

А. У. Насридинов; Б. Б. Садиков
(АО «Ammofos-Maxam»);

Х. Ч. Мирзакулов
(Ташкентский химико-технологический институт, Узбекистан)

КОРМОВОЙ ФОСФАТ КАЛЬЦИЙ-АММОНИЯ НА ОСНОВЕ РАСТВОРА МОНОАММОНИЙФОСФАТА, ИЗВЕСТНЯКА И ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

В связи с переходом на интенсивное развитие животноводства, птицеводства и рыбоводства во всем мире, в частности в Республики Узбекистан, увеличивается потребность к кормовым, минеральным добавкам, содержащие в одном продукте в водорастворимой форме ценные питательные компоненты, такие как азот, фосфор, кальций и др. В последнее время разработаны способы получения минеральных добавок, кормовой и более высокой квалификации натриевых, кальциевых и аммонийных солей фосфорной кислоты с использованием экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), полученной из фосфоритов Центральных Кызылкумов (ЦК) [1, 2].

Целью получения кормового фосфата кальций-аммония (ФКА) с высоким содержанием водорастворимой формы P_2O_5 в конечном продукте процесс разложения известняка растворами МАФ проводили в присутствии упаренной ЭФК [3, 4]. Присутствие упаренной ЭФК позволяет уменьшению рН пульпы, увеличивает содержание водорастворимой формы P_2O_5 в продукте путем препятствия образования ДКФ и комплексных солей фосфатов алюминия, железа и других катионов и анионов.

При исследовании изучали влияние количества добавляемых ЭФК и рН пульпы на водорастворимые кормовые, минеральные добавки ФКА. Также изучено влияние при различных массовых соотношениях МАФ:известняк: H_3PO_4 и рН на основе раствора МАФ (P_2O_5 – 45%), известняка и обесфторенной, обессульфаченной, упаренной ЭФК из фосфоритов ЦК на химический состав и свойства кормового ФКА. Эксперименты проводили следующим образом: известняк вносили при 70 °С в реактор с навеской раствора МАФ и упаренной ЭФК. Число оборотов мешалки – 750 в минуту.

Продолжительность процесса разложения 30-45 минут. Варьировались два параметра: массовое соотношение МАФ : известняк : H_3PO_4 (в г.) с 100 : 15,8 : 29 до 100 : 31,6 : 84 и рН пульпы ФКА.

Результаты исследования приведены в таблице 1. Из неё видно, что во всех случаях получаются высококачественные кормовые добавки ФКА с высоким содержанием общего, усвояемого и водорастворимого P_2O_5 . Содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$ в них находится в диапазоне 56,42-56,71%; $P_2O_{5\text{усв.}}$ 54,89-55,46%; $P_2O_{5\text{водн.}}$ 48,53-51,14%; азота 4,51-6,86%; оксида кальция 9,87-15,05%, фтора 0,100-0,120% при массовом соотношении МАФ : известняк : H_3PO_4 с 100 : 15,8 : 42 до 100 : 15,8 : 84 и пульпы рН 3,0. Содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$ в них находится в диапазоне 55,85-56,12%; $P_2O_{5\text{усв.}}$ 54,32-54,88%; $P_2O_{5\text{водн.}}$ 46,65-47,85%; азота 4,81-6,62%; оксида кальция 9,91-15,54%, фтора 0,093-0,110% при массовом соотношении МАФ : известняк : H_3PO_4 с 100 : 15,8 : 35 до 100 : 15,8 : 71 и пульпы рН 3,5

Таблица 1 – Влияние массового соотношения МАФ:известняка: H_3PO_4 и рН пульпы на химический состав кормовой, минеральной добавки ФКА

№	Массовое соотношение МАФ:CaCO ₃ :H ₃ PO ₄ (в г.)	рН	Химический состав, масс. %						$P_2O_{5\text{водн.}}$
			$P_2O_{5\text{общ.}}$	$P_2O_{5\text{усв.}}$	$P_2O_{5\text{водн.}}$	N	CaO	F	$P_2O_{5\text{общ.}}$ x100%
1	100 : 15,8 : 42	3,0	56,71	55,46	51,14	6,38	9,87	0,100	90,18
2	100 : 22,1 : 56		56,59	55,29	50,31	5,63	11,94	0,109	88,91
3	100 : 28,5 : 70		56,48	55,07	49,41	4,88	14,01	0,117	87,49
4	100 : 31,6 : 84		56,42	54,89	48,53	4,51	15,05	0,120	86,02
5	100 : 15,8 : 35	3,5	56,12	54,88	47,85	6,62	9,91	0,093	85,26
6	100 : 22,1 : 47		56,01	54,67	47,41	5,90	12,18	0,101	84,65
7	100 : 28,5 : 59		55,91	54,40	47,02	5,17	14,42	0,106	84,11
8	100 : 31,6 : 71		55,85	54,32	46,65	4,81	15,54	0,110	83,52
9	100 : 15,8 : 29	4,0	55,52	54,24	45,95	6,86	9,95	0,086	82,77
10	100 : 22,1 : 39		55,43	54,05	45,39	5,81	12,38	0,092	81,89
11	100 : 28,5 : 49		55,35	53,91	44,81	5,46	14,81	0,098	80,95
12	100 : 31,6 : 58		55,30	53,80	44,24	5,11	16,02	0,100	80,04

Содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$ в них находится в диапазоне 55,30-55,52%; $P_2O_{5\text{усв.}}$ 53,80-54,24%; $P_2O_{5\text{водн.}}$ 44,24-45,95%; азота 5,11-6,86%; оксида кальция 9,95-16,02%, фтора 0,086-0,100% при массовом соотношении МАФ : известняк : H_3PO_4 с 100 : 15,8 : 29 до 100 : 15,8 : 58 и пульпы рН 4,0. Содержание примесных компонентов – MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃, SO₄ изменяется незначительно.

Исходя из результатов анализа, представленных в таблице 1, рассчитан солевой состав кормовой добавки ФКА (таблица 2). Результаты проведенных расчетов показывают, что с повышением рН пульпы при получении кормового ФКА содержание МАФ увеличивается, а содержание МКФ уменьшается. Это объясняется тем, что при повышении рН пульпы ЭФК реагирует с аммиаком

образуя МАФ, тем самым увеличивая массовое содержание в конечном продукте и естественно приводит к уменьшению содержания МКФ.

Таблица 2 – Солевой и химический состав кормового ФКА в зависимости от степени нейтрализации (рН) суспензии (МАФ:известняк:Н₃Р_О₄)

Соли	Содержание масс. %	В том числе по компонентам, масс. %							
		P ₂ O ₅ общ.	N	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O
рН = 3									
ФКА		56,42	4,51	15,05	1,37	0,74	0,44	0,30	0,1
NH ₄ H ₂ PO ₄	36,43	22,40	4,04						
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	43,45	25,07		15,05					
CaHPO ₄	8,86	4,61							
MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O	6,85	2,43	0,47		1,37				
AlPO ₄ ·2H ₂ O	2,29	1,03				0,74			
FePO ₄ ·2H ₂ O	1,03	0,39					0,44		
CaSO ₄ ·H ₂ O	0,65							0,30	
NaH ₂ PO ₄	0,83	0,49							0,1
рН = 3,5									
ФКА		55,85	4,81	15,54	1,64	0,69	0,40	0,27	0,09
NH ₄ H ₂ PO ₄	38,32	23,56	4,25						
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	36,62	21,13		15,54					
CaHPO ₄	12,47	6,49							
MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O	8,20	2,91	0,56		1,64				
AlPO ₄ ·2H ₂ O	2,13	0,96				0,69			
FePO ₄ ·2H ₂ O	0,94	0,36					0,40		
CaSO ₄ ·H ₂ O	0,58							0,27	
NaH ₂ PO ₄	0,74	0,44							0,09
рН = 4,0									
ФКА		55,30	5,11	16,02	1,92	0,65	0,37	0,24	0,09
NH ₄ H ₂ PO ₄	40,79	24,93	4,46						
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	31,95	18,38		16,02					
CaHPO ₄	13,38	6,91							
MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O	9,70	3,41	0,65		1,92				
AlPO ₄ ·2H ₂ O	2,06	0,90				0,65			
FePO ₄ ·2H ₂ O	0,87	0,33					0,37		
CaSO ₄ ·H ₂ O	0,51							0,24	
NaH ₂ PO ₄	0,74	0,44							0,09

В продуктах, полученных в пределах рН от 3,0 до 4,0, солевое содержание МАФ находится в диапазоне 36,43-40,79%; МКФ 31,95-43,45%; ДКФ 8,86–13,30%; шестиводного магнийаммонийфосфата (MgNH₄PO₄·6H₂O) 6,85–9,70%; фосфатов алюминия 2,29–2,06%; фосфатов железа 1,03–0,87%; ангидрида сульфата кальция 0,51–0,65% и диаммонийфосфата 0,74–0,83%. Повышение рН с 3,0 до 4,0 также

приводит к значительному повышению содержания ДКФ, шестиводного ФКА и уменьшению фосфатов алюминия, железа, аммония (диаμμонийфосфата) и ангидрида сульфата кальция.

Таким образом, по результатам исследований установлены солевые составы компонентов в кормовом ФКА, полученные в пределах рН 3,0-4,0, которые в основном представляют собой водорастворимые соли фосфатов и полностью соответствуют предъявляемым требованиям ГОСТа к кормовым фосфатам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзакулов Х.Ч., Арифджанова К.С., Меликулова Г.Э., Хужамбердиев Ш.М. Физико-химические основы и технологии ортофосфатов натрия и натрия-аммонийгидрофосфата на основе экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов. Ташкент, издательство «Ziyo nashr-matbaa», 2023. 243 с. ISBN 978-9910-733-10-9

2. Мирзакулов Х.Ч., Волынскова Н.В., Садиков Б.Б., Меликулова Г.Э. Теоретические основы и технология кормовых фосфатов аммония, кальция и калия на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов. Ташкент, издательство «Fan va ta'lim», 2023. 304 с. ISBN 978-9943-9073-0-0

3. Ходжамкулов С.З. Разработка технологии обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты из термоконцентрата Центральных Кызылкумов с получением фторидов натрия и кальция. Дисс..... к.т.н. Ташкент. ИОНХ АН РУз. 2009. - С. 135.

4. Mirzakulov Kh.Ch., Melikulova G.E., Nasriddinov A.U. Research of the process of obtaining fodder calcium-ammonium phosphates // Издательство: «Springer Nature». Книжная серия: «Studies in Systems, Decision and Control». ISSN: 2198-4182, 2198-4190. Scopus: <https://www.scopus.com/sourceid/21100828949>. Scimago: <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100828949&tip=sid&clean=0>. Индексирование: Q4 Scopus, WoS.