ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -11

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 11

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

TEXNOGEN CHIQINDILARDAN GERMANIYNI GIDROMETALLURGIK USULDA AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI TADQIQ QILISH

Yormatov Dostonbek Ashurmamat o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz,
Email: dostonyormatov2@gmail.com
Shodiyev Abbbos Ne’mat o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi
Email: abbos.shodiyev.91@mail.ru
Muhammadiyev Elbek Mirza o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz,
Email: elbekjonmuhammadiyev94@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Olmaliq kon-metallurgiya kombinati texnogen chiqindilari tarkibidan germaniyni ajratib olishning gidrometallurgik texnologiyasi tadqiq qilindi. Tadqiqot obyekti sifatida mis eritish changlari va konverter changlari tanlab olinib, ularning kimyoviy hamda fazaviy tarkibi ICP-MS, XRD va SEM-EDX usullari yordamida o‘rganildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra chiqindilar tarkibida germaniy miqdori 520–1280 ppm oralig‘ida ekanligi aniqlandi. Germaniyni eritmaga o‘tkazish uchun sulfat kislotali eritish texnologiyasi qo‘llanildi hamda jarayonning asosiy texnologik parametrlari o‘rganildi. Optimal sharoit sifatida H_2SO_4 konsentratsiyasi 150 g/l, harorat 75 °C, eritish davomiyligi 90 minut va Q:S = 1:5 nisbati tanlandi. Ushbu sharoitda germaniyning eritmaga o‘tish darajasi 85–92 % ni tashkil etdi. Germaniyni selektiv ajratib olish uchun ekstraksiya va cho‘ktirish usullaridan foydalanildi. Natijada 95–97 % tozalikdagi germaniy dioksidi olindi.

Kalit so‘zlar: germaniy, texnogen chiqindilar, gidrometallurgiya, sulfat kislotali eritish, ekstraksiya, mis eritish changi, germaniy dioksidi.

Аннотация. В данной статье исследована гидрометаллургическая технология извлечения германия из техногенных отходов Алмалыкский горно-металлургический комбинат. В качестве объекта исследования были выбраны пыли медеплавильного и конвертерного производства. Химический и фазовый состав отходов изучен методами ICP-MS, XRD и SEM-EDX. Результаты исследований показали, что содержание германия в отходах составляет 520–1280 ppm. Для перевода германия в раствор использована технология сернокислотного выщелачивания, а также изучены основные технологические параметры процесса. Оптимальными условиями определены концентрация H_2SO_4 150 г/л, температура 75 °C, продолжительность выщелачивания 90 минут и соотношение Т:Ж = 1:5. При данных условиях степень извлечения германия в раствор составила 85–

ISSN 3030-3907

92 %. Для селективного извлечения германия применены методы экстракции и осаждения. В результате получен диоксид германия чистотой 95–97 %.

Ключевые слова: германий, техногенные отходы, гидрометаллургия, сернокислотное выщелачивание, экстракция, медеплавильная пыль, диоксид германия.

Abstract. This article investigates the hydrometallurgical technology for germanium extraction from technogenic wastes of Almalyk Mining and Metallurgical Complex. Copper smelting dust and converter dust were selected as research objects, and their chemical and phase compositions were analyzed using ICP-MS, XRD, and SEM-EDX methods. The research results showed that the germanium content in the wastes ranged from 520 to 1280 ppm. Sulfuric acid leaching technology was applied to transfer germanium into solution, and the main technological parameters of the process were investigated. The optimal conditions were determined as H_2SO_4 concentration of 150 g/L, temperature of 75 °C, leaching time of 90 minutes, and solid-to-liquid ratio of 1:5. Under these conditions, the germanium extraction efficiency reached 85–92 %. Extraction and precipitation methods were applied for selective recovery of germanium. As a result, germanium dioxide with a purity of 95–97 % was obtained.

Keywords: germanium, technogenic wastes, hydrometallurgy, sulfuric acid leaching, extraction, copper smelting dust, germanium dioxide.

KIRISH.

Dunyo miqyosida sanoat ishlab chiqarishining kengayishi natijasida hosil bo‘layotgan texnogen chiqindilar tarkibidagi qimmatbaho va nodir elementlarni qayta tiklash masalasi metallurgiya va materialshunoslik sohalarining ustuvor ilmiy yo‘nalishlaridan biriga aylanmoqda [6]. Rangli metallurgiya korxonalarida hosil bo‘ladigan changlar, shlaklar va flotatsiya chiqindilari tarkibida germaniy, galliy, indiy, vismut kabi strategik elementlarning mavjudligi ushbu chiqindilarni ikkilamchi texnogen xomashyo sifatida qayta ishlash imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Germaniy yuqori texnologik mahsulotlar ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, u yarimo‘tkazgichlar, infraqizil optik qurilmalar, optik tolali aloqa tizimlari, quyosh batareyalari hamda zamonaviy elektronika sanoatida keng qo‘llaniladi. Shu sababli sanoat chiqindilaridan germaniy ajratib olish texnologiyalarini ishlab chiqish iqtisodiy va ekologik jihatdan dolzarb hisoblanadi [13].

Hozirgi vaqtda germaniy asosan rux va qo‘rg‘oshin rudalarini qayta ishlash jarayonida olinadi. Biroq so‘nggi tadqiqotlar mis eritish changlari va boshqa metallurgik chiqindilar tarkibida ham germaniyning sezilarli miqdorda mavjudligini ko‘rsatmoqda. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, mis eritish changlari

ISSN 3030-3907

tarkibida germaniy miqdori 417–1375 ppm oralig‘ida bo‘lib, bu ko‘rsatkich ayrim tabiiy rudalardagi miqdordan bir necha barobar yuqori ekanligi aniqlangan. Shuningdek, suvli eritish jarayonida germaniyning 73–99 % gacha eritmaga o‘tishi kuzatilgan bo‘lib, ushbu texnogen chiqindilarni germaniy olish uchun istiqbolli manba sifatida baholash imkonini beradi [5].

Olmaliq kon-metallurgiya kombinati O‘zbekiston rangli metallurgiya sanoatining yirik korxonalaridan biri hisoblanadi. Korxona faoliyati davomida katta hajmda mis eritish changlari, konverter changlari, boyitish chiqindilari va turli texnogen qoldiqlar hosil bo‘ladi. Ushbu chiqindilar tarkibida mis, rux, qo‘rg‘oshin, mishyak bilan bir qatorda germaniy kabi nodir elementlarning ham mavjudligi ularni kompleks qayta ishlashni taqozo etadi. Texnogen chiqindilarni qayta ishlash orqali bir tomondan qimmatbaho komponentlarni ajratib olish, ikkinchi tomondan esa atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish mumkin bo‘ladi [8].

So‘nggi yillarda germaniyni texnogen xomashyolardan ajratib olishda gidrometallurgik usullar, xususan sulfat kislotali eritish, ekstraksiya, sorbsiya va cho‘ktirish texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda. Sulfat kislotali eritish jarayoni germaniyning eritmaga yuqori darajada o‘tishini ta’minlashi bilan ajralib turadi. Jarayon samaradorligiga erituvchi konsentratsiyasi, harorat, qattiq va suyuq faza nisbati hamda eritish davomiyligi kabi texnologik omillar sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Germaniyni eritmadan selektiv ajratib olish uchun organik ekstragentlar va ion-almashinish sorbentlaridan foydalanish yuqori samaradorlikni ta’minlaydi hamda yuqori tozalikdagi germaniy dioksidi olish imkonini beradi [1].

Mazkur tadqiqot ishining maqsadi Olmaliq KMK texnogen chiqindilarining moddiy va fazaviy tarkibini o‘rganish, germaniyning texnologik xossalarini aniqlash hamda uni gidrometallurgik usullar asosida ajratib olishning samarali texnologik parametrlarini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot natijalari texnogen chiqindilarni kompleks qayta ishlash samaradorligini oshirish, nodir elementlardan oqilona foydalanish va ekologik xavfsizlikni ta’minlashga xizmat qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot ishida Olmaliq kon-metallurgiya kombinati texnogen chiqindilaridan germaniyni ajratib olishning gidrometallurgik texnologiyasi ishlab chiqildi va texnologik parametrlarning jarayon samaradorligiga ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot obyekti sifatida mis eritish changlari va konverter changlari tanlab olinib, namunalar dastlab quritildi, maydalandi hamda 0,074 mm gacha yanchildi. Namunalarning kimyoviy tarkibi ICP-MS va ICP-AES usullari

ISSN 3030-3907

yordamida aniqlanib, fazaviy tarkibi rentgen fazaviy tahlil (XRD) hamda SEM-EDX usullari asosida o‘rganildi.

Germaniyni eritmaga o‘tkazish uchun sulfat kislotali gidrometallurgik eritish texnologiyasi qo‘llanildi. Eritish jarayoni laboratoriya reaktorida mexanik aralashtirish sharoitida amalga oshirildi. Erituvchi sifatida 50–200 g/l konsentratsiyadagi H_2SO_4 eritmasidan foydalanildi. Jarayonning asosiy texnologik parametrlarini aniqlash maqsadida quyidagi ko‘rsatkichlar o‘rganildi:

- ✓ sulfat kislotasi konsentratsiyasi – 50, 100, 150 va 200 g/l;
- ✓ eritish harorati – 25, 50, 75 va 90 °C;
- ✓ eritish davomiyligi – 30, 60, 90 va 120 minut;
- ✓ qattiq va suyuq faza nisbati (Q:S) – 1:3, 1:5 va 1:10;
- ✓ aralashtirish tezligi – 200–600 ayl/min.

Tajribalar natijasida germaniyning eritmaga o‘tish darajasi harorat va kislota konsentratsiyasi ortishi bilan oshishi aniqlandi. Optimal texnologik parametrlar sifatida H_2SO_4 konsentratsiyasi 150 g/l, harorat 75 °C, eritish davomiyligi 90 minut hamda Q:S = 1:5 nisbati tanlandi. Ushbu sharoitda germaniyning eritmaga o‘tish darajasi 85–92 % ni tashkil etdi.

Eritish jarayonidan keyin hosil bo‘lgan pulpa vakuum filtrlash orqali qattiq va suyuq fazalarga ajratildi. Filtrat tarkibidagi germaniy va qo‘shimcha elementlar miqdori atom-emission spektrometriya usulida aniqlanib, ajralish ko‘rsatkichlari hisoblandi. Germaniyni eritmadan selektiv ajratib olish uchun ekstraksion texnologiya qo‘llanildi. Ekstragent sifatida tri-n-butilfosfat TBP va kerosin asosidagi organik fazadan foydalanildi. Ekstraksiya jarayonida pH = 1,5–2,0 oralig‘i, ekstraksiya davomiyligi 10–15 minut hamda organik va suvli faza nisbati 1:1 qilib tanlandi.

Ekstraksiyadan keyin germaniy reekstraksiya jarayoni orqali qayta suvli eritmaga o‘tkazildi va ammoniy gidroksid yordamida cho‘ktirish amalga oshirildi. Hosil bo‘lgan cho‘kma filtrlanib, 600–700 °C haroratda kaltsinatsiya qilinishi natijasida germaniy dioksidi GeO_2 olindi. Yakuniy mahsulotning tozaligi kimyoviy tahlil natijalariga ko‘ra 95–97 % ni tashkil etdi.

Tadqiqot natijalarini matematik-statistik qayta ishlash uchun dispersiya tahlili va eksperimental rejalashtirish usullaridan foydalanildi. Texnologik parametrlarning germaniy ajralish darajasiga ta’siri regressiya tenglamalari asosida baholanib, optimal texnologik rejimlar ishlab chiqildi. Olingan natijalar Olmaliq KMK texnogen chiqindilaridan germaniyni samarali ajratib olishning resurs tejamkor texnologiyasini yaratish imkonini berdi.

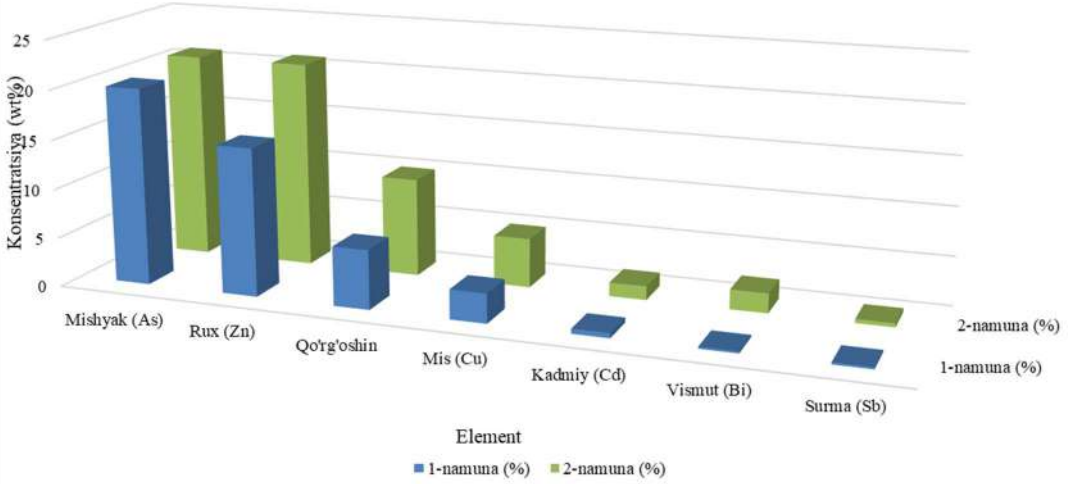
NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Tadqiqotlar davomida Olmaliq kon-metallurgiya kombinati texnogen chiqindilarining kimyoviy va mineralogik tarkibi o‘rganildi. Tahlil natijalariga

ISSN 3030-3907

ko‘ra, mis eritish changlari tarkibida Cu, Zn, Pb, As, Fe va S elementlari bilan bir qatorda germaniyning ham mavjudligi aniqlandi. ICP-MS natijalari asosida germaniy miqdori 520–1280 ppm oralig‘ida ekanligi qayd etildi. Ushbu ko‘rsatkich metallurgik texnogen chiqindilarni germaniy olish uchun istiqbolli ikkilamchi xomashyo sifatida baholash imkonini beradi. XRD va SEM-EDX tahlillari natijasida germaniy asosan sulfid va oksidli birikmalar bilan bog‘langan holatda mavjudligi aniqlandi.

Granulometrik tahlil natijalariga ko‘ra chiqindilar asosan mayda dispers holatda bo‘lib, zarrachalarning o‘rtacha o‘lchami 20–30 mkm ni tashkil etdi. Mayda disperslik eritish jarayonida reagent bilan kontakt yuzasining ortishiga va germaniyning eritmaga tezroq o‘tishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. Tajribalar davomida sulfat kislotali eritish texnologiyasining asosiy parametrlarining germaniyning ajralish darajasiga ta’siri o‘rganildi.

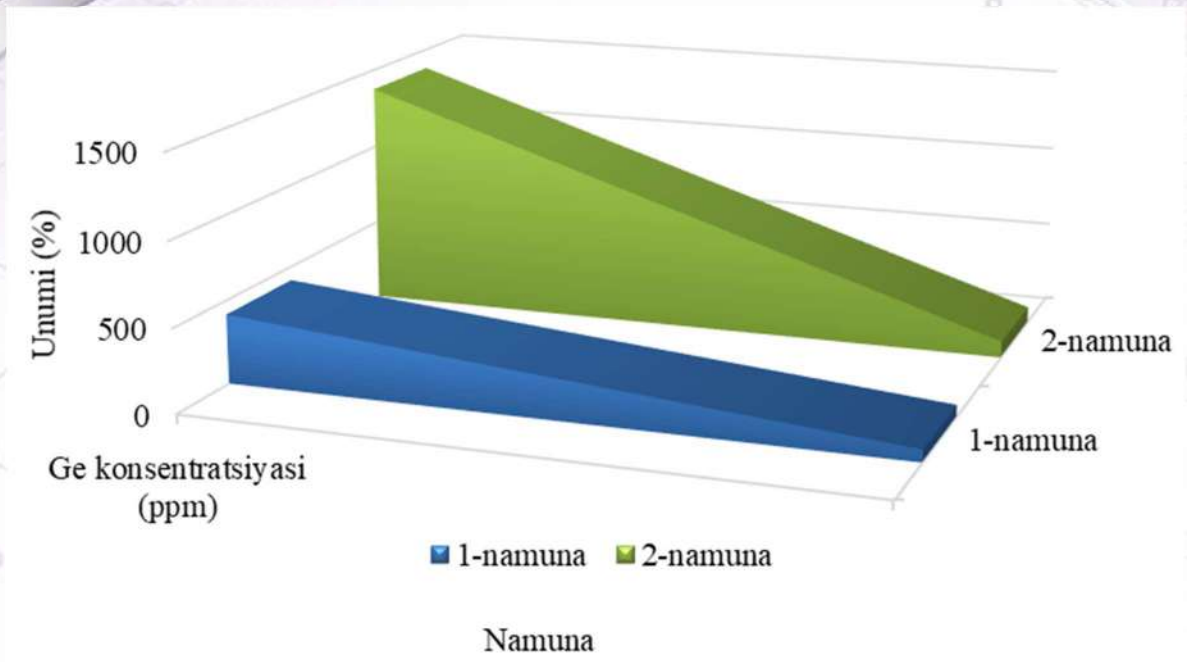


1-rasm. Texnogen chiqindilar namunalarida asosiy elementlar konsentratsiyasining taqsimlanishi

Sulfat kislotasi konsentratsiyasining germaniy ajralishiga ta’siri tahlil qilinganda, H_2SO_4 konsentratsiyasi 50 g/l dan 150 g/l gacha oshirilganda germaniyning eritmaga o‘tish darajasi 48 % dan 91 % gacha ortishi kuzatildi. Biroq kislota konsentratsiyasi 200 g/l gacha oshirilganda germaniy ajralishidagi o‘sish sezilarli darajada kamaydi va qo‘shimcha metallarning eritmaga o‘tishi kuchaydi. Shu sababli optimal konsentratsiya sifatida 150 g/l tanlandi.

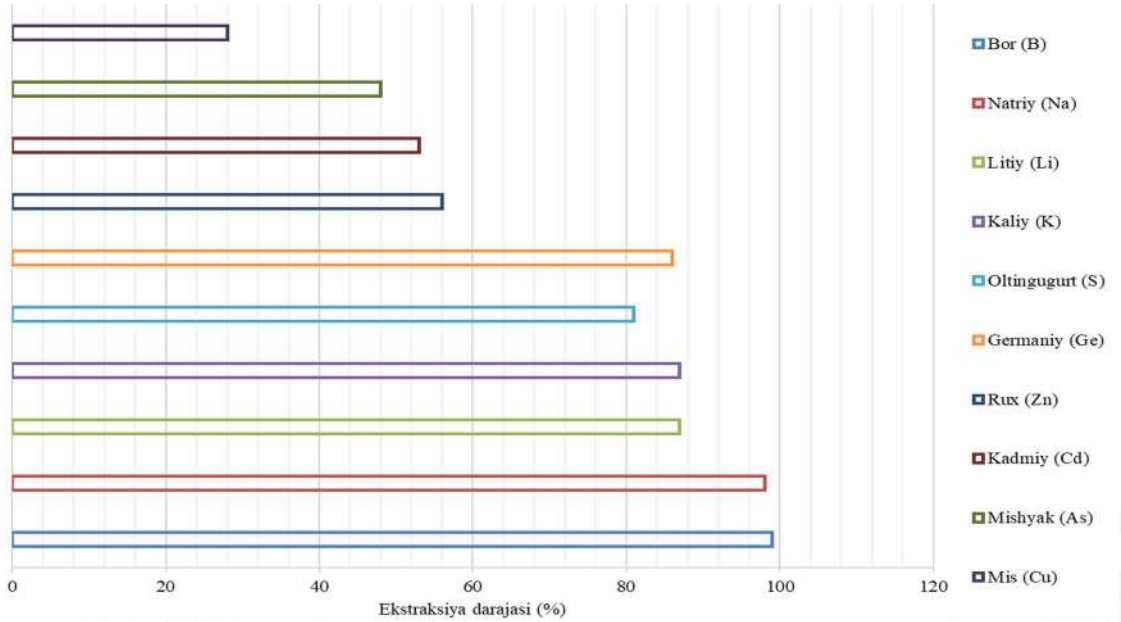
Haroratning jarayonga ta’siri o‘rganilganda 25 °C dan 75 °C gacha bo‘lgan oraliqda germaniyning eritmaga o‘tish darajasi keskin oshishi kuzatildi. 75 °C haroratda germaniyning ajralish darajasi 92 % ni tashkil etdi. Haroratning 90 °C gacha oshirilishi esa sezilarli texnologik ustunlik bermadi, biroq energiya sarfini orttirishi aniqlandi. Eritish davomiyligi bo‘yicha olib borilgan tajribalarda 90 minut davomida maksimal samaradorlikka erishildi. Jarayon davomiyligini 120 minutgacha oshirish germaniy ajralishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmadi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Gidrometallurgik qayta ishlash jarayonida germaniyning eritmaga o‘tish ko‘rsatkichlari

Qattiq va suyuq faza nisbatining ta’siri natijalariga ko‘ra Q:S = 1:5 nisbati optimal deb topildi. Ushbu sharoitda pulpaning texnologik xossalari yaxshilanib, eritish samaradorligi yuqori bo‘ldi. Aralashtirish tezligi 400 ayl/min bo‘lganda massa almashinuvi jadallashib, germaniyning eritmaga o‘tishi maksimal qiymatga erishdi.

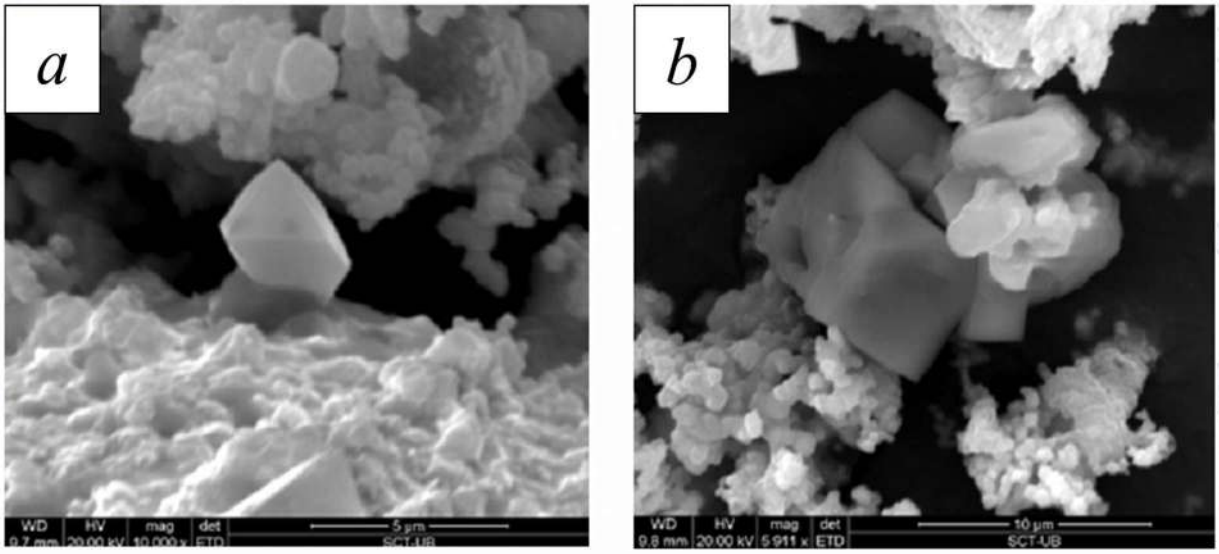


3-rasm. Gidrometallurgik qayta ishlash jarayonida elementlarning eritmaga o‘tish ko‘rsatkichlari

Ekstraksiya jarayonida tri-n-butilfosfat asosidagi organik ekstragent germaniyga nisbatan yuqori selektivlik namoyon qildi. pH = 1,5–2,0 oralig‘ida germaniyning ekstraksiya darajasi 93–95 % ni tashkil etdi. Reekstraksiya va

ISSN 3030-3907

cho‘ktirish bosqichlaridan so‘ng olingan germaniy dioksidi mahsulotining tozaligi 95–97 % ga yetdi. Shu bilan birga As, Pb va Zn kabi qo‘shimcha komponentlarning asosiy qismi eritma tarkibida qolishi kuzatildi.



4-rasm. Texnogen chiqindilar zarrachalarining SEM tasvirlari. A – oksidli kristall zarrachalarning morfologiyasi; b – sulfid va sulfat birikmalaridan tashkil topgan agregat zarrachalar ko‘rinishi.

Olingan natijalar mis eritish changlari va boshqa texnogen chiqindilar tarkibidan germaniyni gidrometallurgik usulda samarali ajratib olish mumkinligini ko‘rsatdi. Sulfat kislotali eritish va ekstraksiya texnologiyasining qo‘llanilishi yuqori ajralish ko‘rsatkichlarini ta’minladi hamda texnologik jarayonning resurs tejamkorligini oshirdi. Tadqiqot natijalari Olmaliq KMK texnogen chiqindilarini kompleks qayta ishlash asosida nodir elementlarni qayta tiklash texnologiyasini ishlab chiqish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA.

Mazkur tadqiqot ishida Olmaliq kon-metallurgiya kombinati texnogen chiqindilari tarkibidan germaniyni ajratib olishning gidrometallurgik texnologiyasi o‘rganildi hamda texnologik parametrlarning jarayon samaradorligiga ta’siri aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, mis eritish changlari va konverter changlari tarkibida germaniyning 520–1280 ppm oralig‘ida mavjudligi qayd etildi. Germaniyni eritmaga o‘tkazishda sulfat kislotali eritish texnologiyasi samarali ekanligi aniqlanib, optimal texnologik parametrlar sifatida H_2SO_4 konsentratsiyasi 150 g/l, harorat 75 °C, eritish davomiyligi 90 minut va S:L = 1:5 nisbati tanlandi. Ushbu sharoitlarda germaniyning eritmaga o‘tish darajasi 85–92 % ni tashkil etdi.

Ekstraksiya va cho‘ktirish jarayonlari natijasida germaniy selektiv ravishda ajratib olinib, 95–97 % tozalikdagi germaniy dioksidi mahsuloti olindi. Olingan natijalar Olmaliq KMK texnogen chiqindilarini kompleks qayta ishlash orqali

ISSN 3030-3907

nodir va strategik elementlarni qayta tiklash imkoniyati mavjudligini ko‘rsatdi. Ishlab chiqilgan texnologiya sanoat chiqindilarining ekologik xavfini kamaytirish, ikkilamchi xomashyodan samarali foydalanish hamda resurs tejamkor metallurgik jarayonlarni rivojlantirish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Adams, J. H. (1992). Germanium. In Ullmann’s encyclopedia of industrial chemistry (pp. 733–738). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
2. Arroyo, F., Fernández-Pereira, C., Querol, X., Font, O., Coca, P., Chimenos, J. M., & Fernández, A. (2008). Procedimiento para la recuperación de Ge en cenizas de carbón. Patent WO/2008/003808.
3. Butterman, W. C., & Jorgenson, J. D. (2005). Mineral commodity profiles: Germanium (Open-File Report 2004-1218). U.S. Geological Survey.
4. Font, O., Moreno, N., Aixá, G., Querol, X., & Navia, R. (2011). Copper smelting flue dust: A potential source of germanium. Macla, 15, 87–88.
5. Font, O., Querol, X., Huggins, F. E., Chimenos, J. M., Fernández, I., Burgos, S., & García Peña, F. (2005). Ge extraction from gasification fly ash. Fuel, 84(11), 1364–1371.
6. Frenzel, M., Hirsch, T., & Gutzmer, J. (2016). Gallium, germanium, indium, and other trace and minor elements in sphalerite as a function of deposit type—A meta-analysis. Ore Geology Reviews, 76, 52–78.
7. Guberman, D. E. (2011). Germanium. In U.S. Geological Survey mineral commodity summaries 2011 (pp. 64–65). U.S. Geological Survey.
8. Höll, R., Kling, M., & Schroll, E. (2007). Metallogenesis of germanium: A review. Ore Geology Reviews, 30(3–4), 145–180.
9. Levison, A. A. (1980). Introduction to exploration geochemistry. Applied Publishing Ltd.
10. Li, X., Zhao, Z., & Liu, Y. (2020). Recovery of germanium from copper smelting dust by sulfuric acid leaching and solvent extraction. Journal of Cleaner Production, 249, 119340.
11. Moskalyk, R. R. (2003). Review of germanium processing worldwide. Minerals Engineering, 16(10), 921–929.
12. Querol, X., Fernández-Turiel, J. L., & López-Soler, A. (1995). Trace element behaviour in a large power station. Fuel, 74(3), 331–343.
13. Querol, X., Font, O., López-Soler, A., Plana, F., Espiell, F., Chimenos, J. M., & Burgos, S. (2003). Procedimiento para la recuperación de metales a partir de las cenizas volantes generadas en una central térmica de tipo gasificación integrada en ciclo combinado (GICC). Patent PCT/ES02/00275.

ISSN 3030-3907

14. Wang, S., & Chen, J. (2019). Hydrometallurgical recovery of germanium from metallurgical residues: A review. Hydrometallurgy, 189, 105122.
15. Zhang, L., Xu, Z., & Zhou, T. (2021). Extraction and purification of germanium from secondary resources: Recent advances and future perspectives. Separation and Purification Technology, 276, 119287.

ISSN 3030-3907