

6-28-2018

## Processing off-balanced ore from central kyzylkum in enriched superphosphate and ammophosphate fertilizers

A.A Rasulov

*Senior Research Fellow at INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY OF THE ACADEMY OF SCIENCES, THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN;*

O.A Badalova

*Junior Researcher, Phosphate Fertilizer Laboratory INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY OF THE ACADEMY OF SCIENCES, THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN*

Sh.S Namazov

*Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. laboratory of phosphate fertilizers IGIC AS RUz, honored inventor and rationalizer of the RUz;*

A.R Seytnazarov

*Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher IGIC AS RUz;*

B.M Beglov

*академик АН РУз, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РУз, главный научный сотрудник ИОНХ РУз;Тел. (99871) 262-01-02;; begloff@mail.ru*

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

 Part of the [Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Rasulov, A.A; Badalova, O.A; Namazov, Sh.S; Seytnazarov, A.R; and Beglov, B.M (2018) "Processing off-balanced ore from central kyzylkum in enriched superphosphate and ammophosphate fertilizers," *Chemical Technology, Control and Management*. Vol. 2018 : Iss. 2 , Article 1. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2018/iss2/1>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

---

## Processing off-balanced ore from central kyzylkum in enriched superphosphate and ammophosphate fertilizers

### Cover Page Footnote

Tashkent State Technical University, SSC «UZSTROYMATERIALY», SSC «UZKIMYOSANOAT», JV «SOVPLASTITAL», Agency on Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan

### Erratum

?????



УДК 661.632:14

**A.A.RASULOV, O.A.BADALOVA, SH.S.NAMAZOV, A.R.SEYTNAZAROV,  
B.M.BEGLOV, U.K.ALIMOV**
**PROCESSING OFF-BALANCED ORE FROM CENTRAL KYZYLKUM IN ENRICHED  
SUPERPHOSPHATE AND AMMOPHOSPHATE FERTILIZERS**

*Марказий Қизилқум минераллашган массасининг (ММ) фосфорсульфат-кислотали парчалаш маҳсулотларини суюқ ва қаттиқ фазаларга ажратиш йўли билан икки турдаги маҳсулот олиш жараёнлари ўрганилган. Бунда ЭФК : ММ оғирлик нисбати 100:15 ни таъкил этади,  $H_2SO_{4\text{мнғ}}$  миқдори эса 2г дан 5г гача ўзгаради. Компонентларнинг ( $P_2O_5$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $N$ ,  $SO_3$ ) фазалар бўйича тақсимланиш даражалари ҳисобланган. Парчалаш маҳсулотларининг суюқ қисмидан яхши физик-кимёвий хоссаларга эга бойитилган суперфосфат, суюқ қисмидан эса сифати жиҳатдан аммофосдан анча устун бўлган концентратцияланган аммофосфат олиниши кўрсатилган.*

**Таянч сўзлар:** минераллашган масса, экстракцион фосфор кислотаси, сульфат кислотаси, аммиак, бойитилган суперфосфат, аммофосфат.

*Изучен процесс получения двух видов удобрений путем разделения на жидкую и твердую фазы продуктов фосфорносернокислотного разложения минерализованной массы (ММ) Центральных Кызылкумов. При этом массовое соотношение ЭФК : ММ составляет 100:15, а количество  $H_2SO_{4\text{мнғ}}$  меняется от 2 до 5г. Рассчитаны степени распределения компонентов ( $P_2O_5$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $N$ ,  $SO_3$ ) по фазам. Показано, что из твердой части продуктов разложения получается обогащенный суперфосфат с хорошими физико-химическими свойствами, а из жидкой части – концентрированный аммофосфат, по качеству значительно превосходящий аммофос.*

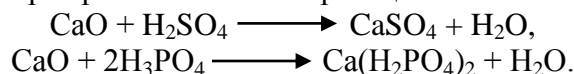
**Ключевые слова:** минерализованная масса, экстракционная фосфорная кислота, серная кислота, аммиак, обогащенный суперфосфат, аммофосфат.

*Process of receiving two types of fertilizers by division into liquid and solid phases of products of fosfornosernokislotny expansion of the mineralized mass (ММ) Central Kyzylkumov is studied. In that case, mass ratio WPA : ММ was 100:15 while amount of  $H_2SO_{4\text{мнғ}}$  ranged 2 to 5 g. The distribution rate of components ( $P_2O_5$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $N$ ,  $SO_3$ ) on phases was estimated. It was shown that the enriched superphosphate with good physicochemical properties could be obtained from the solid phase while concentrated ammophosphate exceeding ammophos by quality considerably based on the liquid phase.*

**Keywords:** mineralized mass, wet-processing phosphoric acid, sulphuric acid, ammonia, enriched superphosphate, ammophosphate.

Ранее [1] нами уже изучался процесс получения обогащенного суперфосфата и аммофосфата путем разделения на жидкую и твердую фазы продуктов фосфорно-сернокислотного разложения минерализованной массы (ММ) – забалансовой фосфоритной руды Центральных Кызылкумов. В настоящее время в отвалах Кызылкумского фосфоритового комплекса накоплено более 13 млн. тонн ММ и пока нет приемлемой технологии для её переработки. В экспериментах в качестве исходных материалов использовалась ММ состава (вес. %): 15,12  $P_2O_5$ ; 48,43  $CaO$ ; 1,10  $Al_2O_3$ ; 0,89  $Fe_2O_3$ ; 0,30  $MgO$ ; 3,53  $SO_{3\text{общ.}}$ ; 15,16  $CO_2$ ;  $CaO : P_2O_5 = 3,2$ ;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  по 2% лим. к-те 4,76;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  трил. Б 13,82; 6,20 нерастворимого остатка;  $pH = 8,1$ ; экстракционная фосфорная кислота (ЭФК), полученная из мытого обожженного фосфоконцентрата (26%  $P_2O_5$ ) дигидратным способом на АО «Аммофос-Максам», состава (вес. %): 17,92  $P_2O_5$ ; 0,21  $CaO$ ; 0,30  $MgO$ ; 0,56  $Al_2O_3$ ; 0,45  $Fe_2O_3$ ; 1,83  $SO_{3\text{общ.}}$ ; 1,53  $SO_{3\text{своб.}}$  и серная кислота 93,5 %-ной концентрации. В опытах массовое

соотношение ЭФК :  $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{мнг}}$  : ММ варьировали от 100 : 2 : 10 до 100 : 10 : 10. Норму смеси кислот для разложения фосфатного сырья рассчитывали по реакции:



Опыты проводили следующим образом: в термостатированный стакан заливали определенное количество смеси кислот и при постоянном перемешивании мешалкой туда же медленно дозировали навеску ММ. Продолжительность взаимодействия компонентов составляла 45 минут при 70°C. Затем кислые фосфорнокислотногоипсовые пульпы нейтрализовали газообразным аммиаком до pH = 2,0; 2,5 и 3,0. После чего эти аммонизированные пульпы разделяли на жидкую и твердую фазы методом фильтрации под вакуумом. Оставшийся на фильтре осадок высушивали вместе с фильтровальной бумагой в сушильном шкафу, сначала при 60°C, затем при 90°C до постоянной массы. Фильтрат, то есть жидкую фазу дополнительно аммонизировали до pH – 5,0 и сушили также последовательно при 60 и 90°C. Гранулирование как твердой, так и жидкой фазы осуществляли в процессе сушки методом интенсивного размешивания и окатывания. Высушенные продукты анализировали на содержание различных компонентов по общепринятым методикам [2]. Усвояемую форму  $\text{P}_2\text{O}_5$  определяли по растворимости как в лимонной кислоте, так и в растворе трилона Б. Усвояемую форму CaO - по лимонной кислоте. На основе данных химического анализа твердой и жидкой фазы были рассчитаны степени распределения компонентов ( $\text{P}_2\text{O}_5$ , CaO, MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , N,  $\text{SO}_3$ ) по фазам.

Таблица 1

**Степень распределения компонентов аммонизированной фосфатной пульпы на жидкую и твердую фазы**

| Массовое соотношение ЭФК: $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{мнг}}$ : ММ | pH пульпы | Фазы                                   | Степень распределения компонентов, вес. % (Суммарно 100%) |       |       |                         |                         |               |       |
|--|-----------|--|---|-------|-------|-------------------------|-------------------------|---------------|-------|
|  |           |  | $\text{P}_2\text{O}_5$                                    | CaO   | MgO   | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{SO}_3$ | N     |
| 100:2:15   | pH=2,0    | Твердая фаза (обогащенный суперфосфат) | 38,83   | 72,42 | 63,77 | 37,50                   | 41,38                   | 79,35         | 10,94 |
|  | pH=2,5    |  | 43,73   | 73,49 | 78,26 | 59,72                   | 68,42                   | 76,0          | 21,03 |
|  | pH=3,0    |  | 47,65   | 79,12 | 87,21 | 75,97                   | 89,66                   | 65,84         | 31,04 |
|  | pH=2,0    | Жидкая фаза (аммофосфат)               | 61,17   | 27,58 | 36,23 | 62,50                   | 58,62                   | 20,65         | 89,06 |
|  | pH=2,5    |  | 56,27   | 26,51 | 21,74 | 40,28                   | 31,58                   | 24,0          | 78,97 |
|  | pH=3,0    |  | 52,35   | 20,88 | 12,79 | 24,03                   | 10,34                   | 34,16         | 68,96 |
| 100:3:15   | pH=2,0    | Твердая фаза (обогащенный суперфосфат) | 37,99   | 74,30 | 43,48 | 38,73                   | 41,38                   | 82,74         | 11,54 |
|  | pH=2,5    |  | 46,11   | 79,79 | 75,14 | 61,38                   | 67,24                   | 79,58         | 25,79 |
|  | pH=3,0    |  | 45,07   | 78,45 | 81,40 | 75,34                   | 84,48                   | 76,97         | 31,32 |
|  | pH=2,0    | Жидкая фаза (аммофосфат)               | 62,01   | 25,70 | 56,52 | 61,27                   | 58,62                   | 17,26         | 88,46 |
|  | pH=2,5    |  | 53,89   | 20,21 | 24,86 | 38,62                   | 32,76                   | 20,42         | 74,21 |
|  | pH=3,0    |  | 54,93   | 21,55 | 18,60 | 24,66                   | 15,52                   | 23,03         | 68,68 |
| 100:5:15   | pH=2,0    | Твердая фаза (обогащенный суперфосфат) | 37,49   | 74,83 | 31,98 | 25,79                   | 25,86                   | 86,96         | 15,22 |
|  | pH=2,5    |  | 44,97   | 79,92 | 68,70 | 46,97                   | 50,0                    | 83,0          | 26,98 |
|  | pH=3,0    |  | 46,90   | 84,20 | 78,26 | 60,14                   | 60,34                   | 81,42         | 36,12 |
|  | pH=2,0    | Жидкая фаза (аммофосфат)               | 62,51   | 25,17 | 68,02 | 74,21                   | 74,14                   | 13,04         | 84,78 |
|  | pH=2,5    |  | 55,03   | 20,08 | 31,30 | 53,03                   | 50,0                    | 17,0          | 73,02 |
|  | pH=3,0    |  | 53,10   | 15,80 | 21,74 | 39,86                   | 39,66                   | 20,58         | 63,88 |

Показано, что при ЭФК :  $H_2SO_4$  : ММ = 100 : 5 : 10 и рН пульпы от 2,0 до 3,0 на основе твердой части пульпы получают образцы обогащенного суперфосфата с показателями (вес. %):  $P_2O_{5общ.}$  29,66-31,39;  $CaO_{общ.}$  14,68-16,90;  $SO_{3общ.}$  15,90-19,80;  $P_2O_{5усл.} : P_2O_{5общ.}$  по лим. к-те = 98,75-100;  $P_2O_{5усл.} : P_2O_{5общ.}$  по трил. Б = 97,41-99,41;  $P_2O_{5водн.} : P_2O_{5общ.}$  74,20-84,42;  $CaO_{усл.} : CaO_{общ.}$  = 90,82-96,59; азота 4,75-5,30 и вполне пригодных в качестве эффективного одинарного фосфорного удобрения для внесения под яблечную пахоту. А из жидкой фазы пульпы получены образцы аммофосфата состава (вес. %):  $P_2O_{5общ.}$  от 52,16 до 54,31;  $P_2O_{5усл.}$  по лим. к-те от 50,93 до 51,6;  $P_2O_{5усл.}$  по трил. Б от 49,37 до 49,35;  $P_2O_{5водн.}$  от 45,19 до 48,08;  $CaO_{общ.}$  от 2,38 до 3,57;  $CaO_{усл.}$  от 2,31 до 3,39; N от 10,61 до 12,31 и  $SO_{3общ.}$  от 3,67 до 9,34; сумма питательных компонентов ( $N + P_2O_{5усл.} + CaO_{усл.} + SO_3$ ) от 68,6 до 75,6%.

С целью вовлечения наибольшего количества минерализованной массы в процессе получения обогащенного суперфосфата и аммофосфата в данной работе массовое соотношение ЭФК : ММ увеличили с 100 : 10 до 100 : 15, при этом количество серной кислоты варьировали от 2 до 5г  $H_2SO_{4мнг.}$  Методика проведения экспериментов аналогична методике в работе [1].

В таблице 1 приведена степень распределения компонентов частично аммонизированной фосфорнокислотного гипсовой пульпы (до рН 2,0; 2,5 и 3,0) на жидкую и твердую фазы, то есть на два вида продукта. Из неё видно, что по мере повышения рН аммонизированных фосфатных пульп постепенно возрастает степень перехода  $P_2O_5$ , CaO, MgO,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  и N в твердую фазу, а  $SO_3$  наоборот падает. К тому же степень перехода последнего в жидкую фазу с уменьшением массовой доли серной кислоты заметно возрастает. Для всех массовых соотношений ЭФК :  $H_2SO_{4мнг.}$  : ММ наблюдается аналогичная картина. Это объясняется тем, что присутствующая в исходной ЭФК свободная  $H_2SO_4$  сначала вступает в реакцию с фосфатным сырьем, образуя  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , затем в процессе аммонизации фосфорнокислотного гипсовой пульпы частично переходит в водорастворимый сульфат аммония по реакции:

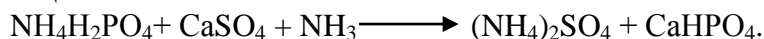


Таблица 2

Состав образцов обогащенного суперфосфата, полученных из твердой фазы пульпы

| Содержание компонентов, вес. %                              | Массовое соотношение ЭФК : $H_2SO_{4мнг.}$ : ММ |       |       |                         |       |       |                         |       |       |
|---|---|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
|   | 100 : 2 : 15                                    |       |       | 100 : 3 : 15            |       |       | 100 : 5 : 15            |       |       |
|   | рН пульпы до разделения                         |       |       | рН пульпы до разделения |       |       | рН пульпы до разделения |       |       |
|   | 2,0   | 2,5   | 3,0   | 2,0                     | 2,5   | 3,0   | 2,0                     | 2,5   | 3,0   |
| рН высушенного продукта                                     | 3,06  | 3,13  | 3,26  | 3,02                    | 3,09  | 3,16  | 2,89                    | 3,08  | 3,34  |
| $P_2O_{5общ.}$  | 33,72   | 34,42 | 35,90 | 30,94                   | 32,85 | 35,08 | 30,03                   | 31,46 | 33,63 |
| N   | 1,87  | 3,18  | 4,88  | 2,05                    | 3,75  | 5,03  | 2,84                    | 4,01  | 5,23  |
| $P_2O_{5усл.}$ по лим. к-те                                 | 27,36   | 30,03 | 35,14 | 27,19                   | 29,12 | 34,14 | 26,03                   | 28,98 | 32,99 |
| $P_2O_{5усл.}$ по трил. Б                                   | 21,92   | 26,14 | 34,27 | 22,77                   | 25,66 | 32,88 | 22,33                   | 26,20 | 32,25 |
| $P_2O_{5водн.}$   | 25,86   | 24,53 | 22,05 | 24,91                   | 23,63 | 21,82 | 25,01                   | 23,51 | 20,71 |
| $CaO_{общ.}$  | 23,45   | 21,41 | 22,05 | 22,38                   | 21,30 | 20,99 | 22,19                   | 20,37 | 20,04 |
| $CaO_{усл.}$  | 20,90   | 19,64 | 20,87 | 18,29                   | 17,71 | 17,68 | 17,35                   | 16,32 | 16,18 |
| $SO_{3общ.}$  | 13,72   | 11,83 | 9,86  | 16,07                   | 13,49 | 13,65 | 22,21                   | 18,59 | 17,95 |
| $\frac{P_2O_{5усл.}}{P_2O_{5общ.}} \times 100$ по лим. к-те | 81,14   | 87,25 | 97,88 | 87,88                   | 88,65 | 97,32 | 86,68                   | 92,12 | 98,10 |

|  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\frac{P_2O_{5\text{ усв}}}{P_2O_{5\text{ общ}}} \times 100$<br>по трил. Б | 80,12 | 87,04 | 97,52 | 83,74 | 88,12 | 96,32 | 85,78 | 90,41 | 97,76 |
| $\frac{P_2O_{5\text{ водн}}}{P_2O_{5\text{ общ}}} \times 100$              | 76,69 | 71,27 | 61,42 | 80,51 | 71,93 | 62,20 | 83,28 | 74,73 | 61,58 |
| $\frac{CaO_{\text{ усв.}}}{CaO_{\text{ общ}}} \times 100$                  | 89,13 | 91,73 | 94,65 | 81,72 | 83,15 | 84,23 | 78,19 | 80,12 | 80,74 |

Чем выше pH пульпы, тем интенсивнее протекает реакция конверсии сульфата кальция в сульфат аммония и дикальцийфосфат. Так, при соотношении ЭФК : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : ММ = 100 : 2 : 15 повышение pH аммонизированной пульпы с 2,0 до 3,0 приводит к увеличению степени перехода P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в твердую фазу от 38,83 до 47,65%, CaO от 72,42 до 79,12%, MgO от 63,77 до 87,21%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 37,5 до 75,94%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 41,38 до 89,66%, N от 10,94 до 31,04% и к снижению перехода SO<sub>3</sub> от 79,35 до 65,84%. А при ЭФК : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : ММ = 100 : 5 : 15 эти показатели меняются от 37,49 до 46,9%, от 74,83 до 84,2%, от 31,98 до 78,26%, от 25,79 до 60,14%, от 25,86 до 60,34%, от 15,22 до 36,12%, от 86,96 до 81,42% соответственно. С повышением pH пульпы уменьшение степени переходов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в жидкую фазу объясняется тем, что при относительно повышенных значениях pH пульпы происходит появление водонерастворимых солей, но цитратнорастворимых форм дикальций-, димагнийфосфатов и комплексных солей полуторных окислов, выпадающих в осадок при аммонизации экстракционной фосфорной кислоты. При pH кислоты больше 2 в твердой фазе появляется (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(Fe,Al)\*Mg(HPO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>F<sub>3</sub> [3-5].

В таблице 2 приведены составы высушенных образцов обогащенного суперфосфата, полученных на основе твердой части пульпы, а в таблице 3 аммофосфатного удобрения на основе доаммонизации жидкой части пульпы.

Таблица 3

**Состав образцов аммофосфатных удобрений, полученных из жидкой фазы пульпы с последующей аммонизацией до pH = 5,0**

| Содержание компонентов, вес. %   | Массовое соотношение ЭФК : H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : ММ |       |       |                         |       |       |                         |       |       |
|--|--|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
|  | 100 : 2 : 15   |       |       | 100 : 3 : 15            |       |       | 100 : 5 : 15            |       |       |
|  | pH пульпы до разделения  |       |       | pH пульпы до разделения |       |       | pH пульпы до разделения |       |       |
|  | 2,0  | 2,5   | 3,0   | 2,0                     | 2,5   | 3,0   | 2,0                     | 2,5   | 3,0   |
| pH высушенного продукта  | 5,06   | 5,07  | 5,11  | 4,99                    | 5,01  | 5,04  | 5,02                    | 5,06  | 5,07  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.   | 49,78  | 50,87 | 52,41 | 51,21                   | 52,33 | 52,61 | 51,27                   | 53,71 | 54,24 |
| N  | 14,11  | 13,80 | 14,42 | 16,35                   | 14,35 | 14,54 | 17,11                   | 14,52 | 14,65 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв. по лим. к-те                              | 49,04  | 49,81 | 50,07 | 50,84                   | 51,43 | 51,27 | 51,14                   | 52,97 | 53,26 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв. по трил. Б                                | 48,97  | 49,63 | 49,87 | 50,61                   | 51,16 | 51,02 | 51,04                   | 52,76 | 52,93 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> водн.  | 42,65  | 43,78 | 45,61 | 44,26                   | 45,68 | 46,13 | 44,73                   | 47,86 | 49,03 |
| CaOобщ.  | 8,34   | 8,24  | 7,75  | 8,03                    | 7,81  | 7,65  | 7,97                    | 6,96  | 5,99  |
| CaOусв.  | 7,96   | 7,81  | 7,17  | 7,75                    | 7,46  | 7,23  | 7,76                    | 6,74  | 5,69  |
| SO <sub>3</sub> общ.   | 3,35   | 4,30  | 6,79  | 3,45                    | 4,60  | 5,41  | 3,58                    | 5,10  | 4,09  |
| $\frac{P_2O_{5\text{ усв}}}{P_2O_{5\text{ общ}}} \times 100$<br>по лим. к-те | 98,51  | 97,92 | 95,54 | 99,28                   | 98,28 | 97,45 | 99,75                   | 98,62 | 98,19 |
| $\frac{P_2O_{5\text{ усв}}}{P_2O_{5\text{ общ}}} \times 100$                 | 98,37  | 97,56 | 95,15 | 98,83                   | 97,76 | 96,98 | 99,55                   | 98,23 | 97,58 |

| по трил. Б  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\frac{P_2O_{5\text{водн.}}}{P_2O_{5\text{общ.}}} \times 100$ | 85,68 | 86,06 | 87,03 | 86,43 | 87,29 | 87,68 | 87,24 | 89,11 | 90,39 |
| $\frac{CaO_{\text{усв.}}}{CaO_{\text{общ.}}} \times 100$      | 95,44 | 94,78 | 92,52 | 96,51 | 95,52 | 94,51 | 97,37 | 96,84 | 94,99 |

В России ОАО «ДАГФОС» производит обогащенный суперфосфата со следующими показателями (вес. %):  $P_2O_{5\text{общ.}}$  не менее 29%;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  не менее 90%;  $P_2O_{5\text{водн.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  не менее 50%. С учетом этого при получении обогащенного суперфосфата на основе фосфорносернокислотной переработки минерализованной массы оптимальным соотношением ЭФК :  $H_2SO_{4\text{мнг}}$  : ММ можно считать 100 : 5 : 15, а рН пульпы 2,5-3,0. В этих условиях на основе твердой части пульпы получается аммонизированный суперфосфат с такими показателями (вес. %): при рН пульпы 2,5 –  $P_2O_{5\text{общ.}}$  31,46;  $CaO_{\text{общ.}}$  20,37;  $SO_{3\text{общ.}}$  18,59;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  по лим. к-те = 92,12;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  по трил. Б = 90,41;  $P_2O_{5\text{водн.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  = 74,73;  $CaO_{\text{усв.}} : CaO_{\text{общ.}}$  = 80,82; N 4,01; рН продукта 3,08, а при рН пульпы 3,0 –  $P_2O_{5\text{общ.}}$  33,63;  $CaO_{\text{общ.}}$  20,04;  $SO_{3\text{общ.}}$  17,95;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  по лим. к-те = 98,10;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  по трил. Б = 97,77;  $P_2O_{5\text{водн.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  = 61,58;  $CaO_{\text{усв.}} : CaO_{\text{общ.}}$  = 80,74; N 5,03; рН продукта 3,34. С таким содержанием азота его можно применять в качестве эффективного одинарного фосфорного удобрения под зяблевую пахоту. В нём азот представлен в виде комплексных солей железа и алюминия, а также сульфата аммония.

Интересным представляет продукт, полученный из жидкой части пульпы. В рекомендованном режиме обработки ММ смесью фосфорной и серной кислот (ЭФК :  $H_2SO_{4\text{мнг}}$  : ММ = 100 : 5 : 15), аммонизации (до рН 2,5 и 3,0) и разделения пульпы на твердую и жидкую фазы с последующей доаммонизацией последней (до рН = 5,0), полученные продукты являются концентрированными азотнофосфорными удобрениями типа аммофосфата, имеющие (вес. %): на основе пульпы с рН = 2,5 –  $P_2O_{5\text{общ.}}$  53,71;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по лим. к-те 52,97;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по трил. Б 52,76;  $P_2O_{5\text{водн.}}$  47,86;  $CaO_{\text{общ.}}$  6,96;  $CaO_{\text{усв.}}$  6,74; N 14,52 и  $SO_{3\text{общ.}}$  5,10; (N +  $P_2O_{5\text{усв.}}$  +  $CaO_{\text{усв.}}$  +  $SO_3$ ) 79,32%. А на основе пульпы с рН = 3,0 –  $P_2O_{5\text{общ.}}$  54,24;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по лим. к-те 53,24;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по трил. Б 52,93;  $P_2O_{5\text{водн.}}$  49,03;  $CaO_{\text{общ.}}$  5,99;  $CaO_{\text{усв.}}$  5,69; N 14,65 и  $SO_{3\text{общ.}}$  4,09; сумма питательных компонентов (N +  $P_2O_{5\text{усв.}}$  +  $CaO_{\text{усв.}}$  +  $SO_3$ ) 77,67%.

В настоящее время Балаковское ПО «Минудобрения» в России из Хибинского апатитового концентрата выпускает аммофосфат высшей марки А. Это удобрение имеет состав (масс. %): N 9,78;  $P_2O_{5\text{общ.}}$  50,25;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по трил. Б 47,60;  $P_2O_{5\text{усв.}}$  по лим. к-те 43,2;  $P_2O_{5\text{водн.}}$  40,0;  $P_2O_{5\text{усв.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  по лим. к-те = 94,73;  $P_2O_{5\text{водн.}} : P_2O_{5\text{общ.}}$  = 79,6 [6], что значительно уступает новому аммофосфатному удобрению на основе минерализованной массы. В нашем случае кальций представлен преимущественно дикальцийфосфатом (от 13,82 до 16,37%  $CaHPO_4$ ), а сера сульфатом аммония (6,75 до 8,42  $(NH_4)_2SO_4$ ). Водорастворимый фосфор состоит не только из моноаммонийфосфата, но и диаммонийфосфата. Преимуществом применения  $(NH_4)_2SO_4$  в составе сложных удобрений является наличие в нём серы, которая входит в состав белков и аминокислот при формировании урожая. Сера обеспечивает профилактику возникновения фитофтороза и появления корневой гнили. По физиологической роли в питании растений серу следует поставить на четвертое место после азота, фосфора и калия [7]. А кальций по значимости для питания растений стоит на пятом месте после азота, фосфора, калия и серы. Если его вносить в почву в усвояемой для растений форме, он даст значительную прибавку урожая [8, 9].

Таким образом, при разложении минерализованной массы – отхода сухой сортировки процесса обогащения фосфоритной руды Центральных Кызылкумов экстракционной фосфорной кислотой в присутствии серной с последующей частичной нейтрализацией кислой фосфатной

пульпы аммиаком, разделением пульпы на жидкую и твердую фазы, доаммонизацией жидкого фильтрата, сушкой и грануляцией можно получить сразу два вида эффективного удобрения. Из твердой части пульпы – обогащенный суперфосфат с хорошими физико-химическими свойствами. Он относится к одинарным фосфорным удобрениям, проявляющий свою агрохимическую эффективность, в первую очередь при внесении под зяблевую пахоту. Из жидкой части пульпы получается концентрированный аммофосфат, по качеству значительно превосходящий аммофос. Аммофосфат благодаря высокому содержанию питательных компонентов относится к экспортоориентированным продуктам, пользующимся большим спросом. Всё это позволит расширить ассортимент фосфорсодержащих удобрений и в какой-то степени уменьшить количество минерализованной массы.

#### References:

1. Rasulov A.A., Badalova O.A., Alimov U.K., Namazov SH.S., Seytnazarov A.R., Beglov B.M. Obogasch'enny'y superfosfat i ammosfosfatnoe udobrenie na osnove fosfornokislotnoy pererabotki zabalansovoy fosforitnoy rudy'. // E`lektronny'y nauchny'y jurnal (Rossiya). UNIVERSUM, Tehnicheskie nauki. - 2017. - № 8(41). - S. 47-55.
2. Metody' analiza fosfatnogo sy'r'ya, fosforny'h i kompleksny'h udobreniy, kormovy'h fosfatov / M.M. Vinnik, L.N. Erbanova, P.M. Zaycev i dr. - M.: Himiya, 1975. - S. 213.
3. Bruckus E.B., Licova A.I., Portnova N.L. Sostav osadkov, obrazuyusch'ih'sya pri ammonizacii fosfornoj kisloty', sodersjasch'ey jelezo i alyuminiy // Tr.NII po udobreniyam i insektofungicidam. M. 1973, Vy'p. 221. - S. 35-45.
4. Kononov A.V., Trutneva N.V., Leneva Z.L., Evdokimova L.M. Kolichestvo i sostav tverdoj fazy', obrazuyusch'eh'sya pri ammonizacii e`kstrakcionnoy fosfornoj kisloty' iz ryadovy'h rud basseyna Karatau v intervale izmeneniya rN 1,3-2.5 // Himicheskaya promy'shennost'. - 1983. - № 7. - S. 417-419.
5. Lapina L.M., Grishina I.A., Usacheva N.I., Portnova N.L. O haraktere soedineniy, obrazuyusch'ih'sya pri neytralizacii ammiakom fosfornoj kisloty', sodersjasch'ey alyuminiy i jelezo // Jurnal prikladnoy himii. - 1972, t. 45. - № 1. - S. 6-11.
6. YAnishevskiy F.V., Novikova Z.M., Podkolzina G.V., Suetinov A.A., Novikov A.A. Agrohimiicheskaya e`ffektivnost' ammosfosfata v polevy'h opy'tah na razlichny'h pochvah // Agrohimiya. - 1992. - № 8. - S. 50-56.
7. Milasch'enko N.Z. Sul'fat ammoniya - perspektivnaya forma azotnogo udobreniya // Agrohimiicheskij vestnik. - 2004. - № 2. - S. 3.
8. Kopeykina A.N. Znachenie vtorichny'h e`lementov pitaniya dlya sel'skohozyaystvenny'h kul'tur // Himicheskaya promy'shennost' za rubejom - M.: NITE`NIM. 1984. - №1. - str. 26-44.
9. Magnickiy K.P. Kal'cievoe pitanie rasteniy // Agrohimiya. - 1969. - № 12. - str. 129 - 140.

*Расулов Аъзамжон Авазжонович – старший научный сотрудник-соискатель ИОХ АН РУз;*

*Бадалова Ойдин Абдукахаровна – младший научный сотрудник  
лаборатории фосфорных удобрений ИОХ АН РУз;*

*Намазов Шафоат Саттарович – академик АН РУз, доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией  
фосфорных удобрений ИОХ АН РУз, заслуженный изобретатель и рационализатор РУз;*

*Сейтнazarов Атаназар Рейпнazarович - доктор технических наук,  
главный научный сотрудник ИОХ АН РУз;*

*Беглов Борис Михайлович - академик АН РУз, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РУз, главный научный сотрудник ИОХ РУз;*

*Алимов Умар Кадырбергенович - доктор технических наук, главный научный сотрудник ИОХ АН РУз.*

*Тел. (99871) 262-01-02; E-mail: [begloff@mail.ru](mailto:begloff@mail.ru), [igic@rambler.ru](mailto:igic@rambler.ru).*