

6-7-2018

PROCESSING OF CALCIUM NITRATE GRANULATED CALCIUM SALTPEETER

Z Usmonova

Namangan Engineering-Construction Institute

S Boyturaev

Namangan Engineering-Construction Institute

A Sodatov

Namangan Engineering-Construction Institute

A G'oyipov

Namangan Engineering-Construction Institute

Z Dehkanov

Namangan Engineering-Construction Institute

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Usmonova, Z; Boyturaev, S; Sodatov, A; G'oyipov, A; and Dehkanov, Z (2018) "PROCESSING OF CALCIUM NITRATE GRANULATED CALCIUM SALTPEETER," *Scientific-technical journal*: Vol. 1 : Iss. 2 , Article 29.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol1/iss2/29>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК 661.842.622 : 661.525.1

PROCESSING OF CALCIUM NITRATE GRANULATED CALCIUM SALTPETER**Z. Usmonova, S. Boyturaev, A. Soadatov, A.G'oyipov, Z. Dehkanov**

Namangan Engineering-Construction Institute

ПЕРЕРАБОТКА НИТРАТА КАЛЬЦИЯ ГРАНУЛИРОВАННУЮ В КАЛЬЦИЕВУЮ СЕЛИТРУ**З. Усмонова, С. Бойтураев, А. Соадатов, А. Гойипов, З. Дехканов**

Наманганский инженерно-технологический институт

КАЛЬЦИЙ НИТРАТНИ ДОНАДОР КАЛЬЦИЙЛИ СЕЛИТРАГА ҚАЙТА ИШЛАШ**З. Усмонова, С. Бойтураев, А. Соадатов, А. Гойипов, З. Дехканов**

Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Abstract. In this article process of obtaining calcium saltpeter from ammonium solution of calcium nitrate-co-product of chemical enrichment of mineralized mass with using bentonite addition from different deposits has been studied. Physic-chemical properties (hygroscopicity, water-absorbing ability, strength of granule) of obtained granule have been investigated.

Keywords: calcium nitrate, nitrogen-ammonium-calcium solution, bentonite, granulation, hygroscopicity, water-absorbing ability, strength of granule.

Аннотация. В работе изучен процесс получения кальциевой селитры из аммиачного раствора нитрата кальция – побочного продукта химического обогащения минерализованная массы с использованием в качестве добавки бентонита различных месторождений. Определены физико-химические свойства (гигроскопичность, сорбционная влагоемкость, прочность гранул) полученных продуктов.

Ключевые слова: нитрат кальция, нитратноаммонийнокальциевый раствор, бентониты, грануляция, гигроскопическая точка, сорбционная влагоемкость, прочность гранул.

Аннотация. Минераллашган массани кимёвий бойитишининг қўшимча маҳсулотли – кальций нитратнинг аммиакли эритмасидан қўшимча сифатида ҳар хил конлардаги бентонитни фойдаланиши орқали кальцийли селитра олиши жараёни ўрганилган. Олинган маҳсулотларнинг физик-кимёвий хоссалари (гигроскопиклик, намлик ютиши сизими, доналар мустаҳкамлиги) аниқланган.

Таянч сўзлар: кальций нитрати, аммонийнитратликальцийли эритма, бентонитлар, донадорлаш, гигроскопик нуқта, намлик ютиш сизими, доналар мустаҳкамлиги.

Нами разработан новый способ химического обогащения минерализованная массы путём их декарбонизации концентрированной азотной кислотой с последующим выщелачиванием нитрата кальция из раствора с помощью этилового спирта [1-4]. Основными минералами в фосфатном сырье являются фторкарбонатапатит и карбонат кальция. Норму азотной кислоты брали из расчета на разложение карбоната кальция от стехиометрии, в котором происходит реакция:



При декарбонизации фосфатного сырья наряду с карбонатами растворяется и фосфатный минерал по следующей реакции:



CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

С целью предотвращения потерь P_2O_5 в жидкую фазу, прежде чем разделить нитрокальцийфосфатно-органическую суспензию на жидкую и твердую фазы, её нейтрализовали аммиаком до значения $pH = 3$. В процессе аммонизации происходит взаимодействие между монофосфатом, нитратом кальция и аммиаком с образованием дикальцийфосфата и нитрата аммония по реакции:



Образовавшийся при этом дикальцийфосфат выпадает в осадок и остаётся в составе фосфоконцентрата. Поэтому выход P_2O_5 в фосфоконцентрат составляет 100%.

Обогащение минерализонная массы состава (вес. %): 15,09 P_2O_5 ; 44,51 CaO; 14,33 CO_2 ; 1,8 SO_3 ; CaO : $P_2O_5 = 2,95$ при норме HNO_3 80% на разложение CaO в фосфатном сырье от стехиометрии, pH нитрокальцийфосфатной пульпы 3 и весовом соотношении фосмука : этиловый спирт, равном 1 : 5, позволило получить фосконцентрат состава (вес. %): $P_2O_{5\text{общ}}$ 27,4; CaO_{общ.} 36,35; CaO_{водн.} 2,1; CO_2 1,7; N 0,81; CaO : $P_2O_5 = 1,32$. Такой концентрат вполне пригоден для сернокислотной экстракции с получением аммофоса. А жидкая фаза пульпы представляет собой раствор, состоящий из нитрата кальция и этилового спирта с небольшим количеством нитрата аммония. Спирт легко отгоняется и возвращается в технологический цикл. После отгонки спирта получается концентрированный нитратноаммонийнокальциевый раствор, содержащий 39% $Ca(NO_3)_2$ и 5% NH_4NO_3 .

В работе [5] предлагается использовать фильтрат азотнокислотного обогащения в качестве жидкого азотно-фосфорного удобрения. Однако жидкие удобрения пока не нашли широкого применения в сельскохозяйственном производстве Республики, из-за отсутствия техники для их хранения, перевозки и внесения в почву.

Настоящая работа направлена на переработку нитратноаммонийнокальциевого раствора в гранулированный нитрат кальция (кальциевая селитра). Кальциевая селитра - единственное полностью усваиваемое растениями удобрение, восполняющее потери водорастворимого кальция в почве. Потери кальция, в основном, обусловлены выносом с урожаем сельскохозяйственных культур. И если вынос фосфора, серы и азота восполняется такими широко применяемыми удобрениями, как аммиачная селитра, сульфат аммония, аммофос и др., то восполнение потерь водорастворимого кальция в почве при этом не происходит.

Нитрат кальция – это физиологическое щелочное удобрение, так необходимое хлопчатнику на засоленных почвах [6]. Но особенно большой репутацией он пользуется у цветоводов и особенно важен для быстрорастущих культур.

В соответствии с ТУ 6-03-367-74 кальциевую селитру, применяемую в качестве удобрения, выпускают в виде чешуйчатого продукта светло-коричневого цвета с содержанием азота не менее 17,5% и влаги не более 14% [7]. Продукт упаковывают в пятислойные битумированные бумажные мешки вместимостью 40-45 кг. Чистая безводная соль $Ca(NO_3)_2$ содержит 17% азота. Получаемое же по вышеназванным техническим условиям удобрение содержит помимо $Ca(NO_3)_2$ ещё 4-7% NH_4NO_3 .

Известны следующие промышленные методы производства кальциевой селитры [8]:

- 1) Прямое взаимодействие мела или известняка с азотной кислотой;
- 2) Азотнокислотная экстракция фосфатов;
- 3) Поглощение нитрозных газов известковым молоком с последующей инверсией полученных растворов азотной кислотой;
- 4) Взаимодействие окиси кальция с двуокисью азота при 300-400°C – так называемый сухой способ, имеющий ограниченное применение.

Самым крупным производителем кальциевой селитры за рубежом является Норвегия [9]. Из общего производства кальциевой селитры в мире на неё приходится почти 50%. Мощность завода по выпуску этого удобрения в Геройе достигает 1 млн. т продукта в год с содержанием азота 15,6%. Из других Европейских стран производство кальциевой селитры получило относительное развитие в Италии, России, Германии, Голландии и во Франции.

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Кристаллизация является наиболее сложным процессом в производстве кальциевой селитры [10]. Структура образующихся кристаллов соли различна: иногда при кристаллизации получаются твердые, легко разделяющиеся от охлаждающей поверхности агрегаты кристаллов, в других случаях образуется вязкий сиропообразный плав, не застывающий в твердую корочку. Большое влияние на кристаллизацию кальциевой селитры оказывает аммиачная селитра. Чем больше аммиачной селитры в растворе, тем лучше идет кристаллизация. Обычно добавки NH_4NO_3 составляет 5-6% от веса кальциевой селитры.

Гигроскопические точки (h) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ при различной температуре равны: 15°C – 55,9%; 20°C – 55,4%; 25°C – 50,5%; 30°C – 46,7%; 40°C – 35,5%.

Кальциевая селитра техническая имеет балл по шкале гигроскопичности 9,5-8,4, т.е. она очень сильно гигроскопична. Для улучшения физико-химических свойств нитрата кальция применяют повышенные дозы извести, что ведет частично к образованию основной соли $\text{Ca}(\text{OH})\text{NO}_3$. В некоторых случаях кальциевую селитру поверхностно обрабатывают углекислым кальцием (до 6%), или парафинистым мазутом (до 2%) [8], или выпускают её в смеси с небольшим количеством нитрата аммония.

Покрытие кальциевой селитры гидрофобной пленкой из двойной смеси парафинистый мазут+парафин (в соотношении 1:1) уменьшает скорость поглощения влаги в 7-9 раз. Покрытие из чистого парафина снижает скорость поглощения влаги только в 3,2-4,4 раза.

В способ предупреждения слеживания нитратных удобрений заключается в том, что к $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NH_4NO_3 или известковоаммиачной селитре в одной из стадий производства или к готовому продукту добавляют аммонизированный суперфосфат в количестве 0,1-8%.

Гигроскопичность $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ устраняют добавлением эквимолярного количества K_2SO_4 ; реакция протекает в твердой фазе при 250-400°C. Получается удобрение состава 8,3-0-23, т.е. смесь KNO_3 и CaSO_4 . Для получения смешанных негигроскопичных НК- и NPK-удобрений к образовавшейся смеси KNO_3 и CaSO_4 добавляют мочевины в соотношении 4:1 (удобрение марки 19,7-0-19,7) и (или) фосфаты аммония в соотношении 1:1 (удобрение марки 12,2-24-13,8).

Негигроскопичное комплексное соединение нитрата кальция получается, если к кристаллам $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($x = 1-4$) или в концентрированный раствор $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ добавить 20-150 вес. % обожженного доломита или соответствующее количество смеси CaO и обожженного доломита. Это соединение также рекомендуется использовать как удобрение.

В настоящей работе мы в качестве добавки к кальциевой селитре испытывали бентонитовые порошки, полученные из бентонитовых глин различных месторождений. Кстати говоря, на территории Узбекистана выявлено около 200 месторождений и проявлений бентонитовых глин с прогнозными запасами более 2 млрд. тонн.

Известно несколько работ по использованию бентонита для улучшения качества аммиачной селитры, главным образом для устранения её слеживаемости. Так, с целью получения аммиачной селитры, пригодной для бестарных перевозок и хранения насыпью, авторским свидетельством запатентован способ получения гранулированной аммиачной селитры, по которому в смеситель с вращающейся мешалкой перед грануляцией одновременно подают плав аммиачной селитры с температурой 172°C и предварительно высушенный до влагосодержания 1,5% бентонит с тониной помола 40 мкм. Бентонит вводят из расчета его содержания в готовом продукте 2 вес. %. Гранулы аммиачной селитры, охлажденные до температуры 45°C, обрабатывают водным 40%-ным раствором диспергатора НФ, предварительно подогретым до температуры 65°C, во вращающемся барабане в количестве 0,03 вес.% (в пересчете на сухое вещество). После нанесения плёнки поверхностно-активного вещества гранулы опудривают вермикулитом в количестве 1 вес. %.

В работе исследовалось влияние добавки бентонита на прочность гранул и слеживаемость аммиачной селитры. В качестве добавки были использованы бентонитовые порошки, полученные из бентонитовых глин различных месторождений: Гумбринского и Асканского (Грузия), Казахского и Азкамарского (Узбекистан), Черкасского и Криворожского

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

(Украина). Глину измельчали в шаровой мельнице, растирали в фарфоровой ступке, сушили при температуре 100-110°C и просеивали через сита. Готовая добавка имела частицы размером менее 40 мк и влажность 1-2%. Селитру расплавляли в реакторе, затем при температуре 170-175°C и постоянном перемешивании вводили в плав бентонитовый порошок. Суспензию гранулировали методом приллирования. Гранулы охлаждали. Были получены образцы гранулированной аммиачной селитры с добавками 0,5-3,0% различных бентонитов.

Наиболее эффективной добавкой был признан бентонит Черкасского месторождения. Если прочность гранул селитры без добавки составляла 0,54 МПа, с 0,3%-ной добавкой этого бентонита – 0,97 МПа, то с 3-х%-ной добавкой – 2,2 МПа. Слеживаемость селитры без добавки была 5,6 кг/см², а с 3-х %-ной добавкой – 2,53 кг/см².

Эти данные дают основание считать бентонитовую добавку весьма перспективной для получения селитры, пригодной для бестарной перевозки и хранения.

Бентонитовая глина это сложный минерал, состав которого определяется содержанием в глине монтмориллонита, имеющего формулу $Si_8Al_4O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$, где кремний может замещаться различными катионами (алюминием, железом, цинком, магнием, кальцием, натрием, калием и др.). Монтмориллонит обладает слоистой кристаллической структурой, высокой дисперсностью и ярко выраженной способностью к адсорбции, обмену катионов и гидрофильностью.

В экспериментальных работах мы использовали бентониты Каттакурганского (Самаркандский обл.) и Навбахарского (Навоииский обл.) месторождений. Их составы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исходного сырья

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ппп	H ₂ O	CO ₂
Бентонит Навбахарского месторождения (марка ППД - карбонатно-полюгорскитовая)												
46,06	0,39	8,78	3,00	4,33	12,20	0,75	1,05	0,77	1,39	20,90	6,0	9,35
Бентонит Навбахарского месторождения (марка ПБГ - щелочноземельная)												
72,23	0,45	8,82	3,93	1,81	1,26	1,12	1,33	0,50	1,10	7,36	4,37	0,20
Бентонит Каттакурганского месторождения												
50,44	0,66	16,23	5,64	2,21	4,90	0,75	4,20	0,17	1,72	14,49	3,71	4,84

Сначала проверили, как получается кальциевая селитра из нитратноаммонийно-кальциевого раствора, содержащего 39% Ca(NO₃)₂ и 5% NH₄NO₃ без добавления в неё бентонита. Для этого в лабораторных условиях этот раствор при 130°C упаривали до концентраций 80% Ca(NO₃)₂ и 8% NH₄NO₃. Затем полученный расплав гранулировали в процессе охлаждения методом интенсивного размешивания и окатывания с помощью стеклянной палочки. Прочность гранул определяли в соответствии с ГОСТом 21560.2-82 на автоматическом приборе ИПГ-1, разработанном в НИУИФе. Продукт анализировали на содержание кальция и азота по общепринятым методикам.

Гигроскопическую точку, полученного продукта определяли эксикаторным методом при температуре 25°C для гранул размером 2-3мм. Исходная его влажность составлял 1,25%. Определение привеса или убыли влаги в веществе при постоянной температуре и определенных относительных влажностях воздуха проводили в течение 3-х часов. Требуемая относительная влажность воздуха создавалась в закрытом эксикаторе над слоем налитой в него серной кислоты известной концентрации. Относительная влажность воздуха, при которой вещество не увлажняется и не подсыхает, называется гигроскопической точкой вещества. Результаты показывают, что полученная кальциевая селитра содержит 28,35% CaO и 16,11% N, прочность её гранул – 2,01 МПа, а значение гигроскопической точки составляет 38,9% (табл. 2).

Относительная влажность воздуха (h_a) для нашего региона характеризуется следующими цифрами: среднемесячная минимальная – 46,0%; среднемесячная максимальная

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

– 74,0%; среднегодовая – 60,0%. Из этого следует, что полученная нами кальциевая селитра в любое время года будет интенсивно сорбировать влагу из атмосферы и расплываться.

Далее к нитратноаммонийнокальциевому расплаву (концентрация раствора 80% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и 8% NH_4NO_3) добавляли бентонитовые порошки при массовом соотношении $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: бентонит = 100 : 6. Прежде чем ввести их в расплав, они размалывались до размера частиц 40 мк и высушивались. Грануляцию проводили по вышеописанной методике. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав и свойства кальциевой селитры

№	Массовое соотношение $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$:бентонит	Состав масс. %		Влага, %	Прочность гранул, МПа	Гигроскопическая точка, %
		CaO	N			
1	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	28,35	16,11	2,09	2,01	38,9
При добавке бентонита Каттакурганского месторождения						
2	100:5	27,62	15,65	1,10	3,65	45,12
При добавке бентонита Навбахарского месторождения (марка ПБГ - щелочноземельная)						
3	100:5	27,79	15,71	1,01	3,75	55,34
При добавке бентонита Навбахарского месторождения (марка ППД - карбонатно-полыгорскитовая)						
4	100:5	28,12	15,80	1,01	5,43	57,67

Из неё видно, что любая добавка бентонита значительно увеличивает гигроскопическую точку и прочность гранулы кальциевой селитры. Так, при добавке Каттакурганского бентонита её гигроскопическая точка повышается от 38,9 до 45,12%, при добавке Навбахарского бентонита марок : ПБГ–до 55,34% и ППД – до 57,67%, при этом прочность гранул увеличивается от 2,01 до 3,75 МПа; до 4,68 МПа; до 3,75 МПа и до 5,43 МПа, соответственно. В получаемых продуктах содержание азота находится в пределах 15,65-15,80%. На основе значений гигроскопических точек можно говорить, что гранулы продукта с добавкой бентонита, хотя и имеют более высокую прочность и гигроскопическую точку, чем чистая кальциевая селитра, но они при хранении и транспортировке сохраняют сыпучесть гранул только при их герметичной упаковке.

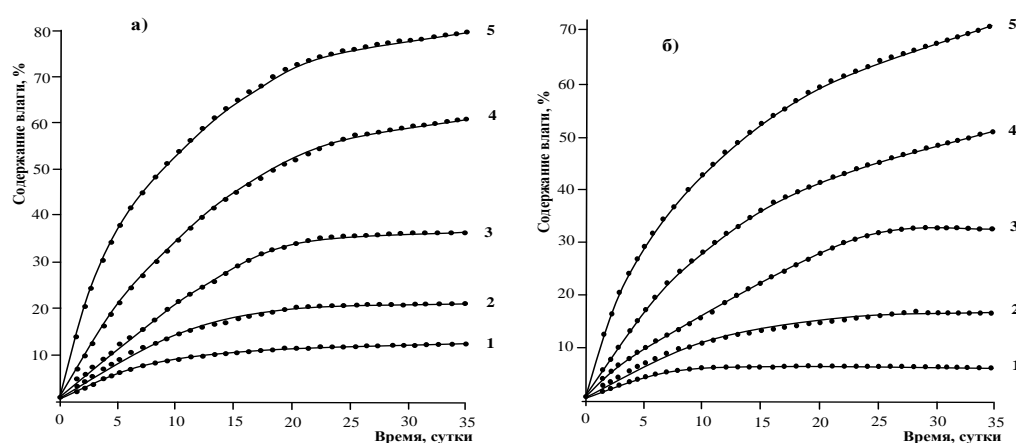


Рис. 1. Кинетика сорбции паров воды чистой кальциевой селитрой (а) с добавкой бентонита Каттакурганского месторождения (б) при относительных влажностях воздуха: 1 - 56%; 2 - 60,5%; 3 - 70%; 4 - 80%; 5 - 90%.

На рис. 1 и 2 приведены кинетические кривые сорбции паров воды кальциевой селитрой как с добавкой бентонита, так и без него в изотермических условиях при 25°C при

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

относительных влажностях воздуха 56; 60,5; 70; 80 и 90%. Опыты были проведены в течение 35 суток. Номера образцов соответствуют номерам образцов в табл. 2.

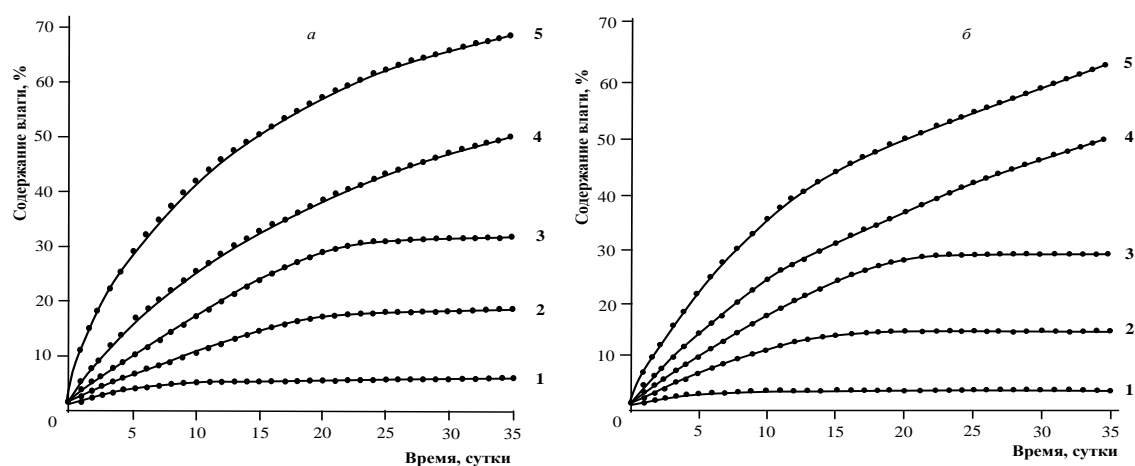


Рис. 2. Кинетика сорбции паров воды кальциевой селитрой с добавкой бентонита Навбахорского месторождения марки ПБГ (а) и Навбахорского месторождения марки ППД (б) при относительных влажностях воздуха: 1 - 56%; 2 - 60,5%; 3 - 70%; 4 - 80%; 5 - 90%.

Из рисунков видно, что при 80 и 90 %-ной относительной влажности воздуха для всех пяти образцов равновесие не достигается в течение всего периода испытаний. При относительной влажности воздуха 56% для первого образца равновесие наступает через 15 суток, при 60,5% - через 20 суток и при 70% - через 26 суток. Для второго образца при относительной влажности воздуха 56% равновесие наступает через 8 суток, при 60,5% - через 18 суток и при 70% - через 23 суток. Для третьего, четвертого и пятого образцов равновесие наступает при относительных влажностях воздуха 56% через 7; 6 и 5 суток, при 60,5% - через 16; 14 и 13 суток, а при 70% - через 21; 20 и 18 суток соответственно.

Результаты определения сорбционной влагоемкости изучаемых продуктов приведены на рис. 3. Из него видно, что первый образец (кальциевая селитра) при 56 %-ной влажности воздуха поглощает 12,35 % воды и её содержание в нем достигает 13,64 %. При этом гранулы продукта начинают распадаться. При влажности воздуха 60,5% влагосодержание в нем достигает 26,33% и гранулы полностью расплываются в результате растворения нитрата кальция. При относительной влажности воздуха 70% гранулы интенсивно сорбируют влагу из воздуха и набрав около 42% воды переходит в насыщенный раствор. При максимальной влажности воздуха (90%) образец набирает до 72,5% воды, хотя продукт уже находится в жидком состоянии.

При относительной влажности воздуха 56% содержание влаги в образцах: 2 – на основе добавки бентонита Каттакурганского месторождения достигает 8,70%; 4 – на основе добавки бентонита Навбахарского месторождения марки ПБГ – 7,30% и 5 – на основе добавки бентонита Навбахарского месторождения марки ППД – всего 4,62%. При этом гранулы образцов 2 и 4 начинают слеживаться и терять способность к рассеву. А в образцах 3 и 5 набранная ими влага сильно не влияет на их качество, т.е. гранулы сохраняют свой внешний вид и первоначальную рассыпчатость.

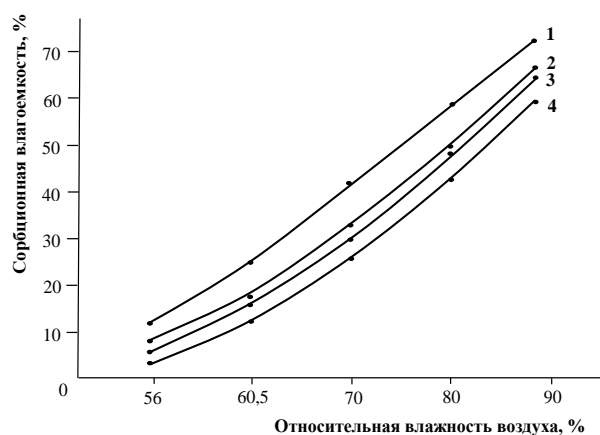


Рис. 3. Сорбционная влагоемкость образцов кальциевой селитры в зависимости от относительной влажности воздуха. Нумерация кривых соответствует номерам образцов в табл. 2.

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

При влажности воздуха 60,5% второй образец поглощает влаги 17,3%; третий – 14,29%; четвертый – 12,47%. При этом второй образец теряет способность к рассеву и начинает комковаться. А гранулы третьего, четвертого и пятого образцов полностью сохраняют свой внешний вид, хотя при этом ухудшается их рассыпчатость и снижается прочность гранул. Но все же это говорит о том, что добавка бентонитов значительно улучшает сорбционную влагоемкость кальциевой селитры.

Существенный прирост влаги наблюдается при 70%-ной относительной влажности воздуха. Так, второй образец сорбирует влагу в количестве 32,31%, третий – 27,68% и четвертый – 25,16%. При этих влажностях гранулы расплываются. Естественно при высоких относительных влажностях воздуха (80 и 90%) гранулы всех образцов полностью исчезают, образуя текучую суспензию.

Таким образом, результаты показывают, что добавление в состав кальциевой селитры бентонитовых порошков положительно влияет на её качественные показатели. Бентониты значительно увеличивают значения гигроскопической точки, прочности гранул и сорбционной влагоемкости кальциевой селитры. Последнее обстоятельство объясняется способностью разбухания бентонита в воде и удерживания в межплоскостных пространствах большого количества воды либо питательных растворов. Однако полученные данные свидетельствуют о том, что изучаемые продукты в климатических условиях осеннего, зимнего и весеннего сезонов, когда средняя относительная влажность воздуха превышает 55%, будут постоянно увлажняться. Поэтому рекомендуется их хранить в защищенных 4-х слойных битумированных или полиэтиленовых мешках.

Список литературы

- [1] Дехканов З.К., Ибрагимов Г.И., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С. Обогащение высококарбонизированных фосфоритов Центральных Кызылкумов/ Сб. материалов Респ. науч.-техн. конф. «Разработка эффективной технологии получения минеральных удобрений и агрохимикатов нового поколения и применение их на практике», – Ташкент, 2010., с. 26-29.
- [2] Дехканов З.К., Ибрагимов Г.И., Намазов Ш.С., Реймов А.М., Раджабов Р.Р. К вопросу химического обогащения фосфоритов Центральных Кызылкумов // Материалы Респ. науч.-техн. конф. «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития. – г. Навои, 2010., с. 111-112.
- [3] Дехканов З.К., Намазов Ш.С., Султанов Б.Э., Закиров Б.С., Сейтназаров А.Р. Азотнокислотное обогащение фосфоритов Центральных Кызылкумов. // Химическая технология. Контроль и управление. – 2011, № 4, с. 5-11.
- [4] З.К. Дехканов, Б.Э.Султанов. Реологические свойства нитратноаммонийно-кальциевых растворов, образующихся при обогащении фосфоритов Центральных Кызылкумов. // Узбекский химический журнал. – 2011 г., Специальный выпуск, с. 221-224.
- [5] А.с. 340644 СССР. Кл. СО5В 11/06. Способ обогащения природных фосфатов / А.М. Поляк, И.Б. Янович, Л.П. Рыжович, И.С. Свиридова. - Б.И. 1972, №18.
- [6] Азимов Р.А. Физиологическая роль кальция в солеустойчивости хлопчатника. Ташкент: ФАН, 1973.
- [7] Соколовский А.А., Унанянц Т.П. Краткий справочник по минеральным удобрениям. М. Химия, 1977.- 376 с.
- [8] Позин М.Е. Технология минеральных солей. Том 2. – Л.: Химия, 1970 г., 1558 с.
- [9] Леонова Т.М., Ромашова Н.Н. Производство минеральных удобрений в Скандинавских странах. // Химическая промышленность за рубежом. – 1973. - №12. – С. 33-47.
- [10] Кильман Я.И., Клевке В.А. Получение кальциевой селитры с улучшенными физическими свойствами. // Труды ин-та.