

**QUYOSH FOTOELEKTR O'ZGARTGICHLARINING AXAMIYATI**  
**ЗНАЧЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИНВЕРТОРОВ**  
**THE IMPORTANCE OF SOLAR PHOTOELECTRIC INVERTERS**

**Baratov Laziz Suyun o'g'li**  
**Tulakov Jahongir Turakul o'g'li**

Jizzax Politexnika instituti Energetika va  
elektr texnologiyasi kafedrasini o'qtuvchilari, O'zbekiston

**Baratov Laziz Suyun o'g'li**  
**Tulakov Jahongir Turakul o'g'li**  
Lecturers of the Department of Energy and electrical Technology,  
Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan

**Баратов Лазиз Суюн ўғли**  
**Тўлаков Джахонгир Туракул ўғли**  
Джизакский политехнический институт, факультет энергетикки  
Преподаватели кафедры электротехники, Узбекистан

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada quyosh energiyasidan quyosh fotoelektr o'zgartirgichlar yordamidan foydalanib elektr energiya olish, qolaversa elektronika elementlarining hususiyatlari keltirib o'tilgan. Quyosh energiyani fotoelektr o'zgartirgichlar sohasidagi nazariy tadqiqot va amaliy ishlanmalar fotoelektr o'zgartirgichlarda nurlanish energiyani o'zgartirishda yuqori FIK bilan amalga oshirish mumkimligini tasdiqlanadi va bu maqsadga erishish uchun asosiy yo'nalishlar belgilanadi. Fotoelektr o'zgartirgichlar (FEO) uchun o'ziga xos taxminan 300-350 K muvozanat va quyosh  $T \approx 6000$  K temperaturalarda ularning nazariy FIKning chegarasi 90% bo'ladi. Bu esa, energiyaning qaytmas yo'qotishlarni kamaytirishga yo'naltirilgan o'zgartirgichlarning tuzilma va ko'rsatkichlarni maqbullashtirish oqibatda amalda haqiqiy FIKni 50% gacha va undan ortiqcha ko'tarish mumkinligini kursatadi (laboratoriyalarda hozir FIK 40% gacha erishgan)

**Kalit so'z.** Fotoelektr o'zgartirgichlar, elektronvolt, erkin elektron, n-p-o'tishlar, yoritilganlik.

**Абстрактный.** В данной статье представлены особенности получения электроэнергии из солнечной энергии с помощью солнечных фотоэлектрических преобразователей, а также особенности электронных элементов. Теоретические исследования и практические разработки в области фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии подтверждают возможность высокой ФИК при преобразовании энергии излучения в фотоэлектрических преобразователях и определяются основные направления достижения этой цели. Типичным для фотоэлектрических преобразователей (ФЭО') является равновесная температура около 300-350 К, а при солнечной температуре  $T \approx 6000$  К их предел теоретического ФИС составляет 90%. Это показывает, что оптимизация конструкции и характеристик преобразователей, направленная на снижение необратимых потерь энергии, может реально увеличить реальный ФИК до 50% и более (в лабораториях ФИК доходил до 40%).

**Ключевое слово.** Фотоэлектрические преобразователи, электронвольт, свободный электрон, n-p-переходы, освещение.

**Abstract.** In this article, the features of obtaining electricity from solar energy using solar photoelectric converters, as well as the features of electronic elements are presented. Theoretical research and practical developments in the field of solar energy photoelectric converters confirm the possibility of high FIK in the conversion of radiation energy in photoelectric converters, and the main directions for achieving this goal are determined. Typical for photoelectric converters (FEO') is about 300-350 K equilibrium and at solar temperatures  $T \approx 6000$  K, their limit of theoretical FIC is 90%. This shows that optimizing the structure and performance of converters aimed at reducing irreversible energy losses can actually increase the actual FIK to 50% and more (in laboratories, the FIK has reached up to 40%).

**Keyword.** Photoelectric converters, electronvolt, free electron, n-p-junctions, illumination.

FEO'larning bir jinsli bo'lmagan yarim o'tkazgichli tuzilmalarga quyosh

nurlanish ta'sir etganda, hosil bo'ladigan energiyaning o'zgartirishi fotoelektr effektiga asoslangan [6,7].

$\lambda$  uzunlikdagi to'lqinlar nurlanishda fotonlar energiyasi (eV) quyidagi

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1,24}{\lambda};$$

munosabatdan aniqlanadi:

bu yerda  $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J×s – Plank doimiysi;  $c = 2,997925 \times 10^8$  m/s – yorug'lik tezligi;  $\lambda$  – to'lqin uzunligi, mkm.

Elektronvolt – potentsiallar farqi 1 V bo'lgan ikkita nuqtalar orasida elektronni ko'chirish uchun zarur bo'lgan energiyadir [8,9].

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

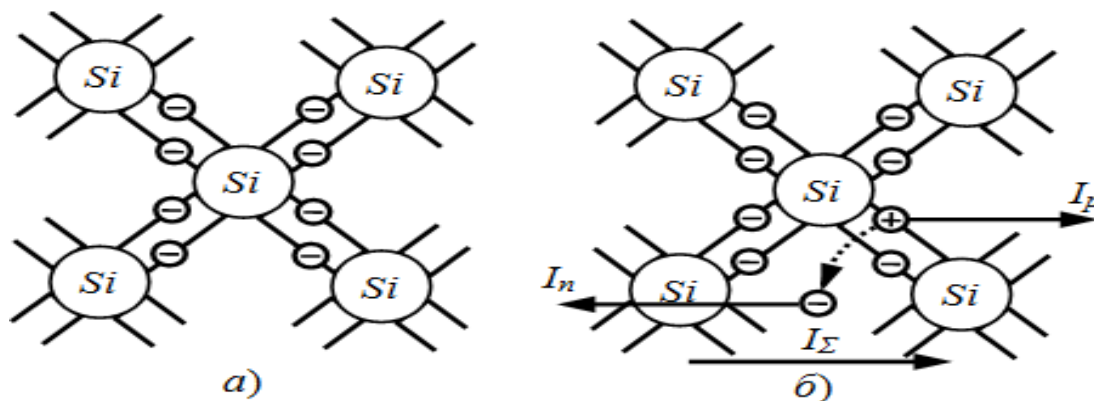
$\lambda_g$  chegara to'lqin uzunligidan boshlab quyosh fotoelementning materialda fotonlar yutiladi:

$$\lambda_g = 1,24 / \Delta YE;$$

bu yerda  $\Delta YE$  – taqiqlangan soha, sathlarning yo'qligi bilan tavsiflanadi, uni bo'yicha turli xil materiallar uchun har xil bo'ladi,

Quyosh nurlanish energiyani elektr energiyaga o'zgartirish uchun yarimo'tkazgichli qurilmalar quyosh fotoelementlar (QFE) deb nomlanadi.

Yarim o'tkazgichli materiallardan germaniy *Ge* va kremniy *Si* eng muhim hisoblanadi. Kremniy D. I. Mendeleyev Davriy tizimida IV guruhdagi elementlarga kiradi, uning valentligi 4 ga teng. Kremniy atomlar tashqi elektron qobiqda 4 ta elektronlarga ega [11].

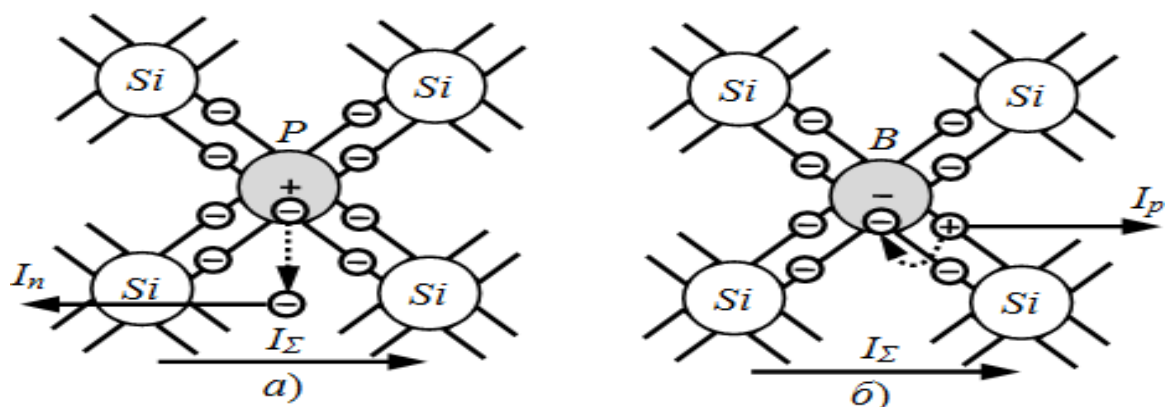


1-rasm: Toza kremniyning kristallik panjara

Energiya (issiqlik yoki yorug‘lik) keltirilganda panjarada atomlararo bog‘lanishlar elektronlarni yo‘qotadi, bunda musbat zaryadlar hosil bo‘ladi. Panjaradagi elektron bo‘lmagan joyga “teshik” deb ataladi. “Teshik” – bu elektronni yo‘qotgan atom, bu esa elektronlarning teshikdan teshikka o‘tish bilan teshiklarning “harakati” vujudga keladi (“teshiklar” o‘zi esa harakatlanmaydi) [12].

Agarda yarim o‘tkazgichga tashqi elektr maydoni ta’sir etmasa, teshik va erkin elektronlar tartibsiz harakatlanadi. Agarda yarimo‘tkazgichni elektr maydonga joylashtirsa, teshik va elektronlarning harakati tartibli yo‘nalgan bo‘ladi. Teshiklarning bir atomdan boshqa atomga o‘tish harakatning yo‘nalishi yarimo‘tkazgich orqali tokning o‘tish yo‘nalishiga mos keladi. Teshiklar harakati bilan hosil bo‘lgan o‘tkazuvchaliqiga teshikli yoki  $r$ -turdagi o‘tkazuvchanlik (lotin. *positive*-musbat) deb ataladi. Elektronlar harakati bilan hosil bo‘lgan o‘tkazuvchaliqiga esa elektron yoki  $p$ -turdagi o‘tkazuvchanlik (lotin. *negativ*-manfiy) deb ataladi. Shunday qilib, yarimo‘tkazgichning o‘tkazuvchanligi elektronlarning o‘tkazuvchanlik sohasidagi hamda elektronlarning valentlik sohasidagi harakati bilan belgilanadi. Lekin valentlik sohasida elektronlar emas balki teshiklar harakatlanadi deb qabul qilingan. Valentlik bog‘lanishlar bo‘zilishi oqibatda hosil bo‘ladigan yarimo‘tkazgichning o‘tkazuvchanligiga xususiy o‘tkazuvchanlik deb ataladi [13].

To'rt atomli *Si* kremniyni besh valentli *P* fosfor bilan legirlanganda aralashmaning atom joyning o'rniga ortiqcha elektron vujudga keladi (2 a - rasm).



2-rasm. Legirlangan kremniyning kristallik panjarasi:

*a* – fosfor bilan; *b* – bor bilan

Erkin elektronlarni vujudga keltiruvchi aralashmalarga donorli (lotin. *donore*-hadya qilmoq) deb ataladi. Bu holda kremniy elektron o'tkazuvchanli yarimo'tkazgich yoki *p*-turidagi yarimo'tkazgich deb nomlanadi. *p*-turidagi yarimo'tkazgichda o'tkazuvchanlik faqat elektronlar bilan hosil qilinadi [14].

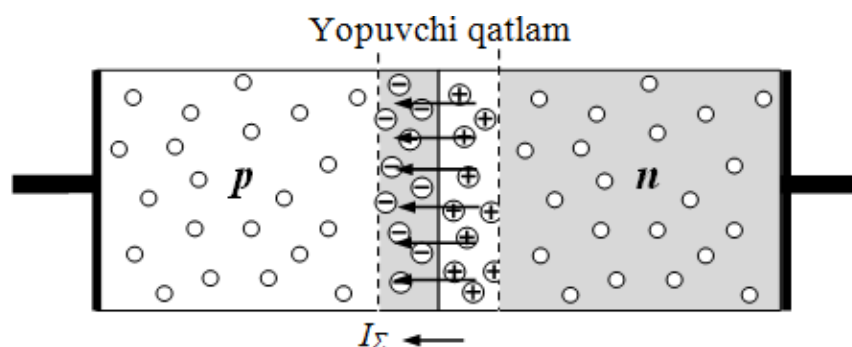
To'rt atomli *Si* kremniyni uch valentli *V* bor bilan legirlanganda aralashmaning atom joyning o'rniga ortiqcha teshik vujudga keladi (2 b- rasm). Erkin elektronlarni kamaytiruvchi aralashmalarga akseptorli (lotin. *acceptor*-qabul qilmoq) deb ataladi. Bu holda kremniy teshik o'tkazuvchanli yarimo'tkazgich yoki *r*-turidagi yarimo'tkazgich deb nomlanadi. *r*-turidagi yarimo'tkazgichda o'tkazuvchanlik faqat teshiklar bilan hosil qilinadi [15].

$k = 1,38 \times 10^{-23}$  Dj/K – Bolsman doimiysi;

*T* – yarimo'tkazgichning temperaturasi, K.

Bitta monokristallda *p*- va *n*-turidagi yarimo'tkazgichlarni birlashtirilganda *n*-turidagi yarimo'tkazgichdan *r*-turidagi yarimo'tkazgichga elektronlarning diffuzion oqimi vujudga keladi, va teskari, *r*-turidagi yarimo'tkazgichdan *n*-turidagi yarimo'tkazgichga teshiklar oqimi hosil bo'ladi. Bunday jarayonning oqibatda *n-r* o'tishga tutushgan *r*-turidagi yarimo'tkazgichning qismi manfiy zaryadlanadi, *n-r* o'tishga tutushgan *n*-turidagi yarimo'tkazgichning qismi, teskari, musbat zaryadga

ega bo‘ladi (4-rasm).



4-rasm: *n-p-o* tish

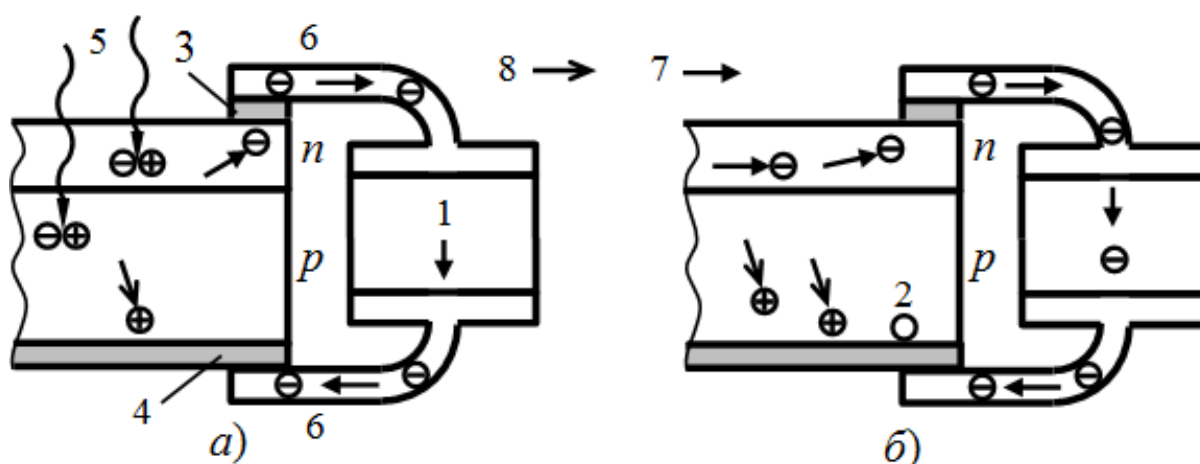
Shunday qilib, *n-r* o‘tishning yaqin joyda, elektron va teshiklarning diffuziya jarayonga qarshi ta’sir etadigan, ko‘p zaradlangan qatlam hosil bo‘ladi [16].

Diffuziya *n*-sohasidan *p*-sohasiga elektronlar oqimini yaratishga intiladi, zaryadlangan qatlamning maydoni esa, teskari, *n*-sohasiga elektronlarni qaytarishga harakat qiladi. Shunga o‘xshash ravishda, *n-p* o‘tishdagi maydoni *p*-dan *n*-sohasiga teshiklarning diffuziyaga qarshi ta’sir etadi. Ma’lum vaqtdan keyin muvozanat hosil bo‘ladi. Zaryadlar to‘planish natijada, o‘tishning ikkala tomonidan, hosil bo‘lgan qarama-qarshi ishorali elektr maydon, erkin elektron va teshiklar konsentratsiyaning farqi oqibatda vujudga kelgan, diffuziyani muvozanatlashtiradi. Natijada Fermi sathi doimiy potentsiali ostida bo‘ladi. Taqiqlangan sohasi  $\Delta YE$  butun materialida mavjud va o‘tkazuvchanlik sohasining hamda valentli sohasining energiyalar orasida potentsiallar sakrashi hosil bo‘ladi [17,18].

O‘tish joyida hosil bo‘lgan kontaktli potentsiallar farqi asosiy zaryadlar tashuvchilarning o‘tishiga qarshilik ko‘rsatadi, ya’ni *r*-qatlam tomonidan elektronlar o‘tishiga, ammo asosiy bo‘lmagan tashuvchilarni qarama-qarshi yo‘nalishda qarshisiz o‘tkazadi.

*n-p*-o‘tishlarning bu xususiyati, FEO‘ni quyosh yorug‘lik bilan nurlantirilganda, fotoelektr yurituvchi kuchni (fotoEYUK) hosil qilish imkoniyatini yaratadi. FEO‘ning ikkala qatlamlarda yorug‘lik bilan hosil bo‘lgan elektron-teshik juftlar *n-p*-o‘tishda bo‘linadi: asosiy bo‘lmagan tashuvchilar (elektronlar) erkinlik

bilan o'tish orqali o'tadi, asosiy tashuvchilar (teshiklar) esa tutib qoladi. Shunday qilib, quyosh nurlanish ta'sirida  $n-p$ -o'tishda ikkala



yo'nalishda nomuvozanatli asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar (FEO' ishlash uchun zarur bo'lgan fotoelektron va fototesliklar) ning tok o'tadi (5-rasm).

5-rasm. QFEda elektr tokning generatsiyasi:

1-yuklama; 2-rekombinatsiyalangan «teshik» 3-yuqori kontakt; 4-qo'yi kontakt; 5-fotonlar;6- o'tkazgich; 7-elektronning harakati; 8-teshikning ko'chishi

a) Fotonlar (5) elektron-teshik juftlarni hosil qiladi. Oldingi foton bilan hosil bo'lgan elektron va teshik QFE kontaktlar (3 va 4) ga harakatlanadi. Elektronlar tashqi (6-1-6) zanjir orqali ko'chadi, elektr tokni hosil qiladi.

b) Foton (5) bilan hosil bo'lgan teshik  $n-p$ -o'tish orqali o'tadi va musbat kontakt (4) ga harakatlanadi. Foton bilan hosil bo'lgan elektron ham  $n-p$ -o'tishdan o'tib, mafiy kontakt (3) ga harakatlanadi. Elektron  $n$ -yarimo'tkazgichdan o'tkazgich (6) ga o'tadi. Elektron  $r$ -yarimo'tkazgichga o'tib, teshik (2) bilan rekombinatsiyalanadi.

QFE orqali  $I_{\Sigma}$  tokning zichligi,  $n-p$ -o'tishda hosil bo'lgan elektron-teshik juftlar hisobidan hamda  $p$ - va  $n$ -sohalarga muvofiq bo'lgan,

elektronlar  $I_n$  tok va teshiklar  $I_r$  toklarning yig'indisidan iborat:

$$I_{\Sigma} = I_n + I_r - eg ; \quad (5)$$

bu yerda  $g$  –  $n$ - $p$ -o‘tishda yuza birligi hisobidan vaqt birligida hosil bo‘lgan elektron-teshik juftlarning miqdori.

Yuqoridagi ma’lumotlardan kelib chiqib, yorug‘lik intensivligi turli xil bo‘lsa foto EYUK ham har xil hosil bo‘ladi. Yoritilganlikning keng diapazonda foto EYUK kattaligi yorug‘lik intensivligining logarifmga proporsional bo‘lib o‘sadi.

#### ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎХАТИ

1. Суюн Л. и др. РЕАКТИВ ҚУВВАТ МАНБАЛАРИНИ НАЗОРАТ ВА БОШҚАРУВИ ЎЗГАРТИЧИЛАРИНИНГ ТУРЛАРИ ВА ЎЗГАРТИРИШ ТАМОЙИЛЛАРИ ТАҲЛИЛИ //INTERNATIONAL CONFERENCE DEDICATED TO THE ROLE AND IMPORTANCE OF INNOVATIVE EDUCATION IN THE 21ST CENTURY. – 2022. – Т. 1. – №. 4. – С. 202-207
2. Baratov L., Majidov X. ELEKTROMAGNIT O ‘ZGARTGICH PARAMETRLARI //Talqin va tadqiqotlar. – 2023. – Т. 1. – №. 21.
3. Qurbanov A., Baratov L., Jalilov O. QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISHDA QUYOSH FOTOELEKTR O‘ZGARTGICHLARINING AXAMIYATI //Interpretation and researches. – 2023. – Т. 1. – №. 6.
4. Qurbanov A., Baratov L., Jalilov O. SANOAT KORXONALARINING SAMARADORLIK KO‘RSATKICHINI OSHIRISH MAQSADIDA ELEKTR YUKLAMALARI KARTOGRAMMASINI QURISH VA BPP NING O ‘RNATILISH JOYINI ANIQLASH //Interpretation and researches. – 2023. – Т. 1. – №. 6.
5. Baratov L., Xoldorov B., Majidov X. CURRENT ISSUES OF ENERGY //Interpretation and researches. – 2023. – Т. 1. – №. 7.
6. Absalamovich N. B., Laziz B. The Concept of a Pumped Storage Power Plant //International Journal of Scientific Trends. – 2023. – Т. 2. – №. 5. – С. 1-6.
7. Наримонов Б. А., Баратов Л. С. ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В УЗБЕКИСТАНЕ //European Journal of Interdisciplinary Research and Development. – 2023. – Т. 15. – С. 7-10.
8. Baratov L., Parmonov S. WIND TURBINES AND ITS APPLICATIONS //Talqin va tadqiqotlar. – 2024. – Т. 2. – №. 1 (38).
9. Baratov L.S., Majidov X.O. QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA MANBALARIGA ASOSLANGAN ENERGIYA // Экономика и социум. 2024. №6-1 (121). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/qayta-tiklanadigan-energiya-manbalariga-asoslangan-energiya> (дата обращения: 13.01.2025).
10. Baratov L.S., Majidov X.O. ENERGETIKADA ZAMONAVIY AVТОМАТЛАСHTIRILGAN TIZIMLAR // Экономика и социум. 2024. №6-1



- (121). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energetikada-zamonaviy-avtomatlashtirilgan-tizimlar> (дата обращения: 13.01.2025).
11. Baratov L. S., Tulakov J. T., Otamurodov S. B. NOAN'ANAVIY QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA MANBALARIGA ASOSLANGAN ENERGIYA // Экономика и социум. – 2024. – №. 5-1 (120). – С. 128-131.
12. Baratov L. S., Tulakov J. T., Rahmonov M. Z. BOSH PASAYTIRUVCHI PODSTANSIYANING O 'RNINI TOPISH. ELEKTR YUKLAMALAR KARTOGRAMMASI // Экономика и социум. – 2024. – №. 5-1 (120). – С. 132-135.
13. Baratov L.S., Tulakov J.T. ELEKTR ENERGETIKASINING AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMLARI // Экономика и социум. 2024. №5-1 (120). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektr-energetikasining-avtomatlashtirilgan-tizimlari> (дата обращения: 13.01.2025).
14. Baratov L. S., Tulakov J. T. ELEKTR ENERGETIKA SANOATINING DISPETCHERLIK MUHANDISLIK TIZIMLARI // Экономика и социум. – 2024. – №. 5-1 (120). – С. 124-127.
15. Baratov L. S. KORXONALARINING SAMARADORLIK KO'RSATKICHINI OSHIRISH MAQSADIDA ELEKTR YUKLAMALARI KARTOGRAMMASINI QURISH VA BPP NING O 'RNATILISH JOYINI ANIQLASH // Экономика и социум. – 2024. – №. 5-1 (120). – С. 136-139