

УДК: 669.01.09

ИЗУЧЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБЕ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЁШЛИК I»

Хасанов Абдурашид Солиевич¹ – доктор технических наук, профессор,

E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru

Турдиев Шахбоз Шермамат угли² – доктор философии по техническим наукам
(PhD), ORCID: 0000-0002-4116-9799, E-mail: shahboz_01011991@mail.ru

Боймуродов Нажмиддин Абдукодирович² – ассистент,
ORCID: 0009-0007-7820-7799, E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru

¹АО «Алмалыкский ГМК», г. Алмалык, Узбекистан

²Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** Совершенствование технологии извлечения металлов платиновой группы из техногенных отходов металлургической промышленности, в том числе проведение ряда исследований, проводится по следующим приоритетным направлениям: создание методических основ совершенствования технологии извлечения металлов платиновой группы из руд и вторичного техногенного сырья; с целью создания химических технологий обогащения и извлечения редких и благородных металлов из забалансовых руд и различного сырья изучается детальное определение их химического и минералогического состава.*

С целью изучения форм нахождения золота в пробе руды месторождения «Ёшлик I» из пробы исходной руды были наработаны гравито- и флотоконцентраты. Концентраты гравитационного обогащения предварительно изучали на стереомикроскопе Olympus SZX-7 на предмет наличия крупных и свободных частиц золота и сростков ценного компонента с другими минералами, а также для определения физических характеристик один из благородных металлов.

Технологическо-минералогические характеристики изучены для золота. Для этого все зерна различных минералов золота объединены в одну группу «золото».

В пробе руды месторождения «Ёшлик I» золото находится в основном в самородной форме. Пробность самородного золота варьирует от весьма низкопробного, высоко-серебристого (510 условных единиц) до чистого (1000 условных единиц). Средняя проба золота составляет 890 условных единиц. По результатам фазового анализа основная часть золота в пробах руды месторождения «Ёшлик I» находится в цианируемой форме-89,88%.

***Ключевые слова:** Qemscan, месторождение «Ёшлик I», обогатительная фабрика, рентгеновский флуоресцентный спектрометр NEX CG RIGAKU, технология переработки медсодержащих рудников, (SMS – Specific Mineral Search).*

UDC 669.01.09

STUDY OF NOBLE METALS IN AN ORE SAMPLE OF THE “ESHLIK I” DEPOSIT

Khasanov, Abdurashid Solievich¹ – Doctor of Technical Sciences, professor,

E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru

Turdiyev, Shakhboz Shermamat ugli² – Doctor of Philosophy in Technical Sciences,
ORCID: 0000-0002-4116-9799, E-mail: shahboz_01011991@mail.ru

Boymurodov, Najmiddin Abdukodirovich² – Assistant teacher,
ORCID: 0009-0007-7820-7799, E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru

¹Almalyk MMC JSC, Almalyk city, Uzbekistan

²Karshi engineering-economics institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *Improving the technology for extracting platinum group metals from technogenic waste of the metallurgical industry, including conducting a number of studies in the following priority areas: creating a methodological basis for improving the technology for extracting platinum group metals from ores and secondary technogenic raw materials; In order to create chemical technologies for the enrichment and extraction of rare and precious metals from off-balance ores and various raw materials, a detailed determination of their chemical and mineralogical composition is being studied.*

In order to study the forms of gold in the ore sample of the Yoshlik I deposit, gravity and flotation concentrates were produced from a sample of the original ore. Gravity enrichment concentrates were previously studied on an Olympus SZX-7 stereomicroscope for the presence of large and free particles of gold and intergrowths of a valuable component with other minerals, as well as to determine the physical characteristics of one of the noble metals.

Technological and mineralogical characteristics have been studied for gold. For this purpose, all grains of various gold minerals are combined into one group “gold”.

In the ore sample from the Yoshlik I deposit, gold is found mainly in native form. The fineness of native gold varies from very low-grade, high-silver (510 standard units) to pure (1000 standard units). The average gold standard is 890 conventional units. According to the results of phase analysis, the main part of gold in ore samples from the Yoshlik I deposit is in cyanidated form – 89,88%.

Keywords: *Qemscan, “Yoshlik I” deposits, processing plant, X-ray fluorescence spectrometer NEX CG RIGAKU, technology for processing copper mines, (SMS - Specific Mineral Search).*

UO‘K 669.01.09

“YOSHLIK I” KONIDAN OLINGAN RUDA NAMUNASIDA NOYOB METALLARNI O‘RGANISH

Xasanov Abdurashid Soliyevich¹ – texnika fanlari doktori, professor,

E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru

Turdiyev Shahboz Shermamat o‘g‘li² – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),

ORCID: 0000-0002-4116-9799, E-mail: shahboz_01011991@mail.ru

Boymurodov Najmiddin Abduqodirovich² – assistent,

ORCID: 0009-0007-7820-7799, E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru

¹Olmaliq kon metallurgiya kombinati AJ, Olmaliq sh., O‘zbekiston

²Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

Annotatsiya. *Metallurgiya sanoatining texnogen chiqindilaridan platina guruhi metallarini olish texnologiyasini takomillashtirish, shu jumladan, qator tadqiqotlar o‘tkazish quyidagi ustuvor yo‘nalishlarda amalga oshirilmoqda: rudalardan va ikkilamchi texnogen xomashyolardan platina guruhi metallarini olish texnologiyasini takomillashtirishning uslubiy asoslarini yaratish; Balansdan tashqari rudalar va turli xomashyolardan noyob va qimmatbaho metallarni boyitish va ajratib olishning kimyoviy texnologiyalarini yaratish maqsadida ularning kimyoviy va mineralogik tarkibini batafsil aniqlash.*

Yoshlik I konining ruda namunasidagi oltin shakllarini o‘rganish uchun dastlabki ruda namunasidan gravitatsion va flotatsion kontsentratlar ishlab chiqarildi. Gravitatsion boyitish kontsentratlari ilgari Olympus SZX-7 stereomikroskopida oltinning katta va erkin zarralari va qimmatbaho komponentning boshqa minerallar bilan o‘zaro o‘sishi, shuningdek, asil metallardan birining fizik xususiyatlarini aniqlash uchun o‘rganilgan.

Oltinning texnologik va mineralogik xarakteristikalarini o‘rganilgan. Shu maqsadda turli xil oltin minerallarining barcha donalari bitta “oltin” guruhiga birlashtirilgan.

Yoshlik I konidan olingan ruda namunasida oltin asosan tabiiy holda uchraydi. Mahalliy oltinning nozikligi juda past, yuqori kumushdan (510 standart birlik) sof (1000 standart birlik)gacha o'zgaradi. O'rtacha oltin standarti 890 an'anaviy birlikdir. Fazali tahlil natijalariga ko'ra, Yoshlik I konidan olingan ruda namunalaridagi oltinning asosiy qismi sianidlangan holda – 89,88% ni tashkil qiladi.

Kalit so'zlar: *Qemscan, "Yoshlik I" koni, qayta ishlash zavodi, NEX CG RIGAKU rentgenlyuminescent spektrometri, mis konlarini qayta ishlash texnologiyasi, (SMS - maxsus mineral qidiruv).*

Введение

В Республике Узбекистан особое внимание уделяется горно-металлургической промышленности, разработке усовершенствованных технологий для переработки минерального сырья, в частности полиметаллических руд, с целью комплексного извлечения всех ценных компонентов [1].

В Узбекистане минералы, содержащие платиновые металлы, встречаются в виде хромитов, медно-никелевых сульфидов, титанмагнетита и других рудных соединений с основными и высокоосновными магматическими породами.

Совершенствование технологии извлечения металлов платиновой группы из техногенных отходов металлургической промышленности, в том числе проведение ряда исследований, проводится по следующим приоритетным направлениям: создание методических основ совершенствования технологии извлечения металлов платиновой группы из руд и вторичного техногенного сырья; с целью создания химических технологий обогащения и извлечения редких и благородных металлов из забалансовых руд и различного сырья изучается детальное определение их химического и минералогического состава [1-2].

Кроме того, имеют значение низкая производительность осаждения металлов, высокие затраты дорогостоящих реагентов и ресурсов, потери металла при многостадийной обработке. Изучаются исследования и разработка усовершенствованной технологии извлечения драгоценных металлов из сырья, извлечения драгоценных металлов из медных руд, выплавки шлаков и концентратов благородных металлов, в частности, платиноидов [8].

Методы и материалы

С целью изучения форм нахождения золота в пробе руды месторождения «Ёшлик I» из пробы исходной руды были наработаны гравито- и флотоконцентраты [6].

Концентраты гравитационного обогащения предварительно изучали на стереомикроскопе Olympus SZX-7 на предмет наличия крупных и свободных частиц золота и сростков ценного компонента с другими минералами, а также для определения физических характеристик одного из благородных металлов [3].

Основными минералами, в ассоциации с которыми находится золото, являются халькопирит и пирит. На долю таких сростков приходится 26,73% и 23,08% металла соответственно. На ассоциацию золота с комплексом породообразующих минералов суммарно приходится 10,2%. В сростании с другими минералами отмечается незначительная доля золота.

На рисунке 1 представлены «крупные» частицы самородного золота, обнаруженные при микроскопическом исследовании гравито-концентратов.

Самородное золото золотисто-желтое, блестящее. Все частицы золота находятся в сростках с сульфидами и кварцем. Зерна частично покрыты окисными пленками. Форма частиц золота различная неправильная: вытянутые, округлые, угловатые (Рис.1). Крупные частицы золота размером более 38 мкм занимают 1,32% от общей массы металла в руде месторождения «Ёшлик I» [9].

Дальнейшее исследование форм нахождения золота проводилось на электронном микроскопе. Параметры автоматизированного минералогического комплекса Qemscan были настроены на поиск ценных минералов (SMS – Specific Mineral Search), картирование выполнено в автоматическом режиме. В таблице 1 приведен химический состав золота, обнаруженного при картировании продуктов обогащения. Установлено, что золото в пробе исходной руды находится в основном в самородной форме. Пробность самородного золота варьирует от весьма низкопробного, высоко-серебристого (510 условных единиц), до чистого (1000 условных единиц) [5].

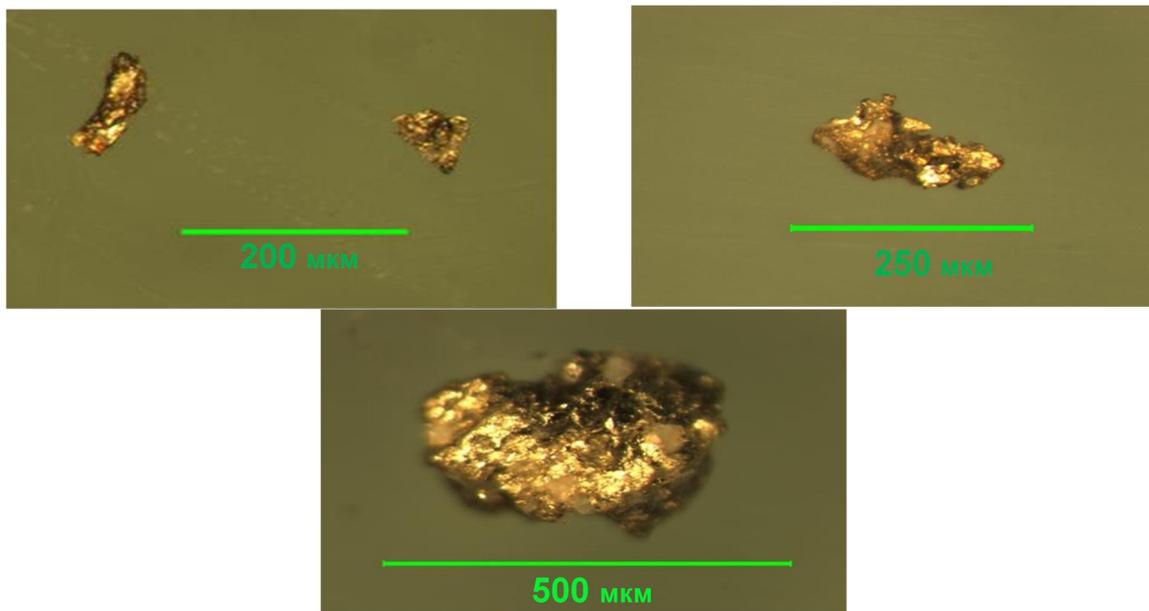


Рис.1. Морфология самородного видимого золота. Выборка из гравикоцентраата

Таблица 1

Химический состав минералов золота в пробе руды

№ замера	Минерал, соединения	Элемент / Массовая доля, %					
		<i>Au</i>	<i>Ag</i>	<i>Te</i>	<i>Pb</i>	<i>S</i>	<i>Bi</i>
1	Самородное золото	100,00	–	–	–	–	–
2		100,00	–	–	–	–	–
3		100,00	–	–	–	–	–
4		100,00	–	–	–	–	–
5		96,43	3,57	–	–	–	–
6		87,98	12,02	–	–	–	–
7		85,48	–	–	–	–	14,52
8		85,48	–	–	–	–	14,60
9		85,30	14,70	–	–	–	–
10		81,46	18,54	–	–	–	–
11		81,08	18,92	–	–	–	–
12		81,07	18,93	–	–	–	–
13		80,88	19,12	–	–	–	–
14		76,56	23,44	–	–	–	–
15		74,63	25,37	–	–	–	–
16		73,75	26,25	–	–	–	–

17		73,67	26,33		–	–	–
18		73,28	26,72		–	–	–
19		71,54	28,46		–	–	–
20		69,27	30,73		–	–	–
21		67,22	32,78	–	–	–	–
22		51,15	48,85	–	–	–	–
23	Монтбрейит	53,17	1,63	45,20	–	–	–
24		50,57	2,24	47,19	–	–	–
25		48,91	–	47,03	4,06	–	–
26	Калаверит	40,11	0,69	59,19	–	–	–
27	Петцит	28,67	36,73	34,61	–	–	–
28		28,19	41,59	30,23	–	–	–
29		26,00	42,31	31,69	–	–	–
30	Мутманнит	41,96	22,34	35,70	–	–	–
31		34,83	16,19	42,39	6,59	–	–

Таким образом, по пробности золото характеризуется как высоко-серебристое, низкопробное и относительно низкопробное, средней пробы, высокопробное и весьма высокопробное, чистое. Средняя проба золота составляет 890 условных единиц. Основной примесью в самородном золоте является серебро, редко в виде примеси отмечается висмут.

Кроме самородного золота, в пробе руды встречаются теллуриды золота различного состава: монтбрейит, калаверит, петцит, мутманнит. В таблице 2, приведено распределение золота по минералам [1, 3].

Таблица 2

Распределение золота по минералам

Минерал	Массовая доля Au, %
Золото	99,94
Петцит	0,01
Мутманнит	Ед. знаки
Монтбрейит	Ед. знаки
Калаверит	0,05
Итого	100,00

Установлено, что самородное золото берет на себя практически 100% от общей массы металла в пробе (99,94%). На различные теллуриды золота приходится сотые доли металла и менее. Помимо золота в пробе руды месторождения «Ешлик I» обнаружены различные минералы серебра. В таблице 3 приведен химический состав минералов серебра.

Установлено, что помимо примеси в самородном золоте и различных теллуридов золота и серебра установлены собственные минералы серебра: самородное с примесью висмута; теллуриды серебра гессит и эмпрессит; сульфид серебра аргентит [8].

Таблица 3

Химический состав минералов серебра в пробе руды

№ замера	Минерал, соединения	Массовая доля элемента, %				
		<i>Ag</i>	<i>Te</i>	<i>Pb</i>	<i>S</i>	<i>Bi</i>
1	Самородное серебро	85,48	–	–	–	14,52
2		85,40	–	–	–	14,60

3	Гессит	66,45	33,55	–	–	–
4		62,15	37,85	–	–	–
5		62,12	37,88	–	–	–
6		59,26	40,74	–	–	–
7		57,27	39,73	3,00	–	–
8	Эмпрессит	40,56	59,44	–	–	–
9	Аргентит	84,11	–	–	15,89	–
10		79,96	–	–	20,04	–
11	Соединение Bi-Te	–	41,48	–	–	58,52
12		–	36,78	–	–	63,22
13		–	37,72	–	–	62,28

Обсуждение и результаты

Технологическо-минералогические характеристики изучены для золота. Для этого все зерна различных минералов золота объединены в одну группу «золото». Гранулометрическая характеристика золота в пробе исходной руды приведена на рисунке 2.

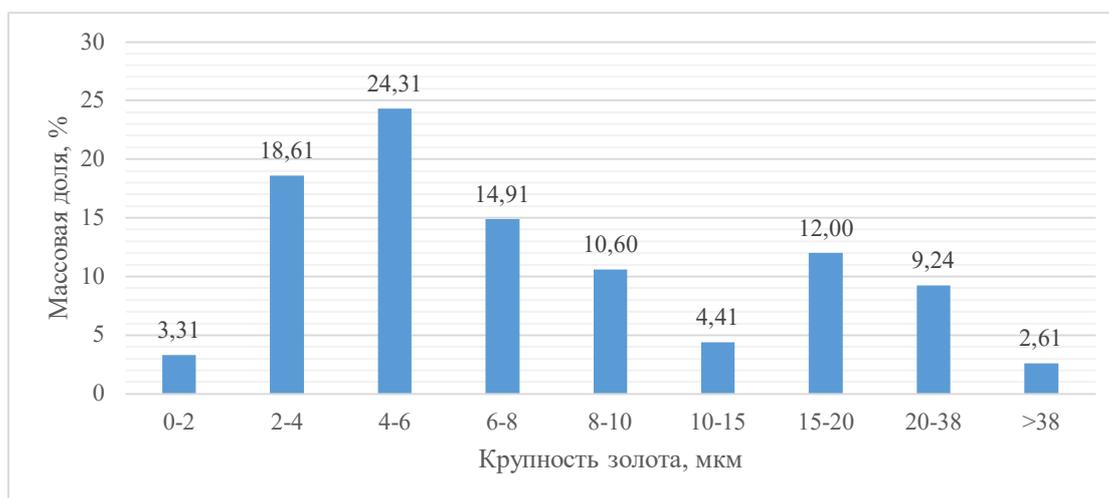


Рис.2. Гранулометрическая характеристика золота в пробе исходной руды

Значительная масса зерен ценного компонента в пробе исходной руды представлена частицами размером 2-8 мкм, составляя в сумме 69,12%. Количество зерен размером до 2 мкм составляет 5,58%. Максимальный размер частиц золота достигает 500 мкм (см. рисунок 1), однако крупное золото находится в сростках, а доля частиц крупнее 38 мкм не превышает 1,32%. На долю частиц металла крупнее 10 мкм приходится порядка 18%. На рисунке 3 представлена информация о степени раскрытия золота в пробе исходной руды.

На рисунке 3 видно, что в пробе количество свободного и раскрытого золота составляет 19,35%. Основная масса благородного металла сосредоточена в категориях практически закрытых и полностью закрытых сростков, составляя 60,30%. Частично раскрытые частицы золота в сростках среднего качества отмечаются в количестве 20% [3].

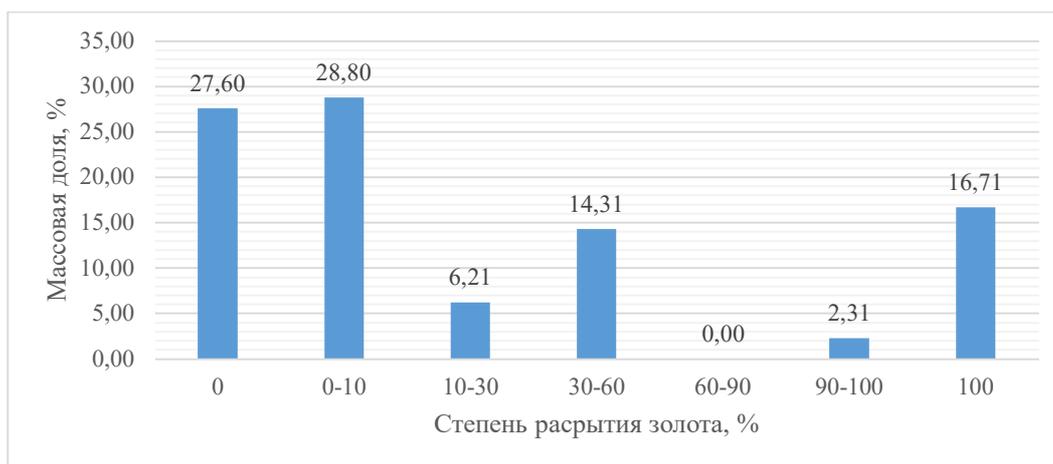


Рис.3. Распределение золота по степени раскрытия

В таблице 4 представлены минеральные ассоциации золота в пробе исходной руды месторождения «Ёшлик I». Фон включает в себя свободное золото и золото с частично свободной поверхностью. Иными словами, 25,68% зерен ценного компонента имеют доступ раствора и реагентов к поверхности зерна.

Таблица 4

Минеральные ассоциации золота

Минерал, группа минералов	Массовая доля золота, %
Фон	25,68
Кварц	0,02
Полевые шпаты	0,38
Гипс, ангидрит	0,22
Теллуриды серебра	31,08
Пирит	19,54
Халькопирит	16,49
Ковеллин-халькозин	2,24
Сфалерит	0,73
Галенит	3,63
Итого	100,00

Основным минералом, в ассоциации с которым находится золото в пробе, является комплекс теллуридов серебра. На долю таких сростков приходится 31,08% золота. На ассоциацию золота с пиритом и с халькопиритом, приходится 19,54 и 16,49% соответственно. В сростках с галенитом и ковеллином-халькозином отмечается 2,24-3,63 % благородного металла. В сростках с другими минералами отмечается незначительная доля золота [1, 3].

Выводы

По данным granulometric characteristics содержание золота в пробах руды «Ёшлик I» составило 0,87 и 0,38 г/т соответственно. Ценными компонентами в пробах являются медь, молибден, золото и серебро с содержаниями 0,3-0,41%, 0,0045-0,0054%, 0,34-0,84 г/т и 1,5- 2,35 г/т соответственно. Рудная минерализация представлена сульфидами различных металлов и окислами железа. Основными сульфидами является пирит и халькопирит.

В пробе «Ёшлик I» содержание пирита составляет 0,7%. Массовая доля халькопирита в рудах месторождения «Ёшлик I» составляет 0,8% соответственно. В пробах руды

месторождений «Ёшлик I» крупностью 65 и 70% класса-74 мкм доля зерен халькопирита со степенью раскрытия менее 30% составляет 9,95%.

В пробе руды месторождения «Ёшлик I» золото находится в основном в самородной форме. Пробность самородного золота варьирует от весьма низкопробного, высоко-серебристого (510 условных единиц) до чистого (1000 условных единиц). Средняя проба золота составляет 890 условных единиц. По результатам фазового анализа основная часть золота в пробах руды месторождения «Ёшлик I» находится в цианируемой форме-89,88%. При этом доля свободного золота составляет-26,62%, а находящегося в открытых сростках-64,63%. Упорность золота обусловлена, главным образом, его ассоциацией с сульфидами и, в меньшей степени, с минералами нерастворимыми в царской водке.

Литература

- [1] Петров Г.В. Химическое обогащение платиносодержащего концентрата / Г.В. Петров, М.С. Мельничук // Интенсификация гидрометаллургических процессов переработки природного и техногенного сырья. Технологии и оборудование: Материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: - 2018. – С.111-113.
- [2] Хасанов Абурашид Солиевич, Вохидов Бахриддин Рахмидинович, Бабаев Мирдодожон Шарофжон угли, Немененок Болеслав Мечеславович // Инновационные подходы к техногенным отходам как сырьевой базе горно-металлургической отрасли // X Форум Вузов Инженерно-технологического профиля союзного Государства - Минск, 2021. 6-9 Декабря №10. С.135-137.
- [3] Уткин Н.И. Metallургия цветных металлов. М.: Metallургия. 2000 г. 442 с.
- [4] Хурсанов А.Х., Хасанов А.С., Б.Р. Вохидов // Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов // Научная статья. Горный вестник Узбекистана г. Навои. №1 (76) 2019г. ст. 58-61.
- [5] Санакулов К.С. Обоснование и разработка технологии переработки отходов горно-металлургических производств: Автореф. дисс. докт. техн. наук. – Т., 2009.
- [6] Турдиев, Ш., Комилов, Б., Раббимов, Ж., & Азимов, А. (2022). Қизота (Ёшлик II) майдонининг стратиграфияси. Евразийский журнал академических исследований, 2(11), 502-504.
- [7] Хурсанов А.Х., Хасанов А.С., Б.Р. Вохидов // Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов // Научная статья. Горный вестник Узбекистана г. Навои. №1 (76) 2019г. ст. 58-61.
- [8] Shodiev, A., Boymurodov, N., & Ravshanov, A. (2023). Study of the technology for extracting tungsten in the form of a semi-finished product and metallic form from industrial waste. Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности, 1(2), 87-91.
- [9] Пирматов, Э.А., Шодиев, А.Н.У., & Боймуродов, Н.А. (2023). Изучение растворимых форм вольфрама и условий кристаллизации шеелита и вольфрамита. Universum: технические науки, (11-2 (116)), 15-19.
- [10] Турдиев, Ш., Комилов, Б., Раббимов, Ж., Бўриев, С., & Азимов, А. (2022). Қизота (Ёшлик II) майдонининг гидрогеологик тузилиши. Евразийский журнал академических исследований, 2(11), 242-245.
- [11] Хасанов А.С., Турдиев Ш.Ш., Боймуродов Н.А. Обзор минерально-сырьевой базы платиноидов в мире и тенденции развития платиноидов с распределением минерализации МПГ // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2024. 2(119).
- [12] Турдиев Ш.Ш., Боймуродов Н.А. Изучение практики производства металлов платиновой группы с использованием инновационных технологий и опыта на примере предприятий Highland Valley Copper (HVC) // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2024. 2(119).