

OBTAINING LIQUID MINERAL FERTILIZERS FROM PRE-PURIFIED EPA BY NATURAL ZEOLITE

R.M. Chernyakova¹, G.Sh. Sultanbayeva^{1*}, R.A. Kaiynbayeva¹,
U.Zh. Dzhusypbekov¹, N.N. Kozhabekova²

¹A.B. Bekturov Institute of Chemical Science, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Pedagogical University, Abay Almaty, Kazakhstan

*E-mail: sultanbaeva@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Wide application of extraction phosphoric acid (EPA) is mainly associated with obtaining mineral fertilizers from it. Currently, the main raw material for obtaining EPA is phosphorites of the Kistas deposit. *The aim of the work* is to purify the plant extraction phosphoric acid (EPA) and obtain liquid N-P-containing fertilizers from it. *Results and discussion.* The influence of zeolite consumption, time and temperature on the process of acid purification from suspensions was studied. Analysis of the obtained results showed that transparent EPA was obtained regardless of the zeolite rate, duration and temperature of the process. Optimum conditions for the sorption process of EPA purification with natural Shankanai zeolite were determined: S:L = 15:100, ToC – (25-30)°C, τ – 30 min., ensuring complete absorption of suspensions and an increase in P₂O₅ in EPA by 2.2-2.4%. The process is preferably carried out with a zeolite consumption of 15 g per 100 g of the purified solution. The effect of time on the purification of EFA was studied at constant process factors: temperature - 22 °C and T:L = 1:15 with a process duration of 5 to 90 min. It was shown that in the range from 15 to 45 min, the P₂O₅ content in EFA increases by (1.59-2.37)% of the initial value. Optimum conditions for concentrating the acid were established: temperature - 40 °C, time - 60 minutes, with the production of EFA with P₂O₅ (42.90%). *Conclusion.* For the first time, liquid NP fertilizer was obtained from purified and evaporated phosphorite from Koksui field under conditions of ammonia ammoniation with the ratio N:P=(0.19-0.23):1 and the sum of nutrient components (N+P₂O₅) equal to (44.15-44.25)%. Optimum conditions for obtaining liquid NP fertilizers were identified: T=25 °C, pH 3.34-3.64.

Key words: extraction phosphoric acid, purification, zeolite, liquid mineral fertilizers.

Raissa Michailovna Chernyakova	Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher; E-mail: chernyakova1947@mail.ru
Gita Shamilyevna Sultanbayeva	Candidate of technical sciences; Senior Researcher; E-mail: sultanbaeva@mail.ru
Raushan Alibekovna Kaiynbaeva	Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher; E-mail: raushan_1972@mail.ru
Umirzak Zhumasilovich Jussipbekov	Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Chemistry of Fertilizers and Salts; E-mail: jussipbekov@mail.ru
Nazym Nurgudyrovna Kozhabekova	Candidate of Chemical Sciences, Researcher; E-mail: kojabekova@mail.ru

Citation: Chernyakova R.M., Sultanbayeva G.Sh., Kaiynbayeva R.A., Jussipbekov U.Zh., Kozhabekova N.N. Obtaining liquid mineral fertilizers from EPA purified with natural zeolite. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 37-47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.04>

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ ЭФК ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОЧИЩЕННОЙ ПРИРОДНЫМ ЦЕОЛИТОМ

Р.М.Чернякова¹, Г.Ш.Султанбаева^{1}, Р.А.Кайынбаева¹,
У.Ж.Джусипбеков¹, Н.Н.Кожобекова²*

¹АО «Институт химических наук им.А.Б.Бектурова», г. Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный педагогический университет им.Абая, г. Алматы, Казахстан

*E-mail: sultanbaeva@mail.ru

Резюме. *Введение.* Широкое использование экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) в основном связано с получением из нее минеральных удобрений. В настоящее время основным сырьем для получения ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас. *Целью работы* является очистки заводской экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) и получение из нее жидких N-P-содержащих удобрений. *Результаты и обсуждение.* Исследовано влияние расхода цеолита, времени и температуры на процесс очистки кислоты от взвесей. Анализ полученных результатов показал, что независимо от нормы цеолита, длительности и температуры процесса получена прозрачная ЭФК. Определены оптимальные условия сорбционного процесса очистки ЭФК природным шанканайским цеолитом: Т:Ж =15:100, Т°С – (25-30)°С, τ – 30 мин., обеспечивающие полное поглощение взвесей и повышение P₂O₅ в ЭФК на 2.2-2.4 %. Процесс предпочтительнее проводить при расходе цеолита 15 г на 100 г очищаемого раствора. Изучение влияние времени на очистку ЭФК осуществляли при постоянных факторах процесса: температура – 22°С и Т:Ж=1:15 при продолжительности процесса от 5 до 90 мин. Показано, что в интервале от 15 до 45 мин содержание P₂O₅ в ЭФК увеличивается на (1.59-2.37)% от первоначального значения. Установлены оптимальные условия концентрирования кислоты: температура – 40°С, время – 60 минут, с получением ЭФК с P₂O₅ (42.90%). *Заключение.* Впервые получено жидкое NP-удобрение из очищенной и упаренной ЭФК из фосфоритов м. Коксу в условиях аммонизации водным аммиаком с соотношением N:P=(0.19-0.23):1 и суммой питательных компонентов(N+P₂O₅) равной (44.15-44.25) %. Выявлены оптимальные условия получения жидких NP-удобрений: Т=25 °С, рН 3.34-3.64.

Ключевые слова: экстракционная фосфорная кислота, очистка, цеолит, жидкие минеральные удобрения.

<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 Нургудыровна Кожобекова</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

1. Введение.

В настоящее время ЭФК имеет широкий спектр областей применения [1,2], кроме того используется для получения аммофоса [3-5] и жидких NP содержащих удобрений [6]. ЭФК получают из различного фосфорсодержащего сырья [7-8], но основным сырьевым источником ее получения остаются фосфориты и апатиты [4,5]. В РК наиболее крупным месторождением является Каратауский фосфоритоносный бассейн [9]. На ТОО «Минеральные удобрения» (г.Тараз) получение ЭФК осуществляется

из фосфоритов Каратау дигидратным методом [4,5]. В последнее время сырьем для ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас.

Минеральные удобрения относятся к основным средствам получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственной продукции, а также увеличения содержания, усвояемых растениями питательных элементов в почвах и улучшения их плодородия [10]. Жидкие минеральные удобрения относятся к высокоэффективным экономически-целесообразным комплексным удобрениям, предназначенным для внесения под различные сельскохозяйственные культуры и практически в любые грунты. Современная агрохимическая наука предполагает применение удобрений с широким диапазоном соотношения питательных веществ N:P:K.

2. Экспериментальная часть

В работе использовали ЭФК, полученную из фосфоритов месторождения Кистас (ТОО «Минеральные удобрения», г.Тараз). ЭФК с $d=1.24$ г/мл содержит 18.55 % P_2O_5 и 0.86 % нерастворимого остатка темного цвета (взвеси).

Для очистки ЭФК от взвесей использовали природный цеолит Шанканайского месторождения с масс. %: SiO_2 –65, 28; Al_2O_3 –10.81; K_2O –1.38; Na_2O –0.95; Fe_2O_3 –1.60; CaO –2.32; MgO –0.93; п.п.п–18.15 $Si/Al=5.4$ и $Ca-K, Na$ -формой клиноптилолита ($CaO/(Na_2O+K_2O)=1$).

Процесс очистки ЭФК цеолитом и ее нейтрализации осуществляли в термостатированном реакторе при заданной температуре в статических условиях. Контроль за процессом очистки осуществляли по содержанию P_2O_5 в ЭФК после контакта с цеолитом и путем визуального наблюдения наличия взвесей. Влияние нормы цеолита на очистку ЭФК изучали при 22°C в течение 30 мин. Расход цеолита варьировали от 1.5 до 30 г на 100 г очищаемой кислоты. Влияние температуры на содержание P_2O_5 в ЭФК изучали при T:Ж=1:15 и 45 мин контакта цеолита с кислотой в интервале от 25 до 90°C.

Содержание общего, усвояемого P_2O_5 и аммиачного азота определяли фотоколориметрическим методом анализа [11].

Определение элементов в ЭФК и кислотном растворе после разложения образцов в минеральных кислотах проводили на приборе - АЭС индуктивно связанной плазмой (ICAPPROXP «ThermoScientific») (Германия).

Измерение величины рН проводили на рН метре 150 МИ погрешность составляет ± 0.05 отн. %. Плотность пульпы определяли пикнометрическим методом с точностью измерений ± 0.05 отн.%. Определение кинематической вязкости проводили капиллярным методом на стеклянном вискозиметре ВПЖ-2м LAVTEX с погрешностью ± 0.2 отн.% .

3. Результаты и обсуждение

Прямое использование ЭФК для получения ЖУ ограничено наличием взвесей и низким содержанием P_2O_5 . ИКС исследование взвесей в ЭФК

приведено на рисунке 1 и таблице 1. В ИК спектре взвесей в области колебаний ОН групп от 3500 до 3666.7 см⁻¹ прописываются две частоты у 3616.4 см⁻¹ и 3565.3 см⁻¹, соответствующие CaSO₄·2H₂O, и которому принадлежат также полосы поглощения у 1621.2 см⁻¹; 1115.4 см⁻¹ слабой интенсивности и средней у 671.4 см⁻¹ и 597.7 см⁻¹. Во взвесах присутствуют SiO₂ (500.03 см⁻¹; 480.3 см⁻¹; 744.0 см⁻¹) [9],[12]. В ИК спектре исследуемого образца частота у 2925,4 см⁻¹ обусловлена наличием Р-ОН связи [13]. Самая интенсивная частота в спектре взвесей у 1153.9 см⁻¹ располагается в низковолновой области по отношению к колебаниям SO₄²⁻ (1130-1080 см⁻¹), и PO₄³⁻ (1100 - 970) см⁻¹ групп, а также силиката (1100 см⁻¹). Частота с максимумом у 1153.9 см⁻¹ сдвигается на (23.9-183.9) см⁻¹ по отношению к указанным ионам. Пик у 1153.9 см⁻¹ может быть обусловлен как поглощением сульфатов, так и примесей, таких как фосфаты и силикаты, которые сильно поглощают в этой области.

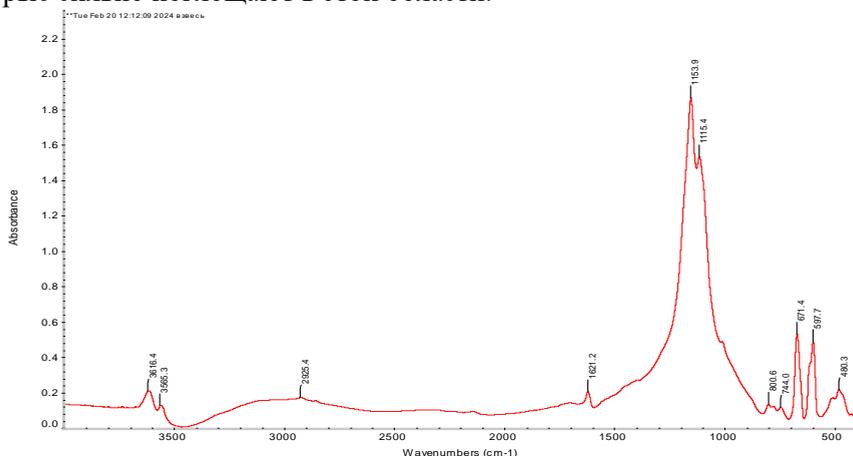


Рисунок 1 – ИК спектр взвесей

Темные взвеси, выделенные из ЭФК, имеют сложный состав, в котором присутствуют кальций, фосфор-, серо-, и кремнийсодержащие соединения. Четко идентифицируется дигидросульфат кальция CaSO₄·2H₂O и диоксид кремния SiO₂. Исходя из данных ИКС и литературных данных [9, 13] проведен фазовый расчет основных фаз присутствующих во взвесах. Согласно проведенным расчетам во взвесах присутствует 10 фаз (таблица 1). Основной фазой во взвесах является дигидросульфат кальция CaSO₄·2H₂O (78.1%). В ощутимых количествах присутствует малорастворимый фосфат кальция Ca₃(PO₄) (7.8 %), SiO₂ (4.49 %) и KPO₃ (1.3%). Темный цвет взвесей, а также высокое содержание в них кальция, фосфора, фтора и присутствие железа обусловлено присутствием фосфорита [9], в нашем случае - фторапатита, Sr-содержащего (2.19 %).

Таблица 1 – Фазовый состав взвесей из ЭФК

минерал	формула	С, %
Фторапатит, Sr-содержащий	$(Ca_{9,71}Sr_{0,29})(PO_4)_6(F_{1,78}(OH)_{0,22})$	2.19
Сульфат кальция дигидрат (гипс)	$Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$	78.01
Фосфат железа (III), ортофосфат железа	$FePO_4$	0.49
Фосфат алюминия, ортофосфат алюминия III	$AlPO_4$	1.58
Фосфат магния, фосфат тримагния, ортофосфат магния	$Mg_3(PO_4)_2$	1.55
Метафосфат калия	KPO_3	1.30
Фосфат кальция, ортофосфат кальция, трикальцийфосфат (фосфорит, апатит)	$Ca_3(PO_4)_2$	7.80
Гексафторосиликат натрия, натрий кремнефтористый, фторсиликат натрия	Na_2SiF_6	0.53
Гексафторосиликат калия, калий кремнефтористый, фторсиликат калия	K_2SiF_6	2.01
Диоксид кремния, оксид кремния (IV) (кварц)	SiO_2	4.49

Железо и алюминий находится в виде малорастворимых фосфатов Fe и Al, а сера связана с кальцием виде сульфата кальция с небольшой примесью фосфогипса. Прямое использование ЭФК для получения ЖУ ограничено наличием взвесей и низким содержанием P_2O_5 .

Исследовано влияние расхода цеолита, времени и температуры на процесс очистки кислоты от взвесей. Анализ полученных результатов показал, что независимо от нормы цеолита, длительности и температуры процесса получена прозрачная ЭФК (таблицы 2). Выявлено, что концентрация P_2O_5 в ЭФК с повышением расхода цеолита до 15 г на 100 г ЭФК возрастает на 2.25%. Процесс предпочтительнее проводить при расходе цеолита 15 г на 100 г очищаемого раствора.

Изучение влияние времени на очистку ЭФК осуществляли при постоянных факторах процесса: температура – 22°C и Т:Ж=1:15 при продолжительности процесса от 5 до 90 мин. Показано, что в интервале от 15 до 45 мин содержание P_2O_5 в ЭФК увеличивается на (1.59-2.37)% от первоначального значения (таблица 3). Дальнейшее повышение времени инициирует процесс десорбции P_2O_5 из цеолита в кислоту. Оптимальным временем процесса очистки является 45 мин.

Таблица 2 – Влияние исследуемых факторов процесса очистки на содержание P_2O_5 в ЭФК. $P_2O_{5\text{исх}}=18.55\%$.

Значения параметра	Содержание P_2O_5 после сорбции, %	Повышение $C_{P_2O_5}$ после сорбции, %
Т:Ж, масс.ч	Влияние расхода цеолита	
1,5:100	18,66	0.11
2,5:100	18,95	0.40
5:100	19,19	0.64
10:100	19,70	1.15
15:100	20,80	2.25
20:100	20,84	2.30
30:100	20.79	2.24
τ , мин	Влияние времени	
15	20,14	1.59
30	20,81	2.26
45	20,92	2.37
60	19,93	1.38
75	19,33	0.78
90	19.05	0.50
T °C	Влияние температуры	
25	20,85	2.30
40	21,60	3.05
50	22,17	3.62
60	23,37	4.82
80	26,21	7.66
90	28,19	9.64

Очистку ЭФК от взвесей рационально проводить при расходе цеолита 15 г на 100 г кислоты при (25-30)°C в течение 30 минут, в условиях, обеспечивающих полное поглощение взвесей. Причем, по данным химического анализа и АЭС концентрация P_2O_5 в ЭФК повышается на (2.2-2.2) %. В лабораторных условиях получено 2,0 л очищенной цеолитом ЭФК с содержанием 20.50 % P_2O_5 и плотностью 1.24 г/см³. Получение качественных жидких фосфорных удобрений из очищенной ЭФК с таким содержанием P_2O_5 недостаточно, поэтому необходимо ее предварительное концентрирование (упаривание) [14, 15].

В таблице 3 приведены данные по влиянию температуры и времени упаривания на качественные показатели ЭФК. Во всем исследуемом интервале времени повышение температуры увеличивает концентрацию P_2O_5 , плотность и кислотность ЭФК. Причем для всех температур до 40 мин, а также при 60 мин процесса до 40°C растворы ЭФК остаются прозрачными. При 60 мин и 50°C в кислоте образуется муть, а при 60°C выпадает осадок. При этом в ЭФК несколько снижается содержание P_2O_5 . Оптимальными

условиями концентрирования кислоты являются: $T - 40^{\circ}\text{C}$, $\tau - 60$ минут, в указанных условиях получается ЭФК с 42.90%-ным содержанием P_2O_5 .

Таблица 3 – Влияние температуры и времени на концентрирование ЭФК. $\text{P}_2\text{O}_{5\text{снх.}} - 20.5\%$; $d - 1.24 \text{ г/см}^3$; $\text{pH} - 2.21$

Время, мин	Параметры	$T^{\circ}\text{C}$			
		30	40	50	60
30	$\text{P}_2\text{O}_5, \%$	20.65	21.38	22.06	22.96
	$d, \text{ г/см}^3$	1.240	1.240	1.243	1.243
	pH	2.21	2.20	2.18	2.17
	состояние	прозр.	прозр.	прозр.	прозр.
40	$\text{P}_2\text{O}_5, \%$	20.77	24.74		
	$d, \text{ г/см}^3$	1.240	1.247	1.250	1.254
	pH	2.22	2.19	2.19	2.17
	состояние	прозр.	прозр.	прозр.	прозр.
60	$\text{P}_2\text{O}_5, \%$	22.85	42.89	42.43	42.00
	$d, \text{ г/см}^3$	1.240	1.300	1.265	2.16
	pH	2.22	2.16	2.16	2.15
	состояние	прозр.	прозр.	муть	осадок

Для получения NP жидких удобрений из предварительно очищенной цеолитом ЭФК в оптимальных условиях наработано 2.5 л упаренной ЭФК с содержанием 42.89% P_2O_5 ($d - 1.300 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} - 2.11$).

Таблица 4 – Влияние расхода компонентов на свойства аммонизированной фосфатно-кислой смеси при 25°C . $\text{P}_2\text{O}_{5\text{снх.}} - 42.90\%$; $d - 1.300 \text{ г/см}^3$; $\text{pH} - 2.11$

№	$V_{\text{ЭФК}}:V_{\text{N}}$ н/чон, мл	pH	$d, \text{ г/см}^3$	Время, сек	$v, \text{ м Па}\cdot\text{с}$	$\text{P}_2\text{O}_5, \%$	$\text{N}, \%$	$\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5$	$\Sigma \text{N}+\text{P}_2\text{O}_5$	Внешний вид
1	2.5: 2.0	2.59	1.282	32.18	3.48	40.85	3.21	0.08: 1	44.06	прозрач.
2	25: 4.0	3.06	1.268	32.78	3.54	39.25	6.48	0.17: 1	45.73	прозрач.
3	25: 6.0	3.64	1.259	36.18	3.91	35.89	8.26	0.23: 1	44.15	прозрач.
4	25: 8.0	3.97	1.257	42.60	4.40	33.40	9.15	0.28: 1	42.55	мут. осад.
5	25: 8.5	4.41	1.258	44.44	4.57	31.23	10.95	0.35: 1	42.18	сильн.ос-к

Таблица 5 – Влияние расхода компонентов на свойства аммонизированной фосфатно-кислой смеси при 40°C. $P_2O_{5\text{сисх.}}$ – 42.90 %; d – 1.300 г/см³; pH – 2.11

№	Соотношение $V_{\text{ЭФК}}:V_{\text{NH}_4\text{OH}}$, мл	pH	d , г/см ³	Время, сек	v , мП а·с	P_2O_5 , %	N, %	N: P_2O_5	Σ N+ P_2O_5	Внешний вид
1	2.5: 2.0	2.32	1.240	26.09	2.79	40.64	3.94	0.10: 1	44.58	прозрач.
2	25: 4.0	2.80	1.230	24.50	2.97	38.25	5.48	0.14: 1	43.73	прозрач.
3	25: 6.0	3.33	1.227	29.80	3.39	35.89	8.26	0.23: 1	44.15	свет. муть
4	25: 8.0	3.89	1.230	52.42	5.97	35.04	9.43	0.27: 1	44.47	мут.осадок
5	25: 9.0	4.08	1.235	56.55	6.44	34.52	9.65	0.28: 1	44.17	мут.осадок

Нейтрализацию полученной ЭФК проводили водным раствором аммиака. Результаты исследования pH и расхода водного аммиака на реологические и химические свойства аммонизированной фосфатно-кислой пульпы для 25, 40 и 60°C представлены в таблицах 4-6.

Таблица 6 – Влияние расхода компонентов на свойства аммонизированной фосфатно-кислой смеси при 60°C. $P_2O_{5\text{сисх.}}$ – 42.90 %; d – 1.300 г/см³; pH – 2.11

№	$V_{\text{ЭФК}}:V_{\text{NH}_4\text{OH}}$, мл	pH	d , г/см ³	Время, сек	v , мП а·с	P_2O_5 , %	N, %	N: P_2O_5	Σ N+ P_2O_5	Внешний вид
1	2.5: 1.0	2.14	1.335	39.95	4.55	42.01	1.62	0.04: 1	43.63	прозрач.
2	2.5: 2.0	2.23	1.330	39.47	4.49	40.85	2.72	0.07: 1	43.57	прозрач.
3	2.5: 3.0	2.30	1.320	39.59	4.51	40.06	4.84	0.12: 1	44.90	прозрач.
4	25: 4.0	2.43	1.310	39.75	4.53	39.25	5.43	0.14: 1	44.68	прозрач.
5	25: 5.0	2.59	1.305	40.01	4.56	38.67	6.79	0.18: 1	45.46	прозрач.
6	25: 6.0	2.76	1.299	41.73	4.75	38.09	8.15	0.21: 1	46.24	прозрач.
7	25: 7.0	2.95	1.304	42.12	4.80	37.52	9.00	0.25: 1	46.52	свет. муть
8	25: 8.0	3.14	1.305	44.69	5.09	35.05	9.11	0.26: 1	44.28	мут.осадок
9	25: 9.0	3.33	1.306	81.21	9.25	34.00	9.23	0.27: 1	43.00	мут.осадок
10	25: 10	3.55	1.307	95.66	9.76	32.05	9.91	0.31: 1	41.96	мут.осадок

Во всем исследуемом интервале температур повышение нормы водного раствора аммиака увеличивает щелочность и вязкость растворов. Независимо от температуры аммонизации помутнение растворов начинается при соотношении $V_{\text{ЭФК}}:V_{\text{NH}_4\text{OH}}=25:6$ мл. Для всех температур с ростом нормы водного аммиака содержание в смеси азота возрастает, а P_2O_5 уменьшается.

Исходя из реологических характеристик и содержания питательных компонентов (N и P_2O_5), для использования в качестве жидких NP-удобрений перспективны аммонизированные смеси, полученные при 25°C с

pH 3.34-3.64 и массовом соотношении N:P=(0.19-0.23):1, которые имеют $d=(1.259-1.265)$ г/см³, $v=(3.79-3.91)$ мПа·с и $\Sigma N+P_2O_5=(44.15-44.25)\%$. При 40°C эффективны растворы с pH 3.06-3.33, N:P=(0.20-0.23), $d=(1.225-1.227)$ г/см³ и $v=(3.11-3.39)$ мПа·с и $\Sigma N+P_2O_5=(44.15-44.16)\%$, а при 60°C – с pH=2.59-2.95, N:P=(0.18-0.25), $d=(1,299-1,305)$ г/см³, $v=(4.56-4.80)$ мПа·с и $\Sigma N+P_2O_5=(45.46-46.63)\%$. Оптимальной температурой аммонизации является не выше 25°C при соотношении $V_{ЭФК}:V_{NH_4OH}=25:(5-6)$ мл. В результате получено жидкое азот-фосфорсодержащее удобрение с массовым соотношением N:P=(0.19-0.23):1 и $\Sigma N+P_2O_5=(44.15-44.25)\%$. Полученное на основе ЭФК жидкое NP-удобрение по содержанию питательных компонентов является близким к аммофосу.

4. Заключение.

Определены оптимальные условия сорбционного процесса очистки ЭФК природным цеолитом: T:Ж =15:100, T°C – (25-30)°C, τ – 30 мин., обеспечивающих полное поглощение взвесей и повышение P₂O₅ в ЭФК на 2.2-2.4 %. Исследован процесс концентрирования ЭФК и выявлено, что при 40°C за 60 мин кислота упаривается до содержания 42.89% P₂O₅. Впервые из предварительно очищенной и упаренной ЭФК из фосфоритов м.Коксу получено жидкое NP-удобрение в условиях аммонизации водным аммиаком с массовым соотношением N:P=(0.19-0.23):1 и суммой питательных компонентов (N+P₂O₅) равной (44.15-44.25) %. Оптимальными условиями его получения являются: T – 25 °C, pH 3.34-3.64; плотность (1.259-1.265) г/см³; вязкость аммонизированного раствора – (3.79-3.91) мПа·с.

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.

ТАБИҒИ ЦЕОЛИТМЕН АЛДЫН-АЛА ТАЗАРТЫЛҒАН ЭФҚ СҮЙЫҚ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАР АЛУ

Р.М.Чернякова¹, Г.Ш.Сұлтанбаева^{1}, Р.Ә.Қайынбаева¹,
Ө.Ж.Жүсіпбеков¹, Н.Н.Қожабекова²*

1 «А.Ә.Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

2 Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

**E-mail: sultanbaeva@mail.ru*

Түйіндемe. *Кіріспе.* Экстракциялық фосфор қышқылын (ЭФҚ) кеңінен қолдану негізінен одан минералды тыңайтқыштар алумен байланысты. Қазіргі уақытта ЭФҚ алудың негізгі шикізаты Қыстақ кен орнының фосфориттері болып табылады. *Жұмыстың мақсаты* – зауыттық экстракциялық фосфор қышқылын (ЭФҚ) тазарту және одан сұйық N-P бар тыңайтқыштар алу. *Нәтижелер мен пікірталас.* Цеолит шығынының, уақыт пен температураның тұнбалы қышқылды тазарту процесіне әсері зерттелді. Алынған нәтижелердің талдауы цеолит мөлшеріне, процесінің

ұзақтығына және температурасына қарамастан мөлдір ЭФҚ алынғанын көрсетті. Табиғи Шанканай цеолитін пайдалана отырып ЭФҚ тазартудың сорбциялық процесінің оңтайлы шарттары анықталды: Қ:С = 15:100, Т°С – (25-30)°С, τ – 30 мин., тұнбаның толық жұтылуын және ЭФҚ құрамындағы P₂O₅ 2.2-2.4%-ға артуына әкеледі. Процесті тазартылатын ерітіндінің 100 г үшін 15 г цеолит шығынымен жүргізген дұрыс. ЭФҚ тазартуға уақыттың әсерін зерттеу тұрақты технологиялық факторлармен: температура - 22 °С және Қ:С = 1:15 процесс ұзақтығы 5-тен 90 минутқа дейін жүргізілді. ЭФҚ құрамындағы P₂O₅ мөлшері 15-тен 45 минутқа дейінгі аралықта бастапқы мәннен (1.59-2.37)%-ға өсетіні көрсетілді. Қышқылды концентрлеудің оңтайлы жағдайлары: температура – 40°С, уақыт – 60 минут, P₂O₅ (42.90%) бар ЭФҚ алу белгіленді. *Қорытынды.* Алғаш рет Көксу кен орнының фосфориттерінен тазартылған және буланған ЭФҚ-дан N:P = (0.19-0.23):1 қатынасында сулы аммиакпен аммонизациялау жағдайында және коректік компоненттердің (N + P₂O₅) қосындысы (44.15-44.25)% тең сұйық NP тыңайтқышы алынды. Сұйық NP тыңайтқышын алудың оңтайлы шарттары анықталды: Т=25 °С, рН 3.34-3.64.

Түйін сөздер: экстракциялық фосфор қышқылы, тазарту, цеолит, сұйық минералды тыңайтқыштар.

<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>Умирзақ Жұмасилов Джусипбеков</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Назым Нургудыровна Қожабекова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

References:

1. Electronic resource: <https://lindpack.ru/info/articles/sypuchie-gruzy/innovatsionnye-tehnologii-perevozka-sypuchikh-gruzov/>
2. Electronic resource: <https://hothim.ru/articles/primeneniye-ortofosfornoj-kisloty>
3. Shlyakhtyuk N.R., Bulanova T.V. Processing of phosphogypsum in the production of extraction phosphoric acid. XIII All-Russian scientific and practical conference of young scientists "Young Russia". **2021**. Electronic resource: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2021/RM21/pages/Articles/073720.pdf>
4. Vorobyov N.I. Technology of phosphorus and complex fertilizers. Minsk: BSTU, 2015. 177 p. ISBN 978-985-530-432-7. <https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br0001218078>
5. Kochetkov S.L., Smirnov N.N., Ilyin A.P. Concentration and purification of extraction phosphoric acid. Ivonovo: GOUVPO, **2007**. 304 p. <https://knigogid.ru/books/1900556-koncentrirovanie-i-ochistka-ekstrakcionnoy-fosfornoj-kisloty>
6. Bakhrityrov N.S. Liquid complex fertilizers based on extraction phosphoric acid" science time. Electronic resource: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhidkie-kompleksnye-udobreniya-na-osnove-ekstraktsionnoy-fosfornoj-kisloty>
7. Shamshidinov I. T., Mamadzhanoz Z. N., Arislanov A. S., Mamadaliev A. T. A method for producing liquid complex fertilizers from industrial waste. Universum. Technical Sciences. No. 4 (109). **2023**. pp. 164-169. <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-polucheniya-zhidkih-kompleksnyh-udobreniy-iz-promyshlennyh-otvodov>
8. Khurramov N.I., Nurmurodov T.I., Erkaev A.U. Study of the process of obtaining extraction phosphoric acid from washed dried phosphorites. Universum: technical sciences: electronic scientific journal. **2021**. 2(83). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11290>
9. Ryashko A. I. Development of resource-saving technology of extraction phosphoric acid from Koks phosphorites: diss. Cand. Engineering: 05.17.01 - TNV: FGBOU HPE "D. I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia" and JSC "Research Institute of Utilities named after prof. Ya. V. Samoilov". Moscow, **2015**. 147 p. <https://www.disserscat.com/content/razrabotka-resursosberegayushchei-tehnologii-ekstraktsionnoi-fosfornoj-kisloty-iz-fosforito>

10. 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

11. Methods of analysis of phosphate raw materials, phosphorus and complex fertilizers, feed phosphates. Moscow: "Chemistry", **1975**. 134 p.

12. Bozorov A.T., Sottikulov E.S., Karimov M.U. Study of silicon (IV) oxide synthesized by a new method by infrared spectroscopy and thermal analysis. Universum: chemistry and biology: electronic scientific journal. **2023**. 3(105). Electronic resource: URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15104>

13. Sysoeva T.S., Petkov V.I., Kurazhkovskaya V.S. Synthesis and study of phase formation of complex phosphates $B_{0.5(1+x)}Al_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ (b = Mg, Ca, Sr, Ba, Pb). Bulletin of the Lobachevsky University of Nizhny Novgorod. **2007**. Electronic resource: cyberleninka.ru/article/n/sintez-i-izuchenie-...

14. Namazov Sh.S., Seitnazarov A.R., Beglov B.M., Volynskova N.V., Sadykov B.S., Mirzakulov H.Ch. Processing of a new type of phosphorus concentrate of phosphorites of the Central Kyzylkum Desert containing 26% P_2O_5 into extraction phosphoric acid, ammophos and diamphos. Chemical Journal of Kazakhstan. **2014**. No. 3, pp. 158-167.

15. Yusupov B.O., Namazov Sh.S., Turdialieva Sh.I., Seitnazarov A.R., Reymov A.M. "Concentration of extraction phosphoric acid and ammonium phosphates based on it". UNIVERSUM: technical sciences. **2021**. No. 2 (83). P. 104-110. DOI: 10.32743/UniTech.2021.83.2-2.104-110