

## STUDY OF THE ELEMENTAL AND MATERIAL COMPOSITION OF KARATAU PHOSPHORITES

R.A. Kaiynbaeva<sup>1</sup>, G.Sh. Sultanbayeva<sup>1</sup>, R.M. Chernyakova<sup>\*1</sup>,  
U.Zh. Dzhusipbekov<sup>1</sup>, N.N. Kozhabeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A.B. Bekturov Institute of Chemical Science, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh National Pedagogical University, Abay Almaty, Kazakhstan

\*E-mail: [chernyakova1947@mail.ru](mailto:chernyakova1947@mail.ru)

**Abstract.** *Introduction.* Liquid mineral fertilizers are highly effective, cost-effective complex fertilizers intended for application to various agricultural crops and virtually any soil. Recently, the main raw material for obtaining EPA is phosphorites of the Karatau deposit (m.) Kistas. The aim of the work is to study the elemental and material compositions of phosphorus flour (4 samples) from phosphorites of the Kistas deposit (Karatau) and conduct their comparative analysis. *Results and discussion.* Results and discussion. A system analysis of phosphorites from the Kistas deposit was carried out using modern physicochemical (RFIA, semi-quantitative RFIA, AES, IR) and chemical methods (four samples). The results showed that the phosphorus meal of one deposit is characterized by a variable composition. Chemical analysis, AES, and the gravimetric method of phosphorus meal confirmed the data of X-ray fluorescence analysis. The studied phosphorus meal samples are represented by phosphate, carbonate, aluminosilicate, and silicate components. *Conclusion.* Physicochemical studies of the composition and structure of phosphorus meal from the Kistas deposit showed that the phosphorus meal of one deposit is characterized by a variable composition. Phosphorite meal contains from 18 to 22 elements, the main phases are: Sr-containing fluorapatite, Fe-containing fluorapatite, quartz, iron-containing akermanite (variety), sodium sulfate, jadeite, calcite. The obtained data will allow for a deeper decomposition of Koksou phosphate flour to produce EPA.

**Keywords:** phosphorite flour, X-ray fluorescence analysis, chemical analysis, X-ray diffractometric analysis, IR spectroscopy

<b>Raushan Alibekovna Kaiynbaeva</b>	<i>Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher; E-mail: <a href="mailto:raushan_1972@mail.ru">raushan_1972@mail.ru</a></i>
<b>Gita Shamilyevna Sultanbayeva</b>	<i>Candidate of technical sciences; Senior Researcher; E-mail: <a href="mailto:sultanbaeva@mail.ru">sultanbaeva@mail.ru</a></i>
<b>Raissa Michailovna Chernyakova</b>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher; E-mail: <a href="mailto:chernyakova1947@mail.ru">chernyakova1947@mail.ru</a></i>
<b>Umirzak Zhumasilovich Jussipbekov</b>	<i>Academician of NAS of the RK, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Chemistry of Fertilizers and Salts; E-mail: <a href="mailto:jussipbekov@mail.ru">jussipbekov@mail.ru</a></i>
<b>Nazym Nurgudyrovna Kozhabekova</b>	<i>Candidate of Chemical Sciences; E-mail: <a href="mailto:kojabekova@mail.ru">kojabekova@mail.ru</a></i>

**Citation:** Kaiynbaeva R.A., Sultanbayeva G.Sh., Chernyakova R.M., Dzhusipbekov U.Zh., Kozhabeva N.N. Study of the elemental and material composition of Karatau phosphorites. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 1(89), 78-87. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.08>

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ

*Р.А. Кайынбаева<sup>1</sup>, Г.Ш. Султанбаева<sup>1</sup>, Р.М. Чернякова<sup>\*1</sup>,  
У.Ж. Джусипбеков<sup>1</sup>, Н.Н. Кожобекова<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

\*E-mail: chernyakova1947@mail.ru

**Резюме.** *Введение.* Жидкие минеральные удобрения относятся к высокоэффективным экономически-целесообразным комплексным удобрениям, предназначенным для внесения под различные сельскохозяйственные культуры и практически в любые грунты. В последнее время основным сырьем для получения ЭФК являются фосфориты Каратау месторождения (м.) Кистас. *Целью работы является* -исследование элементного и вещественного составов фосмуки (4 образца) из фосфоритов м. Кистас (Каратау) и проведение их сопоставительного анализа. *Результаты и обсуждение.* Проведен системный анализ фосфоритов месторождения Кистас с применением современных физико-химических (РФЛА, РДФА полуколичественный, АЭС, ИКС) и химических методов (четыре образца). Результаты показали, что фосмука одного месторождения характеризуется переменным составом. Химический анализ, АЭС, весовой метод фосмуки подтвердил данные рентгенофлуоресцентного анализа. Исследуемые образцы фосмуки представлены фосфатными, карбонатными, алюмосиликатными, силикатными составляющими. *Заключение.* Физико-химические исследования состава и структуры фосмуки месторождения Кистас показали, что фосмука одного месторождения характеризуется переменным составом. В фосфоритной муке присутствует от 18 до 22 элементов, основными фазами являются: Sr-содержащий фторapatит, Fe-содержащий фторapatит, кварц, железосодержащий акерманит (разновидность), сульфат натрия, жадеит, кальцит. Полученные данные позволят проводить более глубокое разложение фосфоритной муки Коксу с получением ЭФК.

**Ключевые слова:** фосфоритная мука, рентгенофлуоресцентный анализ, химический анализ, рентгенодифрактометрический анализ, ИК-спектроскопия.

<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Доктор технических наук</i>
<i>Гита Шамильевна Султанбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Раушан Алибековна Кайынбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Умирзак Жумасилович Джусипбеков</i>	<i>Доктор технических наук</i>
<i>Назым Нурзудыровна Кожобекова</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

### 1. Введение.

Минеральные удобрения, необходимы для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также увеличения содержания, усвояемых растениями питательных элементов в почвах и улучшения их плодородия [1-3]. В современных условиях ведущее место в повышении урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур принадлежит удобрениям [1]. Применение удобрений с широким диапазоном соотношения N:P:K, улучшают питание сельскохозяйственных культур и создают условия формирования качественного урожая [4-6]. К перспективным видам удобрений относятся жидкие азотно-фосфорные и тройные удобрения, производство которых отличается меньшей стоимостью, так как отпадает

ряд операций – гранулирование, сушка, сортировка гранул и кондиционирование продукта. Жидкие минеральные удобрения относятся к высокоэффективным экономически-целесообразным комплексным удобрениям, предназначенным для внесения под различные сельскохозяйственные культуры и практически в любые грунты. Жидкие удобрения обладают устойчивостью в условиях их хранения и применения, легко регулируемым соотношением питательных элементов (N, P, K, S), совместимостью при внесении с гербицидами, инсектицидами и макро- и микроэлементами [7].

В Республике Казахстан развита фосфатно-туковая промышленность, базирующаяся на собственном фосфатном сырье (фосфориты Каратау, Чилисая). Химическая переработка природных фосфатов включает их разложение минеральными кислотами с получением экстракционной фосфорной кислоты, фосфорных и комплексных удобрений. В последнее время сырьем для получения ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас. В связи с этим проведено физико-химическое исследование четырех образцов фосфоритной муки м. Кистас и м.Коксу.

## 2. Экспериментальная часть

Образцы фосфоритной муки № 1 и № 2 получены из ТОО «Минеральные удобрения», г. Тараз, образец №1 – фосмука из фосфоритной руды месторождения Кистас; образец № 2 – смесь фосмуки месторождения Коксу с фосмукой месторождения Кистас; образец № 3– фосмука, из богатой по  $P_2O_5$  руды (27-28 %  $P_2O_5$ ), полученная из руды месторождения Кистас, а образец № 4 – из полубогатой по  $P_2O_5$  руды (22-24 %  $P_2O_5$ ) месторождения Кистас.

ИК-спектры образцов регистрировали в таблетках с KBr на ИК-Фурье-спектрометре «ThermoElectron» в интервале  $4000-400\text{ см}^{-1}$ . Отнесение полос поглощения в ИК-спектрах проводили в соответствии с литературными данными [6], [7-13].

Рентгенофлуоресцентный, рентгенодифрактометрический анализы исследуемых образцов выполнены в ТОО «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева» в лаборатории физико-химических методов исследований на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с  $Si_{K\alpha}$  – излучением,  $\beta$ -фильтр. Условия съемки дифрактограмм:  $U=35\text{ кВ}$ ;  $I=20\text{ мА}$ ; съемка  $\theta-2\theta$ ; детектор 2 град/мин. Фазовый состав полученных образцов определяли на дифрактометре «DW-XRD-27 mini» (Cu-излучение) при силе тока – 40 мА, напряжении в трубке 40 кВ. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения Jade 6. [14, 15].

Химический анализ фосмуки выполнен методом разложения в царской водке с дальнейшим анализом жидкой фазы на АЭС и весовым методом.

### 3. Результаты и обсуждение

В последнее время сырьем для получения ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас. В связи с этим проведено физико-химическое исследование четырех образцов фосфоритной муки м. Кистас и м.Коксу.

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа (таблица 1) показали, что все образцы фосмуки содержат 18 одинаковых элементов. Однако Sr и Zr присутствует только образце № 1, а As и Rb - в образце № 2 и № 4, барий Ba (в виде BaSO<sub>4</sub> [16]) находится в образцах № 3 и № 4.

**Таблица 1** – Рентгенофлуоресцентный анализ образцов фосмуки, масс. %

Элементы	Образцы фосмуки			
	получены от завода		получены из руды в ЛХУиС	
	№ 1	№ 2 (смесь)	№ 3 из богатой руды	№ 4 из полубогатой руды
фтор, F	1.02	0.88	1.04	0.70
натрий, Na	0.30	0.24	0.30	0.23
магний, Mg	1.48	1.30	1.54	1.97
алюминий, Al	1.26	1.14	0.67	2.16
кремний Si	7.37	8.46	5.90	8.43
фосфор, P	10.6	9.73	10.8	8.38
сера, S	0.31	0.23	0.52	0.30
хлор, Cl	0.04	0.02	0.04	0.17
калий, K	0.34	0.32	0.16	0.50
кальций, Ca	26.7	22.7	28.9	21,9
титан, Ti	0.18	0.17	0.07	0.25
хром, Cr	0.02	-	-	-
мышьяк, As	-	-	-	0.01
марганец, Mn	0.07	0.05	0.12	0.07
железо, Fe	0.78	0.77	0.55	1.16
никель, Ni	-	-	0,01	-
цинк, Zn	0.01	0.01	0.009	0.02
рубидий, Rb	-	-	-	0,002
стронций, Sr	0.10	0,09	0,11	0,08
иттрий, Y	0.01	0.02	0.01	0.02
цирконий, Zr	0.02	-	-	-
свинец, Pb	0.01	0.01	0.02	0.01
барий, Ba	-	-	0.04	0.29
кислород, O	51.4	46.33	4.20	54.37

Сравнительный анализ показал, что образец № 1 по количественному содержанию F, Na, Mg, Ca и P близок образцу № 3, в то время как Si образец № 2 по содержанию фтора F, Na, Ca близок фосмуке № 4. По содержанию P фосмука № 2 приближена к фосмуке № 1 и № 3. По содержанию Al образцы

№ 1 и № 2 близки между собой и превышают в 1.9 раз содержание Al в фосмуке № 3, но при этом содержание Al в первых двух образцах в (1.7-1.9) раз меньше, чем в фосмуке № 4. Для содержания железа Fe в исследуемых образцах фосмуки отмечается аналогичная закономерность. Химический анализ фосмуки (таблицы 2 и 3) подтвердил данные рентгенофлуоресцентного анализа. Наличие расхождения в результатах допустимо, т.к. используются различные методы подготовки и определения элементов в исследуемых образцах (РФЛА, АЭС, весовой).

**Таблица 2** – Содержание элементов в кислотном растворе, отделенном после разложения фосмуки в царской водке на АЭС

Эл-ты, %	Образец			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Al	0.6	0.5	0.4	0.9
As	0.004	0.003	0.005	0.012
B	0.018	0.0152	0.030	0.017
Ba	0.02	0.022	0.05	0.13
Ca	26.6	22.9	29.2	25.4
Co	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003
Cr	0.005	0.0025	0.004	0.005
Cu	0.001	0.0009	0.001	0.002
Fe	0.7	0.777	0.5	1.0
K	0.4	0.4	0.3	0.7
Mg	1.2	1.5	1.3	1.8
Mn	0.1	0.0615	0.1	0.1
Na	0.55	0.55	0.65	0.54
Ni	0.00004	<0.00003	<0.00003	0.000763
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26.1	26.5	28.8	23.6
Pb	0.004	0.048	0.01	0.01
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.2	2.7	3.9	4.4
Si	6.0	8.18	4.5	6.5
Sr	0.12	0.15	0.13	0.11
Ti	0.01	0.006	0.004	0.01
V	0.0018	0.0014	0.0017	0.0025
Zn	0.02	0.015	0.01	0.02

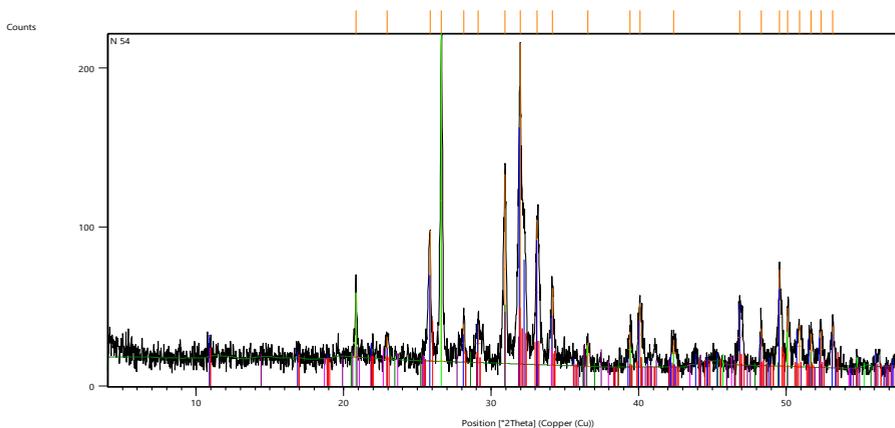
Все образцы фосмуки содержат 22 одинаковых элементов (таблицы 2 и 3). Сравнительный анализ показал, что Образец № 1 по количественному содержанию Zn, Ti, Sr, Na, Mn, Cr, Co близок Образцу № 4, в то время как Fe, K в образце № 1 по содержанию близок фосмуке № 2. Наиболее высокое содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> наблюдается в образцах №1 и №3, соответственно 26.20 и 27,33% (весовой метод определения P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Содержание нерастворимых остатков и влаги на всех образцах почти одинаковые.

Потеря влаги при прокаливании составляет фосмуке №1 - 7,25%, фосмуке №2 - 6,55%, фосмуке №1 - 8,26%, фосмуке №1 - 9,57%.

Рентгенодифрактометрический полуколичественный анализ образца фосмуки показал присутствие 6 фаз (таблица 4, рисунок 1): Sr-содержащий фторапатит, Fe-содержащий фторапатит, кварц, железосодержащий акерманит (разновидность), сульфат натрия и жадеит.

**Таблица 3** – Анализ образцов фосмуки (весовой метод)

образец фосмуки	содержание, %			
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	н.о.	п.п.п.	влага
Фосмука № 1	26.20	16.57	7.25	0.276
Фосмука № 2	22.67	16.52	6.55	0.215
Фосмука № 3	27.33	16.20	8,26	0.253
Фосмука № 4	22.59	16.96	9.57	0.282



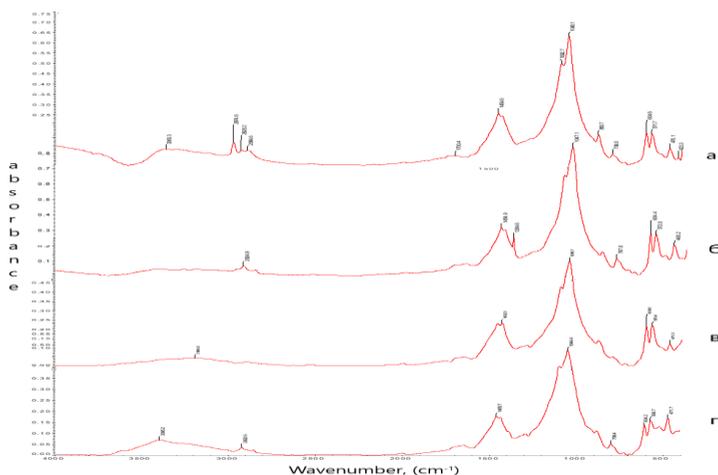
**Рисунок 1** –РДФА образца фосмуки

**Таблица 4** – Результаты полуколичественного РДФА кристаллических фаз образца фосмуки

формула	минерал	C, %
(Ca <sub>9,71</sub> Sr <sub>0,29</sub> )(PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (F <sub>1,78</sub> (OH) <sub>0,22</sub> )	Фторапатит, Sr-, Ca и фосфатсодержащий	37
SiO <sub>2</sub>	кварц	20
Ca <sub>2</sub> Mg <sub>0,7</sub> Fe <sub>0,6</sub> Si <sub>1,7</sub> O <sub>7</sub>	Железосодержащий акерманит	11
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Сульфат натрия	6
(Ca <sub>9,8</sub> Fe <sub>0,2</sub> )(PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (F <sub>1,6</sub> (OH) <sub>0,4</sub> )	Фторапатит, Fe-содержащий	18
NaAl(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )	жадеит	9

Спектры образцов фосмуки по характеру близки между собой (рисунок 2). Валентные колебания кристаллизационной воды в межплоскостных слоях породообразующих компонентов и адсорбционной воды [17], прописываются в области (3360.3-2886.0) см<sup>-1</sup>. Причем в ИК спектре образца

№ 1 наблюдается широкая средней интенсивности полоса поглощения у  $3360.3 \text{ см}^{-1}$  и три четко выраженные малоинтенсивные частоты у  $2974.6$ ,  $2928.2$  и  $2894.6 \text{ см}^{-1}$ . В спектрах образцов фосмуки № 2 и № 4 присутствуют две слабоинтенсивные полосы поглощения соответственно у  $3359.0 \text{ см}^{-1}$ ,  $2924.9 \text{ см}^{-1}$  и  $3395.2 \text{ см}^{-1}$ ,  $2922.6 \text{ см}^{-1}$ , а образца № 3 - только одна частота у  $3194.0 \text{ см}^{-1}$ , смещенная на  $(165-201) \text{ см}^{-1}$ . Частота в области  $(1648.0-1700.4) \text{ см}^{-1}$  относится к деформационным колебаниям ОН - группы и у образца № 1 она смещена на  $(51.4-52.4) \text{ см}^{-1}$  в низкочастотную область до  $1700.4 \text{ см}^{-1}$ . В спектрах всех образцов фосмуки широкие полосы поглощения средней интенсивности в области  $(1454.6-1430.1) \text{ см}^{-1}$  характерны для  $\nu_{as}(\text{CO})$  карбонатной группы, что отражает результаты химического анализа по п.п.п. для образцов №1-№ 4 (6.55-9.57 % п.п.п.).



а - образец №1, б - образец № 2, в - образец №3, г - образец № 4

Рисунок 2 – ИК спектр образцов фосмуки

В образцах № 2 и № 4 к колебаниям  $\text{CO}_3^{2-}$  - группы также относятся соответственно частоты у  $1384$  и  $1300 \text{ см}^{-1}$ . Слабоинтенсивные четкие пики в области  $(797.8-885.7) \text{ см}^{-1}$  характерны колебаниям карбонатной группы, соответствующие карбонатным породообразующим компонентам в виде кальцита [17]. Полосы поглощения в области  $(1092.0-1047.1) \text{ см}^{-1}$  и  $(604.2-499.0) \text{ см}^{-1}$  относятся к антисимметричным валентным и деформационным колебаниям иона  $\text{PO}_4^{3-}$ . Наличие двух полос поглощения обусловлено понижением симметрии правильного тетраэдра  $\text{PO}_4^{3-}$  до  $\text{C}_2$  за счет расщепления трижды вырожденного колебания  $\text{PO}_4^{3-}$  иона [16]. Низкочастотные слабовыраженные полосы при  $499.0$ ;  $505.0$  и  $423.3 \text{ см}^{-1}$ , проявляющиеся соответственно в образцах № 1, № 2 и № 4, а также в спектрах всех образцов в области  $(471.7 - 468.2) \text{ см}^{-1}$ , относятся к деформационным колебаниям связей Si-O-Al(M) и O-Si-O в тетраэдрических

структурах [17]. Согласно результатам ИКС исследуемые образцы фосмуки представлены фосфатными, карбонатными, алюмосиликатными, силикатными составляющими.

#### 4. Заключение.

Проведен системный анализ фосфоритов месторождения Кистас с применением современных физико-химических (РФЛА, РДФА полуколичественный, АЭС, ИКС, ) и химических методов (четыре образца). Результаты показали, что фосмука одного месторождения характеризуется переменным составом. В фосфоритной муке присутствует от 18 до 22 элементов, основными фазами являются: Sr-содержащий фторапатит, Fe-содержащий фторапатит, кварц, железосодержащий акерманит (разновидность), сульфат натрия, жадеит, кальцит. Полученные данные позволят проводить более глубокое разложение фосфоритной муки Коксу с получением ЭФК.

**Финансирование.** Данная работа выполнена по ПЦФ BR21882220 «Синтез и создание технологий удобрений, композиций, препаратов и материалов многофункционального действия для применения на пустынных и деградированных землях», финансируемым Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК.

**Конфликт интересов:** конфликт интересов между авторами отсутствует.

#### ҚАРАТАУ ФОСФОРИТТЕРІНІҢ ЭЛЕМЕНТТІК ЖӘНЕ ЗАТТЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

*Р.Ә. Қайыңбаева<sup>1</sup>, Г.Ш. Сұлтанбаева<sup>1</sup>, Р.М. Чернякова<sup>\*1</sup>,  
Ө.Ж. Жүсіпбеков<sup>1</sup>, Н.Н. Қожабекова<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

\*E-mail: [chernyakova1947@mail.ru](mailto:chernyakova1947@mail.ru)

**Түйіндеме.** *Kіріспе.* Сұйық минералды тынайтқыштар әр түрлі ауылшаруашылық дақылдарына және іс жүзінде кез келген топыраққа қолдануға арналған тиімділігі жоғары, үнемді кешенді тынайтқыштар болып табылады. Соңғы кезде ЭФК алудың негізгі шикізаты Қаратау фосфориттерінің Кистас кен орны болып табылады. *Жұмыстың мақсаты* – Кистас кен орнының (Қаратау) фосфориттерінен алынған фосфор ұнының (4 сынамасын) элементтік және заттық құрамын зерттеу және олардың салыстырмалы талдауын жүргізу. *Нәтижелер мен пікірталас.* Қазіргі заманғы физикалық-химиялық (РФЛТ, жартылай сандық РДФТ, АЭС, ИКС) және химиялық әдістерді (төрт сынама) қолдану арқылы Қистас кен орнының фосфориттеріне жүйелік талдау жүргізілді. Нәтижелер бір кен орнының фосфатты жынысы өзгермелі құраммен сипатталатынын көрсетті. Химиялық талдау, АЭС және фосфор ұнтағының гравиметриялық, рентгендік әдістері флуоресценттік талдау деректерін растады. Фосфатты ұнның зерттелген үлгілері фосфатты, карбонатты, алюмосиликатты және силикатты құрамдардан тұратыны анықталды. *Қорытынды.* Кистас кен орнының фосфор ұнының құрамы мен құрылымын физика-химиялық зерттеулер бір кен орнының фосфор ұнының ауыспалы құрамымен сипатталатынын көрсетті. Фосфат ұнында 18-ден 22-ге дейін элемент бар, негізгі фазалары: Sr-құрамында фторапатит, Fe-құрамында фторапатит, кварц, темірі бар акерманит (түрі), натрий сульфаты, ядеит, кальцит. Алынған деректер Көксу фосфат ұнынан ЭФК алу үшін тереңірек ыдыратуға болатынына мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** фосфатты тау жынысы, рентгендік флуоресценттік талдау, химиялық талдау, рентгендік дифрактометриялық талдау, ИҚ спектроскопия.

<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Гита Шамильевна Султанбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Раушан Алибековна Қайынбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Умирзак Жұмасилов Джусипбеков</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Назым Нургудыровна Қожабекова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

## References:

1. Zavyalova N.E., Shishkov D.G. The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of agricultural crops in a long-term stationary experiment in the climatic conditions of the Urals. Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. **2020**. Issue 5. Pp. 5-15. DOI 10.26897/0021-342X-220-5-5-17. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-mineralnyh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-selskohozyaystvennyh-kultur-v-dlitelnom-statsionarnom-opyte-v/viewer>
2. Ermilov A.V., Kamenev R.A., Turchin V.V., Kameneva V.K. The influence of mineral and organomineral fertilizers on the yield of winter wheat on southern chernozem in the conditions of the Lower Don [Electronic resource]. AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal. **2021**. No. 6. [https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st\\_620.pdf](https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_620.pdf)
3. Kiryushin V. I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape farming systems. Soil science. **2019**. No. 9. pp. 1130-1139. DOI: 10.1134 / S0032180X19070062 <https://bigenc.ru/b/upravlenie-plodorodiem-poch-dc9303>
4. Belous I. N., Korenev V. B., Vorobyov L. A. The influence of a combination of organic and mineral fertilizers in crop rotation on the fertility of agricultural crops and soil fertility. Young scientist. **2015**. No. 8.8 (88.3). P. 4-10. <https://moluch.ru/archive/88/17993/>
5. Dudkina TA The influence of different crop rotations, doses of mineral fertilizers and weather conditions on the yield and quality of winter wheat grain in the central black earth region. Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science. **2022**. No. 1 (29). [https://tvan.niishk.site/data/documents/3\\_20.pdf](https://tvan.niishk.site/data/documents/3_20.pdf)
6. Usmonov TT, Atoev BK Relationship between the efficiency of fertilizer application for winter wheat and grain yield in irrigated soils. Achievements of science and education. **2019**. No. 2 (43). P. 52-57. <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-effektivnosti-primeneniya-udobreniy-pod-ozimuyu-pshenitsu-s-urozhaem-zerna-v-usloviyah-oroshaemyh-pochv>
7. Karshiev B.N., Namazov Sh.S., Seitnazarov A.R., Tozhiev R.R. Liquid NPK fertilizers based on purified phosphoric acid, nitrogen and potassium salts. Universum: technical sciences: electronic. scientific journal. **2022**. 9(102). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14245>
8. Roba T.B. The Effect of Mixing Organic and Inorganic Fertilizer on Productivity and Soil Fertility. Open Access Library Journal. **2018**. No. 5. R.1-11. [https://www.scirp.org/pdf/OALibJ\\_2018062517080932.pdf](https://www.scirp.org/pdf/OALibJ_2018062517080932.pdf)
9. Artemyeva E.S., Skrylnik E.V. Assessment of biological activity and phytotoxicity of liquid organomineral fertilizers under temperature stress. Soil Science and Agrochemistry. **2018**. No. 2. P. 37-46. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-biologicheskoy-aktivnosti-i-fitotoksichnosti-zhidkih-organomineralnyh-udobreniy-v-usloviyah-temperaturnogo-stressa/viewer>
10. Semenyuk O.V. Efficiency of application of liquid complex organomineral fertilizers for pre-sowing treatment of winter wheat seeds. Agriculture. **2023**. No. 7. Pp. 25-28. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-zhidkih-kompleksnyh-organomineralnyh-udobreniy-dlya-predposevnoy-obrabotki-semyan-ozimoy-pshenitsy/viewer>
11. Semenyuk O.V., Galushko N.A. The influence of the preparations "Polidon Amino" on the productivity and quality of winter wheat in the conditions of the North Caucasus region. Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science. **2022**. No. 4 (32). P. 204-213. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49982575>
12. Artemyeva E.S., Skrylnik E.V. Efficiency of using liquid organomineral fertilizers for spring barley in conditions of climate change. Soil Science and Agrochemistry. **2018**. No. 1 (60). P. 148-154. <https://soil.belab.by/jour/article/view/662>
13. Rabinovich G. Yu., Fomicheva N.V. The influence of liquid humic bioproduct on the growth and development of potatoes. Bulletin of Science and Practice. **2019**. No. 9. P. 209-216. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-zhidkogo-guminovogo-biosredstva-na-rost-i-razvitiye-kartofelya/viewer>

14. Savina O. V., Afinogenova S. N. Effect of foliar feeding with complex microfertilizers and humate on biometric parameters of growth and development of potato plants. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. **2021**. No. 1 (49). P. 56-66. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nekornevyh-podkormok-kompleksnymi-mikroudobreniyami-i-gumatom-na-biometricheskie-parametry-rosta-i-razvitiya-rasteniy/viewer>

15. Feoktistova A., Timergalin M., Chetverikov S., Nazarov A., Kudoyarova G. Effects on *Pseudomonas plecoglossicida* 2,4-D and Humic Substances on the Growth, Pigment Indices and Concentration of Hormones in Wheat Seedlings Grown under Water Deficit. Microorganisms. **2023**. No. 11. R.549-564. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36985123/>

16. Tagaev I.A., Temirov U.Sh., Khurramov N.I., Majidov H.B. Results of analyzes of phosphorite layers at the Dzheroy-Srdara deposit of KFK. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. **2022**. Vol.3(4). P.4-14 <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-analizov-plastov-fosforitov-na-dzheroy-sardarinskom-mestorozhdenii-kfk/viewer>

17. Muratov M.N., Ganiev B.Sh., Rakhmatov Z.Sh., Nurkulov F.N., Tursunova I.N., Mardonov U.M. Products of processing of low-grade phosphorite and their study by IR spectroscopy. Coll. materials. Respubl. scientific-practical. conf. "Innovative technologies for processing mineral and technogenic raw materials of the chemical, metallurgical, petrochemical industries of building materials production. Tashkent. **2022**. Pp. 168-169. [https://www.researchgate.net/publication/361412017\\_Produkty\\_kislotnoj\\_pererabotki\\_nizkosortnogo\\_fosforita\\_i\\_izucenie\\_ih\\_metodomИК-spektroskopii](https://www.researchgate.net/publication/361412017_Produkty_kislotnoj_pererabotki_nizkosortnogo_fosforita_i_izucenie_ih_metodomИК-spektroskopii)