тр. НИИ по удобрениям и инсектофунгицидам. – М. 1973. Вып. 221. С. 35–45.

Reference:

1. Author's certificate 1017697 USSR. MKI SO5V 19/00. Ammophosphate obtaining way / A.A. Suetinov, V.A. Hamidov, V.I. Levin, A.P. Egorov, V.A. Rakov, O.V. Gabeskeriya – B.I. – 1988. – № 20.
2. Author's certificate 1583402 USSR. MKI SO5V 11/04. Ammophosphate obtaining way / I.M. Astrelin, V.G. Bogachev, Yu.A. Omelchenko, M.M. Mirkhodjaev. – B.I. – 1990. – № 29.
3. Iretskaya S.M., Yarosh E.B., Pozin M.E. Ammophosphate from calcareous phosphorite of Karatau // Journal of applied chemistry. – 1991. – № 11. P. 2225–2228.
4. Novikov A.A., Suetinov A.A., Mikaev B.T., Starodubtsev V.S. Production of novel phosphorus containing fertilizer – ammophosphate // SSIFF proceedings – 1984. – issue 245. – P. 93–100.
5. Suetinov A.A. Novikov A.A., Starodubtsev V.S., Gabeskeriya O.V., Levin V.I., Siratyatnikov A.L., Kuvshinnikov O.I. Development and investigation of novel phosphorus containing fertilizer – ammophosphate // Chemical Industry – 1994. P. 22–24.
6. Seytnazarov A.R. Chemical and mechanic-chemical activation of Central Kyzyl Kum phosphorite: PhD thesis in techniques. – Tashkent, 2005. – 23 p.
7. Sattarov T.A. Development of ammophosphate fertilizer technology based on Central Kyzyl Kum phosphorite: PhD thesis in techniques.-Tashkent, 2008. – 25 p.
8. Method of analysis of phosphate raw, phosphoric and complex fertilizer, feed phosphate / M.M. Vinnik, L.N. Erbanova, P.M. Zaytsev. – М.: Chemistry, 1975, 218 p.
9. Kononov A.V., Trutneva N.V., Leneva Z.L., Evdokimova L.M. Amount and composition of solid phase forming when ammonization of wet processing phosphoric acid from Karatau phosphorite in a range pH 1.3-2.5 // Chemical Industry. 1983. № 7. P. 417–419.
10. Lapina L.M., Grishina I.A., Usacheva N.I., Portnova N.L. On character of compound forming at neutralization of phosphoric acid by ammonia containing aluminum and ferrum // Journal of applied chemistry. 1972. V. 45. № 1. P. 6–11.
11. Bruskus E.B., Litsova A.I., Portnova N.L. Composition of sediments forming at neutralization of phosphoric acid by ammonia containing aluminum and ferrum // SSI on Fertilizer and insectofungicide. – М. 1973. Issue 221. P. 35–45.