

PHYSICO-CHEMICAL STUDIES OF RAW MATERIALS FOR OBTAINING PHOSPHORUS-CONTAINING FERTILIZERS

B.M. Smailov^{1}, B.S. Zakirov², Sh.T. Koshkarbayeva¹, A.A. Kadirbayeva¹, Usha K Aravind³, N.N. Issabayev⁴.*

¹*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan.*

²*Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan.*

³*Cochin University of Science and Technology, Keralla, India.*

⁴*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan.*

E-mail: baha_uppr@mail.ru

Abstract: *Introduction.* To date, accumulated industrial waste creates serious environmental problems in the regions. Therefore, their processing in order to obtain valuable products is an urgent task. As a result of the reduction electric smelting of phosphorite raw materials in the Novo-Dzhambul phosphorus plant, about 150-160 kg of cuttrel dust is formed per 1 ton of yellow phosphorus. The resulting cuttrel dust is considered as a secondary raw material, it can be used to obtain phosphorus-containing mineral fertilizers, since the boiler dust contains a proportion of phosphorus and other useful components. *The purpose* of this work is the processing of phosphorus production waste - cuttrel dust with the use of sulfuric acid to obtain phosphorus-containing mineral fertilizers. *Methodology.* For the processing of cuttrel dust under experimental conditions, instrumental test methods were chosen using a scanning electron microscope (SEM) of the Jeol JSM-6490I V brand, a multi-parameter portable cyberscanner (PCD 650 Eutech) and a Q-1500 Derivatograph. *Results.* According to the results of microscopic studies, it was determined that the content of the main useful component in the cuttrel dust P₂O₅ in the range of 30-31%. The thermodynamic regularities of the process of decomposition of cuttrel dust with the help of a solution of sulfuric acid have been studied. The standard thermal effects of changes in the enthalpy, entropy and the value of the Gibbs energy of the system at a temperature of 333–363K were determined using the HSC-6 complex program. The methods of mathematical processing are considered in order to determine the reliability of the results of the experimental work. The optimal technological parameters of this process have been established and determined. *Conclusion.* A technology has been developed for obtaining phosphorus-containing monocalcium phosphate based cuttrel dust from the waste of the Novo-Dzhambul phosphorus plant using sulfuric acid solutions. The advantage of the resulting phosphorus-containing component is that it has a high solubility and absorption of phosphorus to plants. They are also characterized by a high content of phosphorus-containing substances, which ensure the growth and productivity of agricultural plants and plant resistance to environmental stress factors.

Key words: Cottrel dust, calcium monophosphate, technogenic waste, sulfuric acid, phosphorus-containing fertilizers

Citation: Smailov B.M., Zakirov B.S., Koshkarbayeva Sh.T., Kadirbayeva A.A., Aravind Usha K., Issabayev N.N. Physico-chemical studies of raw materials for obtaining phosphorus-containing fertilizers. *Chem. J. Kaz.*, **2023**, 2(82), 130-140. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2023-2.2710-1185.20>

Smailov Bakyt Matkarimuly	PhD, M.Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan, E-mail: Baha_uppr@mail.ru
Zakirov Bakhtiyar Sabirjanovich	Doctor of chemical sciences, professor. Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, E-mail: bakhtiyar_zakirov@bk.ru
Koshkarbayeva Shaizada Turtayevna	Candidate of technical sciences, professor. M.Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan, E-mail: shayzada-1968@mail.ru
Kadirbayeva Almagul Akkopeykyzy	Candidate of technical sciences, professor. M.Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan, E-mail: diac_2003@mail.ru
Aravind Usha Kulangara	PhD, professor. Cochin University of Science and Technology, Keralla, India, E-mail: uka@cusat.ac.in
Issabayev Nurpeis Nurgaliuly	PhD, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: i_n.n@mail.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ

**Б.М. Смайлов^{1*}, Б.С Закиров², Ш.Т. Кошкарбаева¹, А.А. Кадирбаева¹,
Usha K Aravind³, Н.Н. Исабаев⁴**

¹Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова. Шымкент, Казахстан

²Институт Общей и неорганической химии, Ташкент, Узбекистан

³Кочинский университет науки и технологий, Кералла, Индия

⁴Казахский национальный университет имени Аль-Фараби. Алматы, Казахстан

*E-mail: baha_uppr@mail.ru

Резюме: *Введение.* На сегодняшний день накопленные промышленные отходы создают серьезные экологические проблемы в регионах. Поэтому их переработка с целью получения ценных продуктов является актуальной задачей. В результате восстановительной электроплавки фосфоритного сырья в Ново-Джамбулском фосфорном заводе на 1 тонну производимого желтого фосфора образуется около 150-160 кг коттрельной пыли. Образовавшаяся коттрельная пыль считается как вторичное сырье, ее можно использовать для получения фосфорсодержащих минеральных удобрений, так как в составе коттрельной пыли присутствует доля фосфора и других полезных компонентов. *Целью* данной работы является переработка отхода фосфорного производства - коттрельной пыли с применением серной кислоты для получения фосфорсодержащих минеральных удобрений. *Методы.* Для переработки коттрельной пыли в экспериментальных условиях выбраны инструментальные методы испытаний с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) марки Jeol JSM-6490I V, многопараметрического портативного киберсканера (PCD 650 Eutech) и Дериватограф Q-1500. *Результаты.* По результатам микроскопических исследований определено, что содержание основного полезного компонента в коттрельной пыли P_2O_5 находится в пределах 30-31%. Стандартные тепловые эффекты изменения энтальпии, энтропии и значения энергии Гиббса системы при температуре 333–363К определялись с помощью комплексной программы «HSC-6» Изучены термодинамические закономерности процесса разложения коттрельной пыли с помощью раствором серной кислоты. Рассмотрены методы математической обработки с целью определения достоверности результатов проведенных экспериментальных работ. Установлены и определены оптимальные технологические параметры данного процесса. *Заключение.* Разработана технология получения фосфорсодержащего монокальций фосфата на основе коттрельной пыли из отходов Ново-Джамбулского фосфорного завода с применением растворами серной кислоты. Преимущество полученного фосфорсодержащего компонента состоит в том, что обладает высокой

растворимостью и усвояемостью фосфора к растениям. Разработанное удобрение характеризуется высоким содержанием фосфорсодержащих веществ, которые обеспечивают рост и урожайность сельскохозяйственных растений и устойчивости растений к стрессовым факторам окружающей среды.

Ключевые слова: коттрельная пыль, кальций монофосфат, техногенные отходы, серная кислота, фосфорсодержащие удобрения

<i>Смайлов Бакыт Маткаримұлы</i>	<i>PhD</i>
<i>Закиров Бахтияр Сабиржанович</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Кошкарбаева Шайзада Туртаевна</i>	<i>Кандидат технических наук, профессор</i>
<i>Кадирбаева Алмагул Аккопеевна</i>	<i>Кандидат технических наук, профессор</i>
<i>Aravind Usha Kulangara</i>	<i>PhD, профессор</i>
<i>Исабаев Нурпейс Нургалжулы</i>	<i>PhD</i>

1. Введение

На современном этапе развития науки и технологии одной из важнейших проблем является переработка природных и техногенных отходов. В последние годы накопленные промышленные отходы создают серьезные экологические проблемы в регионах. Поэтому их переработка с целью получения ценных продуктов является актуальной задачей.

На сегодняшний день полноценно обоснованных технологий переработки отходов нет. Примером является производство фосфора, который широко востребован как в Казахстане, так и за рубежом. Его получение обусловлено образованием больших техногенных отходов в виде шлака, феррофосфора, фосфорного шлама и коттрельной пыли. Количество фосфорного шлама, накопленного в советское время и представляющего собой остатки бывшего фосфорного завода, расположенного недалеко от города Шымкент, составляет 500 тысяч тонн. Накопленные отходы считаются сложной и трудоемкой работой с точки зрения химического и гранулометрического состава, а также переработки на основе современных технологий [1].

Настоящее время в результате восстановительной электроплавки фосфоритного сырья на одном лишь Ново-Джамбулском фосфорном заводе на 1 тонну желтого фосфора образуется около 150-160 кг коттрельной пыли, которая в виде суспензии – коттрельного молока сбрасывается в испарительные бассейны. Образовавшаяся коттрельная пыль считается как вторичное сырье, ее можно использовать для получения удобрений, так как в составе коттрельной пыли присутствует доля фосфора и других полезных компонентов. При этом появляется возможность получения фосфорсодержащих минеральных удобрений с высоким содержанием полезных компонентов и микроэлементов[2].

2. Экспериментальная часть

Для переработки коттрельной пыли в экспериментальных условиях выбраны методы испытаний с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) марки Jeol JSM-64901 V, многопараметрического портативного киберсканера (PCD 650 Eutech) и Дериватограф Q-1500. На рисунках 1 представлены дериватограммы коттрельной пыли полученные с помощью Дериватографа Q-1500.



Рисунок 1 - Дериватограмма коттрельной пыли

Кривая линия дифференциально-термического анализа на рисунке 1 характеризуется неинтенсивными эндоэффектами при 260 °C, 580 °C, 780 °C и 800 °C. Первый эндоэффект при 260 °C характеризует удаление поверхностной и гидратной влаги. При 580 °C происходит удаление остаточной кристаллогидратной влаги. Неинтенсивный эндоэффект при 780-800 °C свидетельствует о декарбонизации магнийсодержащих примесных соединений и последний о разложении карбонатов кальция. На кривой ДТА наблюдается три последовательных экзоэффекта при 590 °C, 835 °C и 875 °C. Первый экзоэффект характеризуется окислением незначительного свободного фосфора. Два вторых экзоэффекта характерны для разложения фосфорных соединений. В таблице 1 представлен элементный и минералогический состав коттрельной пыли.

Таблица 1 - Элементный и минералогический состав коттрельной пыли

Элемент	Весовой состав, %	Оксиды	В пересчете на оксиды, %
O	42.1	-	-
Na	0.84	Na ₂ O	1.13
Mg	0.91	MgO	1.51
Al	1.05	Al ₂ O ₃	1.98
Si	7.31	SiO ₂	15.6
P	13.4	P ₂ O ₅	30.7
K	5.91	K ₂ O	7.12
Ca	6.35	CaO	8.89
Fe	0.58	Fe ₂ O ₃	0.82
C	17.6	CO ₂	-
Zn	0.55	ZnO	0.68
F	2.99	-	-

Из анализа таблицы 1 следует, что содержание основного полезного компонента в коттрельной пыли P₂O₅ находится в пределах 30-31%, что вполне достаточно для их использования в качестве фосфорсодержащего компонента для получения минеральных удобрений.

Процесс получения фосфорсодержащего компонента на основе коттрельной пыли в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТом **21560-82**. Процесс получения фосфорсодержащего компонента производится непрерывным перемешиванием при температуре 60-90⁰C в течение 60-120 минут растворами 20%-ной серной кислоты. В связи с повышением концентрации серной кислоты, применяемой в процессе получения фосфорсодержащего компонента, увеличивается выход получаемого продукта [3-4]. Химизм данного процесса можно описывать следующим виде:



Проведен элементный анализ с помощью электронной микроскопии (JSM-6490I V, Jeol. Япония) на образцах фосфорсодержащего компонента - монокальцийфосфата, полученного на основе коттрельной пыли из отхода НДФЗ. Результаты исследований показаны в таблице 2.

Таблица 2 - Элементный состав монокальцийфосфата

Элемент	Mg	Al	P	S	Ca	Na	Fe
массовая доля, %	0.04	0.25	11.45	0.08	8.05	-	0.6

Из таблицы 2 следует, что при 10% концентрации серной кислоты и при температуре 90°C выход фосфора составляет 11.45%, такое содержания фосфора достаточно использовать его в качестве фосфорсодержащего компонента.

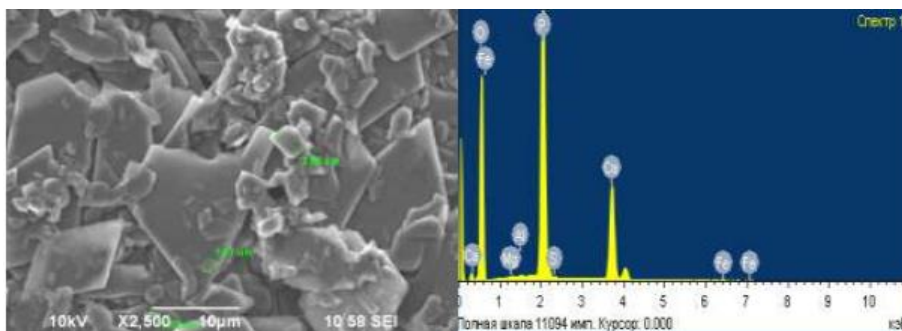


Рисунок 2- Микроскопический снимок монофосфата кальция

На основании данных рис.2, описано образование кристаллической структуры в микроструктурном изображении образованного монофосфата кальция. Установлено, что соединение содержит кальций, фосфор и небольшое количество магния, железа и алюминия[5-7].

Стандартные тепловые эффекты изменения энтальпии, энтропии и значения энергии Гиббса системы при температуре 333–363К определялись с помощью комплексной программы «HSC-6» [8]. Полученные данные представлены в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3 - Значения термодинамических показателей в процессе разложения пыли

Температура, К	ΔH , кДж/ моль	ΔS , Дж/ (моль·К)	ΔG , кДж/ моль	Температура, К	ΔH , кДж/ моль	ΔS , Дж/ (моль·К)	ΔG , кДж/ моль
333	-399.29	-321.2	-292.28	353	-406.96	-343.57	- 285.63
338	-401.25	-327.0	-290.66	358	-408.80	-348.75	- 283.89
343	-403.19	-332.7	-289.01	363	-410.61	-353.77	- 282.14
348	-405.09	-338.2	-287.33	-	-	-	-

На основании данных таблицы 3 видно, что при взаимодействии фторапатита и раствора серной кислоты между температурой 333 – 363К значение энергии Гиббса изменяется от -292.28 до -282.14, а протекание химической реакции объясняется отрицательным значением энергии Гиббса. Изменение термодинамических показателей химической реакции показано на рисунке 2.

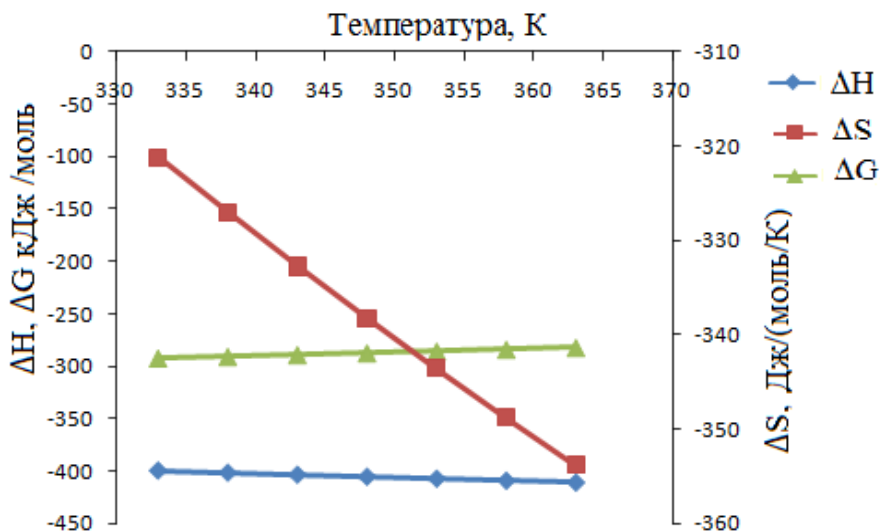


Рисунок 3- Зависимость термодинамических показателей реакции от температуры в процессе разложения пыли

На рис. 3 показано, что из за повышения температуры значения энтальпии и энтропии в системе уменьшаются, а энергия Гиббса приобретает отрицательное значение и происходит химическая реакция.

Рассмотрены методы математической обработки с целью определения достоверности и достоверности результатов экспериментальных работ, проведенных в лабораторных условиях. Показано уравнение записи степени разложения пыли коттреля на основе линейной математической функции:

$$Z = 16,7213 + 0,4602 \cdot x + 0,2009 \quad (2)$$

Экспериментальные данные, обработанные с помощью математической функции процесса разложения коттрельной пыли, представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Зависимость степени разложения коттальной пыли от изменения температуры во времени

Температура, °С	Уақыт, мин	Степень разложения коттальной пыли, α	Температура, °С	Уақыт, мин	Степень разложения коттальной пыли, α
60	60	51.0	80	60	65.5
60	80	60.1	80	80	70.2
60	100	65.4	80	100	72.3
60	120	70.5	80	120	74.8
70	60	62.2	90	60	70.5
70	80	68.3	90	80	76.2
70	100	70.1	90	100	78.3
70	120	73.3	90	120	80.4

Из данных таблицы 4 видно, что с увеличением температуры и времени степень разложения пыли увеличивается в процессе [9-10]. Математически обработанный 3D вариант представлен на рис.4.

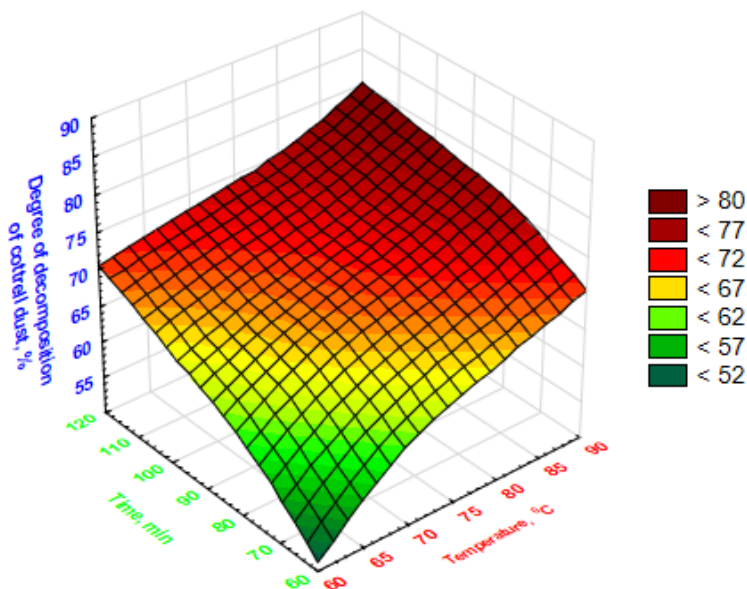


Рисунок 4- Зависимость степени разложения коттальной пыли от температуры во времени

Исходя из данных на рис.4, увеличение степени разложения под действием времени, температуры в процессе разложения коттрельной пыли характеризуется изменением квадратного вида плоскости с зеленого на насыщенный красный цвет.

3. Результаты и обсуждение

По результатам микроскопических исследований определено, что содержание основного полезного компонента в коттрельной пыли P_2O_5 находится в пределах 30-31%. При исследований определено, что степень разложения коттрельной пыли составляет 80.4,% при раствором серной кислоты концентрацией 20% и температуре 90°C. Общая доля оксида P_2O_5 находится в пределах фосфора 24-25%, что вполне достаточно для их использования в качестве фосфорсодержащего компонента для получения минеральных удобрений.

Изучены термодинамические закономерности процесса разложения коттрельной пыли с помощью раствором серной кислоты. Определены параметры значения в системе энтальпии, энтропии и энергия Гиббса с помощью уравнениями и програмном комплексом Outokumpu HSC-6.

4. Заключение

Разработана технология получения фосфорсодержащего монокальций фосфата на основе коттрельной пыли из отходов Ново-Джамбулского фосфорного завода с применением растворами серной кислоты. Разработанная технология получения фосфорсодержащего монокальций фосфата нацелена на сокращение накопленных промышленных отходов, что свою очередь позволяет регулировать и улучшать экологическую ситуацию в регионе.

Изучены кинетические закономерности процесса получения фосфорсодержащего монокальций фосфата, полученного на основе коттрельной пыли из отходов Ново-Джамбулского фосфорного завода.

Изучены особенности элементного и минералогического состава коттрельной пыли и полученного фосфорсодержащего монокальций фосфата. Установлены оптимальные технологические параметры данного процесса и методы математические планирования экспериментальных работ.

Преимущество полученного фосфорсодержащего компонента состоит в том, что обладает высокой растворимостью и усвояемостью фосфора к растениям. Также характеризуются высоким содержанием фосфорсодержащих веществ, которые обеспечивают рост и урожайность сельскохозяйственных растений [10-11].

Конфликт интересов: Конфликт интересов между авторами отсутствует.

ФОСФОРҚУРАМДАС ТЫҢАЙТҚЫШТАР АЛУ ҮШІН ШИКІЗАТТАРДЫ ФИЗИКО-ХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Б.М. Смайлов^{1*}, Б.С. Закиров², Ш.Т. Қошқарбаева¹, А.А. Қадірбаева¹, Usha K. Aravind³, Н.Н. Исабаев⁴

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан.

²Жалпы және бейорганикалық химия институты, Ташкент, Узбекистан.

³Қочиндік ғылым және технология университеті, Кералла, Үндістан.

⁴Әль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

*E-mail: baha_uppr@mail.ru

Түйіндеме: *Кіріспе.* Бүгінгі таңда жинақталған өндірістік қалдықтар өңірлерде күрделі экологиялық проблемаларды туғызуда. Сондықтан қалдықтарды өңдеу арқылы бағалы өнімдер алу өзекті мәселелердің болып табылады. Жаңа-Жамбыл фосфор зауытында фосфорит шикізатын электрмен балқытуды барысында нәтижесінде 1 тонна сары фосфордан шамамен 150-160 кг коттрель шаңы түзіледі. Жинақталған коттрельі шаң қайталама шикізат ретінде қарастырылады, оның негізінде фосфорқұрамдас минералды тыңайтқыштарды алуға болады, өйткені коттрель шаңында құрамында фосфордың және басқа пайдалы компоненттердің үлесі бар екендігі анықталды. Бұл жұмыстың мақсаты фосфор өндірісінің қалдығы – коттрель шаңына күкірт қышқылын пайдалана отырып, фосфорқұрамдас минералды тыңайтқыштарды алу болып табылады. *Әдістер.* Тәжірибелік жағдайларда коттрель шаңын өңдеу үшін Jeol JSM-6490I V маркалы сканерлеуші электронды микроскоп (SEM), көп параметрлі портативті киберсканер (PCD 650 Eutech) және Q-1500 Дериватограф қондырғылары да арқылы аспаптық сынақ әдістері таңдалды. *Нәтижесі.* Микроскопиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша коттрель шаңындағы фосфор оксидінің P₂O₅ негізгі пайдалы компонентінің мөлшері 30-31% аралығында екені анықталды. Үрдісті 333–363К температурада арасында жүйенің энтальпиясы, энтропиясы және Гиббс энергиясының мәні өзгерген кездегі стандартты жылу эффектілері «HSC-6» кешенді бағдарламасы қолданылып, соның нәтижесінде анықталды. Эксперименттік жұмыс нәтижелерінің сенімділігін анықтау мақсатында математикалық өңдеу әдістері қарастырылды. Бұл процестің оңтайлы технологиялық параметрлері анықталды және орнатылды. *Қорытынды.* Жаңа-Жамбыл фосфор зауытының қалдықтарына күкірт қышқылы ерітінділерін пайдалана отырып, коттрель шаңы негізінде фосфорқұрамдас кальций монофосфатын алу технологиясы әзірленді. Әзірленген тыңайтқыш ауылшаруашылық өсімдіктерінің өсуі мен өнімділігін, сонымен қатар қоршаған ортаның қолайсыз факторларына өсімдіктердің тұрақтылығын қамтамасыз ететін құрамында фосфоры бар заттардың жоғары мөлшерімен сипатталады.

Түйінді сөздер: коттрель шаңы, кальций монофосфаты, техногенді қалдықтар, күкірт қышқылы, фосфорқұрамдас тыңайтқыш

<i>Смайлов Бақыт Матқаримұлы</i>	<i>PhD</i>
<i>Закиров Бахтияр Сабиржанұлы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Қошқарбаева Шайзада Туртаевна</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты, профессор</i>
<i>Қадірбаева Алмагул Аккопейқызы</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты, профессор</i>
<i>Aravind Usha Kulangara</i>	<i>PhD доктор, профессор</i>
<i>Исабаев Нұрпейіс Нұрғалиұлы</i>	<i>PhD</i>

Список литературы:

1. Алдашов Б. А., Сinyaeva В. Т. Разработка инновационного способа получения нового сложного высокоэффективного удобрения – мелиоранта аммофосогипса калийного // Химия и химические технологии. Фундаментальные проблемы создания новых материалов и технологий. - Алматы, **2010**. – Вып. 5. – С. 51-55.
2. Байгарин М. Нет отходов - есть незавершенное производство: прекратить накопление техногенных отходов в Казахстане. [http://www.inform.kz/rus/article/2620769/\(25.09.2022\)](http://www.inform.kz/rus/article/2620769/(25.09.2022)) .
3. ГОСТ **21560-82**. Удобрения минеральные. Методы отбора и подготовки проб. с.12-14.
4. Назарбек У.Б. Разработка технологий переработки фосфорного шлама на целевые продукты удобрительного назначения: дис. ... докт. филос. PhD: 6D072000 / ЮКГУ им. М. Ауэзова. – Шымкент, **2017**. – С. 89-93.
5. Адил Ж., Молдабеков Ш.М., Шолак. А. Переработка котельного молока на фосфорно-калийное удобрение. Jaqiellonian University *Inter. Sci. J.* - Krakow, **2020**. - №14.-С.25.
6. Roine A. Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium software with Extensive Thermochemical Database. Pori: Outokumpu Resaerch OY, **2012**.
7. В.М. Smailov, A.S. Tleuov, O.K. Beisenbayev, S.T. Tleuova, M.M. Yeskendirova, B.A. *Rasayan J. Chem.*, 15(2), 1085-1090. **2022**. <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2022.1526806>
8. Смайлов Б.М. Разработка технологии получения хелатных полимерсодержащих удобрений на основе котельной пыли и углетоходов: дис. .. докт. филос. PhD: 6D072000/ ЮКУ им. М.Ауэзова. – Шымкент, **2021**. – С.33-41.
9. В.М. Smailov, O.K. Beisenbayev, A.S.Tleuov, A.A Kadirbaeva, B.S. Zakirov and B. Mirzoyev//*Rasayan J. Chem.* Vol. 13, No.3, July-September, **2020**. pp.1372-1378. <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2020.1335726>
10. В.М. Smailov, M. A. Zharkinbekov, K. T. Tuleshova, N.N. Issabayev, A.S. Tleuov, O.K. Beisenbayev, M.M. Esirkepova and A.M. Azimov. *Rasayan J. Chem.* Vol. 14, No.3, July-September, **2021**. pp. 1899-1905. <http://doi.org/10.31788/RJC.2021.1436391>
11. В.М. Smailov, A.Sh. Kydryalyeva, O.K. Beisenbayev, N.N. Issabayev, A.M. Azimov, A.B. Issa and A.R. Assanova, *Rasayan J. Chem.* 15(3), 2022. <http://doi.org/10.31788/RJC.2022.1536934>

References

1. Aldashov B. A., Sinyaeva V. T. Development of an innovative method for obtaining a new complex highly effective fertilizer - potassium ammophosogypsum ameliorant // Chemistry and Chemical Technologies. Fundamental problems of creating new materials and technologies. - Almaty, **2010**. - Issue. 5. - pp. 51-55.
2. Baygarin M. No waste - there is work in progress: stop the accumulation of man-made waste in Kazakhstan. <http://www.inform.kz/rus/article/2620769/25.12.2021> .
3. GOST 21560-82. Mineral fertilizers. Methods for sampling and sample preparation. pp.12-14.
4. Nazarbek U.B. Development of technologies for the processing of phosphorus sludge into target fertilizer products: Ph.D...doc. philosophy PhD:6D072000/SKU M.Auevov, **2017**. -p.p.89-93.
5. Adil Zh., Moldabekov Sh.M., Sholak. A. Processing of cottle milk for phosphorus-potassium fertilizer. Jaqiellonian University. *Inter. Sci. J.* - Krakow, **2020**. - No.14.-p.25.
6. Roine A. Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium software with Extensive Thermochemical Database. Pori: Outokumpu Resaerch OY, **2012**.
7. В.М. Smailov, A.S. Tleuov, O.K. Beisenbayev, S.T. Tleuova, M.M. Yeskendirova, B.A.// *Rasayan J. Chem.*, 15(2), 1085-1090. **2022**. <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2022.1526806>
8. Smailov B.M. Development of technology for obtaining chelated polymer-containing fertilizers based on cottle dust and coal waste: dis. .. doc. philosophy PhD: 6D072000/ SKU. M. Auevov. - Shymkent, **2021**. – pp.33-41.
9. В.М. Smailov, O.K. Beisenbayev, A.S.Tleuov, A.A Kadirbaeva, B.S. Zakirov and B. Mirzoyev. *Rasayan J. Chem.* Vol. 13, No.3, July-September, **2020**. pp.1372-1378. <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2020.1335726>
10. В.М. Smailov, M. A. Zharkinbekov, K.T. Tuleshova, N.N. Issabayev, A.S. Tleuov, O.K. Beisenbayev, M.M. Esirkepova and A.M. Azimov. *Rasayan J. Chem.* Vol. 14, No.3, July-September, **2021**. pp. 1899-1905. <http://doi.org/10.31788/RJC.2021.1436391>
11. В.М. Smailov, A.Sh. Kydryalyeva, O.K. Beisenbayev, N.N. Issabayev, A.M. Azimov, A.B. Issa and A.R. Assanova. *Rasayan J. Chem.* 15(3), **2022**. <http://doi.org/10.31788/RJC.2022.1536934>