



OTVALLARNI USTI MAYDONLARIA QUYOSH PANELLARINI JOYLASHTIRISHNING TEXNIK-IQTISODIY ASOSLARI VA MASSIV BARQARORLIGINI TA'MINLASH

Gaibnazarov Baxrom Abdaaliyevich

Olmalik davlat texnika instituti Konchilik fakulteti dekan o'rinbosari
texnika fanlari falsafa doktori (PhD) dotsent

Shamayev Murod Qurbonboyrvich

Olmalik davlat texnika institute Konchilik fakulteti "Konchilik ishi"
kafedrası katta o'qituvchisi

Ulashov Diyorbek Zafar o'g'li

Olaliq davlat texnika institute Konchilik fakulteti magistr 3M-25 FQKQ

Ismatullayev Abbosbek Olimjonovich

Olmalik davlat texnika institute Konchilik fakulteti magistr 3M-25 FQKQ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20486709>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 26-may 2026 yil

Ma'qullandi: 28-may 2026 yil

Nashr qilindi: 30-may 2026 yil

KEYWORDS

Quyosh energiyasi, otval massivlari, yarus, cho'kish va eroziya, quyosh panellari, massiv barqarorligi, suv rejimi, drenaj tizimi, lokal suv to'planishi, massiv siljishi, monitoring va texnik nazorat.

ABSTRACT

Ochiq usulda qazib olish ishlari olib borilayotgan yirik (NKMK, OTMK)konlarida tog' jinslarini qazib olish hajmi yildan-yilga oshmoqda. Qazib olinayotgan tog' jinslarining ma'lum bir qismi puch tog' jinslari bo'lganligi sababli otvallarga joylashtirilmogda. Otvallar egallagan maydonlar ham yil sayin kattalashib bormogda. G'oya mualliflari bu ishda mana shu otvallar egallagan joylarga quyosh panellarini o'rnatib hozirgi vaqtda dolzarb bo'lgan qayta tiklanuvchi energiya ya'ni quyosh energiyasidan foydalanish masalasi to'g'risidagi tavsiyalarini yoritishgan. Masalaning muhimligi foydalanilmay turgan er resurslari(otvallar egallagan joylar)dan oqilona foydalanish, natija esa arzon energiya ishlab chiqarish.

Konlardan qazib olingan puch tog' jinslari maxsus hududlarga to'planadi, bu hududlar ilmiy jihatdan *otval* deb ataladi va ular keng maydonlarni egallamoqda. Fan-texnika sohasidagi taraqqiyot, endilikda quyosh energiyasidan oqilona foydalanish imkoniyatlarini yaratmogda. Otvallar joylashgan keng yer maydonlarida quyosh panellari o'rnatish orqali iqtisodiy foyda olish mumkin.

Bugungi kunda quyosh va shamol energiyasidan foydalanish bo'yicha ko'plab ilmiy ishlar, tajribalar va hisob-kitoblar amalga oshirilgan bo'lib, bu texnologiyalar iqtisodiy jihatdan o'zini oqlaganini isbotlagan. Quyosh energiyasini olish uchun ochiq havo va quyosh nuri to'g'ridan-to'g'ri tushadigan maydonlar kerak bo'ladi, bizning iqlim sharoitimiz hamda otvallarning ochiq maydonlari aynan shu talabga javob beradi.

Global Energy Monitor (GEM) 2025 yilgi hisobotiga ko'ra, yopilgan ko'mir konlari ustiga quyosh panellarini o'rnatish global quyosh energiyasi quvvatini 300 GVt ga oshirishi mumkin. Ushbu yondashuvlar nafaqat energiya ishlab chiqarishni ko'paytirishga, balki atrof-muhitni muhofaza qilishga ham yordam beradi. Masalan, Global Energy Monitor (GEM) 2025 yilgi hisobotiga ko'ra, yopilgan ko'mir konlari ustiga quyosh panellarini o'rnatish quyosh quvvatini

300 GVt ga oshirishi mumkin, ushbu keltirilgan havolada yopilishi mumkun bo'lgan konlar va ulardan foydalanish maqsadida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar keltirib o'tilgan.

Otval massivlarining geotexnik holati: Otval hududlari odatda bir nechta yaruslardan iborat bo'lib, geotexnik baholashda tog' jinslarining zichligi, yotqiziqlarning barqarorligi, namlik darajasi va zichlanish ko'rsatkichlari asosiy parametrlar sifatida ko'rib chiqiladi. Biroq quruq otvallarda asosiy muammolar — cho'kish va eroziya hisoblanadi. Cho'kish odatda 10–50 sm/metr diapazonda bo'lib, bu jarayon 10–30 yil davom etishi mumkin.

Quyosh panellarini joylashtirishda massiv siljishini oldini olish choralari: Quyosh panellarini otval va qiyalikli massivlar ustiga joylashtirishda asosiy muhandislik muammolaridan biri yog'ingarchilik va qor erishidan hosil bo'ladigan suvlarning massiv barqarorligiga salbiy ta'sirini oldini olishdir. Quyosh panellarini joylashtirish jarayonida suv rejimini boshqarish va geotexnik barqarorlikni ta'minlash asosiy vazifa hisoblanadi.

1. Suv rejimini boshqarish va drenaj tizimi

Yomg'ir va qor erishidan hosil bo'ladigan suvlar quyosh panellari yuzasi orqali bir nuqtaga to'planib qolmasligi lozim. Buning uchun quyidagi choralar amalga oshiriladi:

- Panellar orasida suvni erkin o'tkazuvchi drenaj yo'laklari tashkil etiladi;
- Qiyalikning yuqori qismida interseptor drenaj kanallari qurilib, tashqi suv oqimi massivga kirib kelishining oldi olinadi;
- Suvlar bevosita qiyalik yuzasiga emas, balki maxsus kollektorlar yoki quvurlar orqali xavfsiz hududlarga chiqariladi;
- Lokal suv to'planish ehtimoli yuqori bo'lgan joylarda qo'shimcha drenaj quduqlari yoki filtratsion qatlamlar qo'llaniladi.

2. Quyosh panellarining joylashuvi va burchagi

Quyosh panellari qiyalik yo'nalishiga parallel emas, balki relyef konturlari bo'ylab joylashtirilishi kerak. Bu suv oqimining tezlashishini cheklaydi va eroziya jarayonlarini kamaytiradi.

Panellarni joylashtirishda optimal burchak hududning iqlim sharoiti va relyefiga bog'liq holda 10–25° oralig'ida tanlanadi. Juda tik burchak ostida joylashtirilgan panellar suv oqimini tezlashtirib, qiyalik yuzasida yuvilish va siljish xavfini oshiradi.

3. Poydevor va konstruktiv yechimlar

• Massiv siljishini oldini olishda poydevor tanlovi muhim ahamiyatga ega. Og'ir beton poydevorlar massivga qo'shimcha yuk berib, siljish ehtimolini kuchaytirishi mumkin. Shu sababli quyidagi yengil konstruktiv yechimlar tavsiya etiladi:

- Vintli qoziqlar (screw piles);
- Yengil metall karkasli tayanch tizimlar;
- Yuklamasi oldindan hisoblangan ballastli konstruktsiyalar.

4. Massiv siljishini oldini olish bo'yicha kengaytirilgan geotexnik choralar

• Massiv barqarorligini ta'minlash uchun quyidagi qo'shimcha geotexnik choralardan foydalaniladi:

- Qiyalik yuzasida geotekstil va geogrid materiallarini qo'llash orqali kesish kuchlariga qarshilikni oshirish;
- Qiyalikni o'simlik qoplami bilan mustahkamlash, bu tuproqning yuvilib ketishini kamaytiradi;

- Shag'al yoki mayda tosh qatlamlari yordamida eroziyaga qarshi himoya yaratish;
- Ochiq tuproq maydonlarini minimal darajaga tushirish;
- Siljishga moyil zonalarni aniqlab, u yerlarda quyosh panellarini joylashtirmaslik yoki yukni qayta taqsimlash.

6. Monitoring va texnik nazorat

Quyosh panellari ekspluatatsiyasi davomida massiv holatini doimiy monitoring qilish zarur. Kuchli yomg'ir va qor erishidan keyin qiyaliklarda yoriqlar, cho'kishlar va siljish belgilari tekshiriladi. Aniqlangan muammolar asosida drenaj tizimi va konstruktiv yechimlar qayta ko'rib chiqiladi.

Quyosh panellarini o'rnatishning afzalliklari

1. **Yer resurslaridan maksimal foydalanish:** Bo'sh yotgan maydonlar iqtisodiy qiymat kasb etadi. Hozirda otvallar katta yer maydonini egallab turibdi. Masalan, AGMK va NGMK tasarrufidagi konlardan chiqayotgan puch tog' jinslari ulkan hududlarni band qilmoqda.
2. **Otval hududining stabilizatsiyasiga ijobiy ta'siri:** O'rnatiladigan konstruksiyalar shamol eroziyasini 30–50% ga kamaytiradi, shuningdek, suv oqimini samarali boshqarishga yordam beradi.
3. **Qayta tiklanadigan energiya ishlab chiqarish:** Otval maydonlaridan foydalanish qo'shimcha daromad manbaini yaratadi. O'zbekiston sharoitida bunday hududlarda 1 gektardan yiliga 1–1,3 GWh elektr energiyasi ishlab chiqarish mumkin.

Texnik talablar va yondashuv

Otval qatlamining cho'kish koeffitsienti: Agar cho'kish koeffitsienti 5–15% oralig'ida bo'lsa, barqarorlikni ta'minlash uchun maxsus geotexnik yechimlar — geogridlar, ballast bloklar yoki boshqa mustahkamlash tizimlari qo'llanadi.

Drenaj tizimi: Yog'ingarchilik suvlarining xavfsiz oqimini ta'minlash muhimdir. Suv eroziyasi Otvallarda jarliklar hosil qilishi mumkin, shu sababli drenaj tizimi tushayotgan suvning kamida 70%ini boshqarishi talab etiladi.

Shamol yuklamasi va seysmik talablar: Panellar karkasi shamol tezligi 120–150 km/soat oralig'idagi yuklamalarga bardosh bera olishi lozim. O'zbekistonning 7–8 ballik zilzila zonasida esa konstruksiyalarga qo'shimcha seysmik mustahkamlash talablari qo'yiladi.

Texnik xizmat ko'rsatish yo'laklari: Ekspluatatsiya jarayoni uchun minimal infratuzilma zarur. Changning yuqori darajada bo'lishi sababli avtomatik yoki yarim avtomatik yuvish tizimlari o'rnatilishi maqsadga muvofiq.

Chang va eroziya muammolari: Kon otvallarida chang miqdori odatdagi yer maydonlariga nisbatan 5–10 baravar yuqori bo'lishi mumkin. Bu quyosh panellarining samaradorligini 15–25% ga kamaytiradi (NREL tadqiqoti, 2024). Samaradorlikni tiklash uchun robotlashtirilgan yoki avtomatlashtirilgan suv asosidagi yuvish tizimlaridan foydalanish tavsiya etiladi.

Dunyo tajribasi va O'zbekiston sharoitiga moslashtirish

Quyosh panellarini otval ustiga joylashtirishda ikki xil yondashuvni ko'rib chiqamiz: Germaniya (past radiatsiya, yuqori texnologiya) va Avstraliya (yuqori radiatsiya, quruq iqlim) tajribasi O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan holda.

1. Germaniya yondashuvi (past radiatsiya, geotexnik jihatdan murakkab sharoit)

Germaniyada Lausitz mintaqasidagi yopilgan ko'mir konlari — xususan, Cottbus-Nord hududida 2023–2025 yillarda 940

MVt quvvatga ega quyosh stansiyasi (RWE loyihasi) qurildi. Mintaqadagi radiatsiya 1000–1200 kWh/m²/yil bo'lishiga qaramay, geotexnik muammolar — cho'kishning 20–40 sm diapazoni — maxsus geogrid va ballast tizimlari orqali bartaraf etildi.

Natijalar:

- Samaradorlik: 18–20%
- 1 gektar uchun ishlab chiqarish: 0,9–1,1 GWh/yil
- Qurilish narxi: 850–950 ming \$/MVt (NREL, 2025)
- O'zini oqlash muddati: 12–15 yil

2. Avstraliya yondashuvi (yuqori radiatsiya, chang muammolari)

Avstraliyadagi Kidston oltin koni (2024) ustiga 270 MVt quvvatdagi quyosh panellari o'rnatilgan bo'lib, ayniqsa quruq Otvallar uchun robotlashtirilgan yuvish tizimlari qo'llanilgan. Mintaqadagi radiatsiya 1800–2000 kWh/m²/yil, chang esa PR ko'rsatkichini 75–80% darajasida ushlab turadi.

Natijalar:

- 1 gektar uchun ishlab chiqarish: 1,4–1,6 GWh/yil
- Qurilish narxi: 900–1000 ming \$/MVt
- O'zini oqlash muddati: 9–12 yil

O'zbekiston uchun ahamiyati:

OKMK va NKMK otvallarida changning yuqori darajada bo'lishi tufayli bu yondashuv ayniqsa mos keladi. Changni 15%gacha kamaytirish uchun avtomatik yuvish tizimlari hamda Perma-Zyme kabi chang barqarorlashtiruvchilar qo'llanishi mumkin.

3. O'zbekiston uchun moslashtirilgan gibrid yondashuv

O'zbekistonda o'rtacha yillik quyosh radiatsiyasi 1600–1800 kWh/m²/yil (IEA, 2025). Biroq otvallarda cho'kish va chang muammolari sezilarli. Shu sababli Germaniya tajribasidan **geotexnik zonatsiya** (dike, transition zonalar), Avstraliya tajribasidan esa **changni avtomatik yuvish va barqarorlashtirish texnologiyalari** olinib, gibrid loyiha modeli shakllantiriladi.

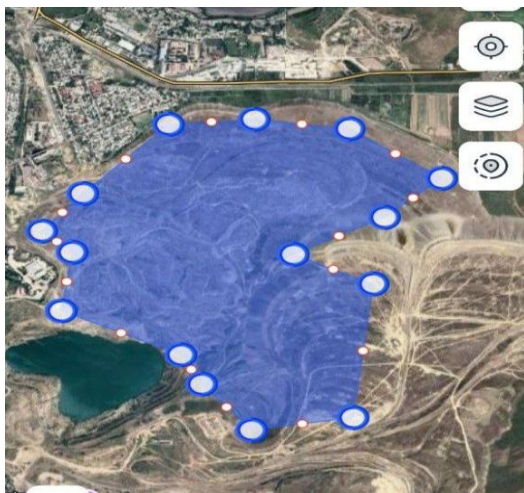
OKMK va NKMK otvali uchun texnik-iqtisodiy parametrlar:

- Quvvat zichligi: 1 gektarga 1,2 MVt
- Performance Ratio (PR): 78–82% (chang soddalashtirilganidan keyin –15%)
- Yondashuv xarajatlarni 10–15%ga kamaytiradi
- Ekologik ta'sir ijobiy: chiqindi maydonlar qayta foydalanishga jalb qilinadi va yashil energiya ulushi ortadi

Energetik samaradorlikni taxminiy baholash

Otvallar odatda keng ochiq maydonda joylashgan bo'lib, quyosh radiatsiyasini cheklaydigan to'siqlar deyarli uchramaydi. Shu sababli, bunday hududlarga o'rnatilgan quyosh panellari yuqori ishlab chiqarish ko'rsatkichlarini beradi (O'zbekiston sharoiti, 2025). Quyida berilgan hudud (3883038 m²) bo'yicha quyosh panellarini joylashtirish imkoniyati va ishlab chiqariladigan energiya miqdori hisoblab chiqiladi.

Hozirgi kunda foydalanilmayotgan hudud va Otval ustiga quyosh panellarini joylashtirish orqali yerdan unumli foydalanishni maqsad qilmoqdamiz.



<https://maps.app.goo.gl/Ei9rpGSfiAFwVSZ86>

Ushbu belgilangan yuz 3883038 m² ni tashkil etadi biz ushbu joyga quyosh panellarini o'rnatish orqali qancha energiya olish mumkunligini hisob kitob qilib chiqamiz. $S_0 = 3883038 \text{ m}^2$

Boshlang'ich ma'lumotlar:

Otval yoki foydalanilmayotgan yer maydoni:

$$S_0 = 3883038 \text{ m}^2$$

Yerdan foydalanish ko'effitsienti:

$$k_f = 0.6 \div 0.85 \text{ (odatda } 0.6\text{--}0.85 \text{ oralig'ida)}$$

Foydalanish mumkin bo'lgan maydon:

$$S_f = S_0 * k_f = 3883038 * 0.6 = 2\,329\,823 \text{ m}^2$$

S_0 - otval yuzasi yoki foydalanilmayotgan yer yuzasi

k_f - yerdan foydalanish ko'effitsienti $k_f = 0.6 \div 0.85$

$S_0 = 3\,883\,038 \text{ m}^2$ maydoni uchun $S_f = 2\,329\,823 \text{ m}^2$ ga quyosh paneli joylashtirish mumkun

Panellar sonini aniqlash:

Odatda bitta panel o'lchami:

$$1.7 * 1.0 = 1.7 \text{ m}^2$$

Shunda panellar soni:

$$N = \frac{2\,329\,823}{1.7} = 1\,370\,484 \text{ dona (taxminan)}$$

Umumiy quvvat:

Agar har bitta panel quvvati $q = 330 \text{ Vt}$ bo'lsa

$$P_{umumiy} = N * q = 1\,370\,484 * 0.33 = 452\,260 \text{ Vt}$$

Bu ko'rsatkich O'zbekiston sharoiti uchun juda yuqori bo'lib, nisbatan kichik maydonda ham sezilarli miqdorda barqaror elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi.

Chang ta'siri va tiklanish:

Chang tufayli taxminan **15% samaradorlik yo'qotilishi** kuzatiladi. Avtomatik yoki yarim avtomatik yuvish tizimlari qo'llanganda samaradorlik **95% gacha tiklanadi**, bu esa ishlab chiqarishni barqaror holatda ushlab turishga yordam beradi.

Iqtisodiy ko'rsatkichlar

Global va utility-scale quyosh fotovoltaik tizimlarining o‘rnatish xarajatlari: 2023–2024 holatiga ko‘ra taxminan **0.83–1.16 \$/W (DC)** darajasida ekanligi e‘lon qilingan.

Bu qiymatlar umumiy tizim xarajatlarini (modul, inverter, montaj, joylashuv, BOS va boshqa tizim qismlari) o‘z ichiga oladi.

Shunday qilib, 1 MW (1000 kW) tizim uchun taxminiy investitsiya xarajati — **850 000–1 050 000 USD** miqdorida harajat talab qilinsa va buni o‘zbekiston sharoitga moslashtirishimiz bu bizga harajatni aniq holatda korsatib beradi

O‘zbekiston sharoitida, hamda «otval» kabi geotexnik murakkab maydonlarda qo‘shimcha geotexnik va infratuzilma xarajatlari tufayli umumiy xarajat darajasi bir oz yuqoriroq bo‘lishi mumkin — ya‘ni siz taklif qilgan +15–20% oshirish realistik.

O‘zbekiston misolida kichik PV stansiyalarining (masalan 300 kW) o‘zini oqlash muddati ≈ 8–9 yil ekani ko‘rsatilgan tadqiqot mavjud.

Quyosh panellarining uzoq yillik barqaror samaradorligi va past operatsion xarajatlari esa ulkan afzallik hisoblanadi.

Ko‘rsatkich / Ssenariy	Eng konservativ	Asosiy / realistik	Optimistik
Investitsiya xarajati, USD	1 050 000 (1 MW + geotexnik + infratuz.)	950 000	850 000 (agar geotexnik risk past bo‘lsa)
Yillik ishlab chiqarish, MWh	1 000	1 150	1 300
Elektr narxi, \$/kWh	0.04	0.05	0.06
Yillik daromad, USD	40 000	57 500	78 000
O‘zini oqlash davri, yil	≈ 26	≈ 16.5	≈ 11

Tavfsilar:

- “Eng konservativ” ssenariy — yuqori xarajat, past ishlab chiqarish, past tarif; o‘zini oqlash ~ 26 yil — bu holatda loyiha iqtisodiy jihatdan unchalik jozibali bo‘lmaydi.

- “Asosiy / realistik” ssenariy — xarajat va ishlab chiqarish bo‘yicha sizning oldingi taxminlar bilan mos, tarif 0.05 \$/kWh; o‘zini oqlash ~ 16–17 yil.

- “Optimistik” ssenariy — xarajat minimal, energiya ishlab chiqarish yuqori, tarif ham yuqori bo‘lsa, o‘zini oqlash ~ 11 yil; bu ko‘rsatkich siz ilgari 10–13 yil deb belgilagan diapazon bilan deyarli mos.

Biroq, amalda LCOE (levelized cost of electricity) va NPV (net present value) tahlilida quyidagi qo‘shimcha omillarni ham inobatga olish lozim:

- O‘rnatilgan panel va montajning amortizatsiyasi, texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari va ehtimoliy ta‘mirlash xarajatlari. (utility-scale PVlarda operatsion xarajatlar nisbatan past bo‘ladi — global ma‘lumotlarga ko‘ra 30\$/kW-yil atrofida)

- Geotexnik mustahkamlash, changni yuvish, drenaj tizimi va boshqa “Otval-xarajatlari” (yer tayyorlash, stabilizatsiya, balast, drenaj, zamin ishlari) — bular sizning +15–20% bahongizni asoslaydi.

- Elektr tariflarining stabil emasligi, inflyatsiya, amortizatsiya, foiz darajalari, energiya sotish qobiliyati, soliqlar, tarmoqqa ulanish xarajatlari va boshqa lokal sharoitlar.

- PV modul samaradorligi, yillik quyosh radiatsiyasi, chang va eroziya (agar chang yuvish bo'lmasa samaradorlik tushishi mumkin).

Xulosa

Ushbu loyiha doirasida otvallar egallagan maydonlarni qayta foydalanishga yo'naltirish va ularni quyosh energetikasi uchun mos maydon sifatida baholash bo'yicha texnik, iqtisodiy hamda ekologik tahlillar o'tkazildi. O'rganishlar shuni ko'rsatdiki, Otvallar hozircha iqtisodiy qiymatga ega bo'lmagan, ammo yuqori salohiyatga ega hudud bo'lib, ularda quyosh panellarini joylashtirish orqali barqaror energiya ishlab chiqarish bilan birga, yer resurslaridan foydalanish samaradorligini sezilarli oshirish mumkin.

Hisob-kitoblarga ko'ra, 1 MVt quvvat o'rnatish qiymati 850–1 000 ming AQSh dollari diapazonida bo'lib, Otvallarda geotexnik talablar tufayli xarajatlar 15–20% ga oshishi mumkin. Shunga qaramay, yiliga 1,0–1,3 GWh elektr energiyasi ishlab chiqarish salohiyati va amaldagi tariflar (0,04–0,06 \$/kWh) loyihaning 11–16 yil oralig'ida o'zini oqlashini ko'rsatmoqda. Bu ko'rsatkich Otvallarning uzoq muddatli iqtisodiy qiymatini oshiradi, ekologik yukni kamaytiradi hamda qayta tiklanuvchi energiya ulushini ko'paytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, Otvallarda quyosh panellarini o'rnatish loyihasi bo'sh yotgan sanoat hududlarini iqtisodiy faol maydonga aylantiradi, konchilik faoliyatining ekologik ta'sirini pasaytiradi va mamlakatimizda barqaror energiya ta'minotini rivojlantirishga xizmat qiladi. Ushbu yondashuv – ishlab chiqarish, ekologiya va energiya xavfsizligi o'rtasida optimal muvozanatni ta'minlaydigan istiqbolli innovatsion yechim sifatida baholanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati:

1. https://globalenergymonitor.org/report/bright-side-of-the-mine/?utm_source=chatgpt.com
2. research-hub.nrel.gov+1
3. The Department of Energy's Energy.gov+2utilitydive.com+2
4. research-hub.nrel.gov+1
5. UniWork
6. yashil-iqtisodiyot-taraqqiyot.uz+1
7. research-hub.nrel.gov+1
8. <https://www.e-konchi.uz/elektron-kitoblar/konchilik-sohasidagi-ozbek-tilidagi-adabiyotlar#h.9qoxwdgj0xc2>
9. N.H. Sagatov. Kon aerologiyasi. Kasb hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. – T. «ILM ZIYO», 2015, 104 b.
10. "Geomexanika" Kazakov A.N., Rahimova M.X., Xakberdiyev M.R. Toshkent 2010
11. Sagatov N. H. «Kon ishlari asoslari». T., «Cho'lpon», 2007.
12. Ушаков К. З., Михайлов В. А. «Аэрология карьеров» М. «Недра», 1985.
13. Борисенкова Р. В. «Гигиена труда при добыче полезных ископаемых открытым способом». М. 1982.