


UO‘K: 546.881:544.23

 10.70769/3030-3214.SRT.2.4-1.2024.10

GERMANIY AJRATIB OLISH BO‘YICHA QIDIRUV TADQIQOTLARNI O‘RGANISHNING TAHLILI



**Shodiyev Abbas Ne'mat
o'g'li**

t.f.d., dots. Qarshi muhandislik-
iqtisodiyot instituti, Qarshi,
O'zbekiston
E-mail: abbos.shodiyev.91@mail.ru
ORCID ID: 0000-0003-2589-7179



**Qarshiboyev Sherzod
Begmamat o'g'li**

t.f.f.d., dots. Islom Karimov
nomidagi Toshkent davlat texnika
universiteti Olmaliq filiali, Olmaliq,
O'zbekiston



**Yormatov Doston
Ashirmat o'g'li**

Termiz davlat muhandislik va
agrotexnologiyalar universiteti,
Termiz, O'zbekiston

Annotatsiya. Mazkur maqolada germaniy ajratib olish texnologiyalari, xususan, germaniy boyitish jarayonida qo'llaniladigan pirometallurgiya, gidrometallurgiya va sorbsion tanlab eritish usullari o'rganilgan. Germaniy ajratib olish bo'yicha turli tajribalar shlakni sorbsion yuvish jarayonida 93% samaradorlikka erishishga imkon bergan. Ishqor konsentratsiyasi oshgan sari germaniyaning ajralish darajasi kamaygani kuzatilgan. Tadqiqot natijalari yuqori samarali texnologiyani joriy etish uchun muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Germaniy, pirometallurgiya, gidrometallurgiya, sorbsion yuvish, shlak, ishqor konsentratsiyasi, samaradorlik.

АНАЛИЗ ИЗУЧЕНИЯ ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ ГЕРМАНИЯ

**Шодиев Аббос Неъмат
угли**

Д.т.н., доц. Қаришинский
инженерно-экономический
институт, Қариши,
Ўзбекистан

**Қаришибоев Шерзод
Бегмамат угли**

к.т.н., доц. Тошкентский
государственный технический
университет имени Ислама
Каримова, Алмалыкский филиал,
Алмалык, Ўзбекистан

**Ёрматов Достон
Аширмамат угли**

Термезский государственный
университет инженерии и
агротехнологий, Термез,
Ўзбекистан

Аннотация. В данной статье изучены технологии извлечения германия, в частности, пирометаллургические, гидрометаллургические методы и сорбционное избирательное выщелачивание, применяемые при обогащении германия. Эксперименты по извлечению германия в процессе сорбционного выщелачивания шлама позволили достичь эффективности 93%. Установлено, что с увеличением концентрации щелочи степень извлечения германия снижается. Полученные результаты служат важной основой для внедрения высокоэффективной технологии.

Ключевые слова: Германий, пирометаллургия, гидрометаллургия, сорбционное выщелачивание, шлак, концентрация щелочи, эффективность.

ANALYSIS OF THE STUDY OF GERMAN EXTRACTION EXPLORATION STUDIES

*Shodiev Abbas Ne'mat
ugli*

*DSc, Docent Karshi Engineering-
Economics Institute, Karshi,
Uzbekistan*

*Karshiboev Sherzod
Begmamat ugli*

*Ph.D., Docent Tashkent State
Technical University named after
Islam Karimov, Almalyk Branch,
Almalyk, Uzbekistan*

*Yormatov Doston
Ashirmat ugli*

*Termez State University of
Engineering and Agrotechnology,
Termez, Uzbekistan*

Abstract. This article investigates germanium extraction technologies, including pyrometallurgical, hydrometallurgical methods, and sorption selective leaching used in germanium enrichment processes. Experiments on germanium extraction during slag sorption leaching achieved an efficiency of 93%. It was observed that the degree of germanium extraction decreases with increasing alkali concentration. The results provide an essential foundation for implementing a highly efficient technology.

Keywords: Germanium, pyrometallurgy, hydrometallurgy, sorption leaching, slag, alkali concentration, efficiency.

Kirish. Jahon ishlab chiqarishining deyarli 100% sulfidli rux, qo'rg'oshin-rux va kamdan kam hollarda mis-rux rudalaridan germaniy ajratib olishga asoslangan. Bundan tashqari, jahon amaliyotida polimetall rudalarni qayta ishlashning qo'shimcha mahsulotlari (shlaklar, keklar, changlar va boshqalar), ko'mirni qayta ishlashning turli xil mahsulotlari (kul, kokslash mahsulotlari) ham qo'llaniladi. Bu materialarning barchasida oz miqdorda germaniy mavjud bo'lib, ularni boyitish uchun piro- va gidrometallurgik ishlov berishning turli usullari qo'llaniladi. Germaniy xomashyosini qayta ishlash germaniy tetraxloridini olishdan iborat bo'lib, uni boshqa germaniy birikmalariga qaraganda osonroq, chuqur tozalash mumkin.

Shunday qilib, boshlang'ich xomashyo tarkibiga qarab, germaniyga boy mahsulotlar - germaniy konsentratlarini olish maqsadida materialga dastlabki ishlov berishning turli usullari qo'llaniladi.

Pirometallurgiya texnologiyasi germaniyni olingugurt, kislorod, xlor, vodorod bilan ba'zi birikmalarining uchuvchanligiga asoslangan. Bu xususiyat rangli metallarni qayta ishlash, ko'mirlarni yoqish, gazlashtirish, yarim kokslash va kokslash yarim mahsulotlarida germaniy konsentratsiyasini aniqlash imkonini beradi. Pirometallurgiya texnologiyalarini ikki guruhga ajratish mumkin: kuydirish (xlorlovchi va sulfatlovchi) va qaytaruvchi haydash.

Bundan tashqari, germaniy qotishmalarida uglerodli qaytaruvchi bilan qaytarib eritishning eng qadimgi usullaridan biri mavjud. Xususan, bu usul

1939-yildayoq tajriba qurilmasida (Buyuk Britaniya) gaz generatori stansiyalarining uchuvchan changlaridan germaniyni ajratib olish uchun ishlatilgan [1]. Qotishmaga germaniyni ajralib chiqishi 94-95% ni tashkil etdi.

Usulning kamchiligi germaniy monooksidi hosil bo'lishini to'xtatish va gaz fazasiga ajralishi uchun qaytaruvchining ko'pligidir. Shuningdek, metall faza odatda shlakli suyuqlanmada mayda qo'shimchalar shaklida hosil bo'ladi, bu esa fazalarni ajratish qiyinligini keltirib chiqaradi va shlakdagi mayda qotishma zarrachalarining "chalkashishi" natijasida germaniyni shlak bilan yuqori yo'qotishlariga olib kelishi mumkin.

Adabiyot tahlil va metodlar. Oksidlovchilarni qo'llab tajribalar o'tkazish uslubi quyidagicha amalga oshirildi. Peroksiddan foydalanilganda tahlil uchun 8 g shlak namunasi olindi. Shlak g'ilofo yumaloq tubli kolbaga solindi, ehtiyotlik bilan 150 ml konsentrlangan vodorod peroksid qo'shildi va 60°S gacha qizdirildi. Aralashma 90°С gacha qizdirildi va qaynatilib, keyin qayta aralashtirishda vaqti-vaqti bilan reagentlar (ishqor va vodorod peroksid) kiritildi. Qo'shilgan vodorod peroksid eritmasining umumiy hajmi 210 ml, o'yuvchi natriy esa 60 ml ni tashkil etdi. Qaynash jarayoni aralashmaning havo-quruq bug'lanishiga qadar 3 soat davomida uzluksiz aralashtirishda olib borildi. Keyin hosil bo'lgan quruq qoldiq avtolavga solinib, 20% li NaOH eritmasi quyildi, bunda fazalar nisbati j:t=5 ni tashkil etdi. Tanlab eritish jarayonida harorat 200-205°S, vaqt 4 soat davomida

ushlab turildi.

Ishqorlangandan so'ng qattiq faza "ko'k lenta" filtrida ajratildi, pH=9-10 qiymatgacha ish-qorlangan distillangan suv bilan yuvildi. Filtrat va yuvish suvlari 200 ml li kolbaga yig'ildi. O'rganilayotgan eritmada germaniy miqdori atom-absorbsion usulda tahlil qilindi. Germaniyni shlakdagi miqdori 0,04% bo'lganda ajratib olish darajasi ~ 12% ni tashkil etdi. Gipoxloritning qo'llanilishi ham metall unumini oshirmagan.

Planetar tegirmonda shlakni maydalab, to'g'ridan-to'g'ri tegirmonga oksidlovchi va ishqor qo'shib, yangi hosil bo'lgan zarrachalarning faol yuzalarida tanlab eritish jarayonini mexanik faollashtirishga harakat qilindi. Keyinchalik, avtoklav yorib ko'rildi. Bunda germaniyni ajratib olish darajasi 5% dan oshmadi.

Shlakni ishqor bilan 1100°S haroratda 2,5 soat davomida dastlabki suyuqlantirish operatsiyasini o'tkazish taklif etildi. Bunda germaniy chiqishi 40% ga yetdi. Biroq, qotishma texnologik operatsiya emas, balki analitik ximiyada faqat materialni ochish uchun qo'llaniladi. Shuningdek, mikrokomponentlarni ajratib olishda energiya sarfi yuqori bo'lganligi sababli yuqori haroratli jarayonlarni qo'llash ham tejamli emas.

Germaniyni eruvchan shaklga bog'lash uchun etanolamin va komplekson III kabi turli xil kompleks hosil qiluvchilardan foydalanilgan, ammo germaniyni ajratib olish deyarli kuzatilmagan.

Shunday qilib, taklif etilgan shlakni oksidlovchilar va kompleks hosil qiluvchilar, shuningdek ishqor bilan qotishmalash amaliyoti qo'llanilgan holda avtoklavli tanlab eritish variantlari yoki samarasiz, yoki iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas.

Shu munosabat bilan biz texnologik sxemaga germaniyni sorbsion tanlab eritish operatsiyasini kiritishni taklif qildik. Sorbsion tanlab eritish usuli ionitda ajratib olinadigan elementni tanlab eritish va sorbsiyalash jarayonlarini birlashtirishga asoslangan. Sorbsiya natijasida eritmada ajratib olinadigan elementning konsentratsiyasi pasayadi, bu esa konsentratsiya gradiyentining oshishiga va shunga mos ravishda qattiq faza sirtidan metalni ajratib olish tezligining oshishiga, qaytar reaksiyalarda esa teskari reaksiya tezligining kamayishiga olib keladi.

Sorbsiya yo'li bilan yuvib olishni o'rganishda boshlang'ich material sifatida o'lchamlari 70 mik-

rondan kichik bo'lgan shlak ishlatiladi. Aralash-tirgichli reaktorga maydalangan shlak solinadi, 5 massa foizlik natriy gidroksid eritmasi quyiladi, oldindan ishqor bilan ishlov berilgan anionit qo'shiladi. Fazalar (suyuqlik va sorbent) nisbatiga 100, suyuqlik va shlak nisbatiga 5 qilib yuvib olish amalga oshiriladi. Pulpa 70–75°C haroratda 4 soat davomida aralash-tiriladi. Harorat diapazoni qatronning maksimal ishlash harorati 80°C bilan cheklash lozim.

1-jadval

Germaniy ajratib olish bo'yicha qidiruv tajribalarini o'tkazish shartlari

| № | Tajriba shartlari | Konsentratsiya Ge, mg·l ⁻¹ | Ajratib olish Ge, % |
|---|---|---------------------------------------|---------------------|
| 1 | MnO ₂ oksidlovchisini qo'llagan holda | 0,094 | 3,7 |
| 2 | H ₂ O ₂ oksidlovchisini qo'llagan holda | 0,06 | 11,75 |
| 3 | NaOH bilan yuqori haroratda qizdirish | 1,226 | 39,9 |
| 4 | natriy gipoxloritdan foydalangan holda | 0,6 | 1,88 |
| 5 | bunda gipoxlorit va natriy ftorid qo'llanilganda | 0,6 | 1,88 |
| 6 | kompleks hosil qiluvchi (trilon B) ni qo'llagan holda | 0,79 | 2,47 |
| 7 | Kompleks hosil qiluvchi modda (trilon B) yordamida atmosfera ta'sirida tanlab eritish | 2,6 | 16,2 |
| 8 | kompleks hosil qiluvchi (etanolamin) ni qo'llagan holda | 2,6 | 16 |
| 9 | to'g'ridan to'g'ri tegirmonga oksidlovchi va ishqor qo'shilgan planetar tegirmonda dastlabki mexanik faollashtirish | 0,00012% | 1,5-2 |

Shundan so'ng qatron shlakdan elak yordamida ajratiladi (uning zarracha hajmi taxminan 1 mm). Anionit shlakdan suv bilan yuviladi va 30 ml 2 normal konsentratsiyadagi xlorid kislota bilan statsionar sharoitda regeneratsiya qilinadi. Germaniy tarkibi fotometrik usul bilan [4, 5] ammoniy molibdat bilan rangli kompleks hosil qilish orqali o'lchanadi.

Qattiq fazalarning tarkibi atom-absorbsion usul yordamida tahlil qilinadi. Sorbsiya qilinganidan keyin shlak avtoklavda ruxni yuvib olishga

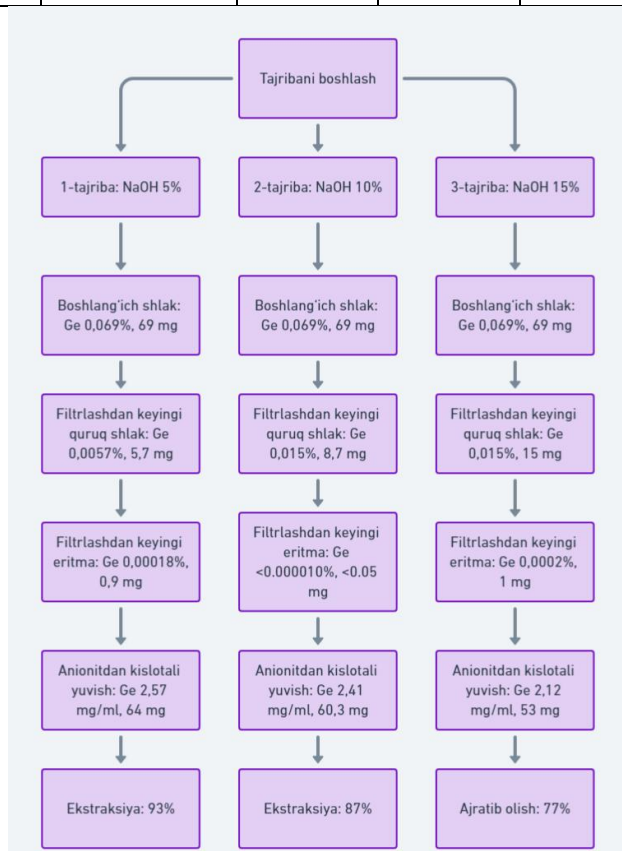
yuborildi.

Tadqiqotni o'rganishdagi asosiy natijalar va ularning muhokamasi. Tajribalar natijalariga ko'ra, shlakning yuvilganidan keyin suyuq va qattiq fazalardagi analizlar 93% germaniy ajratib olinayotganini ko'rsatdi (suyuqlikning zichligi 1,054 g/sm³). 10% ishqor konsentratsiyasida bu ko'rsatkich 87% (zichlik 1,105 g/sm³), 15 massa foizlikda esa 77% (zichlik 1,164 g/sm³) bo'lgan (2-jadvalga qarang).

2-jadval

Ishqor konsentratsiyasi 5–15 massa % da shlakning sorbsiya yo'li bilan yuvib olinishi natijalari

| № | Tajriba sharoiti | Germaniy miqdori, % | Germaniy massasi, mg | Ajralish darajasi, % |
|---|----------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | NaOH konsentratsiyasi 5 % | 0,069 | 69 | 93 |
| 2 | NaOH konsentratsiyasi 10 % | 0,069 | 69 | 87 |
| 3 | NaOH konsentratsiyasi 15 % | 0,069 | 69 | 77 |



1-rasm. Germaniyni ajratib olish bo'yicha tajribalar.

Sorbsiya qilingan germaniy miqdorini nazorat qilish uchun anionit kislotali eritmada eritiladi. 5 ml lik namuna issiqqa chidamli idishga solinib, 10–15 ml kontsentrlangan sulfat kislotasi bilan eritiladi. Gaz ajralishi to'xtaganda idish soat oynasi bilan yopilib, qizdiriladi. Eritma sovutilgach, ehtiyotkorlik bilan 50–70 ml azot kislotasi qo'shib, qizdiriladi. Eritma tiniqlashgach, hajmi 25 ml li o'lchov kolbasiga ko'chirilib va distillangan suv bilan belgilangan hajmgacha to'ldirish lozim.

Ushbu o'rganilgan tadqiqot natijalariga ko'ra germaniy miqdori german-molibdenli geteropolikislota shaklida fotometrik usul bilan aniqlash lozim, Natijalar atom-absorbsion usul bilan tasdiqlanadi.

Ishqor konsentratsiyasi 5 massa foizda yuvib olish jarayonini amalga oshirish optimal ekanligi ko'rsatildi. Ishqor konsentratsiyasi oshganda germaniyning eruvchanligi va ajralish darajasi kamayishi kuzatilgan. Natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Xulosa. Maqolada germaniy ajratib olish texnologiyasining turli usullari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari quyidagicha xulosalarga olib keladi:

- Xomashyo manbalari:** Germaniy asosan sulfidli rux, qo'rg'oshin-rux va kamdan-kam hollarda mis-rux rudalaridan ajratib olinadi. Bundan tashqari, ko'mirni qayta ishlashdan olingan shlaklar, keklar va boshqa ikkilamchi materiallar ham foydalaniladi.
- Pirometallurgiya usuli:** Germaniy ajratishda pirometallurgiya texnologiyasining asosiy kamchiligi yuqori energiya sarfi va texnologik jarayonning murakkabligi bo'lib, bunda germaniyning yo'qotilish ehtimoli yuqori.
- Gidrometallurgiya usuli:** Ishqor bilan yuqori haroratda yuvib olish samarador bo'lib, NaOH konsentratsiyasini 5% ga teng holatda ishlatish optimal natija beradi. Bu usulda germaniy ajratish darajasi 93% ni tashkil etgan. Ishqor konsentratsiyasining oshishi germaniy ajralish darajasining pasayishiga olib keladi.
- Sorbsiya usuli:** Germaniy ajratishda sorbsiya usuli yuqori samaradorlikka ega bo'lib, ionitlardan foydalanish orqali ajralish darajasini oshirishga erishiladi. Bu usulda qattiq faza va suyuqlikdan germaniy

samarali ravishda konsentratsiyalash mumkin.

5. **Tajriba natijalari:** Germaniyni ajratib olishning samarali usuli sifatida ishqoriy va sorbsion yuvib olish texnologiyalari tavsiya etiladi. NaOH konsentratsiyasining oshishi ajralish darajasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Optimal sharoitda 93% germaniy ajratishga erishilgan.

Umuman olganda, maqolada o'rganilgan usullar va natijalar germaniyni ajratish texnologiyasini takomillashtirish va iqtisodiy jihatdan samarador usullarni rivojlantirish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. *Металлургия редких металлов* / М.: Metallurgy, 1991. —432 с.
2. Шпирт М.Я. *Физико-химические основы переработки германиевого сырья* / М.: Химия, 1977. - 264 с.
3. Шодиев, А. Н. У., Туробов, Ш. Н., Саидахмедов, А. А., Хакимов, К. Ж., & Эшонкулов, У. Х. У. (2020). Исследование технологии извлечения редких и благородных металлов из сбросных растворов шламового поля. *Universum: технические науки*, (5-1 (74)), 37-40.
4. В.А. Назаренко *Аналитическая химия германия* / М.: Наука, 1973. - 264 с.
5. Бусев А.И., Типцова В.Г., Иванов В.М. *Практическое руководство по аналитической химии редких элементов* / М.: Химия, 1966. - 412 с.
6. Хасанов, А. С., Хакимов, К. Ж., Шодиев, А. Н., & Эшонкулов, У. Х. (2018). Уран и Золото. *Мухофаза+ Ижтимиойсийосий, илмий-амалий ва бадиий журнал*, (01 (157)), 13.
7. Эшонкулов, У. Х., Хасанов, А. С., & Хужакулов, А. М. (2022). **НОВЫЕ СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ И ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД.** In *Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья* (pp. 119-125).
8. Abdurashid Khasanov, & Uchkun Eshonkulov. (2023). **STUDY OF METHODS OF IRON SEPARATION FROM IRON-CONTAINING RAW MATERIALS.** *Best Journal of Innovation in Science, Research and Development*, 2(11), 119–123. Retrieved from <https://www.bjisrd.com/index.php/bjisrd/article/view/818>
9. Shodiyev, A., Turobov, S., Abdullayev, Z., & Eshonkulov, U. (2023). **AN'ANAVIY NIKEL ERITISH JARAYONIDA PAST DARAJADAGI NIKEL SHTEYNI TEMIRNI OKSIDLASH VA UNI SILIKATLI SHLAKLAR SIFATIDA OLIV TASHLASH UCHUN YUQORI HARORATLI ERITISH YO 'LI BILAN YUQORI SIFATLI NIKEL SHTEYNIGA AYLANTIRISH.** *Наука и технология в современном мире*, 2(18), 39-42.