

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

**Композиционные материалы**

ва иллит фазаларига мос; №22 (37,79° 2θ, d = 2,3806 Å, I/I<sub>0</sub> = 130,43) - кварц, леймонит ва магнетит каби кремнийли фазалар билан боғлиқ; №39 (59,98° 2θ, I/I<sub>0</sub> = 81,04) ва №40 (61,41° 2θ, I/I<sub>0</sub> = 64,28) пиклари эса гематит, мусковит ва магнетит фазаларининг мавжудлигини англатади. Рентгенограммада пикларнинг торлиги ва FWHM қийматларининг асосан 0,1–0,3 оралиқда бўлиши сорбент таркибида юқори

даражада кристалликка эга минералларнинг устунлигини кўрсатади. Шу билан бирга, 0,5–0,75 каби кенг пиклар аморф аралашмаларнинг мавжудлигидан далолат беради. Умуман, бундай минерал-композит сорбентлар оғир металллар ва захарли ионларни селектив сорбция қилиш қобилиятига эга бўлиб, саноат оқова сувларини тозалашда самарали қўлланилиши мумкин.

#### Фойдаланилган адабиётлар

1. Platonova D.S., Gurin A.V., Adeeva L.N. Modified Sorbents of Sapropel for Wastewater Treatment // Ecology and Industry of Russia. – 2016. – Т. 20. – №. 11. – С. 20-25.
2. Platonova D. S., Adeeva L. N. Use of Humic Sorbent from Sapropel for Extraction of Palladium Ions from Chloride Solutions // Open Engineering. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. 176-181.
3. Chechevatov A. I. et al. Investigations of the capability to heavy metals adsorption humic acids: correlation between structure and absorption properties // Advanced Materials: Techniques, Physics, Mechanics and Applications. – Springer International Publishing, 2017. – С. 99-110.
4. Ashworth D.J., Alloway B.J. Influence of dissolved organic matter on the solubility of heavy metals in sewage-sludge-amended soils // Commun. Soil Sci. Plant Anal., 39 (3–4) (2008), pp. 538-550.
5. Ayangbenro A.S., Babalola O.O. A new strategy for heavy metal polluted environments: a review of microbial biosorbents // Inter. Journal. Environ. Res. Public Health, 14 (1) (2017).
6. Bahemmat M., Farahbakhsh M., Kianirad M. Humic substances-enhanced electroremediation of heavy metals contaminated soil // J. Hazard. Mater., 312 (2016), pp. 307-318.
7. Chechevatov A.I., et al. Investigations of the capability to heavy metals adsorption humic acids: correlation between structure and absorption properties // Adv. Mater. (2017), pp. 99-110.
8. Sebei H. et al. Hydroxyapatite-based sorbents: Elaboration, characterization and application for the removal of catechol from the aqueous phase // Environmental Technology. – 2017. – Т. 38. – №. 20. – С. 2611-2620.
9. Isakov V.A. Research on the Adsorption of Heavy Metal Ions from Model Solutions by Humic Acids Isolated from Sapropel // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. Т. 852. №.1. С. 012039.
10. Salishcheva O.V., Tarasova U.V., Moldagulova N. E. The burnt solid in adsorption treatment of water from heavy metal ions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 395. – №. 1. – С. 012071.
11. Gertsen M., Dmitrieva E. The sorption ability of humic acids of black alder fen peat on montmorillonite containing clays in the presence of heavy metal ions // Moroccan Journal of Chemistry. 2019. Т.7. №.3. С. J. Chem.7 N° 3 (2019) 474-481.
12. Budaeva A.D. et al. Sorption of Copper and Zinc by Humic Acids from Model Solutions // Chemistry for sustainable development. – 2008. – Т. 16. – №. 2. – С. 139-142.

#### TARKIBIGA ISHQORIY METALL ATOMLARI KIRITILGAN GRANULLANGAN KREMNIY KOMPOZIT NANOZARRALARI MIKROTUZILMASI VA MORFOLOGIYASI

<sup>1</sup>Mamirov Abduvoxid Muxammadamin o'g'li, <sup>2</sup>Olimov Lutfiddin Omanovich

<sup>1</sup>Andijon davlat texnika instituti tayanch doktorati, <sup>2</sup>Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

**Annotatsiya.** Ushbu ishda materialshunoslikda hozirgi davrda muhim yo'nalishlaridan biriga aylanib borayotgan termoelektrik kompozit materiallar olishda muhim o'rin tutuvchi, ba'zi ishqoriy metall atomlari bilan legirlash orqali olingan kremniy asosidagi p-n o'tishli kompozit tuzilmalar o'rganilgan. Bunda ishqoriy metall atomlari Ion implantatsiya usuli orqali E=45 keV energiya va D≈10<sup>12</sup>–10<sup>14</sup> sm<sup>-2</sup> miqdorlarda kiritilgan ishqoriy metall atomlarining kremniy kristall panjarasiga ta'siri tahlil qilindi. Bunda ikkilmchi kremniy namunalari 0,5–1,0 mkm o'lchamgacha maydalangan holda kukun shakliga keltirildi hamda namunalar 300–1000 K harorat muhitida termik ishlov berilib termoelektrik kompozit materiallar olindi. Tadqiqotning asosiy maqsadi ishqoriy metall atomlarining kremniy oksidli nanokompozit qoplamaning mikrotuzilmasi, morfologiyasi hamda termoelektrik xossalriga ta'sirini aniqlashdan iborat. Olingan natijalar kompozit materiallarning samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** Termoelektrik kompozit materiallar, kremniy, p-n o'tish, ishqoriy metall atomlari, ion implantatsiya, nanokompozit qoplama, mikrotuzilma, morfologiya, termik ishlov berish, elektr o'tkazuvchanlik, nanozarrachalar.

**Kirish.** Ma'lumki, termoelektrik materialshunoslik sohasida nafaqat bir jinsli monotuzilmalar balki, geterotuzilmalar yoki turli kirishma atomlari legirlangan termoelektrik materiallar ham muhim o'rin egallaydi. Turli

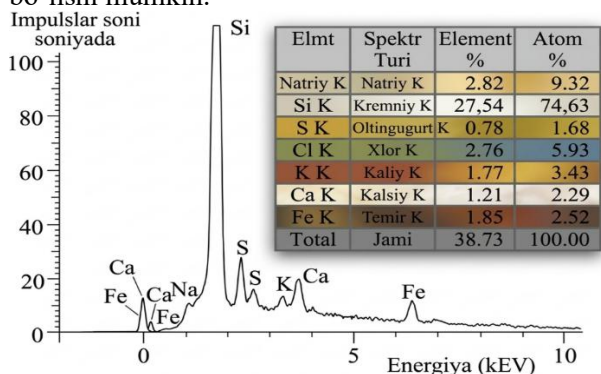
kirishmalar legirlash maqsadiga ko'ra p-n o'tishli tuzilmalar olish yoki ularning termoelektrik xarakteristikalarini yaxshilash maqsadida qo'llaniladi [1, 11]. Masalan, ishqoriy metall atomlarini ionli holatda kiritilishi kremniy asosida

p-n o'tish, uning elektr o'tkazuvchanligini oshirish shuningdek, temperatura va radiasiya nurlari oqimiga chidamligini oshiradi.

Ushbu ishda ilk bor, ishqoriy metall atomlarini ionli holatda kiritilgan p-n o'tishli kremniy kristallari tanlab olindi. Ta'kidlash joizki, ushbu namunalar [2] ishda ionlashgan holatda kiritilgan ishqoriy metall atomlarini polikristal kremniyning elektrofizik xossalari ta'sirini o'rganishda o'rganilgan bo'lib, ishqoriy metal atomlari E=45 keV energiya hamda  $D \sim 10^{12} \div 10^{14} \text{ sm}^{-2}$  miqdorlarda kiritilgan. So'ngra namunalarga  $T \sim 300 \div 1000 \text{ K}$  va  $\sim 10^{-6} \text{ Tor}$  vakuum muhitida termik ishlov berilgan. Bizning holda tadqiqotlar olib borish uchun ushbu namunalar yuqorida taklif etilgan usul yordamida kremniy kristalchalarini o'lchami 0,5-1,0 mkm kukunsimon holatga yetguncha maydalangan [5].

**Eksperimental tadqiqotlar.** Ushbu tadqiqotning maqsadi shundan iboratki, ishqoriy metall atomlarining kremniy oksid nanokompozit qoplamaga ta'sirini o'rganishdan iborat. 1-rasmda ushbu namunalarning tarkibini o'rganishda olingan rentgen spektral taxlil natijalari keltirilgan. Ta'kidlash joizki, tanlangan namunlar tarkibiga NaCl va KCl atomlari ionlashgan holatda kiritilgan namunalardir. Tadqiqot natijalari ko'rsatadiki, granullangan kremniy namunalari tarkibida kislorod atomlari aniqlanmadi. Ya'ni granullangan kremniy sirtida oksidlangan nanokompozit qoplama mavjud emas [4-6].

Ishda tarkibiga ishqoriy metall atomlari kiritilishi kremniy zarrachalarini presslab vakuum muhiti va  $T \sim 1200 \div 1250 \text{ }^\circ\text{C}$  temperaturada termik ishlov berish bilan olingan polikristal kremniy donadorliklararo chegara sohalariidagi kremniy oksid birikmalarini bartaraf qilishi aniqlangan. Bizning holda ham shunday jarayon yuz bergan bo'lishi mumkin.



1-rasm. Kirishmalar taqsimotining spektral xarakteristikasi.

1-rasmdagi jadvalda aniqlangan elementlar haqida ma'lumotlar keltirilgan. Bu yerda, Si, Na hamda K dan tashqari S, Cl, Ca, hamda Fe elementlari ham aniqlangan. Ushbu elementlar oldingi badda aytib o'tilgandek, kremniy olish uchun foydalanilgan xom ashyoga tegishli,

boshqarib bo'lmaydigan, masalan, metallurgik kremniyga tegishli bo'lgan Al, Fe, Mg, S, K, Cl, Ca va boshqa qoldiq kirishmalarning kichik miqdorlaridir. Bizning fikrimizcha, oldingi badda ushbu kirishma atomlari O<sub>2</sub> atomlari fonida sezilarli darajada ko'rinmagan. Na yoki K atomlari tomonida O<sub>2</sub> atomlarining birikishi oldi olinganligi uchun ushbu elementlar o'z faolligini ko'rsatayotgan bo'lishi mumkin. Demak, ushbu elementlar asosan Si zarracha yadrosiga tegishli [7].

**Tadqiqot natijalari.** Og'irlik va atom massalari yordamida modda massasini molga aylantirish orqali har bir elementning miqdorini hamda birikma formulasini aniqlash mumkin. Shunday qilib, hisoblash natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Element	Na	Si	Zarracha
Og'irlik, %	9,32	74,63	tuzilish
Atom massasi, g	65,38	121,76	formulasi
Zarracha yadrosi		5	Si
Oksid qatlam	1	1	SiNa

1-jadvaldagi natijalarni taxlil qilib chiqaylik. Zarracha yadrosi kremniy yadrosi asosan Si atomlaridan hamda kremniy olish uchun foydalanilgan xom ashyoga tegishli, boshqarib bo'lmaydigan, masalan, metallurgik kremniyga tegishli bo'lgan Al, Fe, Mg, S, K, Cl, Ca va boshqa qoldiq kirishmalarning kichik miqdorlaridan iborat.

Sirt sohasining balanslangan kimyoviy tenglamasini esa quyidagicha ifodalashimiz mumkin:



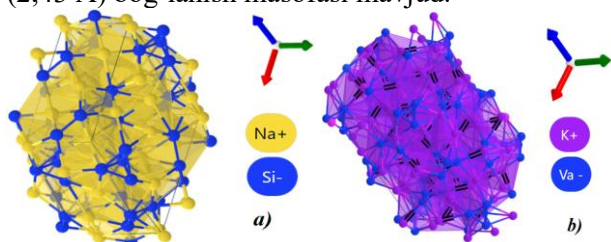
Bu soha Si va Na yoki K atomlari bilan hosil qilingan SiNa yoki SiK atomlari birikmasidan tashkil topgan.

2-rasmda SiNa yoki SiK atomlari birikmasidan tashkil topgan kristall panjaraning tuzilish sxemasi keltirilgan. Dastlab, SiNa atomlari birikmasidan tashkil topgan kristall panjara tuzilishini ko'rib chiqaylik (2a-rasm). SiNa kristall panjara tuzilishi fazaviy monoklinik C2/c guruhiga xos bo'lib, Na<sup>1+</sup> ning ikkita ekvivalent bo'lmagan tomonlari mavjud. Birinchi holda Na<sup>1+</sup> yettita Si<sup>1-</sup> atomi bilan 7 koordinatali geometriyada bog'langan bo'lib, Na-Si bog'lanish masofalari 3,09-3,41 Å ni tashkil qiladi. Ikkinchi holda Na<sup>1+</sup> 4-koordinatali geometriyada oltita Si<sup>1-</sup> atomi bilan bog'langan bo'lib, Na-Si bog'lanish masofalari 3,04-3,54 Å ni tashkil qiladi.

Si<sup>1-</sup> ning ikkita ekvivalent bo'lmagan tomonlari mavjud. Birinchi holda Si<sup>1-</sup> 9 koordinatali geometriyada oltita Na<sup>1+</sup> va uchta Si<sup>1-</sup> atomlari bilan bog'langan. Si-Si bog'lanish masofalari 2,39-2,45 Å ni tashkil qiladi. Ikkinchi holda Si<sup>1-</sup> 10 koordinatali geometriyada yettita Na<sup>1+</sup> va uchta Si<sup>1-</sup> atomlari bog'langan bo'lib, Si-Si bog'lanish masofalari 2,57 Å ni tashkil qiladi.

Endi SiK atomlari birikmasidan tashkil topgan kristall panjara tuzilishini ko'rib chiqamiz (2b-rasm). SiK birikmasi SiNa birikmasidan farqli o'laroq fazoviy tetragonal I4<sub>1</sub>/acd guruhiga xos bo'lib, K<sup>1+</sup> ning ikkita ekvivalent tomonlari mavjud. K<sup>1+</sup> birinchi ekvivalent tomonida sakkizta ekvivalent Si<sup>1-</sup> atomlari bilan 8 koordinatali geometriyada bog'langan bo'lib, K-Si bog'lanish masofalari 3,49-3,64 Å tashkil qiladi. Ikkinchi holda esa K<sup>1+</sup> 6 koordinatali geometriyada oltita ekvivalent Si<sup>1-</sup> atomi bilan bog'lanadi. Bu holda K-Si bog'lanish masofasi 3,48-3,65 Å ga teng.

Si<sup>1-</sup> 10 koordinatali geometriyada ettita K<sup>1+</sup> va uchta ekvivalent Si<sup>1-</sup> atomi bilan bog'langan. Bu sohada Si-Si ning ikki qisqa (2,41 Å) va bitta uzun (2,43 Å) bog'lanish masofasi mavjud.

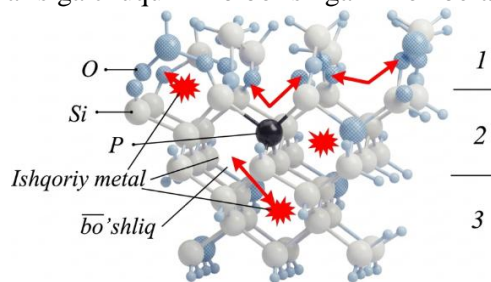


**2-rasm. SiNa (a) hamda SiK (b) birikma kristall panjarasining tuzilish sxemasi.**

Endi olingan natijalar asosida bir jinsi granullangan Si monotuzilmasiga Na yoki K kirishma atomlarining ta'sirini 3-rasmda keltirilgan granullangan kremniy zarrachasining kristall panjara tuzilishi sxemasi asosida quyidagicha tushuntirish mumkin. Ma'lumki, ishqoriy metall atomlari kremniy kristall panjarasi tugunlari o'rtasida joylashgan kirishma (3-rasm) bo'lib, bor, kislorod va boshqa kirishmalar hamda radiatsion nuqsonlar bilan faol ta'sirlashuvchan shuningdek, Si-Si bog'larini uzib, turli reaksiyalar yoki kirishmalardan iborat polimer zanjirlar hosil qilishi mumkin [8]. Masalan, kremniy kristall panjarasi tarkibidagi turli nuqson yoki kislorodlar bilan birikib Li<sub>x</sub>-O<sub>u</sub>, Na<sub>x</sub>-O<sub>u</sub> va K<sub>x</sub>-O<sub>u</sub> ga o'xshash oksidli yoki vakansiyalar bilan Li<sub>x</sub>-V<sub>u</sub>, Na<sub>x</sub>-V<sub>u</sub> va K<sub>x</sub>-V<sub>u</sub> komplekslar hosil qiladi.

Ushbu rasmda ko'rinadiki, markaziy qismlarni tashkil etuvchi kremniy Si va kislorod O<sub>2</sub> atomlari tizimning barqaror "skeleti" hisoblanadi. Biroq, materialning fizik xossalarini o'zgartirishda vakansiya (atom yetishmasligi) hal qiluvchi rol o'ynaydi. Aynan shu bo'shliqlar tashqaridan kirayotgan ishqoriy metall ionlari uchun "energetik

yo'lak" vazifasini o'tab, ularning struktura ichkarisiga chuqur kirib borishiga imkon beradi.



**3-rasm. Granullangan kremniy kristall panjarasi sxemasi;**

1 – sirtida atomlar notekis joylashgan g'adir-budir soha,  
3 – granula yadrosi, 2 – yadroni (1) sohadan ajratib turuvchi soha.

Qizil strelkalar bilan ko'rsatilgan harakat yo'nalishlari ionlarning bir tugundan ikkinchisiga sakrash jarayonini anglatadi. Bu hodisa odatda yarimo'tkazgichlarni legirlashda yoki shisha sirtini kimyoviy usulda mustahkamlashda qo'llaniladi. Fosfor (P) atomi esa bu tizimda tarmoq hosil qiluvchi element bo'lib, u butun strukturaviy yaxlitlikni va kimyoviy bog'lanishlar muvozanatini ta'minlaydi. O'ng tomondagi 1, 2 va 3-zonalar esa diffuziya chuqurligini, ya'ni ionlarning material sirtidan uning ichki qatlamlarigacha yetib borish darajasini belgilaydi. Bu jarayonlar natijasida materialda yangi elektrofizik xususiyatlar shakllanadi.

**Xulosa.** Bizning holda, ishqoriy metall atomlari, 2-3 mm li kremniy kristalchalarini kukunsimon holatga yetguncha maydalash jarayonida qizish bilan birga kremniy zarrachasi sirtida kristall panjara nuqsonlari yoki uzilgan bog'lar hosil bo'ladi. Zarrachalarning qizishi bilan bir qatorda kristall panjara atomlarining reaksiyalanish qobiliyatlari hamda panjarada nuqsonlar hosil bo'lish energiyalari ham o'zgaradi. Shunday jarayon yuz beradiki, kremniy kristalchalarini tarkibidagi ishqoriy metall atomlari o'zlarining tez harakatchanligi bilan kremniy zarrachasi sirtida hosil bo'layotgan kristall panjaradagi uzilgan bog'lar yoki panjara nuqsonlari, vakansiyalar bilan birikadi. Bu jarayon atmosfera muhitidan kirib qoluvchi kislorod atomlarini kristall panjaradagi uzilgan bog' yoki nuqsonlar bilan birikishiga yo'l qo'ymaydi. Natijada, kremniy zarracha sirtida nanokompozit oksid qatlam hosil bo'lishining oldini olayotgan bo'lishi mumkin.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. L.O. Olimov, U.A. Akhmadaliev, Obtaining granular semiconductor intermetallic compound Zn-Sb and some of its electrical properties. Journal E3S Web of Conferences. September (2023)
2. Patent UZ № FAP 01593 "Method of preparation of thermoelectric material". L.O. Olimov, I.I. Anarboev, A.Mamirov, F.L. Omonboev, M.L. Omonboeva (eds) (2021)
3. L.O. Olimov, I.I. Anarboev, Silicon 14(8), 3817 – 3822 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01596-1>
4. L.O. Olimov, Applied Solar Energy 44(2), 142–143 (2008) 14. A.G. Korotkih, Thermal conductivity of materials: textbook / Tomsk Polytechnic University (Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2011).

## СОДЕРЖАНИЕ

## 1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

- Негматов С.С., Абед Н.С., Талипов Н.Х., Салимова С.А., Панжиев О.Х., Икрамова М.Э.** Исследование физико-химико-механических и технологических свойств выбранных минеральных ингредиентов их совместимость с водорастворимым полимером и структурирование в системе цемент-микрокремнезем и разработка эффективных составов композиционных тампонажных материалов на их основе..... 3
- Касимова М.Н., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Бабаджанова М.А., Лапасова Ф.А.** Исследование свойств композиционных красителей на основе солей поливалентных металлов, применяемых для крашения природных волокон и тканей на их основе ..... 9
- Негматов С.С., Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Рахимов Х.Ю., Курбонов У.М., Бозоров Д.** Разработка инновационной технологии получения композиционных химических флотореагентов – вспенивателей на основе органоминеральных ингредиентов с использованием местного сырья и отходов производств для извлечения цветных, редких и благородных металлов из пульпы медно-молибденовой руды ..... 13
- Mengliyeva A.N., Kamalova D.I., Sultonov S.O’.** Polimer kompozit materiallar tuzilishining mexanik xossalarga asosiy ta’siri ..... 15
- Inog’omov S.Y., Asrorov U.A.** Natriy-karboksimetiltellyuloza va poliakrilamid asosida olingan interpolimer kompleksini reologik xossalari o’rganish ..... 19
- Bobonazarova S.H.** 2-xlor-n-tolilatsetamidlarining 8-oksixinolin alkaloidi bilan nukleofil almashinish reaksiyalari ..... 25
- Амонова М.М., Рашитова Ш.Ш.** Термик фаоллаштирилган сапропель асосидаги сорбентларининг физик-кимёвий ва адсорбцион хусусиятлари ..... 27
- Mamirov A.M., Olimov L.O.** Tarkibiga ishqoriy metall atomlari kiritilgan granullangan kremniy kompozit nanozarralari mikrotuzilmasi va morfologiyasi ..... 30
- Сидрасулиева Г.Б., Айтмуратова А.Е., Муяссарова Р.И., Есиркепова В. К., Нурымбетова М.Т., Каттаев Н.Т., Акбаров Х.И.** Синтез и фотокаталитические свойства нанокomпозита O-g-C<sub>3</sub>N<sub>5</sub>/ZnO ..... 33
- Негматов Ж.Н., Хурсанов А.Х., Негматов С.С., Бозоров Д., Курбонов У.М., Негматова К.С., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Эрнийёзов Н.Б., Бозоров А.Н.** Композиционные химические флотореагент-вспениватель для извлечения цветных и благородных металлов в процессе флотации из пульпы медно-молибденовых руд ..... 36
- Каримова Г.Ш., Гафуров Д.Н., Бозорова Н.Х.** Нанокomпозиты, полученные на основе полимеров и слоистых силикатов ..... 39

## 2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

- Абед Н.С., Негматов С.С., Бухаров С.Н., Сергиенко В.П., Косимов Ш.Б., Туляганова В.С., Бозоров А.Н., Шамсиева С.С., Эшкobilов О.Х., Джабаров Б.Т.** Исследование трибозлектрических процессов в полимерных покрытиях при взаимодействии с хлопком-сырцом ..... 42
- Косимов Ш.Б., Абед Н.С., Негматов Ж.Н.** Исследование работоспособности и долговечности созданных деталей рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов из антифрикционных и антифрикционно-износостойких полипропиленовых композиционных материалов.. 45
- Хаминов Б.Т.** Ультрадисперс титан карбид билан модификацияланган вольфрам карбид кобальтти қаттиқ қотишма бармоқларини руда майдалаш цехларида эксплуатацион шароитда апробациядан ўтказиш ..... 47
- Tursunbayev S.A., To’raxo’jaeva A.N. Rizayeva N.M., Mahmudov F.M., Nurdinov Z.B.** Alyuminiy qotishmalarining suyuqoquvchanliligiga titan elementining ta’siri ..... 49
- Ахмеджанов Ю.А., Махмудова Н.Х.** Определяющие соотношения процесса вспучивания композиционных материалов ..... 51