

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ  
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ АЗОТНОКИСЛОТНОМ  
РАЗЛОЖЕНИИ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ**

***Мирзакулов Холтура Чориевич***

*профессор Ташкентского химико-технологического института  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32  
E-mail: [samadiy@inbox.ru](mailto:samadiy@inbox.ru)*

***Талипова Хабиба Салимовна***

*доцент Ташкентского химико-технологического института  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32*

***Сидиков Абдужалол Сидикович***

*профессор Ташкентского химико-технологического института  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32*

***Адинаев Хидир Абдуллаевич***

*Старший преподаватель Ташкентского химико-  
технологического института  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32*

***Меликулова Гавхар Эшбоевна***

*Старший преподаватель Ташкентского химико-  
технологического института  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32  
E-mail: [samadiy@inbox.ru](mailto:samadiy@inbox.ru)*

**RESEARCH OF PROCESSES OF FOAMING AND BEHAVIOUR  
OF ORGANIC SUBSTANCES AT NITRIC ACID DECOMPOSITION  
OF PHOSPHORITES CENTRAL KYZYLKUM**

***Kholtura Mirzakulov***

*Professor of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32*

**Xabiba Talipova**

*Associate professor of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32*

**Abdujalol Sidikov**

*Professor of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32*

**Khidir Adinaev**

*Senior lecturer of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32*

**Gavkhar Melikulova**

*Senior lecturer of Tashkent institute of chemical technology,  
100011, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Navoi st., 32*

### **АННОТАЦИЯ**

Приведены результаты исследований процессов пенообразования при азотнокислотном разложении фосфоритов Центральных Кызылкумов и поведения органических веществ фосфоритов при их кислотном разложении.

Изучено влияние различных норм азотной кислоты и технологических параметров процесса разложения низкосортных, высококарбонатных фосфоритов месторождения Центральных Кызылкумов на высоту и кратность пены. Увеличение нормы азотной кислоты с 25 до 75 % от стехиометрии приводит к росту высоты пены в три раза и кратности пены в два с лишним раза. Увеличение скорости подачи кислоты в три раза приводит к возрастанию высоты пены в два раза.

Установлено, что процесс пенообразования зависит от нормы азотной кислоты, а кратность пены от нормы, скорости подача кислоты и числа оборотов мешалки.

Проведены исследования поведения органических веществ фосфоритов при получении удобрений азотно-кислотным разложением необогащенного фосфатного сырья и минерализованной массы. Показано, что больше всего общего и органического углерода содержится в минерализованной массе и меньше всего в мытом обожженном фосконцентрате. Хромато-

масспектроскопическими исследованиями показано, что в спиртовых и ацетоновых экстрактах продуктов разложения и пенной фазе органический углерод отсутствует, тогда как в исходном необогащенном фосфатном сырье содержатся до семи соединений углерода в виде органики.

### **ABSTRACT**

Results of researches of processes of foaming at nitric acid decomposition of phosphorites of Central Kyzylkum and behavior of organic substances of phosphorites at their acid decomposition are resulted.

Influence of various norms of nitric acid and technological parameters of process of decomposition low-grade, high carbonaceous phosphorites of a deposit Central Kyzylkum to height and frequency rate of foam is studied. The increase in norm of nitric acid from 25 to 75 % from stoichiometry leads to growth of height of foam three times and frequency rates of foam in two with superfluous time. The increase in speed of giving of acid three times leads to increase of height of foam twice.

It is established, that foaming process depends on norm of nitric acid, and frequency rate of foam from norm, speeds giving of acid and number of turns of a mixer.

Researches of behaviour of organic substances of phosphorites are carried out at reception of fertilizers with nitric acid by decomposition nonenriched phosphatic raw materials and mineralized weights. It is shown, that most of all the general and organic carbon contains in mineralized weight and least in washed burnt phosconcentrate. By chromate-mass spectral researches is shown, that in spirit and acetone extracts of products of decomposition and a foamy phase organic carbon is absent, whereas in the initial not enriched phosphoric raw materials contain to seven connected carbon in the form of organics.

**Ключевые слова:** необогащенное фосфатное сырье, минерализованная масса, азотная кислота, пенообразование, высота и кратность пены, органический и неорганический углерод.

**Keywords:** not enriched phosphatic raw materials, mineralized weight, nitric acid, foaming, height and frequency rate of foam, organic and inorganic carbon.

Узбекистан располагает мощной индустрией по производству фосфорных удобрений, но обеспеченность сельского хозяйства республики в этих удобрениях не перевешивает 30 %. Это объясняется недостаточной мощностью добывающей отрасли и Кызылкумского фосфоритового комбината. В настоящее время комбинат поставляет 716 тыс. тонн в год качественного сырья с содержанием не менее 26 %  $P_2O_5$  и кальциевым модулем 1,95–2,25, 200 тыс. тонн мытого сушеного фосконцентрата и 200 тыс. тонн рядовой фосфоритовой муки.

Для поставки такого количества фосфатного сырья ежегодно перерабатывается 1875 тыс. тонн фосфоритной руды со средним содержанием 17,12 %  $P_2O_5$ . На стадиях обогащения при дроблении, грохочении, отделении минерализованной массы, отмывки от хлора, сушке и термическом обжиге образуются хвосты (отходы) обогащения в количестве 1158 тыс. тонн в год со средним содержанием 11,63 %  $P_2O_5$ . При добыче и сортировке фосфоритной руды образуется минерализованная масса в количестве 224,6 тыс. тонн со средним содержанием 11,75 %  $P_2O_5$ . При промывке фосфоритной муки от хлора образуется шламовый фосфорит в количестве 716 тыс. т с содержанием 12 %  $P_2O_5$ . В общем случае теряется 134770 т  $P_2O_5$  или 42 % от исходного количества  $P_2O_5$  в добываемой руде. Это колоссальный резерв для использования в качестве вторичного сырья в производства фосфорсодержащих удобрений.

Наиболее приемлемым способом переработки низкосортных, высококарбонизированных фосфоритов является азотнокислотное разложение [7; 3]. При этом азотная кислота не только участвует в разложения фосфатного сырья, но и азот кислоты входит в состав продукта в виде ценного питательного компонента.

Однако в связи с особенностями химического и минералогического состава фосфоритов Центральных Кызылкумов перерабатывать их путем кислотного разложения на удобрения практически не реально из-за высокого содержания диоксида углерода и присутствия органических веществ, приводящих к обильному и устойчивому пенообразованию [1; 2; 4–6; 8].

Поэтому наши исследования были направлены на изучение влияния различных норм азотной кислоты и технологических параметров процесса разложения на высоту и кратность пены, содержания различных форм углерода в фосфоритах и их поведение при азотно-кислотной переработке на удобрения. Для проведения исследований использовали небогащенное фосфатное сырье (НФС) с содержанием 17,12 %  $P_2O_5$ , 46,20 %  $CaO$ , 1,75 %  $MgO$ , 2,1 %  $F$ , 16,20 %  $CO_2$ , 2,30 %  $R_2O_3$ , 0,17 %  $Cl$  и минерализованную массу (ММ), содержащую 14,71 %  $P_2O_5$ , 41,52 %  $CaO$ , 0,53 %  $MgO$ , 1,85 %  $F$ , 15,61 %  $CO_2$ , 1,17 %  $Al_2O_3$ , 1,37 %  $Fe_2O_3$ .

Процесс разложения фосфоритов азотной кислотой проводили на лабораторной установке, состоящей из трубчатого стеклянного реактора, снабженного мешалкой с электроприводом, и помещенного в водный термостат при температуре 40°C. Скорость вращения мешалки измеряли тахометром ТМ-3М. Азотную кислоту использовали с концентрацией 52,5 %. Процесс разложения вели в жидкофазном режиме, т.е. в реактор подавали водную суспензию фосфорита (при соотношении НФС: вода = 1,0:1,22) и затем постепенно подавали азотную кислоту с помощью склянки Мариотта. Продолжительность процесса разложения составляла 40 минут.

Влияние нормы азотной кислоты, скорости ее подачи и вращения мешалки на высоту и кратность пены, а также состав получаемых удобрений приведены в таблице 1. Кратность пены при этом принималась равной отношению высоты столбов вспененной суспензии и исходного раствора в реакторе.

Увеличение скорости вращения мешалки при постоянной норме  $HNO_3$  и скорости ее подачи приводило к заметному падению значений кратности и высоты пены. Увеличение нормы  $HNO_3$  от 25 до 37 %, от 37 до 50 % и от 50

до 75 % при скорости подачи  $\text{HNO}_3$  – 4,11 г/мин и скорости вращения мешалки (n) 1000 об/мин способствует возрастанию высоты и кратности пены от 5,50 до 9,50 см и от 2,41 до 3,44; от 9,50 до 11,50 см и от 3,44 до 3,95; от 11,50 до 15,60 см и от 3,95 до 5,0 соответственно.

С увеличением нормы  $\text{HNO}_3$  от 25 до 75 % от стехиометрии при скорости подачи  $\text{HNO}_3$  – 4,11 г/мин и n – 750 об/мин приводит к приросту высоты пены от 8,0 до 23,0 см и кратности пены от 3,05 до 6,89, соответственно.

С увеличением значения n от 750 до 1500 об/мин при норме  $\text{HNO}_3$  – 25 % и скорости её подачи, равной 1,37 и 4,11 г/мин, наблюдается снижение высоты пены в среднем в 2,5–2,7 и кратности пены в 1,5–1,7 раза, соответственно.

Такая же закономерность наблюдается и при других нормах  $\text{HNO}_3$  и значениях скорости её подачи. При всех изученных нормах  $\text{HNO}_3$  (25–75 %) увеличение скорости подачи азотной кислоты примерно в 3 раза при одинаковом значении n приводит к возрастанию высоты пены в среднем в 1,9–2,4 и кратности пены в 1,5–1,6 раза, соответственно.

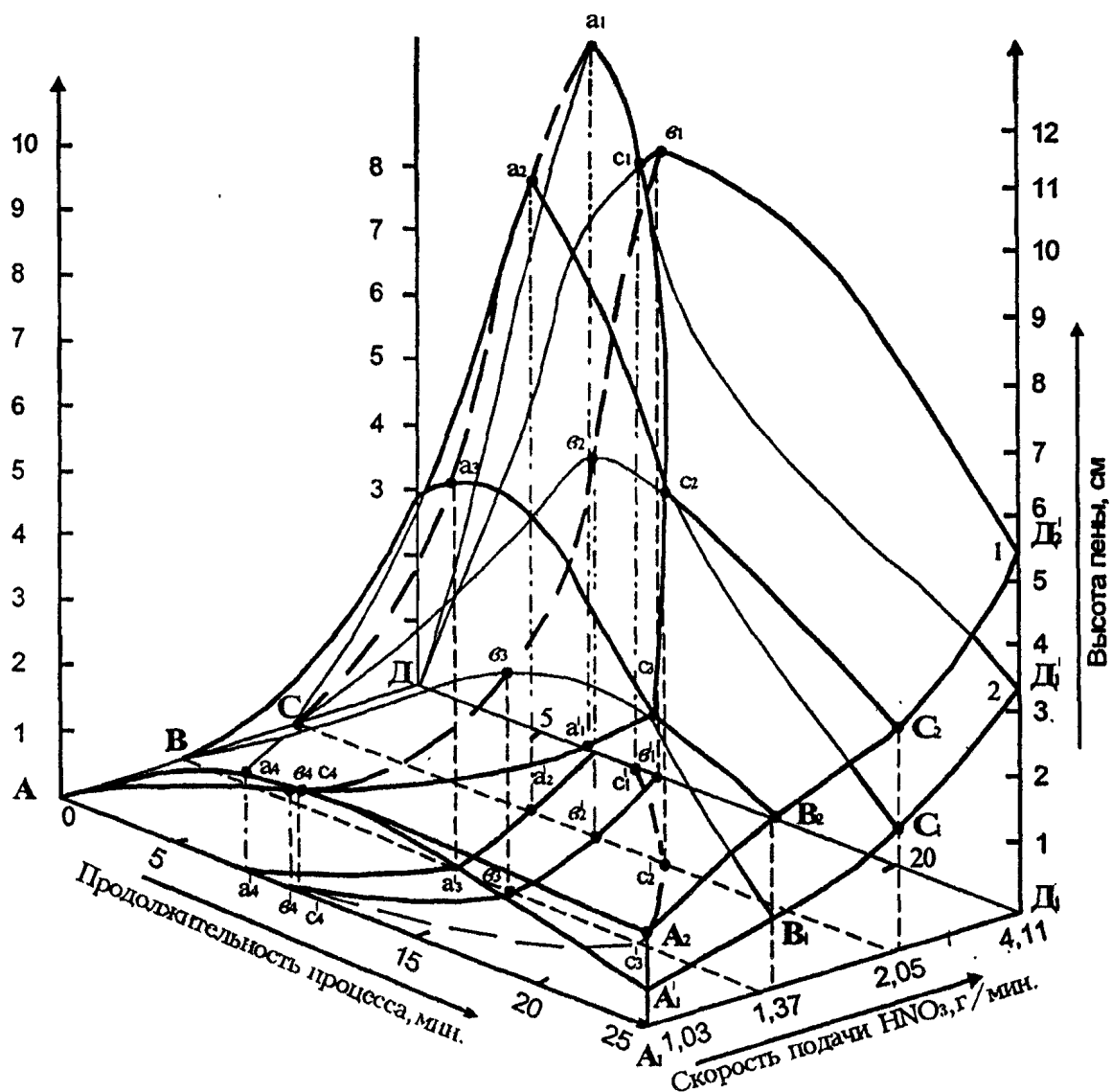
Из данных таблицы видно, что сначала процесс пенообразования идет с нарастанием, а после достижения максимума начинается разложение пены. Пенообразование увеличивается с возрастанием нормы азотной кислоты, а кратность пены - с увеличением нормы кислоты и скорости ее подачи и уменьшается с ростом числа оборотов мешалки.

На рисунке 1 приведены зависимости высоты пены от скорости подачи азотной кислоты и продолжительности процесса при норме кислоты 37 и 50 % из которого видно, что с повышением нормы  $\text{HNO}_3$  и скорости ее подачи, интенсивность образования пены изменяется по кривым  $a'_1$ ,  $a'_2$ ,  $a'_3$ ,  $a'_4$  и  $b'_1$ ,  $b'_2$ ,  $b'_3$ ,  $b'_4$ , лежащим на плоскости А, Д,  $A_1$ ,  $D_1$ .

Таблица 1.

**Влияние технологических параметров  
на процесс разложения фосфоритов ЦК азотной кислотой**

| <b>Норма<br/>HNO<sub>3</sub>, %</b> | <b>Скорость подачи<br/>HNO<sub>3</sub>, г/мин</b> | <b>Скорость вращения<br/>мешалки, об/мин</b> | <b>Высота<br/>пен, см</b> | <b>Кратность<br/>пен</b> |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 25                                  | 4,11                                              | 750                                          | 8,00                      | 3,05                     |
| 25                                  | 1,37                                              | 750                                          | 4,00                      | 2,03                     |
| 25                                  | 4,11                                              | 1000                                         | 5,50                      | 2,41                     |
| 25                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 2,30                      | 1,59                     |
| 25                                  | 4,11                                              | 1500                                         | 3,25                      | 1,83                     |
| 25                                  | 1,37                                              | 1500                                         | 1,50                      | 1,38                     |
| 30                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 2,90                      | 1,74                     |
| 35                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 3,60                      | 1,92                     |
| 37                                  | 4,11                                              | 750                                          | 13,00                     | 4,33                     |
| 37                                  | 1,37                                              | 750                                          | 7,00                      | 2,79                     |
| 37                                  | 4,11                                              | 1000                                         | 9,50                      | 3,44                     |
| 37                                  | 2,05                                              | 1000                                         | 6,00                      | 2,54                     |
| 37                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 3,80                      | 1,97                     |
| 37                                  | 1,03                                              | 1000                                         | 2,40                      | 1,61                     |
| 37                                  | 4,11                                              | 1500                                         | 6,50                      | 2,67                     |
| 37                                  | 1,37                                              | 1500                                         | 2,40                      | 1,61                     |
| 40                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 4,15                      | 2,06                     |
| 42                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 4,50                      | 2,15                     |
| 42                                  | 4,11                                              | 1500                                         | 7,60                      | 2,95                     |
| 45                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 4,80                      | 2,23                     |
| 50                                  | 4,11                                              | 750                                          | 16,00                     | 5,10                     |
| 50                                  | 1,37                                              | 750                                          | 9,00                      | 3,31                     |
| 50                                  | 4,11                                              | 1000                                         | 11,50                     | 3,95                     |
| 50                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 6,00                      | 2,54                     |
| 50                                  | 4,11                                              | 1500                                         | 8,60                      | 3,20                     |
| 50                                  | 1,03                                              | 1500                                         | 4,40                      | 2,13                     |
| 60                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 6,60                      | 2,69                     |
| 75                                  | 1,37                                              | 750                                          | 15,00                     | 4,85                     |
| 75                                  | 4,11                                              | 750                                          | 23,00                     | 6,89                     |
| 75                                  | 4,11                                              | 1000                                         | 15,60                     | 5,00                     |
| 75                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 8,30                      | 3,13                     |
| 75                                  | 4,11                                              | 1500                                         | 14,50                     | 4,72                     |
| 75                                  | 1,37                                              | 1500                                         | 7,00                      | 2,80                     |
| 85                                  | 1,37                                              | 1000                                         | 9,60                      | 3,46                     |



**Рисунок 1. Зависимость высоты пены от скорости подачи  $\text{HNO}_3$  и продолжительности процесса при норме  $\text{HNO}_3$ , %: 1 – 37; 2 – 50**

С повышением нормы  $\text{HNO}_3$  скорость достижения максимальной высоты пены возрастает. Однако, через определенное время положение плоскостей (1,2), соответствующих нормам 50 и 37 %, меняется местами, т. е. интенсивность пены при норме  $\text{HNO}_3$  37 % выше, чем при 50 %.

Это обосновывается линией  $c_1, c_2, c_3, c_4$  ( $c'_1, c'_2, c'_3, c'_4$ ), которая свидетельствует об увеличении интенсивности выделения диоксида углерода, вследствие чего высота пены получается высокой.

Полученные данные можно с определенной погрешностью перенести и на другие виды низкосортных, высококарбонизированных фосфоритов Центральных Кызылкумов.

Для изучения поведения органических веществ фосфорита при получении удобрений азотно-кислотным разложением низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов были исследованы образцы НФС и минерализованной массы (ММ).

Исследование на содержание различных форм углерода в НФС и ММ проводили на анализаторе PRIMACS<sup>SLC</sup> TOC. Для сравнения изучено содержание различных видов углерода и в мытом обожженном фосконцентрате (МОФК). Полученные результаты приведены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Содержание различных форм углерода в фосфатном сырье**

| № | Наименование сырья | Содержание углерода, масс. % |                 |               |
|---|--------------------|------------------------------|-----------------|---------------|
|   |                    | Собщий                       | Снеорганический | Сорганический |
| 1 | ММ                 | 6,04                         | 4,69            | 1,35          |
| 2 | НФС                | 5,20                         | 4,37            | 0,83          |
| 3 | МОФК               | 1,43                         | 0,87            | 0,56          |

Проведенные исследования показали, что больше всего общего углерода содержится в ММ – 6,04 %. В НФС его содержание составляет 5,20 % и в МОФК – 1,43 %. При этом неорганический углерод составляет большую часть. При получении МОФК относительное снижение общего углерода по сравнению с НФС составляет 72,5 %, неорганического углерода – 80,1 % и органического углерода – 32,5 %, что объясняется нахождением основной части органического и меньшей доли неорганического углерода внутри зерен фторапатита. Несмотря на это даже малое содержание органического углерода существенно влияет на процесс пенообразования и стабилизации пены.

При разложении НФС и ММ азотной кислотой с понижением концентрации и увеличением ее нормы обильное и устойчивое пенообразование сопровождается образованием мелких пузырьков темно-коричневого цвета в отличие от пены, образующейся при фосфорнокислотном разложении, которая имеет более крупные размеры, менее устойчива и более светлого цвета. Особенности влияния органической составляющей фосфоритов на процесс пенообразования при азотно-кислотном разложении объясняется длительностью взаимодействия органических веществ с азотной кислотой.

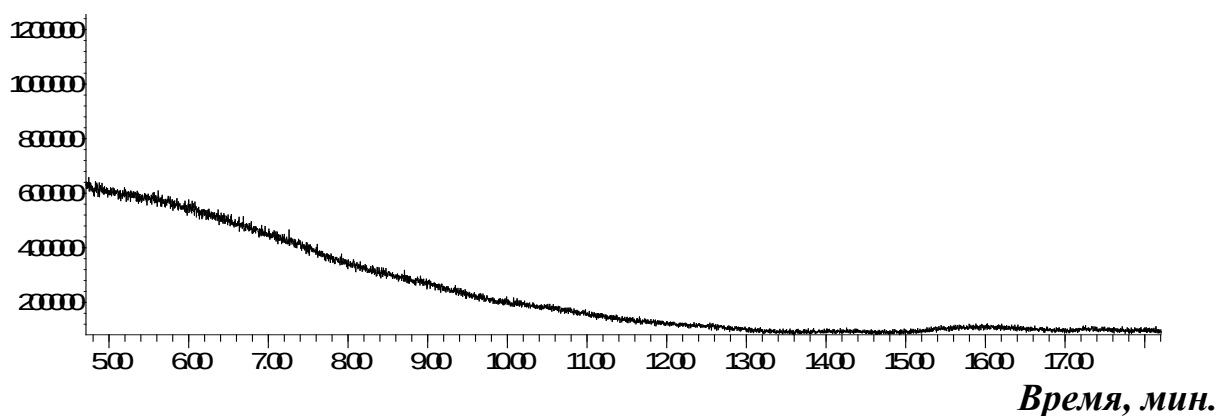
С завершением процесса окисления органического углерода в неорганический кратность пенообразования снижается.

Для изучения поведения органического вещества фосфоритов ЦК при их кислотном разложении получены образцы пенного продукта и продуктов разложения различных образцов фосфоритов ЦК азотной кислотой.

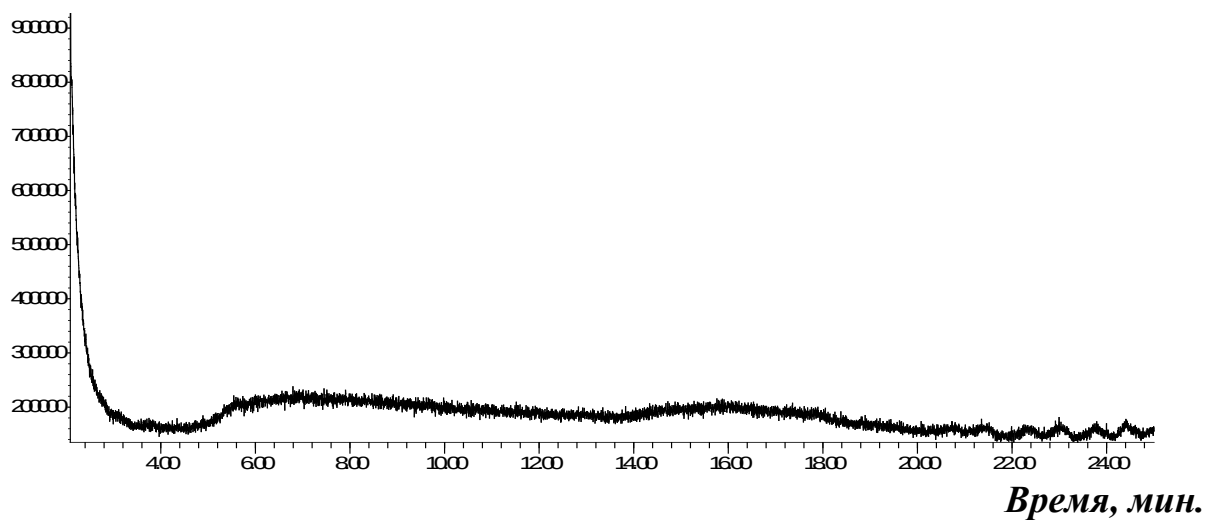
Исследованиям подвергли нейтрализованные газообразным аммиаком, высушенные продукты кислотного разложения, высушенные пенные продукты и исходное фосфатное сырье – ММ, НФС и МОФК.

Для установления поведения органической составляющей образцов готовили ацетоновые и спиртовые экстракты продуктов кислотного разложения НФС после аммонизации и сушки (обр. № 1), высушенные пенные продукты (обр. № 2) и исходное необогащенное фосфатное сырье (обр. № 3).

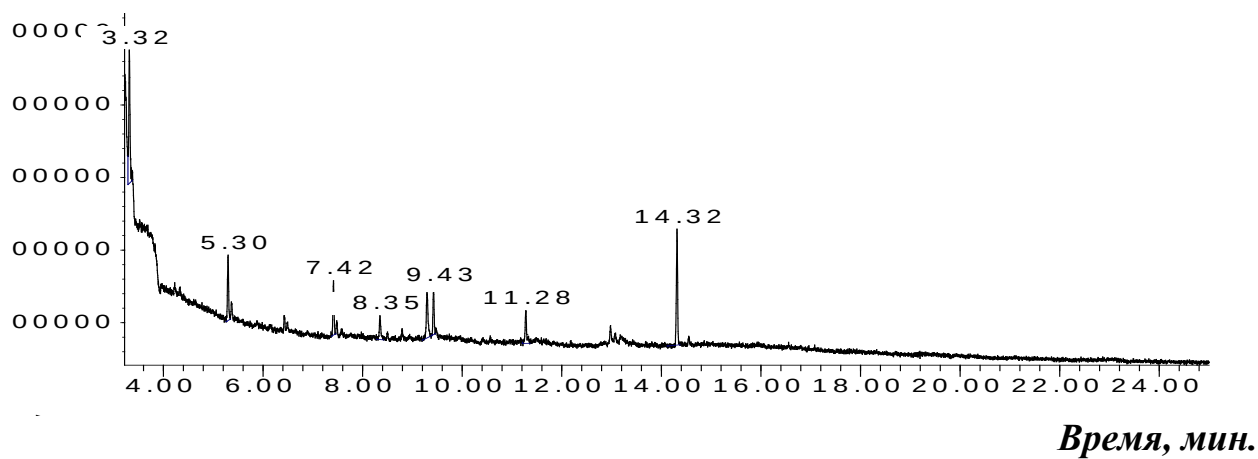
Хромато-масс-спектрометрические исследования осуществляли на газовом хроматографическом комплексе Agilent 6890В с масс-селективным детектором Agilent 5973 inert, энергия ионизации – 70 эВ (температура ионного источника 230°C).



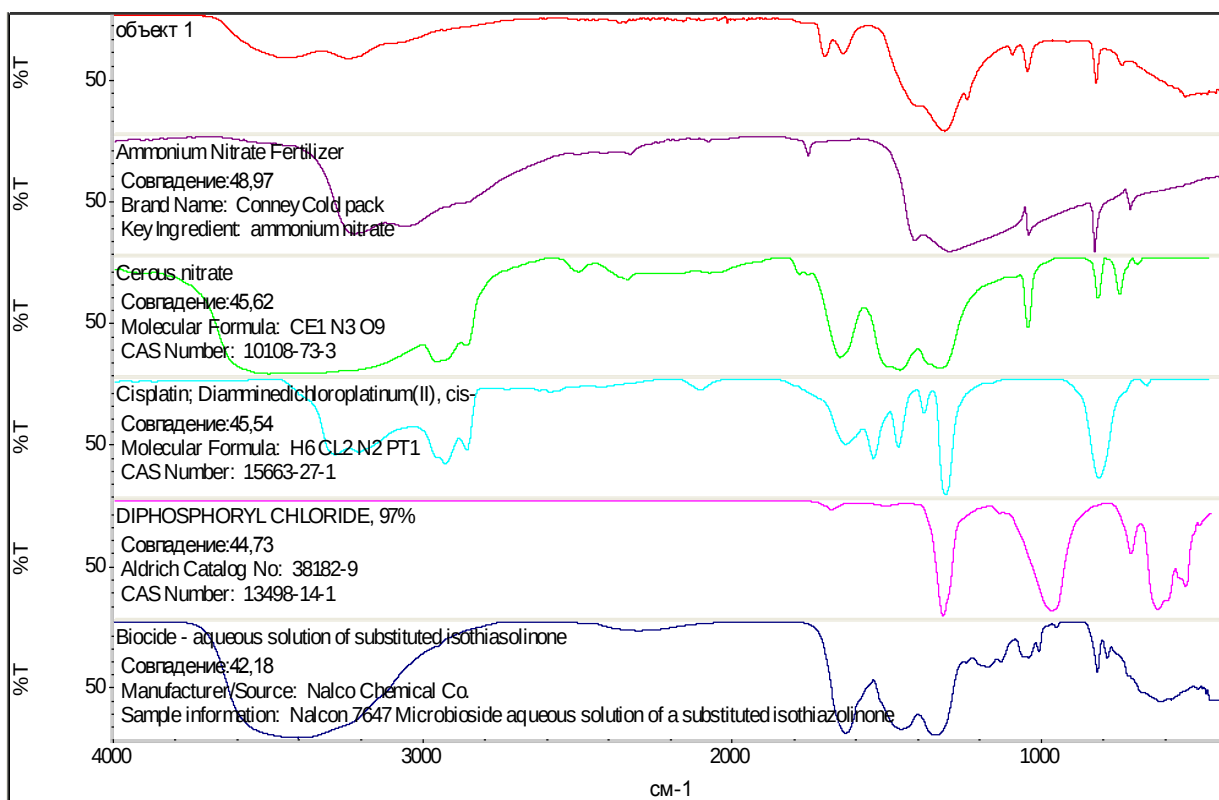
**Рисунок 2. Хромато - масс - спектр аммонизированного продукта разложения НФС азотной кислотой**



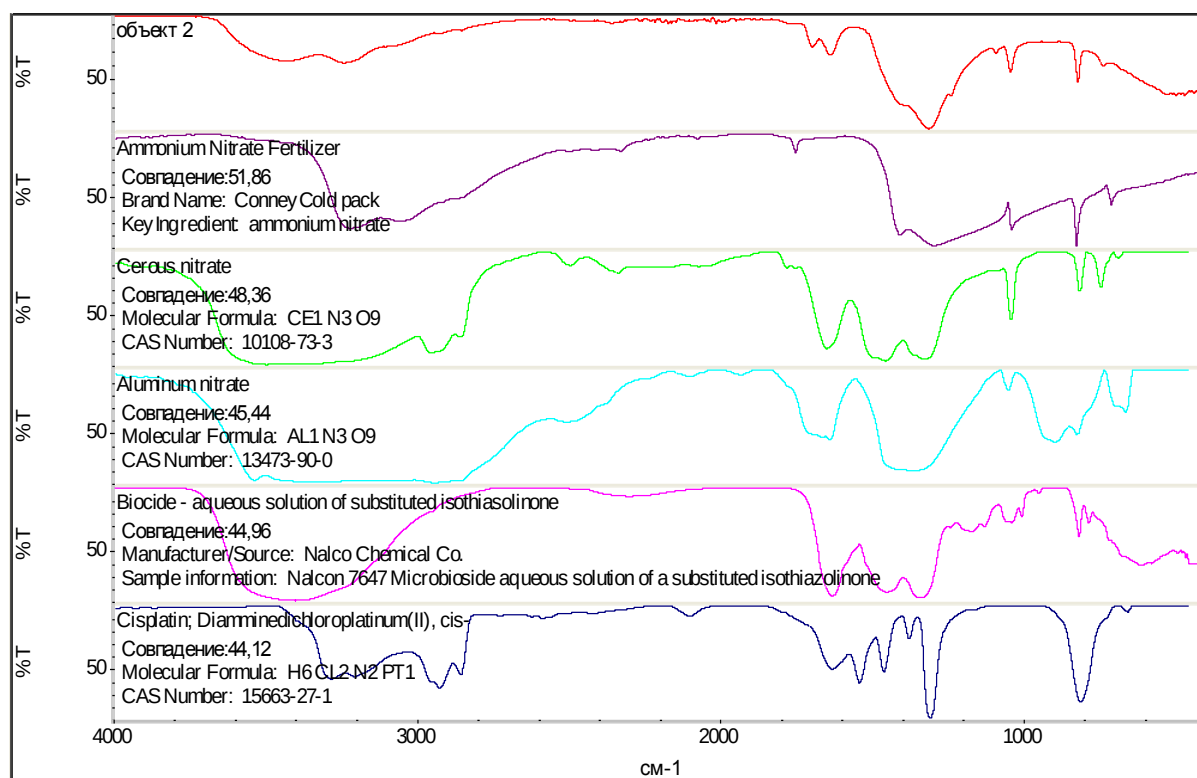
*Рисунок 3. Хромато масс- спектр пенного продукта  
разложения НФС азотной кислотой*



*Рисунок 4. Хромато - масс - спектр НФС*



**Рисунок 5. ИК-спектр аммонизированного продукта разложения НФС азотной кислотой и стандартных спектров из библиотеки прибора**



**Рисунок 6. ИК-спектр пенного продукта разложения НФС азотной кислотой и стандартных спектров из библиотеки прибора**

Разделение проводили на капиллярной колонке HP-5ms 30 м x 0,32 мм с толщиной неподвижной фазы 0.50 мкм (Agilent, США). В качестве газа – носителя использовали гелий; поток газа - носителя – 1,1 мл/мин, режим ввода – Split 1:20. Разделение проводили в режиме программирования температуры: изотерма 170°C в течение 4 мин, нагрев до 280°C со скоростью 5°C/мин, изотерма 280° 15 мин. Температура испарителя – 280°C, объем вводимой пробы 4 мкл. Температура интерфейса детектора 300°C.

На рисунках 2-4 приведены данные хромато-масс-спектрометрического анализа. В образцах 1 и 2 органических веществ не обнаружено. В образце 3 имеются 8 пиков, характерных для углеводов.

Самое простое вещество, которое появилось первым на спектре через 3,32 минуты, является 2-додецен, следующий пик 5,30 соответствует гексадецену. Пик полученный через 7,42 минут соответствует 1-докозону. Пики, полученные через 8,35, 9,29, 14,32 минут соответствуют дибутиловому и изобутиловому эфирам, 1,2 бензенидикарбоновой кислоте. Пик при 11,28 мин соответствует  $\alpha$  - октадецилену.

С целью установления вида осадков ацетоновые экстракты образцов 1 и 2 высушивали и анализировали на ИК - спектрометре «Agilent Technology FTIR-640» при следующих условиях: диапазон регистрации 4000–400 см<sup>-1</sup>, количество сканов – 12 (рис. 5 и 6).

На спектрах образцов 1 и 2 выявлены спектры с характеристическими полосами пропускания, обусловленными валентными колебаниями функциональных групп, характерных для структуры нитрата аммония, что также подтверждено сравнением со стандартными спектрами из библиотеки прибора.

На ИК-спектрах продукты разложения и пенные продукты содержат нитрат аммония, нитраты металлов –  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , а также изотиазолин и дифосфорилхлорид.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при азотно-кислотном разложении ММ и НФС ЦК на высоту и кратность пены существенное влияние оказывают концентрация, норма кислоты, скорость ее

подачи и вращение мешалки. Содержание органического углерода больше всего в минерализованной массе фосфатного сырья и при азотно-кислотном разложении органический углерод окисляется в неорганический и органический углерод отсутствует. Продуктами разложения являются соли азотной кислоты.

### **Список литературы:**

1. Абдурахманов Э. Фосфориты Центральных Кызылкумов и переработке их на удобрения азотнокислотным методом. Дисс... канд. техн. наук. – Ташкент, 1986. – 155 с.
2. Асамов Д.Д., Мирзакулов Х.Ч. Нетрадиционная технология переработки высококарбонизированных фосфоритов Центральных Кызылкумов. / Химия и химическая технология. 2006. № 2. С. 23–25.
3. Комплексная азотнокислотная переработка фосфатного сырья. / А.Л. Гольдинов, Б.А. Копылев, О.Б. Абрамов, Б.А. Дмитриевский; Под. ред. А.Л. Гольдинова и Б.А. Копылева. – Л.: Химия, 1982. – 207 с.
4. Мирзакулов Х.Ч., Производство медленнодействующих фосфорсодержащих удобрений на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов. // Химия и химическая технология. 2006. № 2. С. 11–15.
5. Мирзакулов Х.Ч., Шамаев Б.Э., Бардин С.В. Исследование процесса получения концентрированного фосфорного удобрения из необогащенной руды и мытого концентрата. // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2006. – № 4. – С. 53–56.
6. Мирзакулов Х.Ч., Бардин С.В., Шамаев Б.Э. Технология производства активированных фосфорных удобрений из высококарбонизированных фосфоритов Центральных Кызылкумов. // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2007. – № 1. – С. 2–5.
7. Набиев М.Н. Азотнокислотная переработка фосфатов. В 2-х томах. Ташкент. Изд-во «Фан», 1976, 820 с.

8. Реймов А.М., Эркаев А.У., Мирзакулов Х.Ч., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. О процессе разложения фосфоритов Центральных Кызылкумов при неполной норме азотной кислоты. // Узбекский химический журнал. 2001. № 3. С. 64–66.

## References:

1. Abduraxmanov E. Phosphorites of Central Kyzylkum and their processing to fertilizers with nitric acid method. Cand. tech. sci. diss. Tashkent, 1986. 155 p. (In Russian).
2. Asamov D.D., Mirzakulov Kh.Ch. Nonconventional technology of processing high carbonated phosphorites of Central Kyzylkum. Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia [Chemistry and chemical technology]. 2006. no. 2. pp. 23–25. (In Russian).
3. Goldinov A.L., Kopylev B.A., Abramov O.B., Dmitrevsky B.A. Complex nitric acid processing of phosphatic raw materials. Leningrad, Khimiia Publ., 1982. 207 p. (In Russian).
4. Mirzakulov Kh.Ch. Manufacture of slow-acting phosphor contents fertilizers on the basis of phosphorites of Central Kyzylkum. Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia [Chemistry and chemical technology]. 2006. no. 2. pp. 11–15. (In Russian).
5. Mirzakulov Kh.Ch., Shamaev B.E., Bardin S.V. Research of process of reception of the concentrated phosphoric fertilizer from not enriched ore and a washed concentrate. Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia [Chemistry and chemical technology]. Tashkent, 2006. no. 4. pp. 53–56. (In Russian).
6. Mirzakulov Kh.Ch., Bardin S.V., Shamaev B.E. Technology of production of the activated phosphoric fertilizers from high carbonated phosphorites of Central Kyzylkum. Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia [Chemistry and chemical technology]. Tashkent, 2007. no. 1. pp. 2–5. (In Russian).
7. Nabiev M.N. Nitric acid processing of phosphates. Tashkent. Fan Publ., 1976, 820 p. (In Russian).

8. Reymov A.M., Erkaev A.U., Mirzakulov Kh.Ch., Namazov S.S., Beglov B.M. About process of decomposition of phosphorites of Central Kyzylkum at incomplete norm of nitric acid. *Uzbekskii khimicheskii zhurnal* [The Uzbek chemical magazine]. 2001. no. 3. pp. 64–66. (In Russian).