DOI - 10.32743/UniTech.2022.103.10.14369

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО КОРМОВОГО МОНОКАЛЬЦИЙФОСФАТА НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Хошимов Илхомжон Эркин угли
стажер-исследователь,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: emmim1991@mail.ru

Алимов Умарбек Кадырбергенович
д-р техн. наук,
ст. науч. сотр., вед. науч. сотр. лабораторией,
Лаборатория фосфорных удобрений,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Намазов Шафоат Саттарович
д-р техн. наук, проф., акад., зав. лабораторией,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: diana-ye@yandex.com

Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
д-р техн. наук, гл. науч. сотр.,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

GRANULATED FEED MONOCALCIUM PHOSPHATE DEVELOPMENT TECHNOLOGY BASED ON LIME AND THERMAL PHOSPHORIC ACID

Ilhomjon Xoshimov
Trainee researcher
Institute of General and Inorganic Chemistry
of Uzbek Academy Science,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Umarbek Alimov
DSc., professor,
phosphate fertilizers laboratory, Institute
of General and Inorganic Chemistry
of Uzbek Academy Science,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Shafoat Namazov
Head of laboratory,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of Uzbek Academy Science,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Atanazar Seytnazarov
Main scientific researcher,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of Uzbek Academy Science,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО КОРМОВОГО МОНОКАЛЬЦИЙФОСФАТА НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Хошимов И.Э. [и др.]. 2022. 10(103). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14369*

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты исследования по получению кормового монокальцийфосфата в гранулированном виде путем разложения известняка термической фосфорной кислотой (60% P_2O_5) при ее нормах 90, 95 и 100% на образование монокальцийфосфата. Процесс проводился при температуре 80 °С, продолжительности 5 минут и кратности ретура по отношению к готовому продукту 30%.

Оптимальным условием получения гранулированного кормового монокальцийфосфата является норма фосфорной кислоты 95%, при этом получен продукт состава (масс. %): $P_2O_{5усв.}$ – 56,43; $P_2O_{5водн.}$ – 55,45; $CaO_{общ.}$ – 21,61; $CaO_{усв.}$ – 21,50; $CaO_{вод.}$ – 20,92; F отсутствует, прочность гранул – 1,68 МПа. По составу и свойствам полученный кормовой монокальцийфосфат отвечает требованиям ГОСТ 23999-80 (1-й сорт). Рассчитан материальный баланс процесса получения 1 тонны гранулированного монокальцийфосфата.

ABSTRACT

The article presents the results of a study on the production of food monocalcium phosphate in granular form by the decomposition of thermal phosphoric acid limestone (60% P_2O_5) at its rates of 90, 95 and 100% for the formation of monocalcium phosphate. The process takes place at a temperature of 80 °C, a duration of 5 minutes and a reture rate for the detection of the finished product – 30%.

The optimal condition for obtaining granulated feed monocalcium phosphate is the rate of phosphoric acid – 95%, while the product of the composition (mass %) is obtained: $P_2O_{5dig.}$ – 56.43; $P_2O_{5water.}$ – 55.45; $CaO_{tot.}$ – 21.61; $CaO_{dig.}$ – 21.50; $CaO_{water.}$ – 20.92; F – absent, the strength of the granules is 1.68 MPa. In terms of composition and properties, the obtained feed monocalcium phosphate meets the requirements of GOST 23999-80 (1st class). The material balance of the process of obtaining 1 ton of granular monocalcium phosphate was calculated.

Ключевые слова: известняк, термическая фосфорная кислота, монокальцийфосфат, состав, прочность гранул, материальный баланс.

Keywords: limestone, thermal phosphoric acid, monocalcium phosphate, composition, granule strength, material balance.

В настоящее время численность постояннного населения Узбекистана достигла 35,8 млн человек. В то же время площадь пахотных и поливных земель сокращается от 0,24 до 0,12 га на душу. Поэтому обеспеченность населения продуктами питания, особенно мясом и мясными изделиями, остается одной из глобальных проблем [9; 10].

В Узбекистане животноводство – одна из ведущих отраслей сельского хозяйства и пищевой промышленности. По данным Госкомстата РУз, по состоянию на 1 июля 2021 года поголовье крупного рогатого скота в республике достигло 12 953 тыс. голов. При этом следует отметить, что поголовье крупного рогатого скота на душу населения в республике составляет 0,39, надои молока – 315 литров, мяса – 41 килограмм. По медицинским нормам эти показатели в 1,7 и 2,0 раза меньше [12].

Потребление мяса по отношению к общей численности населения составляет более 2,5 млн тонн в год. Например, за 9 месяцев 2021 года произведено 1,9 млн тонн мяса. По отчетам Госкомстата сообщается, что в январе – ноябре 2021 года Узбекистан импортировал 27,6 тыс. тонн мяса. То есть импорт мяса увеличивался на 8,4 тыс. тонн по сравнению с аналогичным периодом 2020 года. Основная часть мяса закупалась в таких странах, как Беларусь (18,7 тыс. т), Казахстан (4,2 тыс. т), Украина (2,6 тыс. т), Россия (629 т) и Молдова (660 т) [11]. Однако в масштабах страны обеспеченность населения мясными продуктами остается недостаточной.

Нормальная жизнедеятельность животных и птиц, их рост, развитие и продуктивность обусловливаются полноценным кормовым питанием [4]. Среди химических элементов особое место занимает фосфор. Он входит в состав многих минералов, прежде всего фосфатов кальция. Мировое потребление кормовых фосфатов кальция превысило 6 млн тонн в год и продолжает ежегодно увеличиваться [7].

Эффективность кормовых фосфатов кальция оценивается по содержанию в них фосфора и кальция, участвующих в обменных процессах организма. Таким образом, как кальций, так и фосфор играют важную роль в жизни организма.

В результате ежедневное использование питательных фосфатов в рационе животных способствует:

- нормализации минерального обмена;
- сокращению периода ожирения;
- получению здорового потомства (снижает заболеваемость животных);
- содержанию молодняка и профилактике рахита;
- повышению питательной ценности мяса;
- снижению потребления кормов и в конечном итоге повышению прибыльности фермы (и снижению затрат на продукты животноводства) [15].

В соответствии с постановлением Президента Республики Узбекистан от 3 апреля 2019 года № ПП-4265 «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности» в течение 2019–2024 годов на базе АО «Аммофос-Максам» будут увеличиваться объемы производства кормовых фосфатов на 100 тыс. тонн (на 1-м этапе – 20 тыс. тонн, а на 2-м – 80 тыс. тонн).

В некоторых странах, например в Российской Федерации, в качестве минеральных добавок часто используют фосфаты кальция – костную муку, фосфат без фтора, моно- и дикальцийфосфат, а также моно- и динатрийфосфаты, моно- и диаммонийфосфаты, мочевинофосфат [5; 6]. Они обладают высокой

растворимостью в воде и высокой скоростью всасывания. При использовании в качестве кормовой добавки для животных, домашнего скота и птицы количество, добавляемое в корм, обычно составляет от 1 до 2%, при этом уровень использования фосфора составляет 94–98%.

Следует отметить, что добавка в корм скота монокальцийфосфата (МКФ) позволяет увеличить живую массу птицы и скота. При этом обеспечивается увеличение живой массы на 5–12% по сравнению с другими видами кормовых фосфатов, что может послужить важным фактором роста для рынка монокальцийфосфата [14; 16]. Дикальцийфосфат также используется в качестве добавки для корма скота и особенно в качестве несушек и промикс-кормов при содержании домашней птицы и водных животных. МКФ может ускорить процесс пищеварения, вызвать увеличение веса животных, повысить продуктивность яйцекладки или производства молока, а также лечить такие заболевания, как рахит, остеомаляция, анемия [17].

Исходя из этого в настоящей работе проводились иследования по получению образцов МКФ.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования использовались термическая фосфорная кислота (ТФК) марки «*ч*» с содержанием 83,21% H_3PO_4 (60,3% P_2O_5) и известняк марки «х.ч.», содержащий 99,5% $CaCO_3$ с размером частиц менее 0,25 мм. В качестве ретурного продукта изначально использован монокальцийфосфат (МКФ) марки «*чда*».

Процесс разложения известняка с ТФК осуществляется согласно нижеследующему уравнению при нормах кислоты 90, 95 и 100%:

$$CaCO_3 + H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O + CO_2.$$

Исходя из показателей степени грануляции продукта – МКФ кратность ретура (размер зерен – менее 1 мм), нами принято соотношение 1:0,3, в результате чего обеспечиваются благоприятные условия для окатывания с выходом товарного продукта не менее 70%.

Лабораторные эксперименты проводились следующим образом. Перед началом процесса необходимое количество ТФК предварительно разогревали при 80 °С в течение 15 минут в фарфоровом стакане, находящемся в термостате. Затем в фарфоровый реактор загружали необходимое количество известняка и ретура МКФ при соотношении продукт : ретур = 1 : 0,3. Процесс перемешивания реакционной массы длился 5 мин. Поскольку полученная масса находилась в пористом состоянии, осуществляли процесс окатывания и грануляции влажного продукта. Полученные необработанные зерна МКФ сушили в сушильном шкафу при температуре 75–80 °С в течение 4–6 часов. В этом случае для каждой нормы был получен соответствующий продукт, используемый в качестве ретура.

Химический анализ продуктов на содержание различных форм P_2O_5 и CaO проводили по известным методикам [8; 13]. В продуктах усвояемые формы P_2O_5 и CaO определяли по растворимости в 0,4%-ном растворе соляной кислоты. pH среды 10%-ных растворов готового продукта измеряли на приборе METTLER TOLEDO FE20/EL20 (Германия) по методике [3]. Статическую прочность гранул образцов кормового МКФ определяли на приборе МИП-1 методом, разработанным в НИУИФ [1].

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенного исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Состав образцов гранулированного кормового монокальцийфосфата в зависимости от нормы термической фосфорной кислоты

Норма ТФК от стехиометрии, %	pH 10 %-ного раствора продукта	$W_{влаж.}$ %	Состав продукта, %				
			$P_2O_{5усв.}$ по 0,4% р-ру HCl	$P_2O_{5водн.}$	$CaO_{общ.}$	$CaO_{5усв}$ по 0,4% р-ру HCl	$CaO_{водн.}$
100	2,43	3,58	56,86	55,78	21,52	21,52	21,51
95	2,48	3,65	56,43	55,45	21,61	21,50	20,92
90	2,72	3,73	55,49	54,77	21,68	21,54	20,35

Данные показывают, что с увеличением норм ТФК от 90 до 100% содержание усвояемой формы P_2O_5 повышается от 55,49 до 56,86%. Одновременно увеличивается водорасторимая форма P_2O_5 от 54,77 до 55,78%. С таким высоким содержанием усвояемого и водорастворимого фосфора монокальцийфосфат вполне эффективно можно применять в качестве добавки в питательном рационе корма для крупного рогатого скота, птицы и рыбы.

При этом следует отметить, что продукты в своем составе кроме фосфора содержат наибольшее количество усвояемой и водорастворимой формы CaO. Данный компонент также крайне необходим для костной ткани любого вида живого организма. Так, при изучаемых нормах фосфорной кислоты готовые продукты имеют 21,52–21,68% $CaO_{общ.}$; 21,50–21,54% $CaO_{усв.}$ и 20,35–21,51% $CaO_{водн.}$

В таблице 2 приведены показатели прочности гранул кормовых фосфатов. Из нее видно, что в зависимости от нормы фосфорной кислоты прочность гранул кормовых фосфатов колеблется в пределах 1,62–1,72 МПа.

Таблица 2.

Статическая прочность гранул кормового монокальцийфосфата

Норма ТФК от стехиометрии, %	Прочность гранул (диаметр гранул – 2–3 мм)		
	кг/гранул	кгс/см^2	МПа
100	0,82	16,53	1,62
95	0,85	17,14	1,68
90	0,87	17,54	1,72

Анализируя данные, можно отметить, что оптимальной нормой ТФК является 95%. При этом продукт содержит (масс.%): $P_2O_{5усв.}$ – 56,43; $P_2O_{5водн.}$ – 55,45; $CaO_{общ.}$ – 21,61; $CaO_{усв.}$ – 21,50; $CaO_{водн.}$ – 20,92, pH – 2,48 с прочностью гранул 1,68 МПа. Кормовой монокальцийфосфат с такими показателями полностью соответствует требованиям ГОСТ 23999-80 [2].

Далее рассчитан материальный баланс для получения 1 тонны кормового монокальцийфосфата (рисунок).

Из него следует, что для получения 1 тонны кормового монокальцийфосфата потребуется 651,58 кг ТФК, 294,22 кг известняка и 275,22 кг мелкой фракции МКФ в качестве ретура.

Исходя из полученных данных, установлены следующие условия получения кормового монокальцийфосфата: норма ТФК на образование МКФ – 95%; время перемешивания – 5 минут; кратность ретура – 1:0,3.

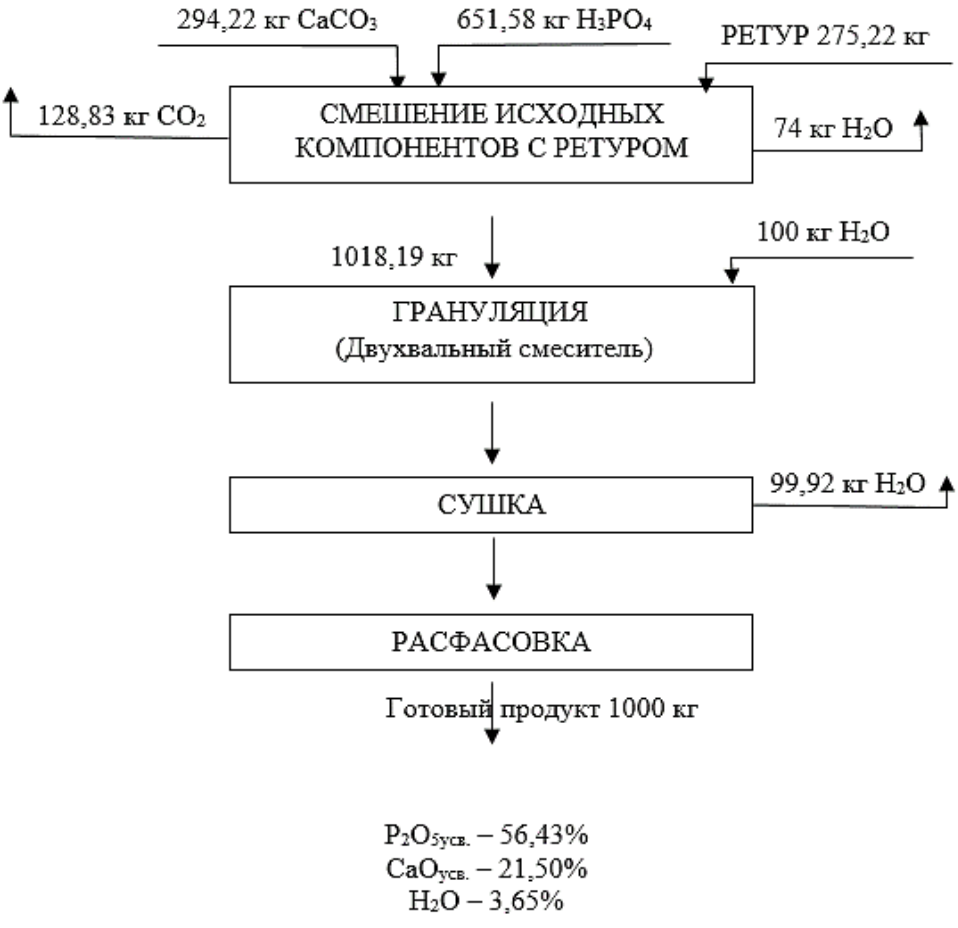

Рисунок 1. Материальный баланс для получения 1 тонны кормового монокальцийфосфата

Расчеты материального потока позволили определить технологию получения кормового монокальцийфосфата с приемлемыми аппаратурно-техническими оформлениями. Для этого необходимы такие смесительные аппараты, как двухлопастные смесители с редукторным проводом, напорный бак для ТФК, расходомер для равномерной подачи кислотного агента. После смешения реакционная масса будет подаваться в барабан – гранулятор, а дальше – в барабанную сушилку. В барабанной сушилке сырые гранулы (влажность 5–7%) сушатся при 200 °С и через элеватор, просеиваются до товарной фракции 1–4 мм и направляются на охлаждение до 40 °С и склад для готовой продукции.

Заключение

Показаны условия получения кормового фосфата гранулированного кормового монокальцийфосфата путем разложения известняка со 100, 95 и 90%-ной нормой термической фосфорной кислоты, из которых оптимальной явилась 95%-ная норма кислотного агента. Оптимальность заключается в том, что при таком расходе фосфорной кислоты получаются с высокими содержаниями усвояемой и водорастворимой форм P_2O_5 и CaO, а также удовлетворительной статической прочностью. Такой состав и свойства положительно влияют на продуктивность животных при добавке фосфата в рацион корма. Проведенный материальный баланс заранее дает оценку по аппаратурному оформлению производства гранулированного кормового монокальцийфосфата.

Список литературы:

1. ГОСТ 21560.2-82. Удобрения минеральные. Методы испытаний. – М. : Госстандарт, 1982. – 30 с.
2. ГОСТ 23999-80. Кальцийфосфат кормовой. – 9 с.
3. ГОСТ 24596.5-81. Фосфаты кормовые. Метод определения pH раствора или суспензии. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 2 с.
4. Дегтярев В. Эффективность монокальцийфосфата при кормлении животных // Молочное и мясное скотоводство. – 2003. – № 2. – С. 7–10.
5. Константиновская М.А. Исследование физико-химического состава отхода производства костной муки с целью оценки перспективы его комплексной переработки // Успехи в химии и химической технологии. – 2012. – Т. 26, № 10 (139). – С. 87–91.
6. Кормовая добавка на основе животной костной ткани / М.И. Бабурина, Л.В. Федулова, К.Р. Василевская, А.Н. Иванкин [и др.] // Мясная индустрия. – 2021. – № 3. – С. 20–25.
7. Литусова Н.М. Технология получения кормовых фосфатов кальция в гранулированном виде на основе мела и экстракционной фосфорной кислоты : дис. … канд. техн. наук. – М., 2004. – 136 с.
8. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов / М.М. Винник, Л.Н. Ербанова, П.М. Зайцев [и др.]. – М. : Химия, 1975. – 218 с.
9. Площадь сбора урожая пшеницы в 2020 в Узбекистане / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/search/?text=площадь+сбор+урожая+пшеницы+в+2020+2020 = в Узбекистане.
10. Площадь сбора урожая хлопка в 2020 в Узбекистане / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/search/?text=площадь+сбор+урожая+хлопка+в+2020+в+Узбекистане.
11. Постановление Президента Республики Узбекистан от 03.04.2019 № ПП-4265 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lex.uz/uz/docs/4271634.
12. Соатов У.Р. Деҳқон хўжаликлари шароитида чорвачиликни ривожлантиришнинг ўзига хос хусусиятлари. – Ташкент, 2018. – 60 б.
13. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. – М. : Химия, 1970. – 360 с.
14. In 11 months, Uzbekistan imported 27.6 thousand tons of meat / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tashkenttimes.uz/economy/8162.
15. John J. Mcketta, William A. Phosphoric acid and phosphates // Encyclopedia of chemical processing and design. – Vol. 35. – P. 478–489.
16. Monocalcium Phosphate Market | Global Industry Report, 2030 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.transparencymarketresearch.com/monocalcium-phosphate market.html.
17. Zhou Y., Xiao C., Yang S. Life cycle assessment of feed grade mono-dicalcium phosphate production in China, a case study // Journal of Cleaner Production. – 2020.