ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОКИСЛОВ ИЛИ МЕТАЛЛОВ РЗЭ ИЗ КОНЦЕНТРАТОВ

Хуррамов Наврузбек Ибраимович
Навоийский государственный горно-технологический университет
Шарафутдинов Улугбек Зиятович
АО «Навоийский горно-металлургический комбинат»

Аннотация. В работе исследована возможность извлечения редкоземельных элементов (РЗЭ) из растворов экстракционной фосфорной кислоты мокрого производства (ЭФК) и азотнокислых растворов, образующихся при переработке фосфоритов месторождений Ташкура и Азнек. Установлено, что наибольшие концентрации РЗЭ наблюдаются в растворах ЭФК, полученных из потоков НМСК и ДКФ, а также в азотнокислых растворах АКВ. Показано, что в растворах ЭФК РЗЭ присутствуют преимущественно в катионной форме, что делает перспективным их извлечение методом ионного обмена.

Ключевые слово: экстракционная фосфорная кислота, редкоземельные элементы, фосфорит, дикальцийфосфат, азотная кислота, удобрения.

Аннотация. Ишда Тошкура ва Азнек фосфорит конларини қайта ишлаш жараёнида ҳосил бўладиган экстракцион нам усулда олинган фосфор кислотаси (ЭФК) ҳамда азот кислотали эритмалардан нодир ер элементларини (РЗЭ) ажратиб олиш имконияти ўрганилди. Тадқиқот натижаларига кўра, РЗЭнинг энг юқори концентрациялари НМСК ва ДКФ оқимларидан олинган ЭФК эритмаларида, шунингдек АКВ азот кислотали эритмаларида кузатилди. ЭФК эритмаларида РЗЭ асосан катион шаклида мавжудлиги аниқланиб, бу уларни ион алмашинув усули орқали ажратиб олиш истиқболли эканлигини кўрсатди. Шунингдек, тўйинган сорбентдан РЗЭларни турли концентрациядаги азот кислотаси эритмалари ёрдамида десорбция қилиш жараёни ҳам тадқиқ этилди.

Калит сўзлар: экстракцион фосфор кислотаси, ноёб ер элементлари, фосфорит, дикальцийфосфат, нитрат кислота, ўғит.

Abstract. The study investigates the possibility of extracting rare earth elements (REEs) from wet-process phosphoric acid (WPA) solutions and nitric acid solutions formed during the processing of phosphorites from the Tashkura and Aznek deposits. It was found that the highest concentrations of REEs are observed in WPA solutions obtained from NMKS and DKF streams, as well as in nitric acid solutions (AKV). It is shown that in WPA solutions, REEs are predominantly present in the cationic form, which makes their extraction by ion exchange methods promising.

ISSN 3030-3907

Keywords: wet-process phosphoric acid, rare earth elements, phosphorite, dicalcium phosphate, nitric acid, fertilizers.

ВВЕДЕНИЕ.

Одним из перспективных источников извлечения редкоземельных элементов (РЗЭ) является фосфорная кислота мокрого производства (ФКМП) [1-2]. Важным аспектом данной области исследований является изучение возможности побочного извлечения РЗЭ при переработке фосфоритов месторождений Ташкура и Азнек .

Результаты анализа растворов на содержание РЗЭ представлены в табл. 1 и 2. Как следует из этих данных, наибольшие концентрации РЗЭ наблюдаются в растворах ЭФК, полученных из потоков НМСК и ДКФ, а также в потоках АКВ и ЖУ.

Таблица 1

Результаты по определению содержания РЗЭ в растворах ЭФК

Объект	Концентрация, мг/л													
	pH	La	Ce	Nd	Y	Pr	Sm	Gd	Dy	Ho	Sc	Er	Lu	Eu
ЭФК из	2.0	36	38	33	28	7,4	8,2	6,4	11	2,70	5,57	1,0	1,3	1,2
ЭФК из	2.0	8,1	18,0	6,2	4,1	1,6	3,0	1,7	3,3	1,1	-	0,45	0,2	0,61

Таблица 2

Результаты по определению содержанию РЗЭ в азотнокислых растворах

Объект	Концентрация, мг/л													
	pH	La	Ce	Nd	Y	Pr	Sm	Gd	Dy	Ho	Sc	Er	Lu	Eu
АКВ	2.0	37,0	31,0	34,0	11,	7,7	7,6	9,3	11,	2,8	2,5	1,9	1,7	2,1
ЖУ	2.0	<2,5	<2,5	<2,5	<2,	<2,	<2,5	<2,	<2,	<2,5	<2,5	<2,	<2,5	<2,5

В растворах ЭФК редкоземельные элементы (РЗЭ) присутствуют преимущественно в катионной форме; поэтому они не сорбируются на анионообменных смолах вместе с ураном и рением. В ходе длительной переработки руд РЗЭ имеют тенденцию накапливаться в циркулирующих растворах, где их концентрация в некоторых случаях может достигать нескольких мг/л. Описанные в литературе [3] методы извлечения РЗЭ из

ISSN 3030-3907

растворов ЭФК на основе осаждения характеризуются высоким расходом реагентов и технологической сложностью из-за необходимости фильтрации больших объемов растворов. В связи с этим ионообменное извлечение РЗЭ представляется более перспективным и экономически целесообразным промышленным подходом.

Согласно литературным источникам [4-5], для сорбции редкоземельных элементов (РЗЭ) обычно используются сильнокислотные сульфированные катионообменные смолы, такие как KU-2, Lewatit S-100, Dowex D-50 и Amberlite IR-120. Для растворов со сложным составом солей было предложено использование современных катионообменников, таких как TOKEM (гелевого типа) и S-150 (макропористого типа), а также Lewatit MonoPlus SP 112. Эти материалы содержат функциональные группы $–SO_3H$, способные обменивать ионы водорода на различные катионы. В качестве альтернативы также был предложен бентонит-углеродный сорбент (табл. 3).

Таблица 3

Насыщение бентонито-угольный сорбент в динамических условиях (ПДОЕ)

Элементы	Y	Ce	La	Gd	Nd	Tb
Концентрация в растворе ЭФК, мг/л	18,9	14,3	5,2	2,1	7,0	0,2
Содержание в насыщенном угле, мг/г	0,36	1,5	0,73	0,11	0,44	0,01

Примечания. 1. Концентрацию РЗЭ определяли методом масс-спектрометрии с использованием ICP – MS спектрометра «Agilent 7700». 2. Концентрация остальных РЗЭ и скандия менее 0,1 мг/л.

Основные элементы - примеси	Ca	Mg	Fe	Al
Содержание в насыщенном угле, мг/г	19,4	4,9	98,4	40,0

В настоящем исследовании использовался бентонито-углецевый сорбент, который, согласно предварительным экспериментам, продемонстрировал высокую эффективность сорбции редкоземельных элементов. Гранулированный сорбент, изготовленный из местного сырья, отличается повышенной адсорбционной способностью как в отношении низко-, так и высокомолекулярных веществ, при этом сохраняя регенерируемость и достаточную механическую прочность для

ISSN 3030-3907

многократного использования.

В качестве исходных растворов использовались шламы, полученные в процессе сорбции на месторождениях Азнек и Ташкура, с pH 1,8 и следующими концентрациями основных компонентов (мг/л): SO_4^{2-} – 8060; NO_3^- – 110; Cl^- – 127; SiO_2 – 88; P_2O_5 – 590; Fe^{3+} – 350; Fe^{2+} – 90; Ca^{2+} – 420; Mg^{2+} – 180; Al^{3+} – 370. Сорбция проводилась в динамических условиях путем пропускания раствора через колонку со скоростью потока 5 $ч^{-1}$. Процесс продолжался до полного прорыва РЗЭ, что позволило определить общую динамическую обменную способность (ОДОС) катионообменника. Результаты сорбции представлены в табл. 3.

Десорбция РЗЭ из насыщенных катионообменников проводилась с использованием растворов азотной кислоты. Было исследовано влияние концентрации HNO_3 на десорбцию как РЗЭ, так и сопутствующих примесей. Эксперименты по десорбции проводились в статических условиях (в реакторах типа «Пачука») при соотношении «смола-раствор» $V_{sm}:V_r$ = 1:10, времени контакта τ = 24 ч и температуре t = 30°C. Результаты десорбции в зависимости от начальной концентрации HNO_3 представлены в табл. 5.13.

Как видно из табл. 4, концентрация азотной кислоты существенно влияет на эффективность десорбции как примесей, так и РЗМ. При относительно низкой концентрации HNO_3 (22,5 г/л) основные металлические примеси десорбируются гораздо эффективнее, чем РЗМ. Этот эффект можно использовать для предварительного отделения РЗМ от основной массы примесей на стадии десорбции [90; с. 24–22, 146; с. 43–40].

Таблица 4

Десорбция РЗЭ и примесей раствором HNO_3 различной концентрации

Концентрация HNO_3, г/л	Концентрация РЗЭ в десорбате, мг/л					
	Y	Ce	La	Gd	Nd	Tb
22,5	0,86	2,1	0,8	0,2	0,75	0,1
45	2,3	6,0	2,63	0,29	2,2	0,1
90	6,3	21,0	10,0	1,9	10,0	0,34
180	12,5	50,0	23,4	2,3	17,0	0,35
Концентрация HNO_3, г/л	Концентрация примесей в десорбате, мг/л					
	Fe	Al	Ca	Mg	Si	P
22,5	1800	1100	1243	270	7	22
45	2600	2300	1330	388	7	21
90	3400	2500	1473	443	8	25

ISSN 3030-3907

180	5600	3800	1837	472	22	29

При увеличении концентрации HNO_3 с 22,5 до 180 г/л наблюдается значительное повышение концентрации редкоземельных элементов (РЗЭ) в десорбате: церий увеличивается в 25 раз, иттрий – в 14,5 раз, лантан – в 29 раз, а неодим – в 22,7 раз. Напротив, концентрации сопутствующих примесей увеличиваются в гораздо меньшей степени: железа – примерно в 3 раза, алюминия – в 3,5 раза, кальция – в 1,5 раза, а магния – в 1,8 раза. Эту разницу можно использовать для отделения основной массы примесей на этапе десорбции. В частности, на первом этапе целесообразно десорбировать примеси и часть РЗМ с помощью раствора HNO_3 концентрацией 22,5 г/л, а на втором этапе – РЗЭ и остаточные примеси с помощью более концентрированного раствора (180 г/л).

ЛИТЕРАТУРА

1. Rami al Rawashdeh, Philip Maxwell. The evolution and prospects of the phosphate industry // Miner Econ, 2011, 24, pp.15–27.
2. Бушуев Н.Н., Зинин Д.С. Физико-химическое исследование промышленного осадка, содержащего редкоземельные элементы (РЗЭ), полученного из упаренной экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) // Успехи в химии и химической технологии. 2013. №2 (142). С. 16-21.
3. Штеер В.К. Поэтапное освоение месторождения фосфоритов // Горный вестник Узбекистана. – 2009. №2, - с. 10-13.
4. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Эркаев А.У. Изучение содержания редкоземельных элементов в составе фосфоритов Азнекского месторождения и разработка способов их извлечения // Обогащение руд. – Москва, 2024 –№2. – С. 40-44.
5. Хуррамов Н.И., Нурмуродов Т.И., Зиядуллаев Н.Т. Азнек кони фосфоритлари таркибидаги камёб ер элементлари // Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari V-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Navoiy, 18-19 april, 2024 y. 409-410 b.

ISSN 3030-3907