ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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

FERROSILITSIY ISHLAB CHIQARISHDA HOSIL BO‘LADIGAN MIKROKREMNIY CHANGINING MIKROSTRUKTURASI VA UNING TEMIR OKSIDLI KOMPOZITSION PIGMENTLAR SINTEZIDAGI AHAMIYATI

Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich
Olmaliq davlat texnika instituti, DSc, professor, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: Kholikulov.d@tdtuof.uz
Hojiyev Shohruh Toshpo‘latovich
Olmaliq davlat texnika instituti, PhD, dotsent, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: shohruhhojiyev@gmail.com
Boltayev Olmos Najmidinovich
Olmaliq davlat texnika instituti, PhD, dotsent, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: boss.olmos@mail.ru
Shaymanov Ikromjon Ismatulla o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti, tayanch doktorant (PhD), Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: ikromshaymano5@gmail.com
Javliyev Sirojiddin Suyunovich
Olmaliq davlat texnika instituti, DSc, professor v.b., Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: shohruhhojiyev@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada ferrosilitsiy ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan texnogen mikrokremniy changining mikrostrukturaviy xususiyatlari o‘rganildi. Tadqiqotlar skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli yordamida olib borildi. Olingan natijalar mikrokremniy zarrachalarining asosan sferik shaklga ega ekanligini, yuqori dispersligi hamda kuchli aglomeratsiyalangan tuzilishini ko‘rsatdi. Zarrachalarning mayda o‘lchamli bo‘lishi va rivojlangan aktiv yuzaga egaligi ularning kimyoviy faolligini oshirishi aniqlangan. Mikrostrukturaviy tahlil natijalari mikrokremniy changi gidrometallurgik va kimyoviy qayta ishlash jarayonlari uchun istiqbolli xomashyo ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: mikrokremniy changi, SEM tahlil, mikrostruktura, disperslik, texnogen chiqindilar, pigment, to‘ldiruvchi.

Аннотация. В данной статье изучаются микроструктурные свойства искусственной микрокремниевой пыли, образующейся в процессе производства ферросилиция. Исследования проводились с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Результаты показали, что микрокремниевые частицы преимущественно сферической формы, высокодисперсны и имеют сильно агломерированную структуру. Установлено, что малый размер частиц и наличие развитой активной

ISSN 3030-3907

поверхности повышают их химическую активность. Результаты микроструктурного анализа подтверждают, что микрокремниевая пыль является перспективным сырьем для гидрометаллургических и химических процессов переработки.

Ключевые слова: микрокремниевая пыль, анализ СЭМ, микроструктура, дисперсия, искусственные отходы, пигмент, наполнитель.

Abstract. This article investigates the microstructural characteristics of technogenic microsilica dust generated during the ferrosilicon production process. The study was carried out using the scanning electron microscopy (SEM) method. The obtained results showed that microsilica particles are mainly spherical in shape and are characterized by high dispersion and a strongly agglomerated structure. The small particle size and the presence of a well-developed active surface were found to increase their chemical reactivity. The results of the microstructural analysis confirm that microsilica dust is a promising raw material for hydrometallurgical and chemical processing technologies.

Keywords: microsilica dust, SEM analysis, microstructure, dispersion, technogenic waste, pigment, filler.

KIRISH.

Bugungi kunda metallurgiya sanoatida hosil bo‘ladigan texnogen chiqindilarni qayta ishlash va ularni ikkilamchi xomashyo sifatida foydalanish masalasi dolzarb ilmiy-amaliy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa ferrosilitsiy ishlab chiqarish jarayonida katta miqdorda hosil bo‘ladigan mikrokremniy changi ekologik muammo bilan bir qatorda qimmatli kremniy manbai sifatida ham katta qiziqish uyg‘otmoqda [1]. Ferrosilitsiy eritish jarayonida yuqori haroratlarda bug‘langan kremniy oksidi kondensatsiyalanib, juda mayda dispers zarrachalar ko‘rinishidagi mikrokremniy changini hosil qiladi. Ushbu material tarkibining asosiy qismini amorf kremniy dioksidi tashkil etadi va uning solishtirma yuzasi juda yuqori bo‘lishi bilan ajralib turadi [2]. Shu sababli mikrokremniy changi qurilish materiallari, keramika, kompozit materiallar va kimyo sanoatida keng qo‘llanilmoqda [3].

Mualliflarning avvalgi tadqiqotlarida ferrosilitsiy ishlab chiqarish chiqindilaridan samarali foydalanish imkoniyatlari o‘rganilib, mikrokremniy asosida yangi kompozit va qurilish materiallarini olish texnologiyalari ishlab chiqilgan hamda uning pigment sanoatida qo‘llash istiqbollari ko‘rsatib berilgan [4,5]. So‘nggi yillarda mikrokremniy changidan yuqori tozalikdagi mahsulotlar olish texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqotlar sezilarli darajada faollashdi. Buning asosiy sababi ushbu texnogen mahsulotning yuqori dispersligi, sferik shakldagi zarrachalari hamda rivojlangan aktiv yuzaga egaligi bilan

ISSN 3030-3907

izohlanadi [6]. Mazkur xususiyatlar uni gidrometallurgik va kimyoviy qayta ishlash jarayonlari uchun istiqbolli xomashyo sifatida ko‘rsatadi. Materialni samarali qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqishdan avval uning morfologik va mikrostrukturaviy xususiyatlarini chuqur o‘rganish muhim hisoblanadi. Zarrachalarning shakli, o‘lchami, aglomeratsiya darajasi hamda yuzaning rivojlanganligi kimyoviy reaktivlikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi [7]. Shu sababli bunday materiallarni tadqiq etishda skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) eng muhim va samarali usullardan biri hisoblanadi [8]. SEM usuli mikrokremniy zarrachalarining morfologiyasi, dispersligi va aglomeratsiya darajasini aniqlash imkonini beradi. Ushbu ma’lumotlar texnogen mikrokremniy changini temir oksidli pigmentlar uchun to‘ldiruvchi sifatida qo‘llashni ilmiy asoslash zarur hisoblanadi. Mazkur ishning maqsadi ferrosilitsiy ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan mikrokremniy changining mikrostrukturaviy xususiyatlarini SEM usuli yordamida o‘rganish va uni temir oksidli pigmentlar uchun to‘ldiruvchi sifatida qo‘llash ahamiyatini baholashdan iborat.

TADQIQOT OBYEKTI VA METODIKASI.

Tadqiqot obyekti sifatida ferrosilitsiy ishlab chiqarish jarayonida gaz tozalash tizimlarida ushlab qolingan texnogen mikrokremniy changi namunalari olindi. Ushbu material rudatermik pechlarida ferrosilitsiy eritish vaqtida kremniy oksidining bug‘lanishi va sovish jarayonida kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo‘ladi. Natijada yuqori dispers, juda mayda o‘lchamli va yengil zarrachalardan tashkil topgan mikrokremniy changi shakllanadi. Namuna laboratoriya sharoitida quritildi va tahlil uchun namuna tayyorlandi.

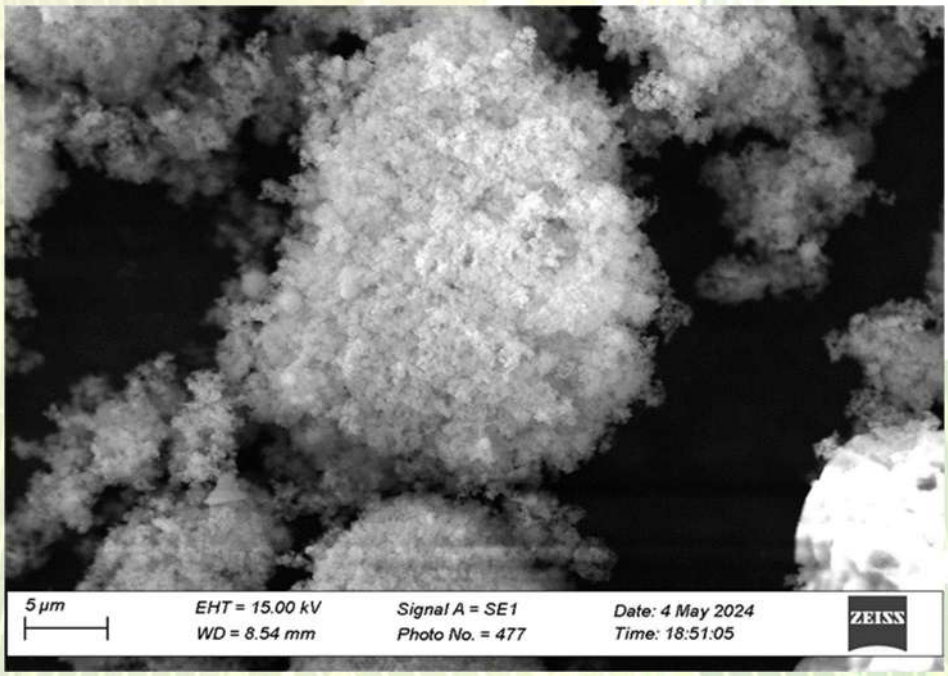
Mikrokremniy changining mikrostrukturasi va element tarkibini aniqlash maqsadida skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) hamda energiya dispers rentgen spektroskopiyasi (EDS) usullari qo‘llanildi. Tahlillar Bruker kompaniyasining SEM-EDS tizimida amalga oshirildi. Elektron mikroskopiya tasvirlari 15 kV tezlashtiruvchi kuchlanishda, taxminan ×1000 kattalashtirish darajasida olindi. SEM tahlili uchun namunalar oldindan quritildi, mayda fraksiyaga keltirildi va elektr o‘tkazuvchanligini oshirish maqsadida yupqa metall qoplama bilan qoplandi. Shundan so‘ng namunalar mikroskop stolchasiga joylashtirilib, zarrachalarning morfologiyasini aniqlash uchun tasvirlar olindi. Element tarkibini aniqlash uchun SEM qurilmasiga integratsiyalangan EDS detektori yordamida spektral tahlil bajarildi. Olingan spektrda asosiy elementlar sifatida kremniy (Si) va kislorod (O) bilan bir qatorda natriy (Na), magniy (Mg), alyuminiy (Al) hamda kalsiy (Ca) elementlari ham aniqlangan. Ushbu elementlar ferrosilitsiy ishlab chiqarish jarayonida qo‘llaniladigan xomashyo va flyuslarning komponentlari bilan izohlanadi. SEM tasvirlari asosida zarrachalarning shakli,

ISSN 3030-3907

o‘lcham diapazoni, aglomeratsiya darajasi hamda yuzaning rivojlanganligi o‘rganildi, EDS natijalari esa mikrokremniy changining element tarkibini aniqlash imkonini berdi. Olingan ma’lumotlar texnogen mikrokremniy changining kimyoviy va gidrometallurgik qayta ishlash jarayonlari, xususan temir oksidli pigmentlar uchun to‘ldiruvchi sifatida qo‘llash texnologiyasi uchun xomashyo sifatida mosligini baholashga xizmat qiladi.

OLINGAN NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

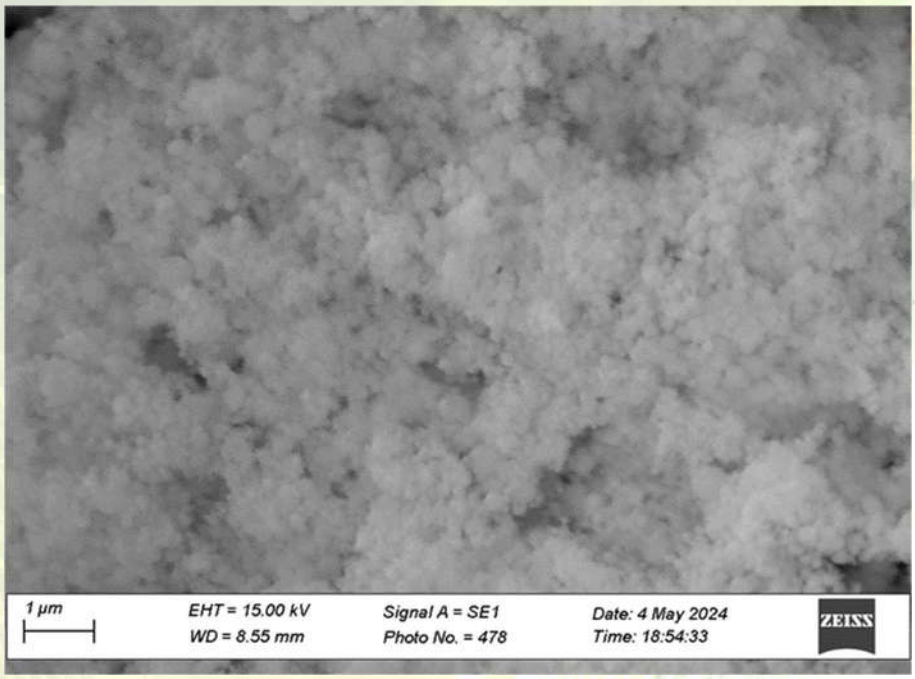
Skanerlovchi elektron mikroskopiya yordamida olingan tasvirlar mikrokremniy changining o‘ziga xos morfologik tuzilishga ega ekanligini ko‘rsatdi. SEM tasvirlarida zarrachalarning asosan sferik shaklda bo‘lib, kuchli birikkan holda joylashgani kuzatildi (1-rasm). Bunday morfologiya ferrosilitsiy eritish jarayonida kremniy oksidining bug‘lanib, keyinchalik sovish natijasida kondensatsiyalanishi bilan izohlanadi.



1-rasm. Mikrokremniy changining umumiy SEM ko‘rinishi.

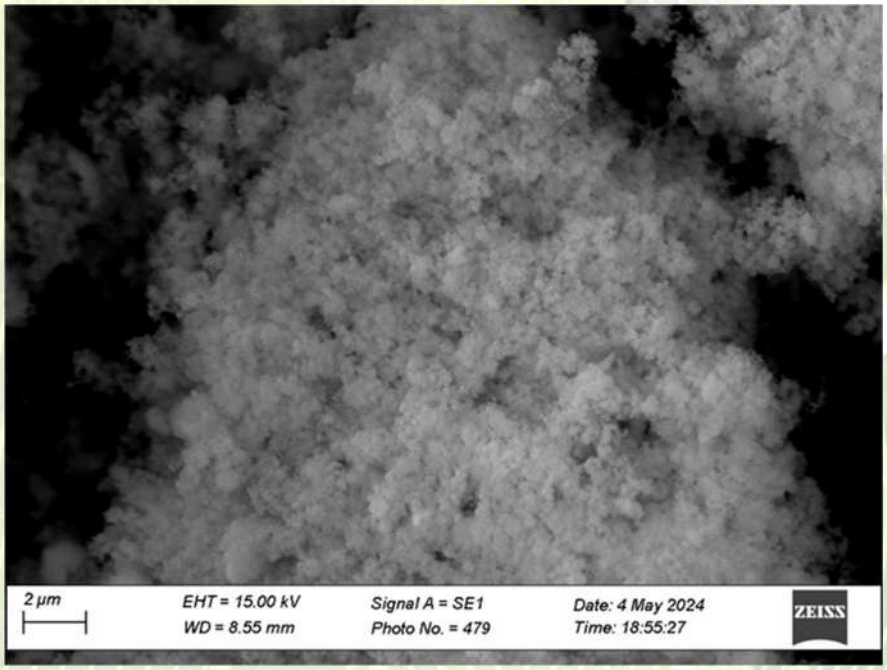
Tasvirlarda mikrokremniy zarrachalari birlamchi juda mayda sferik zarrachalardan tashkil topgan bo‘lib, ular o‘zaro birikib ikkilamchi yirik birikmalarni hosil qilgani aniqlandi (2-rasm). Bunday tuzilma mikrokremniy changining yuqori dispersligi va rivojlangan solishtirma yuzaga egaligini ko‘rsatadi. Zarrachalarning kuchli birikishi materialning juda mayda o‘lchamli bo‘lishi va yuqori sirt energiyasiga ega ekanligi bilan bog‘liq.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Mikrokremniy zarrachalarining birikgan mikrostrukturasi.

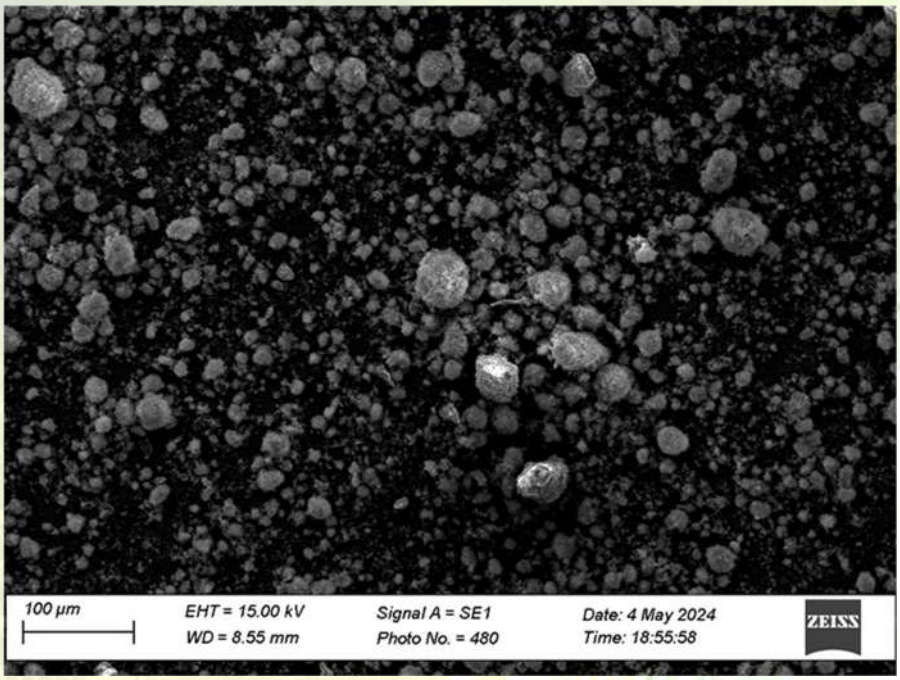
Zarrachalarning o‘zaro birikishi natijasida g‘ovak va rivojlangan yuzali struktura shakllangani kuzatildi. birikmalar birlamchi zarrachalarning zich joylashuvi hisobiga murakkab ko‘p bosqichli tuzilishga ega (3-rasm).



3-rasm. Mikrokremniy birikmalarining yaqin ko‘rinishi.

Yuqori kattalashtirishda zarrachalarning sferik shakli, yuzaning notekisligi hamda g‘ovak struktura yaqqol ko‘rinadi (4-rasm). Ushbu holat materialning rivojlangan aktiv yuzaga ega ekanligini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

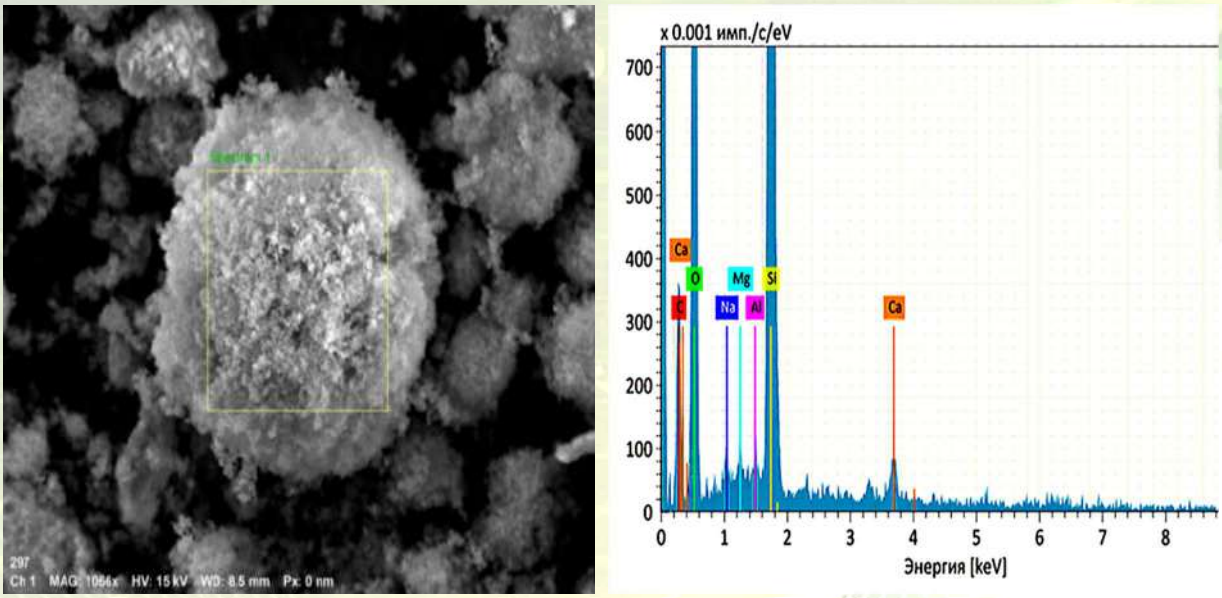


4-rasm. Mikrokremniy zarrachalarining yuqori kattalashtirishdagi SEM tasviri

Morfologik tahlil shuni ko‘rsatdiki, mikrokremniy changi g‘ovak va notekis yuzaga ega bo‘lib, bu xususiyatlar materialning kimyoviy faol yuzasini sezilarli darajada oshiradi. Yuqori rivojlangan yuzaning mavjudligi gidrometallurgik va kimyoviy qayta ishlash jarayonlarining tezroq borishiga yordam beradi. Shuningdek, zarrachalarning sferik shakli ularning eritmalarda yaxshi dispersiyalanishini ta’minlaydi.

Energiya dispers rentgen spektroskopiyasi natijalari mikrokremniy changining element tarkibini aniqlash imkonini berdi. Olingan spektrda asosiy cho‘qqilar kremniy (Si) va kislorod (O) elementlariga tegishli ekanligi kuzatildi (5-rasm). Bu materialning asosiy qismi kremniy dioksididan tashkil topganligini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. Mikrokremniy changining EDS spektri.

Spektr natijalari natriy (Na), magniy (Mg), alyuminiy (Al) va kalsiy (Ca) elementlari mavjudligini ham ko‘rsatdi (1-jadval). Ushbu elementlar ferrosilitsiy ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan xomashyo va flyus materiallaridan kelib chiqadigan aralashmalar sifatida baholanadi.

1-jadval.

Mikrokremniy changining element tarkibi.

Element	**Atom raqami**	**Massa ulushi, %**	**Xatolik (1σ), %**
Kislorod (O)	8	47,83	3,88
Uglerod (C)	6	24,21	2,55
Kremniy (Si)	14	24,02	3,50
Natriy (Na)	11	1,10	0,25
Kalsiy (Ca)	20	1,07	0,21
Magniy (Mg)	12	0,96	0,19
Alyuminiy (Al)	13	0,81	0,16
Jami		**100.00**	

Element tarkibi tahlili material tarkibida kremniy va kislorodning ustunligini ko‘rsatib, uni kremniy dioksidi asosidagi xomashyo sifatida ko‘rib chiqish imkonini beradi. Shu bilan birga, aniqlangan qo‘shimcha elementlar keyingi tozalash jarayonlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. SEM va EDS

ISSN 3030-3907

natijalarining kompleks tahlili mikrokremniy changining temir oksidli pigmentlar uchun istiqbolli to‘ldiruvchi xomashyo ekanligini ko‘rsatadi. Shunday qilib, o‘tkazilgan tadqiqotlar ferrosilitsiy ishlab chiqarish mikrokremniy changining mikrostrukturaviy xususiyatlari uni temir oksidli pigmentlar uchun istiqbolli to‘ldiruvchi xomashyo sifatida qo‘llash uchun ilmiy asos yaratishini ko‘rsatdi.

XULOSA. Ushbu ishda ferrosilitsiy ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan texnogen mikrokremniy changining mikrostrukturaviy va element tarkibi skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) hamda energiya dispers rentgen spektroskopiyasi (EDS) usullari yordamida o‘rganildi. Olingan SEM tasvirlari mikrokremniy zarrachalari asosan sferik shaklga ega ekanligini, kuchli birikma hosil qilishini va rivojlangan g‘ovak yuzaga ega ekanligini ko‘rsatdi. Bu xususiyatlar materialning yuqori dispersligi va katta solishtirma yuzaga egaligini tasdiqlaydi. EDS tahlili natijalari mikrokremniy changining asosiy tarkibi kremniy va kisloroddan iborat ekanligini, ya’ni material kremniy dioksidi asosida shakllanganini ko‘rsatdi. Shu bilan birga natriy, magniy, alyuminiy va kalsiy elementlarining mavjudligi ferrosilitsiy ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan xomashyo va flyus materiallarining aralashmalari bilan izohlandi. SEM va EDS natijalarining kompleks tahlili mikrokremniy changining yuqori kimyoviy faollikka ega, yuqori dispers va rivojlangan yuzali material ekanligini ko‘rsatdi. Aniqlangan mikrostrukturaviy xususiyatlar ushbu texnogen chiqindini temir oksidli pigmentlar uchun istiqbolli to‘ldiruvchi xomashyo sifatida qo‘llash uchun ilmiy asos yaratishini ko‘rsatdi. Shunday qilib, o‘tkazilgan tadqiqotlar ferrosilitsiy ishlab chiqarish mikrokremniy changini qayta ishlash va undan yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar olish yo‘nalishida ilmiy asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties and materials*. New York: McGraw-Hill.

2. Aïtcin, P. C. (2004). *High performance concrete*. London: CRC Press. Siddique, R., & Khan, M. I. (2011). *Supplementary cementing materials*. Dordrecht: Springer.

3. Xoliqulov, D. B., Xo‘jiyev, Sh. T., Shaymanov, I. I., & Raxmanov, I. U. (2024). Ferrosilitsiy ishlab chiqarish changining qora pigment (Fe_3O_4) tarkibida to‘ldiruvchi sifatida qo‘llanishi: tarkibiy, optik va bo‘yalish xususiyatlarini kompleks baholash. *Development of Science*, 3, 284–292.

4. Xoliqulov, D. B., Xo‘jiyev, Sh. T., & Shaymanov, I. I. (2025). Development of technologies for producing novel import-substitute products from microsilica dust generated in ferrosilicon production. *Development of Science*, 6, 51–61.

ISSN 3030-3907

5. Scrivener, K., Snellings, R., & Lothenbach, B. (2016). *A practical guide to microstructural analysis of cementitious materials*. Boca Raton: CRC Press.
6. Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L., & Michael, J. (2018). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. New York: Springer.
7. Reimer, L. (1998). *Scanning electron microscopy: Physics of image formation and microanalysis*. Berlin: Springer.

ISSN 3030-3907