



PRINCIPAL TECHNOLOGICAL SCHEME FOR OBTAINING NITROGEN-PHOSPHORUS-CALCIUM FERTILIZER WITH IMPROVED PROPERTIES

Allamuratova A.J.

Doctor of Technical Sciences (DSc), Karakalpak State University

Paxratdinova E.R.

Master's student, Karakalpak State University

Mambetkarimova G.S.

Doctoral student, Karakalpak State University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20271261>

ARTICLE INFO

Received: 10th May 2026

Accepted: 17th May 2026

Online: 18th May 2026

KEYWORDS

Nitrogen-phosphorus-calcium fertilizer, phosphorite, nitric acid, bentonite, ammoniation, granulation, nitrocalcium phosphate.

ABSTRACT

The study examined the process of obtaining nitrogen-phosphorus-calcium fertilizers based on the incomplete decomposition of washed and treated Central Qizilqum phosphate concentrate. To improve the properties of fertilizers, a method for introducing natural bentonite into the composition of steamed pulp has been proposed. A fundamental technological scheme for the process of obtaining NPSa fertilizers with satisfactory commercial properties has been developed.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ АЗОТНОФОСФОРНОКАЛЬЦИЕВОГО УДОБРЕНИЯ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Алламуратова А.Ж.

Доктор технических наук (DSc) Каракалпакского государственного университета

Пахратдинова Э.Р.

Магистрант Каракалпакского государственного университета

Мамбеткаримова Г.С.

Докторант Каракалпакского государственного университета

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20271261>

ARTICLE INFO

Received: 10th May 2026

Accepted: 17th May 2026

Online: 18th May 2026

KEYWORDS

Азотнофосфорно-кальциевое удобрение, фосфорит, азотная кислота, бентонит, аммонизация, грануляция, нитрокальцийфосфат.

ABSTRACT

В работе изучен процесс получения азотнофосфорнокальциевых удобрений на основе неполного разложения мытого обожженного фосфоконцентрата Центрального Кызылкума. Для улучшения свойств удобрений предложен способ введения природного бентонита в состав упаренной пульпы. Разработана принципиальная технологическая схема процесса получения NPCa-удобрения с удовлетворительными товарными свойствами.



IF = 9.2

Известно, что азотнокислотная технология переработки фосфоритов позволяет использовать первичное технологическое сырье и полностью переработать его в готовые продукты, в том числе, в NP и NPK-удобрения [1]. В отличие от сернокислотной технологии, в процессах азотнокислотной переработки фосфатов не только используется химическая энергия кислоты для разложения фосфатного сырья, но в удобрение одновременно вводится дополнительный питательный компонент - нитратный азот. Азотнокислотные методы позволяют перерабатывать относительно бедное фосфатное сырье высоким содержанием примесей и организовать процесс по безотходной технологии с превращением всех составных частей природных фосфатов в полезные продукты. Однако, данный способ имеет одного недостатка, т.е. необходимость удаления из азотинокислотной вытяжки части кальция (нитрат кальция в продуктах приводит к увеличению гигроскопичности) или частичного его связывания в нерастворимые соли. В последнем случае приходится выпускать удобрения с пониженной

концентрацией питательных веществ из-за присутствия в продуктах большого количества балластной примеси - сульфата кальция.

Но, несмотря на это, из научно-технической литературы известно, что, азотнокислотная переработка фосфатов применяется в довольно широких масштабах. Особенное распространение этот метод получил в Европейских странах, которые не располагают ресурсами серного сырья, необходимыми для промышленного сернокислотного способа переработки фосфатов. Нами изучен процесс получения азотнофосфорнокальциевых удобрений на основе разложения фосфатного сырья Центрального Кызыкума при неполной норме азотной кислоты. Суть интенсивной технологии заключается в использовании неполной стехиометрической нормы азотной кислоты для разложения мытого обожженного концентрата Кызылкумских фосфоритов, состав которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав исходного мытого обожженного концентрата Кызылкумских фосфоритов

P ₂ O ₅ , %	CaO, %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	MgO, %	F, %	CO ₂ , %	$\frac{CaO}{P_2O_5}$
27,26	53,36	1,30	0,51	0,61	2,91	2,41	1,96

При этом не происходит полное разложения фосфатного минерала сырья с образованием усвояемых форм фосфатов (моно- и

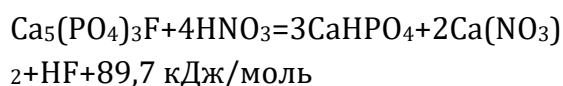
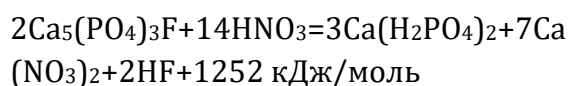
дикальцийфосфаты). После экстракции карбонатных минералов т.е. CO₂-групп из структуры сырья



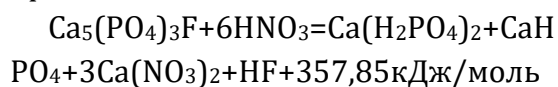
IF = 9.2

полученный фосфатный комплекс становится более активным.

Механизм разложения фосфоритов неполной нормой азотной кислотой достаточно сложен, что объясняется поликомпонентным составом сырья, процесс разложения которого описывается приведенными ниже основными реакциями:



При недостатке азотной кислоты полного разложения фосфорита с выделением свободной H_3PO_4 не происходит.

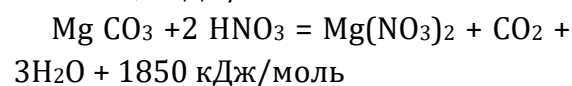
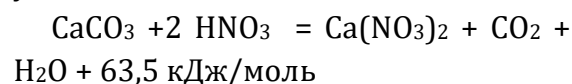


Следовательно, при разложении небогатого фоссырья азотной кислотой, преимущественно протекает реакция образования дикальцийфосфата, а в полученных продуктах монокальцийфосфат содержится в виде примеси. Значительная часть фосфата в продукте также представлена в качестве неполностью разложенного сырья, фосфатный комплекс которого активизирован и обладает растворимостью в почвенных растворах.

Активизация фосфатного комплекса фосфатного сырья под действием азотной кислоты, главным образом, объясняется выщелачиванием из узлов их кристаллических решеток, изоморфно замещенных CO_2 -групп, что придает им неустойчивость за

счет ослабления межатомных связей в уже деформированных кристаллических решетках.

Имеющиеся в фосфатном сырье карбонаты кальция и магния разлагаются азотной кислотой с образованием нитратов с выделением углекислоты:



Примеси в фосфатной руде карбонатов - кальцита, доломита - приводят к дополнительному расходу азотной кислоты на их разложение. При разложении кальцита и доломита образуется дополнительное количество нитрата кальция, который разубоживает и снижает концентрацию P_2O_5 в готовом продукте. Однако, это не является отрицательным моментом в технологии производства, ибо сам нитрат кальция является азотсодержащим удобрением.

Стадия нейтрализации кислого продукта с фосфоритом осуществляется в реакторе при интенсивном перемешивании. Реакция протекает очень интенсивно с бурным выделением во всем объеме пульпы пузырьков углекислого газа. Здесь рН среды можно доводить до нейтрального, без опасения потерять растворимую часть фосфатов. Количественное соотношение кислых солей фосфатов в продукте нейтрализации остается неизменным.

Опыты по разложению фосфорита азотной кислотой в твердофазном режиме проводили на лабораторной



IF = 9.2

установке, состоящей из трубчатого стеклянного реактора, снабженного мешалкой. Дозировку азотной кислоты осуществляли с помощью делительной воронки. При нормальном перемешивании порции кислоты с фосфоритом происходит реакция с образованием нитрата кальция и диоксида углерода, который выделяется в газовую фазу. После прекращения реакции к полученной тестообразной массе добавляли воду при массовом соотношении фосфорит: H_2O равном 1:1. Такое соотношение обусловлено тем, что при этом получается нормально текучая пульпа. Образующиеся кислые нитрокальцийфосфатные пульпы подвергали аммонизации газообразным аммиаком до значений рН 3,42- 4,10. Затем аммонизированные пульпы сушили при температуре 95-100°C, а полученные удобрения анализировали на содержание основных компонентов по стандартным методикам [2].

Составы нитрокальцийфосфатных удобрений приведен в таблице 2, из которых видно, что с увеличением нормы азотной кислоты в удобрениях содержание общей формы P_2O_5 уменьшается, а P_2O_5 усв. по трилону Б и в 2%- ном растворе лимонной кислоты, а также азота возрастает.

Результаты показали, что увеличение нормы азотной кислоты на СаО от стехиометрии от 25 до 100 % способствует возрастанию относительного содержания

усвояемой формы фосфора по трилону Б и 2 %- ному раствору лимонной кислоты от 18,09 до 93,01 и от 36,78 до 96,37 % соответственно. Повышение нормы азотной кислоты от 25 до 100 % приводит к увеличению относительного содержания усвояемого кальция от 46,57 до 87,47%. С точки зрения агрохимической эффективности, на наш взгляд, в активированных фосфатных удобрениях оптимальное относительное содержание P_2O_5 усв. является 50-75 %. Если это так, то при активации Кызылкумских фосфоритов азотной кислотой достаточна ее норма 42-75% от стехиометрии.

Экспериментально было установлено, что получаемые продукты имеют неудовлетворительными физико-химическими свойствами, т.е. нитрат кальция, входящий в состав удобрений является сильногигроскопическим продуктом. Он моментально впитывает влагу из воздуха, расплывается и слеживается в монолит.

Таблица 2

Состав нитрокальцийфосфатных удобрений на основе мытого обожженного фосфоритного концентрата Кызылкумского фосфорита



Норма HNO ₃ , %	рН		P ₂ O ₅ , %			CaO, %		N, %
	до аммони зации	после аммони зации	общ.	усв. 0,2 М тр Б	усв. 2% лим. кис.	общ.	усв.	
25	2,42	3,98	22,29	4,02	8,20	43,46	20,34	5,62
35	0,76	3,42	19,40	5,90	9,05	37,83	19,78	7,75
37	0,70	3,56	19,21	6,20	9,29	37,59	20,11	8,20
42	0,51	3,45	18,32	6,89	9,68	35,72	20,39	9,20
50	0,27	4,01	17,54	7,64	10,43	34,20	20,97	10,96
60	0,04	3,87	16,01	9,01	11,07	31,22	20,86	12,92
75	-0,12	3,95	14,12	10,39	11,16	27,53	21,22	14,76
85	-0,23	4,03	12,80	10,86	11,66	24,96	20,63	16,11

Исходя из этого для улучшения свойств удобрений, нами было предложено ввести в состав последних природного измельченного бентонита (табл. 3). Химический состав полученных удобрений приведен в таблице 4. Как показывают данные, содержания

основных компонентов (азот, фосфор и кальция) практически не меняются. Однако удобрения обладают хорошими физико-химическими и товарными свойствами.

**Таблица 3
Состав природного
Бештюбинского бентонита**

Состав, %								
Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
17.5	71.1	0.139	0.750	3.53	0.614	0.933	0.0144	4.77

Бентонит улучшает свойства азотнофосфорнокальциевого удобрения следующим образом: Мелкие частицы бентонита обволакивают гранулы удобрения, создавая защитный слой. Это препятствует слипанию гранул между собой даже при повышенной влажности. При добавлении бентонита в расплав перед

грануляцией увеличивается механическая прочность готовых дробин. Они меньше разрушаются при транспортировке и внесении техникой.

**Таблица 4
Состав нитрокальцийфосфатных
удобрений с добавкой природного
бентонита**

Норма HNO ₃ , %	P ₂ O ₅ , %			CaO, %		N, %
	общ.	усл. 0,2 М тр Б	усл. 2% лим. кис.	общ.	усл.	
25	21,61	3,89	7,95	42,15	19,73	5,45
35	18,82	5,7	8,77	36,69	19,18	7,52
37	18,63	6,01	9,01	36,46	19,5	7,95
42	17,77	6,68	9,38	34,64	19,77	10,63
50	17,01	7,41	10,12	33,17	20,34	10,61
60	15,53	8,74	10,73	30,28	20,23	12,53
75	13,69	10,08	10,82	26,7	20,58	14,32
85	12,41	10,53	11,31	24,21	20,01	15,63

Результаты научно-исследовательских экспериментов в лабораторных условиях позволили нам разработать принципиальную

технологическую схему получения нитрокальцийфосфатного удобрения на базе мытого обожженного концентрата (рисунок).

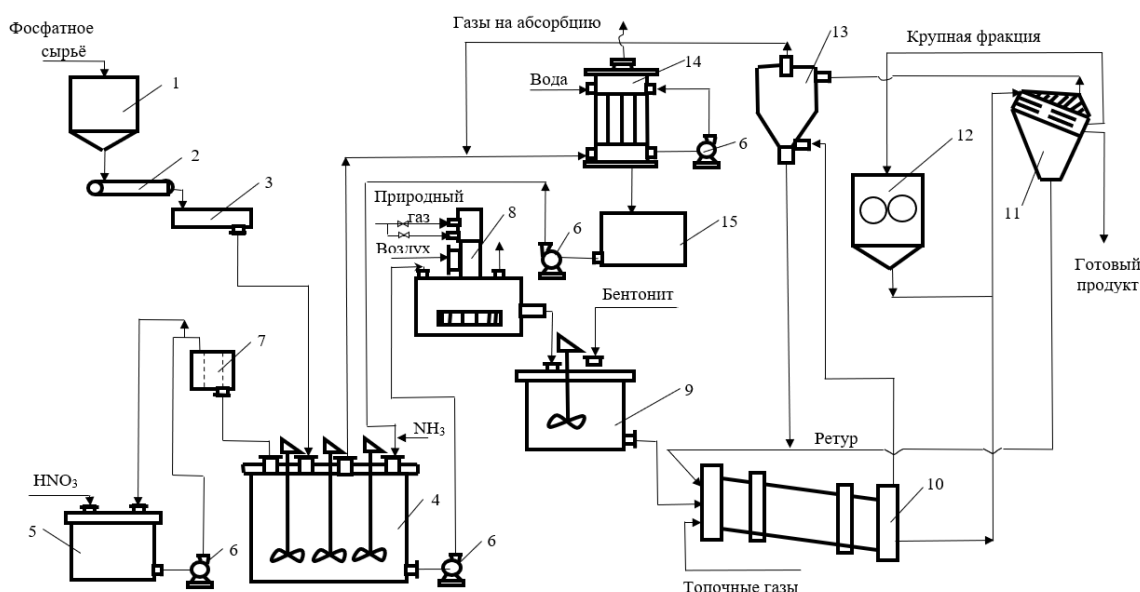


Рисунок. Принципиальная технологическая схема производства нитрокальцийфосфатного удобрения на основе неполного разложения мытого обожженного фосфоконцентрата.

Технология получения азотнофосфорнокальцийсодержащих

удобрений на основе разложения мытого обожженного концентрата Кызылкумских фосфоритов при неполной норме азотной кислоты в основном состоит из следующих стадий:

1. Разложение мытого обожженного концентрата фосфоритов



IF = 9.2

Центральных Кызылкумов при неполной норме азотной кислоты.

2. Добавление воды к продуктам разложения и аммонизация образующегося кислого раствора газообразным аммиаком.

3. Упарка нитрокальцийфосфатной пульпы и добавление бентонита в её состав.

4. Сушка, грануляция, дробление и рассев.

Принципиальная технологическая схема производства активированных азотнофосфорных удобрений представлена на рисунке.

Согласно данной технологической схеме мытый обожженный концентрат через бункер (1) поступает в шнековый дозатор (2) и питатель (3), откуда подается в реактор (4), куда одновременно подается азотная кислота из емкости (5) с помощью расходомера (7). Азотная кислота подается равномерно с помощью специальной форсунки в зону основной реакции. При скорости вращения двухвального перемешивающего устройства (40-60 об/мин.) фосфоритная мука лучше контактируется с азотной кислотой. Практически процесс декарбонизации и частичного разложения Кызылкумского фосфорита происходит без обильного пенообразования из-за малого количества воды в системе. В реактор (4) подача азотной кислоты и фосфорита регулируется соответственно расходомером и шнековым питателем (дозатор). Далее в реактор подается расчетное количество воды, исходя из расчета массового соотношения фосфорит:

H_2O равным 1: 1, и газообразный аммиак с помощью расходомера. Норма азотной кислоты устанавливается в зависимости от содержания окиси кальция в фосфатном сырье.

Образующиеся нитрокальцийфосфатные пульпы в виде суспензии поступают в аппарат, так называемый выпарной аппарат (8), где пульпа выпаривается и поступают в хранилище (9), где добавляется расчетное количество природного бентонита.

Выделяющиеся в результате разложения и декарбонизации фосфорита диоксид углерода, водяные пары, фтористые газы направляются в абсорбер (14), орошаемый кислым раствором, поступающим из хранилища кислого раствора (15) с помощью центробежного насоса (6). Непоглощенные газы через брызгоуловитель с помощью вентилятора выбрасываются в атмосферу.

Нитрокальцийфосфатные пульпы из емкости (9) подаются в барабан-гранулятор сушилку, где происходит грануляция и сушка. Готовое удобрение из БГС направляется в вибросито (11), где просеивается по фракциям. Оттуда

крупные фракции, проходя через дробилки (12), измельчаются и просеиваются в вибраторе (11). Из вибратора (11) удобрение направляется на склад готовой продукции. Пыль поступает в циклон (13) и очищается. Готовая продукция менее 1 мм и пыль из циклона (13) возвращается в БГС в качестве ретура.



IF = 9.2

Воздух, выходящий из аппарата, проходя через циклон (13) очищается от пыли и далее направляется в абсорбер (14) орошаемый кислым продукционным раствором, поступающим из сборника (15), затем выбрасывается в атмосферу.

Таким образом, нами разработана технология получения азотнофосфорнокальциевого удобрения путем неполного разложения мытого обогащенного

фосфоконцентрата Центрального Кызылкума с добавкой природного бентонита. Полученные удобрения обладают хорошими физико-химическими свойствами, т.е. бентонитовая добавка обладает высокой поглотительной способностью, он удерживает азот в почве, замедляя его вымывание дождями, что делает удобрение пролонгированным.

References:

1. Беглов Б.М., Намазов Ш.С., Реймов А.М., Сейтназаров А.Р. Активация природного фосфатного сырья. – Ташкент, 2021. – 252 с.
2. 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.