

VOLFRAM SAQLOVCHI TEXNOGEN CHIQINDILARNI BOYITISHDA CHO‘KTIRISH MASHINASI VA VINTLI SEPARATOR SXEMALARINING TEXNOLOGIK SAMARADORLIGINI QIYOSIY BAHOLASH

*Xasanov Adham Amanqulovich¹, Usenov Rasul Bobirjanovich² Imankulova Gulnoza
Yerkin qizi³*

*¹[Olmaliq davlat texnika insituti “Kon-metallurgiya” fakulteti dekani, Texnika fanlari
bo‘yicha falsafa doktori (PhD), Dotsent]*

[adhamhasanov122@gmail.com]

*²[Olmaliq davlat texnika insituti “Kon-metallurgiya” fakulteti dotsenti, Texnika fanlari
bo‘yicha falsafa doktori (PhD), Dotsent]*

[rasulusenov4@gmail.com]

*³[Olmaliq davlat texnika insituti “Kon-metallurgiya” fakulteti “Foydali qazilmalarni
boyitish” mutaxassisligi 1-bosqich magistranti]*

[guliyerkinova@gmail.com]

Annotatsiya. Maqolada Ingichka boyitish fabrikasining to‘plangan chiqindilari va «UzTMK» AJ NPO keklarini boyitishda cho‘ktirish mashinasi–konsentratsion stol va vintli separator–konsentratsion stol sxemalari Xenkok bo‘yicha ajratish samaradorligi va boyitish darajasi orqali solishtirilgan. Chiqindilar uchun cho‘ktirish mashinasi sxemasi barcha ko‘rsatkichlarda ustun: konsentrat sifati 21,7–27,3% WO₃, ajratib olish 61,3–69,8%, samaradorlik 61–70% (vintli separatorada 47–51%). Kek uchun esa manzara teskari: vintli separator 58,6–69,4% ajratib olishni va 54–64% samaradorlikni ta‘minlaydi, cho‘ktirish mashinasi esa 55,8% WO₃ li konditsion konsentrat beradi, lekin ajratib olish 59,3% dan oshmaydi. Kek uchun vintli separatorada dag‘al boyitish va cho‘ktirish mashinasi hamda stolda tozalashni birlashtirgan sxema asoslangan.

Kalit so‘zlar: volfram, sheelit, texnogen chiqindi, kek, cho‘ktirish mashinasi, vintli separator, konsentratsion stol, ajratish samaradorligi.

Аннотация. В статье сопоставлены схемы «отсадочная машина – концентрационный стол» и «винтовой сепаратор – концентрационный стол» при обогащении лежалых хвостов Ингичкинской обогатительной фабрики и кеков

НПО АО «УзТМК» по эффективности разделения Хэнкока и степени концентрации. Для хвостов схема с отсадочной машиной превосходит по всем показателям: качество 21,7–27,3% WO₃, извлечение 61,3–69,8%, эффективность 61–70% (против 47–51% у винтового сепаратора). Для кека картина обратная: винтовой сепаратор обеспечивает извлечение 58,6–69,4% и эффективность 54–64%, а отсадочная машина даёт кондиционный концентрат с 55,8% WO₃, но при извлечении не выше 59,3%. Для кека обоснована схема с основной операцией на винтовом сепараторе и перечисткой на отсадочной машине и столе.

Ключевые слова: вольфрам, шеелит, техногенные отходы, кек, отсадочная машина, винтовой сепаратор, концентрационный стол, эффективность разделения.

Abstract. The paper compares the jig-shaking table and spiral-shaking table flowsheets for the old tailings of the Ingichka concentrator and the leach cakes of UzTMK using Hancock separation efficiency and enrichment ratio. For the tailings the jig flowsheet is superior on every indicator: 21.7–27.3% WO₃ grade, 61.3–69.8% recovery and 61–70% efficiency (47–51% for the spiral). For the cake the picture reverses: the spiral gives 58.6–69.4% recovery and 54–64% efficiency, while the jig yields a saleable 55.8% WO₃ concentrate at no more than 59.3% recovery. A combined flowsheet for the cake, with spiral roughing and jig plus table cleaning, is proposed.

Keywords: tungsten, scheelite, technogenic waste, cake, jig, spiral separator, shaking table, separation efficiency.

Kirish

Ingichka boyitish fabrikasining to‘plangan chiqindilari (14,66 mln t, 0,06% WO₃) va « UzTMK » AJ NPO shlam maydonidagi keklar (0,5 mln t, ≈7,5 ming t WO₃) O‘zbekistonda volframning eng yirik texnogen manbalaridan hisoblanadi [1, 2]. Ularni qayta ishlash uchun gravitatsion usullar reagent sarfi yo‘qligi va oddiyliги bilan qulay [3, 4].

Oldingi tadqiqotlarda bu materiallar uchun vintli separator va cho‘ktirish mashinasiga asoslangan sxemalar sinalgan [5–7]. Biroq natijalar faqat konsentrat sifati va ajratib olish bo‘yicha alohida-alohida taqqoslangan. Bu ikki ko‘rsatkich bir-biriga

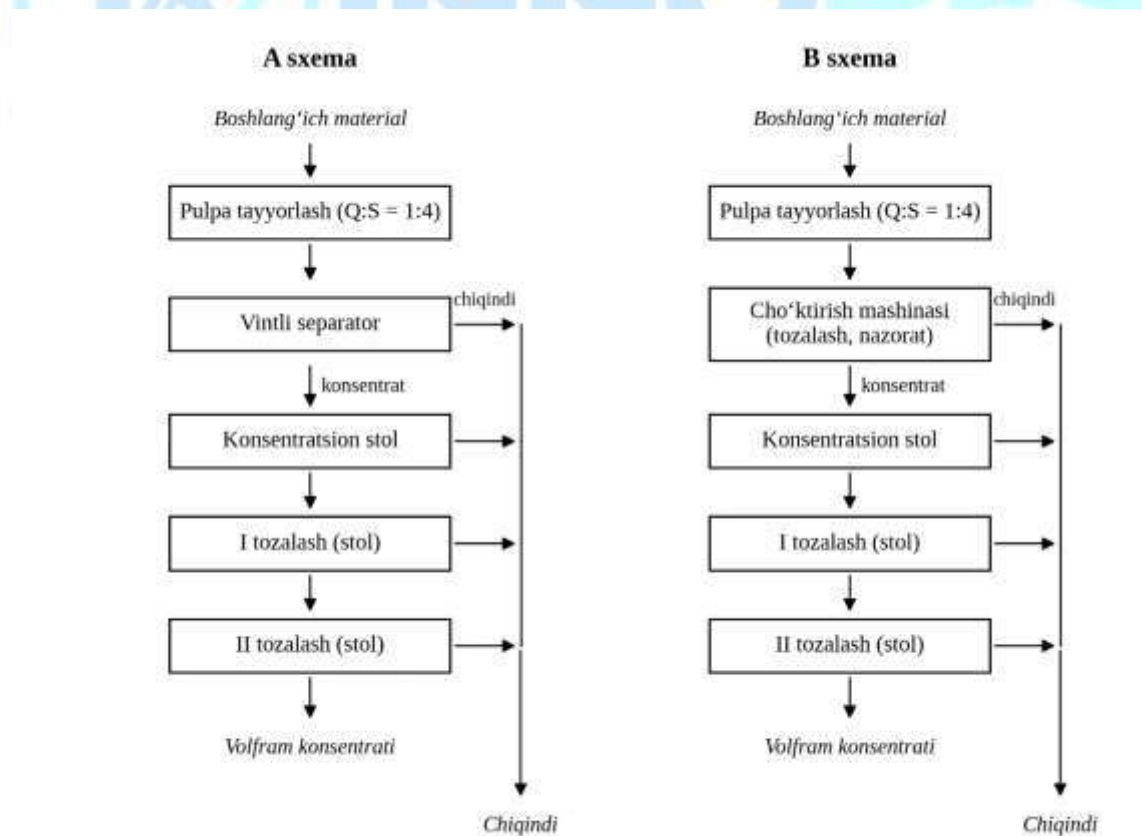
qarama-qarshi o'zgaradi: sifat oshsa, ajratib olish odatda kamayadi. Shuning uchun «qaysi sxema yaxshiroq» degan savolga yagona mezonli to'g'ri javob berib bo'lmaydi.

Maqolaning maqsadi — ikki xil xomashyo uchun ikkala sxemani Xenkok bo'yicha ajratish samaradorligi va boyitish darajasi orqali solishtirish hamda har bir material uchun oqilona apparatlar zanjirini asoslash.

Tadqiqot obyekti va usullari

Obyekt — Ingichka fabrikasining to'plangan chiqindilari (boshlang'ich miqdor 0,01–0,09% WO_3) va UzTMK NPO avtoklav-soda tanlash keki (1,0–1,5% WO_3). Har bir sinov uchun 500 kg o'rtacha namunadan 50 kg li tortimlar tayyorlandi; pulpa zichligi Q:S = 1:4 da ushlab turildi.

Ikki sxema sinaldi (1-rasm): A sxema — vintli separator (uzunligi 1700 mm, kengligi 120 mm, 3 o'ram, qadam 190 mm) va konsentratsion stol SKO-2 da ikki marta tozalash; B sxema — tozalash va nazorat cho'ktirishli MOD-0,2 SK cho'ktirish mashinasi va konsentratsion stolda ikki marta tozalash. Stol rejimi: tebranish chastotasi 350 min^{-1} , yo'l uzunligi asosiy operatsiyada 12 mm, tozalashda 8 mm.



1-rasm. Sinalgan sxemalarning apparatlar zanjiri

Mahsulotlardagi WO_3 miqdori UzTMK markaziy analitik laboratoriyasida aniqlandi. Har bir sinov uchun boshlang'ich miqdor va chiqindi miqdori moddiy balansdan hisoblandi:

$$\alpha = \gamma \cdot \beta / \varepsilon; \quad \vartheta = (100 \cdot \alpha - \gamma \cdot \beta) / (100 - \gamma), \quad (1)$$

bu yerda γ — konsentrat chiqishi, %; β — konsentratdagi WO_3 miqdori, %; ε — ajratib olish, %. Boyitish darajasi $K = \beta / \alpha$ ko'rinishida topildi. Sxemalar Xenkok–Lyuyken bo'yicha ajratish samaradorligi orqali taqqoslandi [8]:

$$E = (\varepsilon - \gamma) / (1 - \alpha / \beta_{\max}), \quad (2)$$

bu yerda $\beta_{\max} = 80,6\%$ — sof sheelitdagi WO_3 miqdori. Boshlang'ich miqdor kichik bo'lgani uchun maxraj 0,98–1,0 ga teng va E amalda $\varepsilon - \gamma$ ga yaqin.

Natijalar va muhokama

To'plangan chiqindilar. 1-jadvalda Ingichka chiqindilarini ikki sxemada boyitish natijalari keltirilgan; α va ϑ moddiy balans bo'yicha hisoblangan.

1-jadval

Ingichka to'plangan chiqindilarini boyitish natijalari

Sxema	Sinov	α , % WO_3	γ , %	β , % WO_3	ε , %	ϑ , % WO_3	K	E, %
A (vintli separator)	1	0,010	0,08	6,09	47,3	0,005	591	47,2
A	2	0,010	0,07	6,81	49,1	0,005	701	49,0
A	3	0,010	0,06	7,63	46,9	0,005	782	46,8
A	4	0,032	0,18	9,20	51,2	0,016	284	51,0
A	5	0,051	0,20	12,70	49,7	0,026	250	49,5
B (cho'ktirish mashinasi)	1	0,066	0,19	21,70	62,8	0,025	327	62,7
B	2	0,065	0,19	22,30	64,8	0,023	341	64,7
B	3	0,080	0,20	24,60	61,3	0,031	306	61,2
B	4	0,089	0,21	26,60	63,0	0,033	300	62,9
B	5	0,090	0,23	27,27	69,75	0,027	303	69,6

Chiqindilar uchun B sxema barcha ko'rsatkichlarda ustun: konsentrat sifati 2–3 barobar yuqori (21,7–27,3% ga 6,1–12,7% WO_3), samaradorlik esa 12–20 punktga yuqori (61–70% ga 47–51%). A sxemada K ning yuqoriligi (250–782) boshlang'ich miqdorning juda pastligi bilan bog'liq va sifat ustunligini anglatmaydi.

Bu natija chiqindilardagi volframning tabiatiga mos: $-3+0,044$ mm sinfida W ning 48,7% i ochilgan sheelit ko'rinishida $>3,6$ g/sm³ fraksiyada joylashgan [9]. Cho'ktirish mashinasi yirik va og'ir donalarni yaxshi ushlaydi, vintli separatora esa ular qisman yengil oqim bilan chiqib ketadi. B sxemada erishilgan 69,75% ajratib olish chiqindilar uchun gravitatsion boyitishning nazariy chegarasiga ($\approx 70\%$) yetadi [9].

Keklar. 2-jadvalda UzTMK kekларini boyitish natijalari keltirilgan.

2-jadval

UzTMK NPO kekларini boyitish natijalari

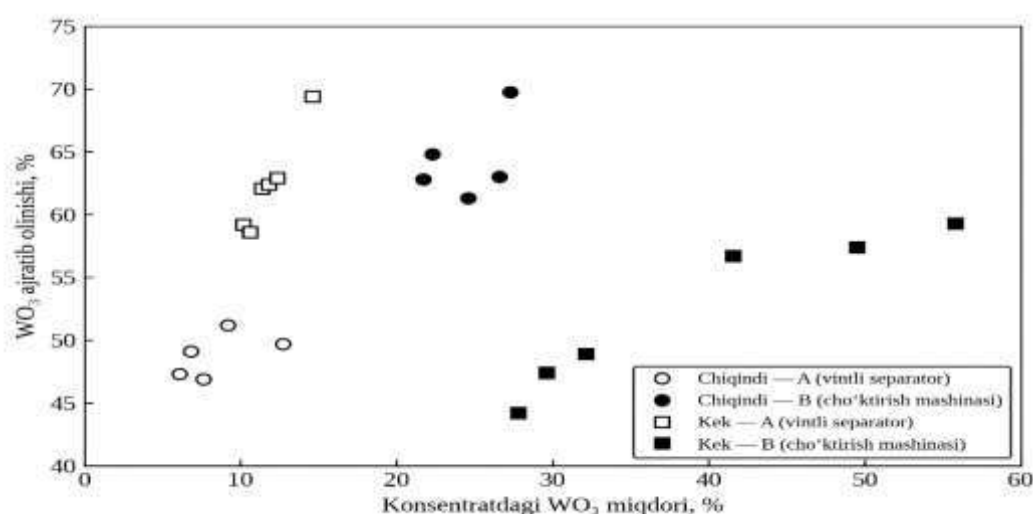
Sxema	Sinov	α , % WO_3	γ , %	β , % WO_3	ϵ , %	θ , % WO_3	K	E, %
A (vintli separator)	1	1,00	5,81	10,18	59,2	0,43	10	54,1
A	2	1,00	5,52	10,62	58,6	0,44	11	53,7
A	3	1,16	6,34	11,36	62,1	0,47	10	56,6
A	4	1,09	5,75	11,82	62,4	0,43	11	57,4
A	5	1,25	6,37	12,36	62,9	0,50	10	57,4
A	6	1,30	6,18	14,60	69,4	0,42	11	64,3
B (cho'ktirish mashinasi)	1	1,50	2,38	27,80	44,2	0,86	19	42,6
B	2	1,50	2,40	29,60	47,4	0,81	20	45,9
B	3	1,50	2,28	32,12	48,9	0,78	21	47,5
B	4	1,50	2,04	41,56	56,7	0,66	28	55,7
B	5	1,50	1,74	49,48	57,4	0,65	33	56,7
B	6	1,50	1,59	55,80	59,3	0,62	37	58,8

Kek uchun manzara teskari. A sxema ajratib olish (58,6–69,4%) va samaradorlik (53,7–64,3%) bo'yicha ustun, lekin konsentrat sifati past (10,2–14,6% WO_3). B sxema

55,8% WO_3 li konditsion konsentrat beradi, ammo eng yaxshi sinovda ham ajratib olish 59,3% dan oshmaydi va chiqindi miqdori 0,62–0,86% WO_3 ni tashkil etadi. Bu chiqindi bilan boshlang'ich volframning 40–56% i yo'qotiladi.

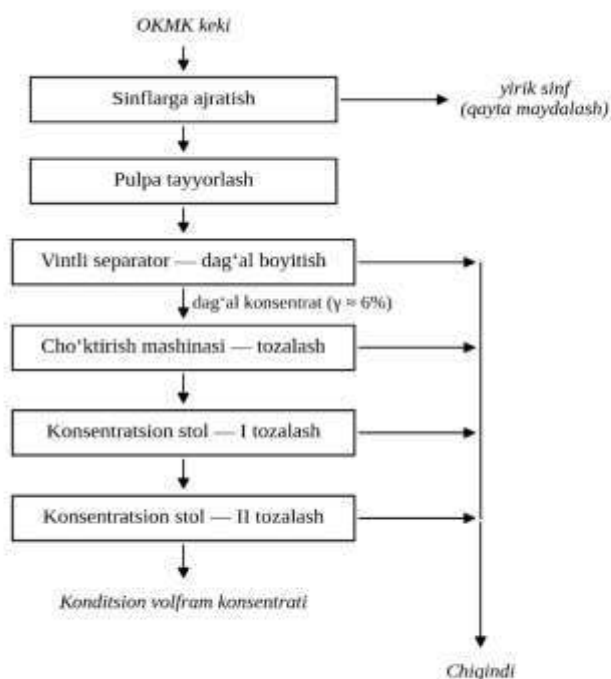
Sababi — kekdaagi volfram shakli. Volfram parchalanmagan sheelit bilan bir qatorda jins zarrachalari sirtida qoplama hosil qilgan sun'iy kalsiy volframati ko'rinishida ham uchraydi; -1+0,5 mm sinfida W ning 36,1% i 3,2–3,6 g/sm³ oraliq zichlikdagi fraksiyada joylashgan [9]. Cho'ktirish mashinasi bunday oraliq donalarni yengil mahsulotga chiqaradi, vintli separator esa 5,5–6,4% chiqishda ularni konsentratga ushlab qoladi.

Sifat–ajratish nisbati va tavsiya etilgan sxema. 2-rasmda barcha sinovlar sifat–ajratish koordinatalarida ko'rsatilgan. B sxemada sinovdan sinovga konsentrat sifati 27,8% dan 55,8% gacha oshgani sari ajratib olish ham 44,2% dan 59,3% gacha oshgan. Demak, B sxema bo'yicha sinovlar rejimni sozlash davomida o'tkazilgan va 6-sinov rejimi optimalga yaqin.



2-rasm. Konsentrat sifati va WO_3 ajratib olinishi o'rtasidagi bog'liqlik

Ikkala sxemaning kuchli tomonlarini birlashtirish uchun kek uchun quyidagi zanjir taklif etiladi (3-rasm): vintli separatorada dag'al boyitish ($\varepsilon \approx 69\%$, $\gamma \approx 6\%$) → dag'al konsentratni cho'ktirish mashinasida tozalash → konsentratsion stolda ikki marta tozalash. Bu sxemada cho'ktirish mashinasiga massaning atigi 6% i tushadi, ya'ni apparat yuklamasi 15 barobardan ortiq kamayadi. Umumiy ajratib olish tozalash bosqichining dag'al konsentratdan ajratib olishiga bog'liq va uni tajribada aniqlash keyingi tadqiqot vazifasidir.



3-rasm. UzTMK keki uchun taklif etilgan birlashgan sxema

Chiqindilar uchun esa A sxemani qo'llash asoslanmagan: B sxema nazariy chegaraga yetgan, keyingi o'sish faqat ochilmagan o'simtalarni qo'shimcha maydalash orqali mumkin.

Xulosa

1. Ingichka to'plangan chiqindilari uchun cho'ktirish mashinasi—konsentratsion stol sxemasi vintli separator sxemasidan barcha ko'rsatkichlarda ustun: sifat 21,7–27,3% ga 6,1–12,7% WO_3 , ajratish samaradorligi 61–70% ga 47–51%.
2. Chiqindilardan erishilgan 69,75% ajratib olish gravitatsion boyitishning nazariy chegarasiga ($\approx 70\%$) teng; uni oshirish apparatni almashtirishni emas, o'simtalarni qo'shimcha ochishni talab qiladi.
3. UzTMK keklari uchun vintli separator yuqori ajratib olish (58,6–69,4%) va samaradorlik (53,7–64,3%) beradi, cho'ktirish mashinasi esa 55,8% WO_3 li konditsion konsentrat beradi, ammo 59,3% dan ortiq ajratib olmaydi.
4. Kek uchun vintli separator da dag'al boyitish, cho'ktirish mashinasi va konsentratsion stolda tozalashdan iborat birlashgan sxema taklif etildi; u cho'ktirish mashinasiga yuklamani 15 barobardan ortiq kamaytiradi va tajribada tekshirilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Руднев С.В., Потапов В.А., Салихова Н.В., Канцель А.А. Исследования по выбору оптимальной технологической схемы гравитационного обогащения техногенных образований Ингичкинской обогатительной фабрики // Горный вестник Узбекистана. – 2008. – № 3. – С. 80–83.
2. Санакулов К.С. Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья // Кончилик хабарномаси. – 2019. – № 2. – С. 42–56.
3. Берт Р.О. Технология гравитационного обогащения / Пер. с англ. – М.: Недра, 1990. – 574 с.
4. Шохин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1993. – 350 с.
5. Mutalova M.A., Khasanov A.A., Ibragimov I.S., Melnikova T.E. Development of Technology for Producing Tungsten Product with WO_3 Content Not Lower than 40% from Technogenic Waste SIE «Almalyk MMC» // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 6, Issue 12. – P. 12329–12333.
6. Mutalova M.A., Khasanov A.A., Masidikov E.M. Extraction of a Tungsten-Containing Product from the Left Tails of the Ingichin Factory // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2020. – Vol. 7, Issue 5. – P. 13850–13856.
7. Mutalova M.A., Khasanov A.A. Improvement of Technology for Enrichment of Tungsten Concentrate from Cake of NPO Almalyksky MMC JSC by Gravitational Methods // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2020. – Vol. 7, Issue 5. – P. 13863–13868.
8. Wills B.A., Finch J.A. Wills' Mineral Processing Technology. 8th ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. – 498 p.
9. Xasanov A.A. Ingichka boyitish fabrikasi to'plangan chiqindilari va OKMK gidrometallurgik keklarining gravitatsion boyitiluvchanligini qiyosiy baholash // [jurnal nomi]. – 2026. – (nashrga topshirilgan).

10. Аникин М.Ф., Иванов В.Д., Певзнер М.Л. Винтовые сепараторы для обогащения руд. – М.: Недра, 1970. – 184 с.
11. Кускова Я.В., Кусков В.Б. Повышение эффективности разделения частиц за счёт использования новых конструкций концентрационных столов // Записки Горного института. – 2012. – Т. 196. – С. 132–135.
12. Барский Л.А., Козин В.З. Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. – М.: Недра, 1978. – 486 с.

