

## OBTAINING POTASSIUM-CONTAINING FERTILIZERS FROM WASTES OF THE PHOSPHORUS INDUSTRY

*R.M.Chernyakova*<sup>1</sup>, *G.Sh.Sultanbayeva*<sup>\*1</sup>, *R.A. Kaiynbayeva*<sup>1</sup>, *U.Zh.Jussipbekov*<sup>1</sup>,  
*K.D. Berzhanov*<sup>1</sup>, *G.O. Bugubaeva*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JSC "Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov", Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

\*E-mail: [sultanbaeva@mail.ru](mailto:sultanbaeva@mail.ru)

**Abstract:** *Introduction.* The integrated use of mineral raw materials based on the processing of industrial waste is one of the most important tasks of modern technologies. In the phosphorus industry, such a problem is the disposal of toxic phosphorus-containing waste for fertilizers. *The purpose of this work* is to obtain potassium-containing fertilizers from phosphogypsum and cotrel "milk" filtrate. *Results and discussion.* Analysis of the results showed that from the technogenic waste of the phosphorus industry - filtrate of cotrel "milk" and gypsum using the acid method under ammoniation and drying conditions, it is possible to obtain fertilizers with a high potassium content, in which the sum of the nutritional components is represented by P, K and N. In terms of properties, the optimal fertilizers are products containing total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> at the level of enriched superphosphate and simple superphosphate. *Conclusion.* The possibility of obtaining potassium-containing phosphorus fertilizers with a high content of K<sub>2</sub>O (6.9%) from the filtrate of cotrel "milk" and phosphogypsum, in which practically P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is in a water-soluble form (97.5-97 rel.%), has been shown. It has been established that during the complex processing of cotrel "milk" by the acid method under drying conditions to obtain potassium-containing phosphorus fertilizers, the sum of the nutritional components is P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+ K<sub>2</sub>O+N 17.29-77.3%. Thus, from the filtrate of cotrel "milk" and phosphogypsum, potassium-containing phosphorus fertilizers were obtained containing total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> at the level of simple and enriched superphosphate, the phosphate part of which is represented almost entirely by the citrate-digestible form of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Keywords:** cotrel "milk", phosphoric acid decomposition, potassium-containing phosphogypsum extract, calcium sulfate

---

<i>Raissa Michailovna Chernyakova</i>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: <a href="mailto:chernyakova1947@mail.ru">chernyakova1947@mail.ru</a></i>
<i>Gita Shamilyevna Sultanbayeva</i>	<i>Candidate of Technical Sciences, e-mail: <a href="mailto:sultanbaeva@mail.ru">sultanbaeva@mail.ru</a></i>
<i>Raushan Alibekovna Kaiynbayeva</i>	<i>Candidate of Technical Sciences, e-mail: <a href="mailto:raushan_1972@mail.ru">raushan_1972@mail.ru</a></i>
<i>Umirzak Zhumasilovich Dzhusipbekov</i>	<i>Corresponding Member of the NAS RK, Professor, Doctor of Technical Sciences, e-mail: <a href="mailto:jussipbekov@mail.ru">jussipbekov@mail.ru</a></i>
<i>Kete-Tolebi Dosymzhanovich Berzhanov</i>	<i>Engineer, e-mail: <a href="mailto:d_berzhanov@mail.ru">d_berzhanov@mail.ru</a></i>
<i>Gulnar Ospanakunovna Bugubaeva</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: <a href="mailto:bugub@mail.ru">bugub@mail.ru</a></i>

---

**Citation:** R.M.Chernyakova, G.Sh.Sultanbayeva, R.A. Kaiynbayeva, U.Zh.Jussipbekov, K.D. Berzhanov, G.O. Bugubaeva. Obtaining potassium-containing fertilizers from wastes of the phosphorus industry. *Chem. J. Kaz.*, 2023, 4(84), 51-62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2023-4.2710-1185.39>

ПОЛУЧЕНИЕ КАЛИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ ИЗ ОТХОДОВ  
ФОСФОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Р.М. Чернякова<sup>1</sup>, Г.Ш. Султанбаева<sup>2\*</sup>, Р.А. Кайынбаева<sup>1</sup>, У.Ж. Джусипбеков<sup>1</sup>,  
К.Д. Бержанов<sup>1</sup>, Г.О. Бугубаева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

\*E-mail: [sultanbaeva@mail.ru](mailto:sultanbaeva@mail.ru)

**Резюме:** *Введение.* Комплексное использование минерального сырья на основе переработки промышленных отходов – одна из важнейших задач современных технологий. В фосфорной промышленности такой проблемой является утилизация токсичных фосфорсодержащих отходов на удобрения. *Целью данной работы* является получения калийсодержащих удобрений из фосфогипса и фильтрата котельного «молока». *Результаты и обсуждение.* Анализ полученных результатов показал, что из техногенного отхода фосфорной промышленности – фильтрата котельного «молока» и гипса кислотным методом в условиях аммонизации и сушки можно получать удобрения с высоким содержанием калия, в которых сумма питательных компонентов представлена Р, К и N. По свойствам оптимальными удобрениями являются продукты содержанием общего P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на уровне обогащенного суперфосфата и простого суперфосфата. *Заключение.* Показана возможность получения калийсодержащих фосфорных удобрений с повышенным содержанием K<sub>2</sub>O (6,9%) из фильтрата котельного «молока» и фосфогипса, в которых практически P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> находится в водорастворимой форме (97,5-97 отн.%). Установлено, что при комплексной переработке котельного «молока» кислотным методом в условиях сушки с получением калийсодержащих фосфорных удобрений сумма питательных компонентов составляет P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+ K<sub>2</sub>O+N17,29-77,3%. Таким образом, из фильтрата котельного «молока» и фосфогипса получены калийсодержащие фосфорные удобрения с содержанием общего P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на уровне простого и обогащенного суперфосфата, фосфатная часть которых представлена практически полностью цитратноусвояемой формой P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Ключевые слова:** котельное «молоко», фосфорно-кислотное разложение, калийсодержащая вытяжка фосфогипса, сульфат кальция

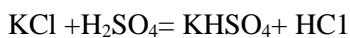
<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Доктор технических наук, профессор</i>
<i>Гита Шамильевна Султанбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Раушан Алибековна Кайынбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Умирзак Жумасилович Жусипбеков</i>	<i>Член-корр. НАН РК, профессор, доктор технических наук</i>
<i>Кете-Толеби Досымжанович Бержанов</i>	<i>Инженер</i>
<i>Гулнар Оспанақыновна Бугубаева</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

## 1. Введение

Анализ тенденции применения минеральных удобрений в Казахстане показывает, что преимущественное положение по поставке и использованию занимают азотные и фосфорные удобрения [1-7]. Значительно реже применяются калийные удобрения. Последнее обстоятельство, в свою очередь, можно объяснить отсутствием в Казахстане заводов по производству калийных удобрений. Калий является ключевым элементом, регулирующим баланс воды в клетках растений. Он также участвует в синтезе ферментов, углеводов и белков, что делает его

незаменимым для нормального функционирования растений. Существуют способы получения сложных удобрений на основе азотно-кислотной, а также азотно-сернокислотной и азотно-фосфорнокислотной переработки фосфатного сырья с введением, в том числе, соли калия. Образующиеся в результате этих процессов удобрения (нитрофос(ки)) характеризуются различным фазовым составом, зависящим от способа получения [8]. При введении в такие системы карбамида получают сложные удобрения (карбонитрофоски) с повышенным содержанием азота и водорастворимых фосфатов [9]. Изучен фазовый состав и физико-механические свойства NP- и NPK-удобрений, полученных на основе аммофоса. Установлено, что для получения комплексных удобрений из аммофоса с уравновешенным составом, хорошими физико-механическими свойствами, предпочтительным является введение одного азотсодержащего компонента - аммонийной селитры или карбамида, а не их смеси. Комплексные NP- и NPK-удобрения на основе аммофоса представляют собой многокомпонентные системы, в состав которых входят кислые фосфаты аммония, калия, калия-аммония; сульфаты калия, калия-аммония; карбамид и его соединения с присутствующими солями; хлориды аммония и калия. Указанные вещества оказывают существенное влияние на физико-механические свойства конечного продукта и могут присутствовать в удобрениях в виде индивидуальных соединений и твердых растворов [10]. Основным калийным удобрением остается хлорид калия,  $\text{Cl}^-$ -ион которого отрицательно влияет на развитие многих культур. Наиболее подходящими калийными удобрениями, особенно для плодово-ягодных культур, являются  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{SO}_4$  (калимагнезия), содержащие калий, магний и серу [9]. Однако существовавшее ранее производство  $\text{K}_2\text{SO}_4$  на основе высокотемпературной (700-800 °C) конверсии  $\text{KCl}$  серной кислотой было достаточно опасным как в производственном, так и в экологическом аспектах.

«Жидкофазная» конверсия  $\text{KCl}$  позволяет осуществлять процесс при относительно низких температурах (60-200°C), но при этом получается кислая соль  $\text{KHSO}_4$ , которая не может быть использована непосредственно в качестве удобрения [10]:



В работах [11] с целью получения комплексных бесхлоридных комплексных калийсодержащих удобрений предложены способы переработки полупродукта ( $\text{KHSO}_4$ ) различными «нейтрализаторами». Предложен дефицитный преципитат ( $\text{CaHPO}_4$ ). Кроме того, в большинстве работ практически нет данных об агрохимической эффективности.

В результате опытов по жидкофазной конверсии  $\text{KCl}$  раствором серной кислоты установлено, что нейтрализация образовавшегося полупродукта ( $\text{KHSO}_4$ ) фосфоритом и карбонатной породой (или продуктами ее обжига)

позволяет получить комплексные РК- и КМg - удобрения. Показано, что путем изменения состава каустического магнезита или доломита (варьированием условий обжига), можно получить КМg-удобрение с регулируемой скоростью растворения [11].

При переработке фосфорсодержащих отходов, в частности котельного «молока» фосфорно-кислотным разложением в фильтрате образуется калийсодержащая вытяжка. Калийсодержащая вытяжка характеризуется повышенным содержанием калия (4.7%), а содержание  $P_2O_5$  достигает 2.5%. Наличие  $P_2O_5$  и  $K_2O$  позволяет вовлекать ее для получения сложнофосфорных удобрений из крупнотоннажного техногенного отхода – фосфогипса. Наличие в фосфогипсе  $P_2O_5$  и  $K_2O$  позволяет вовлекать его для получения сложнофосфорных удобрений. Для получения удобрений использовали фосфогипс, основной фазой которого является сульфат кальция  $CaSO_4$ . Калийная вытяжка, также известная как экстракция калия, является одной из самых эффективных и широко используемых методов повышения содержания калия в почве [11].

Нами проводились работы по получению удобрений из фосфогипса (сульфата кальция и калийсодержащей вытяжки).

## 2. Экспериментальная часть

В работе использовали фильтрат котельного «молока»: 3.1%  $P_2O_5$ ; 4.66%  $K_2O$ ; 0.03%  $CaO$ ; 0.01%  $MgO$ ; серную кислоту (34.5 - 92.8) %, марки «х.ч.»; фосфорную кислоту (18 – 52)% по  $P_2O_5$ , марки «х.ч.» и азотную кислоту (10 – 35)%, марки «х.ч.».

Оценку удобрительных свойств полученных продуктов проводили по содержанию в них общего  $P_2O_5$ , водо-, цитратно-, соляно-лимоннорастворимого  $P_2O_5$ , а также усвояемого  $P_2O_5$ .

Определение общего  $P_2O_5$  проводили весовым методом осаждением фосфора раствором Вагнера и фотоколориметрическим методом на фотоколориметре КФК-3 в виде желтого фосфорнованадиево - молибденового комплекса [12, 13]. Содержание усвояемых форм  $P_2O_5$  в растворе трилона Б, в воде, 0.4 % соляной кислоте, 2 % лимонной кислоте по методике [14], а содержание  $K_2O$  – определяли пламенно – фотометрическим методом на ПАЖ-1 (пламенном анализаторе жидкости) в пламени пропана. ИК-спектры снимали на двулучевом инфракрасном спектрофотометре Nicolet 5700 FT-IR в области 400-4000  $cm^{-1}$ . Рентгенограммы снимали на дифрактометре ДРОН-3 с использованием  $Cu K_{\alpha}$ -излучения, сила тока - 20mA, напряжение – 25 kV, 1000i, 2.5 сек. Содержание аммиачного азота определяли формальдегидным методом [15].

Получение удобрений из сульфата кальция и калийсодержащей вытяжки осуществляли следующим образом. Сульфата кальция в количестве 10г смешивали с калийсодержащей вытяжкой из расчета на получение готового продукта с содержанием 9-10.5%  $K_2O$ , смесь аммонизировали до pH 3.5-4.0 и сушили при 100°C до постоянного веса.

### 3. Результаты и обсуждение

Полученные удобрения имеют высокое содержание  $K_2O$  (таблица 1, опыты № 1, 2). Анализ полученного продукта (опыт № 1, таблица 1) показал, что в готовом удобрении достигается достаточно высокое содержание общего  $P_2O_5$  (11.9%), которая только частично представлена в усвояемой в трилоне Б форме ( $K_{у\text{св.тр.Б}} = 23.5\text{отн.}\%$ ). По-видимому при сушке находящиеся в фильтрате котрельного «молока» компоненты взаимодействуют между собой. Образующиеся новые продукты, а также растворимые полифосфатные соединения, прежде всего полифосфаты калия, присутствующие в фильтрате котрельного «молока», в процессе сушки кристаллизуются, вследствие чего в готовом продукте отсутствуют водорастворимые формы  $P_2O_5$ .

Добавка серной кислоты (64%) или азотной кислоты (40%) в смесь из сульфата кальция и калийсодержащей вытяжки разубоживает продукт по содержанию общего  $P_2O_5$  в 3.2 раза, что делает экономически нецелесообразным процесс получения удобрений (опыты № 2, 3 и 4).

Более концентрированными по содержанию  $P_2O_5$  получены удобрения при добавке фосфорной кислоты к смеси сульфата кальция с калийсодержащей вытяжкой. С целью вовлечения в процесс экстракционной фосфорной кислоты в опытах использовали фосфорную кислоту низкой концентрации (18% по  $P_2O_5$ ). Получены удобрения с содержанием общего  $P_2O_5$  на уровне обогащенного (опыты № 5 и 6,  $P_2O_5=37.9-33.7\%$ ) и простого (опыт № 7,  $P_2O_5=16.3\%$ ) суперфосфата (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, удобрения типа обогащенного суперфосфата (37.9-33.7%  $P_2O_5$ ) характеризуются высоким содержанием усвояемых фосфатов в воде ( $K_{у\text{св. в.}} = 93.2-96.3\text{отн.}\%$ ), трилоне Б ( $K_{у\text{св.тр.Б}} = 96.6-98.8\text{отн.}\%$ ) и 2% лимонной кислоте ( $K_{у\text{св.}} = 87.5-94.5\text{отн.}\%$ ), а также азота (9-11%) и повышенным содержанием  $K_2O$  (4-6%). При этом уменьшение расхода фосфорной кислоты в 1.5 раза (опыт № 6) повышает содержание  $K_2O$  в 1.6 раза.

Разложением смеси гипса с фильтратом котрельного «молока» расчетным количеством фосфорной кислоты с последующей аммонизацией кислой пульпы до pH 3.5-4.0 и ее сушкой при 100-115°C получено удобрение содержанием общего  $P_2O_5$  на уровне простого суперфосфата (16.3%, опыт № 7). В полученном удобрении  $P_2O_5$  находится практически вся в цитратноусвояемой форме ( $K_{тр.Б}=97.6\text{отн.}\%$ ), на 58.3отн.% в лимоннорастворимой и на 38.0отн.% в водорастворимой формах.

Дальнейшие опыты были связаны с увеличением содержания в удобрениях водорастворимой  $P_2O_5$ . В смесь гипса с фильтратом котрельного «молока», взятых в тех же соотношениях, что и в опыте № 7, добавили 40%-ную азотную кислоту. В результате получено удобрение, в котором содержание водорастворимой  $P_2O_5$  возросло в 2.4 раза ( $K_{вод.}=91.1\text{отн.}\%$ ), а

лимоннорастворимой увеличилось на 21.5отн.% ( $K_{\text{лим.р.}}=79.84$ отн.). Однако содержание общего  $P_2O_5$  уменьшилось с 16.3% до 12.4%.

Таблица 1 – Свойства полученных продуктов

№	Соотношение исходных компонентов	Соотнош-е N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O в продукте	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> бщ, %	K <sub>усл.</sub> ,отн.%			K <sub>2</sub> O,%		N <sub>амм</sub> , %
				в воде	в трилоне Б	лим. раст.	Опре д.	Рас ч.	
1	CaSO <sub>4</sub> :фильтр.КМ=1:1.9	4:12:9	11.9	отс	2.8	отс	8.8	10	4.0
2	CaSO <sub>4</sub> :фильтр.КМ:H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =1:3.6:1	6.7:3.7:8	3.7	2.2	3.7	2.8	7.9	9.0	6.7
3	CaSO <sub>4</sub> :фильтр.КМ:H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub> =1:6.6:1.1:0.4	7.4:3.9:3.4	3.9	отс	отс	отс	3.4	10.0	7.4
4	CaSO <sub>4</sub> :фильтр.КМ:H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub> =3:11.4:3.3:1.2	7.9:3.6:6.9	3.6	2.5	3.1	1.7	6.9	6.8	7.9
5	CaSO <sub>4</sub> : фильт. КМ: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> =1:3.6:9.7	11.3:38:4	37.9	36.5	36.6	35.8	3.8	5.7	11.3
6	CaSO <sub>4</sub> : фильт. КМ: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> =1:3.6:6.5	9:34: 6.0	33.7	31.4	33.3	29.5	6.0	7.3	9.2
7	CaSO <sub>4</sub> : фильт. КМ: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> =1:5.2:1	3.1:16.3:8.5	16.3	6.2	15.9	9.5	8.5	10.2	3.1
8	CaSO <sub>4</sub> :фильт.КМ:H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub> (40%)=3:3.2:1.1:0.4	6.6:12.4: 9.6	12.4	11.3	11.4	9.9	9.6	10.0	6.6
9	CaSO <sub>4</sub> :фильт.КМ:H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub> (40%)=1:3.8:0.5:0.4	7.5: 9.1: 8.4	9.1	1.9	2.65	1.1	8.4	11.5	7.5
10	CaSO <sub>4</sub> :фильт.КМ:H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> :HNO <sub>3</sub> (23%)=1:3.8:0.5:0.4	4.1: 10.0: 9.5	10.0	3.2	8.8	3.4	9.5	13.0	4.1

Уменьшение нормы фильтрата котельного «молока» заметно снижает содержание не только общего  $P_2O_5$ , но и всех форм усвояемых фосфатов (опыт № 9).

В опыте № 10 уменьшили концентрацию азотной кислоты, то есть практически снизили норму вводимой азотной кислоты. В результате содержание общего  $P_2O_5$  повысилось на 1.3%, увеличилось количество водорастворимых фосфатных форм на 9.9отн.%, цитратноусвояемой  $P_2O_5$  на 55.5отн.% и  $P_2O_5$ , растворимой в 2% лимонной кислоте на 20.6отн.% по сравнению с продуктом, полученным в опыте № 9.

Что же касается содержания  $K_2O$  в продуктах, то при сернокислотном разложении смеси  $CaSO_4$  с большой нормой фильтрата котельного «молока» и с добавкой азотной кислоты (опыт № 3) его определяемое содержание (3,4%) в 2.3 раза ниже по сравнению с расчетным количеством (10%). Уменьшение расхода фильтрата КМ на единицу сырья в 2 раза, то есть с 6.6 мас.ч. до 3.8 мас.ч.(опыт № 4), приводит к соответствию определенного содержания  $K_2O$  с расчетным.

**Таблица 2** – Свойства продуктов, полученных в системах « $CaSO_4-H_2SO_4(H_3PO_4)$ – калийсодержащая вытяжка -  $NH_3$ » и « $CaSO_4-H_2SO_4(H_3PO_4)$ – калийсодержащая вытяжка  $HNO_3-NH_3$ »

№	Соотношение исходных компонентов	Соотноше-е N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> О в продукте	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> об ш., %	К <sub>ув.</sub> ,отн.%			K <sub>2</sub> O,%		N <sub>амм.</sub> , %
				в воде	в трилоне Б	лим. раст .	Опре д.	Расч .	
1	CaSO <sub>4</sub> : фильтрат КМ: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> =1:3.6:9.7	11.3:38:4	37.9	96.3	96.6	94.5	3.8	5.7	11.3
2	CaSO <sub>4</sub> : фильтрат КМ: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> =1:3.6:6.5	9.2: 33.7: 6.0	33.7	93.2	98.8	87.5	6.0	7.3	9.2
3	CaSO <sub>4</sub> : фильтрат КМ: H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> =1:5.2:1	3.1: 16.3:10	16.3	38.0	97.6	58.3	8.5	10.0	3.1
4	CaSO <sub>4</sub> : фильтрат КМ:H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub> (40%)= 3:3.2:1.1:0.4	6.6: 12.4: 9.6	12.4	91.1	91.9	79.8	9.6	10.0	6.6
5	CaSO <sub>4</sub> : фильтрат КМ:H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub> (40%)=1:3.8:0.5: 0.4	7.5:9.1: 8.4	9.1	20.9	29.1	12.1	8.4	11.5	7.5
6	CaSO <sub>4</sub> : фильтрат КМ:H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub> (23%) =1:3.8:0.5:0.4	4.1:10.4:9.5	10.4	30.8	84.6	32.7	9.5	13.0	4.1

При разложении сырья фосфорной кислотой  $H_3PO_4$  при всех соотношениях исходных компонентов расхождение между определенным и расчетным содержанием  $K_2O$  в удобрениях небольшое и можно сказать, что оно лежит в пределах допустимой ошибки (опыты № 1-3 таблица 2).

Уменьшение расхода фильтрата котельного «молока» и фосфорной кислоты (опыт № 4 таблица 2) при той же норме азотной кислоты, что и в опытах № 5, 6, также сглаживает разницу в определяемом и расчетном содержании  $K_2O$ . Возможно, что добавка азотной кислоты в ряде случаев может создавать в системе условия для образования малорастворимых полифосфатов калия.

Анализ полученных результатов показал, что из техногенного отхода фосфорной промышленности – фильтрата котельного «молока» и гипса кислотным методом в условиях аммонизации и сушки можно получать удобрения с высоким содержанием калия, в которых сумма питательных компонентов представлена Р, К и N. По свойствам оптимальными удобрениями являются продукты содержанием общего  $P_2O_5$  на уровне обогащенного суперфосфата (опыт № 1 таблица 2) и простого суперфосфата (опыт № 3 таблица 2).

ИК-спектрскопический анализ полученных продуктов показал, что основными фазами являются дигидрофосфаты калия и аммония с соответствующими им частотами  $2418; 1693.7; 1286.7 \text{ см}^{-1}$  и сульфат кальция, которому в ИК-спектре принадлежат частоты  $3240.1; 1127.1; 674.3 \text{ см}^{-1}$  (рисунок 1).

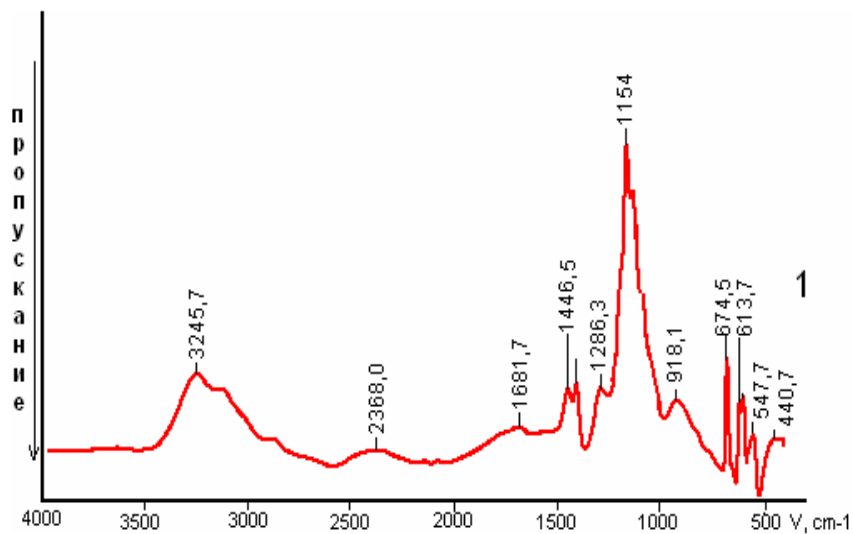


Рисунок 1 - ИК-спектры удобрений, полученных из фильтрата котельного «молока» и фосфогипса

Рентгенофазовый анализ подтвердил данные ИК-спектров. На штрихдиаграммах дигидрофосфату калия соответствуют дифракционные максимумы  $5.304; 3.059; 2.649$ ; дигидрофосфату аммония  $3.751; 2.370; 2.002$  Å, и сульфату кальция –  $3.863; 3.517; 3.124; 2.855; 2.324$  Å (рисунок 2).



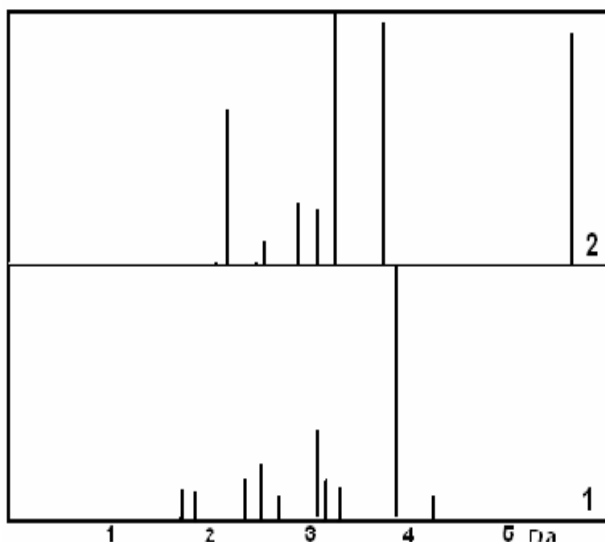


Рисунок 2 – Штрихдиаграмма удобрений полученных из фильтрата КМ и фосфогипса (1) и с добавкой фосфорной кислоты (2)

#### 4. Заключение

В результате работы показана возможность получения калийсодержащих фосфорных удобрений с повышенным содержанием  $K_2O$  (6.9%) из фильтрата котрельного «молока» и фосфогипса, в которых  $P_2O_5$  находится в практически водорастворимой форме (97.5-97.0 отн.%). Установлено, что при комплексной переработке котрельного «молока» кислотным методом в условиях сушки с получением калийсодержащих фосфорных удобрений сумма питательных компонентов составляет  $P_2O_5 + K_2O + N$  17.29-77.3%.

Таким образом, из фильтрата котрельного «молока» и фосфогипса получены калийсодержащие фосфорные удобрения с содержанием общего  $P_2O_5$  на уровне простого и обогащенного суперфосфата. Фосфатная часть удобрений представлена практически полностью цитратноусвояемой формой  $P_2O_5$ .

**Финансирование.** Данная работа выполнена по программе РК №BR21882220 «Синтез и создание технологий удобрений, композиций, препаратов и материалов многофункционального действия для применения на пустынных и деградированных землях» в рамках программно-целевого финансирования научных исследований на 2023–2025 годы, осуществляемого Комитетом науки Министерства образования и науки.

**Конфликт интересов:** Конфликт интересов между авторами отсутствует

**ФОСФОР ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН КАЛИЙ ҚҰРАМЫНДА ТЫҢАЙТҚЫШТАР АЛУ**

**Р.М. Чернякова<sup>1</sup>, Г.Ш. Сұлтанбаева<sup>\*1</sup>, Р.Ә. Қайынбаева<sup>1</sup>, Ө.Ж. Жүсіпбеков<sup>1</sup>,  
К.Д. Бержанов<sup>1</sup>, Г.О. Бұзубаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ө.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

\*E-mail: [sultanbaeva@mail.ru](mailto:sultanbaeva@mail.ru)

**Түйіндеме.** *Kіріспе.* Өндіріс қалдықтарын өңдеу негізінде минералды шикізатты кешенді пайдалану қазіргі заманғы технологиялардың маңызды міндеттерінің бірі болып табылады. Фосфор өнеркәсібінде мұндай мәселелер болып фосфор құрамындыулы қалдықтарды тыңайтқыштарға залалсыздандыру болып табылады. *Бұл жұмыстың мақсаты* фосфогипс пен котрел «сүті» фильтратынан калий құрамынды тыңайтқыштар алу. *Нәтижелер мен пікірталас.* Алынған нәтижелерді талдау фосфор өнеркәсібінің техногендік қалдықтарынан – котрел «сүтінің» фильтратынан және гипстен қышқылдық әдісті қолданып аммонизациялау және кептіру жағдайында құрамында калий мөлшері жоғары тыңайтқыштарды алуға болатынын көрсетті, оның ішінде қоректік компоненттер сомасы Р, К және N арқылы ұсынылған. Қасиеттері бойынша оңтайлы тыңайтқыштар байытылған суперфосфат пен қарапайым суперфосфат деңгейінде жалпы Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> бар өнімдер болып табылады. *Қорытынды.* Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> іс жүзінде суда еритін күйде болатын (97.5-97.0 сал.%) котрел «сүтінің» фильтратынан және фосфогипсінен құрамында К<sub>2</sub>О жоғары (6.9%) құрамында калий бар фосфор тыңайтқыштарын алу мүмкіндігі көрсетілді. Құрамында калий бар фосфор тыңайтқыштарын алу үшін кептіру жағдайында котрел «сүтін» қышқылдық әдіспен кешенді өңдеу кезінде қоректік компоненттердің қосындысы Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>+ К<sub>2</sub>О+N 17.29-77.3% құрайтыны анықталды. Осылайша, котрел «сүт» және фосфогипс фильтратынан қарапайым және байытылған суперфосфат деңгейінде жалпы Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> бар калий бар фосфор тыңайтқыштары алынды, оның фосфатты бөлігі толығымен дерлік Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> цитратты сіңімді түрімен ұсынылған.

**Түйін сөздер:** котрель «сүті», фосфор қышқылдың ыдырауы, құрамында калий бар фосфогипс сығындысы, кальций сульфаты.

<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Гита Шамилқызы Сұлтанбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Раушан Әлібекқызы Қайынбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Өмірзақ Жұмасылұлы Жүсіпбеков</i>	<i>ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, профессор, техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Кете-Толеби Досымжанұлы Бержанов</i>	<i>Инженер</i>
<i>Гүлнар Оспанақынызы Бұзубаева</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

**Список литературы:**

1. Елешев Р.Е. Состояние плодородия почв Казахстана и стратегия применения минеральных удобрений // Почвоведение и агрохимия. **2015.** №3. С. 138-148. <https://journal.soil.kz/jour/article/view/472>
2. Семенова Е.А., Афанасьев Р.А. Эффективность применения удобрений подяровую пшеницу в условиях уральского региона // Общие вопросы агрохимии. **2018.** С.2-8. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-udobreniy-pod-yarovuyu-pshenitsu-v-usloviyah-uralskogo-regiona>
3. Проберж Э.С. Оптимизация питательного режима сельскохозяйственных растений на южных черноземах Северного Казахстана. **2002.** Дисс. Докт. с.-хоз.наук. [Optimization of the nutritional regime of agricultural plants on the southern chernozems of Northern Kazakhstan Dr. agr. sci. diss.]. 296 с. <https://www.dissercat.com/content/optimizatsiya-pitatelnogo-rezhima>

**selskokhozyaistvennykh-rastenii-na-yuzhnykh-chernozemakh-s**

4. Сапаров А. С., Елешев Р. Е., Мамышов М. М., Сулейменов Б. У., Отаров А. Испытание эффективности калийных удобрений зао «белорусская калийная компания» под хлопчатник, картофель и рис в условиях орошаемой зоны юга и юго-востока казахстана // Почвоведение и агрохимия. **2010**. №1. с.62-69. <https://journal.soil.kz/jour/article/view/185/177>
5. Сулейменов Б.У., Сапаров А. С., Танибергенов С. Состояние и перспективы использования орошаемых сероземов южного Казахстана. Алматы. **2013**. №1.С. 19-27. <https://journal.soil.kz/jour/article/view/336/328>
6. Сапаров А.С. Плодородие почвы и продуктивность культур. Алматы. **2006**. 244 с. <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pochvy-i-produktivnost-selskokhozyaistvennykh-kultur-v-zavisimosti-ot-osnovnoy-obrabotki-i-sevooborota>
7. Кененбаев С., Рамазанова С.Б., Гусев В., Есенбаева Г. Применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве южных регионов Казахстана // Земледелие, агрохимия, кормопроизводство, агроэкология №2,98. DOI:<https://doi.org/10.37884/2-2023/11>с. 111-121. <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/article/view/311>
8. Эвенчик, С. А. Технология фосфорных и комплексных удобрений / под ред. С. А. Эвенчик-ка, А. А. Бродского. - М.: Химия, **1987**. - 464 с. [https://www.studmed.ru/evenchik-s-d-brodskiy-a-a-red-tehnologiya-fosfornyh-i-kompleksnyh-udobreniy\\_821284e10db.html](https://www.studmed.ru/evenchik-s-d-brodskiy-a-a-red-tehnologiya-fosfornyh-i-kompleksnyh-udobreniy_821284e10db.html)
9. О. Б. Дормешкин, Н. И. Воробьев, Г. Х. Черчес, А. Н. Гаврилук, Влияние азотсодержащих компонентов на фазовый состав и физико-механические свойства пр- и прк-удобрений // Химия и технология неорганических материалов и веществ. ISSN 1683-0377. Труды БГТУ. **2011**. № 3. С. 137-140. <https://core.ac.uk/download/pdf/143995595.pdf>
10. О. Д. Кашкаров, И.Д. Соколов. Технология калийных удобрений. Химия, Ленинград, **1978**. 246 с. [https://korobkknig.ru/nauka\\_i\\_tehnika/himia/tehnologiya-kaliynykh-udobreniy-65098.html](https://korobkknig.ru/nauka_i_tehnika/himia/tehnologiya-kaliynykh-udobreniy-65098.html)
11. В.А. Хуснутдинов, Т.Г. Ахметов, В.А.Грабовенко, В.В. Шестаков, Ю.В. Букша, В.И. Тимофеев, Р.Х.Хузиахметов.Технология бесхлоридных комплексных РК- и КМg -удобрений и оценка их агрохимической эффективности. Хим. пром., 10, 87-90(**1991**).<https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-beshloridnyh-kompleksnyh-rk-i-kmg-udobreniy-i-otsenka-ih-agrohimitscheskoy-effektivnosti>
12. Ротанова В.А., Власова А.А., Торопова А.И., Макарова К.С., Кокарева М.Е. Калийные удобрения: особенности применения // Современные научные исследования и инновации. **2019**. № 7 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2019/07/89901> (дата обращения: 21.10.2023).
13. М.Е. Позин. Технология минеральных удобрений. М., **1965**, 142. <http://ilmiy.bmti.uz/blib/files/126/M.%20Позин%20-%20Технология%20минеральных%20удобрений.pdf>
14. Физика апатита //Под ред. акад. Соболева В.С. - М.: «Наука». **1975**. 112 с.<https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-fizika-apatita-issledovanie-apatita-metodami-spektroskopii.pdf>
15. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А.Г. Муравьев. – СПб.: Крисмас, 2004. – 248 с.[https://christmas-plus.ru/images/stories/pdf/kniga\\_water.pdf](https://christmas-plus.ru/images/stories/pdf/kniga_water.pdf)

**References**

1. Eleshev R.E. The state of soil fertility in Kazakhstan and the strategy for using mineral fertilizers // Soil Science and Agrochemistry. **2015**. No. 3. p. 138-148. <https://journal.soil.kz/jour/article/view/472>
2. Semenova E.A., Afanasyev R.A. Efficiency of using fertilizers for spring wheat in the conditions of the Ural region // General issues of agrochemistry. **2018**. p.2-8. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-udobreniy-pod-yarovuyu-pshenitsu-v-usloviyah-uralskogo-regiona>
3. Proberg E.S. Optimization of the nutritional regime of agricultural plants on the southern chernozems of Northern Kazakhstan. **2002**. Diss. Dr. Agricultural Sciences [Optimization of the nutritional regime of agricultural plants on the southern chernozems of Northern Kazakhstan Dr. agr. sci. diss.]. 296 pp. <https://www.dissercat.com/content/optimizatsiya-pitatelnogo-rezhima-selskokhozyaistvennykh-rastenii-na-yuzhnykh-chernozemakh-s>

4. Saparov A. S., Eleshev R. E., Mamyshev M. M., Suleimenov B. U., Otarov A. Testing the effectiveness of potassium fertilizers of the Belarusian Potash Company JSC for cotton, potatoes and rice in the irrigated zone of the south and southeast of Kazakhstan // Soil science and agrochemistry. **2010**. No. 1. p.62-69. <https://journal.soil.kz/jour/article/view/185/177>
5. Suleimenov B.U., Saparov A.S., Tanibergenov S. State and prospects for the use of irrigated gray soils in southern Kazakhstan. Almaty. **2013**. №1. p. 19-27. <https://journal.soil.kz/jour/article/view/336/328>
6. Saparov A.S. Soil fertility and crop productivity. Almaty. 2006. 244 p. <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pochvy-i-produktivnost-selskohozyaystvennyh-kultur-v-zavisimosti-ot-osnovnoy-obrabotki-i-sevooborota>
7. Kenenbaev S., Ramazanova S.B., Gusev V., Yesenbaeva G. Application of mineral fertilizers in agriculture of the southern regions of Kazakhstan // Agriculture, agrochemistry, feed production, agroecology No. 2, p. 98. <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/article/view/311>
8. Evenchik, S. A. Technology of phosphorus and complex fertilizers / ed. S. A. Evenchik, A. A. Brodsky. - M.: Chemistry, **1987**. - 464 p. [https://www.studmed.ru/evenchik-s-d-brodskiy-a-a-red-tehnologiya-fosfornyh-i-kompleksnyh-udobreniy\\_821284e10db.html](https://www.studmed.ru/evenchik-s-d-brodskiy-a-a-red-tehnologiya-fosfornyh-i-kompleksnyh-udobreniy_821284e10db.html)
9. O. B. Dormeshkin, N. I. Vorobyov, G. Kh. Cherches, A. N. Gavriyuk, The influence of nitrogen-containing components on the phase composition and physical and mechanical properties of np- and npk-fertilizers // Chemistry and technology of inorganic materials and substances. ISSN 1683-0377. Proceedings of BSTU. **2011**. No. 3. p. 137-140. <https://core.ac.uk/download/pdf/143995595.pdf>
10. O. D. Kashkarov, I. D. Sokolov. Technology of potash fertilizers. Chemistry, Leningrad, 1978. 246 p. [https://korobkknig.ru/nauka\\_i\\_tehnika1/himia/tehnologiya-kaliynykh-udobreniy-65098.html](https://korobkknig.ru/nauka_i_tehnika1/himia/tehnologiya-kaliynykh-udobreniy-65098.html)
11. V.A. Khusnutdinov, T.G. Akhmetov, V.A. Grabovenko, V.V. Shestakov, Yu.V. Buksha, V.I. Timofeev, R.H. Khuziakhmetov, Khim. Prom., **10**, 24-26(**1991**). <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-beshloridnyh-kompleksnyh-rk-i-kmg-udobreniy-i-otsenka-ih-agrohimicheskoy-effektivnosti>
12. Rotanova V.A., Vlasova A.A., Toropova A.I., Makarova K.S., Kokareva M.E. Potassium fertilizers: application features // Modern scientific research and innovation. **2019**. No. 7 [Electronic resource]. <https://web.snauka.ru/issues/2019/07/89901> (дата обращения: 21.10.2023).
13. M.E. Posin. Technology of mineral fertilizers. M., **1965**, 142. <http://ilmiy.bmti.uz/blib/files/126/M.%20Позин%20-%20Технология%20минеральных%20удобрений.pdf>
14. Physics of apatite //Ed. acad. Soboleva V.S. - M.: "Science". - **1975**.- 112 p. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-fizika-apatita-issledovanie-apatita-metodami-spektroskopii.pdf>
15. Muravv A.G. Guidelines for Determining Water Quality Indicators field methods / A.G. Ant St. Petersburg: Christmas, **2004**. 248 p. [https://christmas-plus.ru/images/stories/pdf/kniga\\_water.pdf](https://christmas-plus.ru/images/stories/pdf/kniga_water.pdf)