

TOG‘ JINSINI MASSIVDAN AJRATISH USULLARINING ILMIY-NAZARIY ASOSLARI VA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARI*Ismatillayev Navro‘zbek Abdujabbor o‘g‘li¹**Isakulov Farruxjon Umarjon o‘g‘li²*¹ *Olmalik davlat texnika instituti “Konchilik ishi” kafedrası assistenti*² *Olmalik davlat texnika instituti “Konchilik ishi” kafedrası assistenti*navrozbekismatillayev2021@gmail.comfsakulovf@gmail.com**Annotatsiya**

Ushbu maqolada tog‘ jinslarini massivdan ajratish jarayonining ilmiy-nazariy asoslari va zamonaviy texnologik yechimlari kompleks tahlil qilingan. Tog‘ jinslari massivining fizik-mexanik xossalari, kuchlanish-holatlari, yoriqlanganlik darajasi hamda energiya taqsimoti ajratish jarayonining samaradorligini belgilovchi asosiy omillar sifatida ko‘rib chiqilgan. An‘anaviy burg‘ilash–portlatish usullari bilan bir qatorda portlovchisiz mexanik, gidravlik, kimyoviy va elektrofizik ajratish texnologiyalarining ishlash mexanizmlari, qo‘llanish sharoitlari, afzallik va cheklovlari ilmiy manbalar asosida tahlil qilingan. Xususan, yuqori bosimli suv oqimi, kengayuvchi kimyoviy aralashmalar, kislotalar va sirt faol moddalar yordamida tog‘ jinsini ajratish jarayonlarining fizik-kimyoviy mohiyati yoritilgan. Shuningdek, portlatish jarayonida yuzaga keladigan seysmik tebranishlar, ekologik ta’sirlar va xavfsizlik muammolari muqobil texnologiyalar bilan qiyosiy baholangan. Maqolada tog‘ jinsini massivdan ajratish usullarining energiya samaradorligi, ekologik xavfsizligi va jarayonni boshqarish imkoniyatlari bo‘yicha solishtirma tahlil berilgan.

Kalit so‘zlar: tog‘ jinslarini massivdan ajratish, portlatish texnologiyasi, mexanik qazish, gidravlik ajratish, kimyoviy ajratish usullari, kengayuvchi materiallar, sirt faol moddalar, elektrofizik usullar, energiya samaradorligi, ekologik xavfsizlik, konchilik texnologiyalari

Abstract

This paper presents a comprehensive analysis of the scientific and theoretical foundations as well as modern technologies for rock mass breakage in mining and underground construction. The physical and mechanical properties of rock masses, in-situ stress conditions, degree of fracturing, and energy distribution are examined as the key factors governing the efficiency of the breakage process. Alongside conventional drilling-and-blasting methods, non-explosive mechanical, hydraulic, chemical, and electrophysical rock breakage technologies are systematically reviewed, with particular emphasis on their mechanisms of action, application conditions, advantages, and limitations. Special attention is given to high-pressure water jetting, expansive

chemical agents, acid-based weakening techniques, and surfactant-assisted rock breakage, highlighting their physical and chemical principles. Furthermore, the environmental impacts, seismic effects, and safety issues associated with blasting operations are critically compared with alternative non-explosive methods. A comparative evaluation of rock breakage technologies is provided based on energy efficiency, environmental safety, and process controllability.

Keywords: rock mass breakage, blasting technology, mechanical excavation, hydraulic rock breakage, chemical rock breaking methods, expansive agents, surfactants, electrophysical methods, energy efficiency, environmental safety, mining technologies

Konchilik sanoatida kon qazish ishlari tobora chuqurlashib va murakkablashib bormoqda. Bu esa kon qazib olish xarajatlari salmog'ini kamaytirish uchun ilmfanning zamonaviy yutuqlarini ishlab chiqarishga joriy etishni, ilg'or texnologiyalar va texnik vositalardan samarali foydalanishni, shuningdek kon ishlarini loyihalash va olib borishda yangi ilmiy-texnik yechimlarni qo'llashni taqozo etadi.

Ayniqsa, tog' jinslari massivining fizik-mexanik xossalarini chuqur o'rganish, qazish va ajratish jarayonlarini optimallashtirish, energiya va material sarfini qisqartirish, mehnat unumdorligini oshirish hamda ishchilar xavfsizligini ta'minlash bugungi kunda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, portlatish ishlari texnologiyasini takomillashtirish, portlovchisiz yoki kam energiyali buzish usullarini joriy etish, shuningdek mexanik, gidravlik va elektrofizik usullarni kompleks qo'llash konchilik sanoatining barqaror rivojlanishini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Tog' jinslarini massivdan ajratish jarayoni asosiy ishlab chiqarish jarayonlaridan biri hisoblanadi. Tog' jinslarini massivdan ajratish jarayoni konchilik, tunnel qurilishi va geologik qazish ishlarining markaziy bosqichlaridan biridir, chunki u tog' jinsining fizik-mexanik, geologik va geometrik xossalari bilan chambarchas bog'liq bo'lgan murakkab geomexanik jarayondir [1]. Olimlar tog' jinslarini massivdan ajratish jarayonini baholashda tog' jinsi massivi mustahkamligi, birlamchi yoriqlanish va energiya taqsimoti kabi omillarni inobatga oladi; bu esa keyingi qazib olish, tashish va qayta ishlash jarayonlarining samaradorligini belgilaydi [2]. Tog' jinslarini massivdan ajratish jarayoni nafaqat qazib olinadigan material hajmini oshirish, balki ishchilar xavfsizligi, energiya samaradorligi va atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish kabi texnik-iqtisodiy va ekologik talablarni bajarishda ham muhim ahamiyatga ega [3].

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, tog' jinslarini massivdan ajratish jarayonida portlash, mexanik yoki portlovchisiz ajratish usullaridan qaysi biri tanlansa, jinsning elastik va plastiklik xatti-harakati, mikro- va makroyoriqlarining paydo bo'lishi va rivojlanish mexanizmi bilan bevosita bog'liq [2]. Shu sababli, jarayonni ilmiy-nazariy

asoslarda tahlil qilish va turli texnologik usullarni mos tanlash orqali portlatish xavfini kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va kon ishlari samaradorligini oshirish mumkin.

So‘nggi yillarda massivdan ajratish jarayonida hosil bo‘lgan maydalanish sifatini bashoratlash va optimallashtirish uchun zamonaviy **raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt** usullaridan foydalanish kengaymoqda. Bu esa geomexanik xususiyatlar, portlash parametrlari va bo‘laklanish natijasi o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlikni chuqur o‘rganishga imkon beradi [4]. Shu bilan birga, mexanik va gidroyorish usullari portlatish imkoniyati cheklangan yoki ekologik talablar yuqori bo‘lgan hududlarda samarali ishlatiladi [5].

Tog‘ jinslarini massivdan ajratish jarayonini chuqur ilmiy-nazariy asoslar bilan tahlil qilish, samarali texnologik echimlarni ishlab chiqish va amaliyotda qo‘llash — zamonaviy konchilik tadqiqotlarining dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Kon lahimlarini o‘tish yer osti konchilik ishlarining asosiy jarayonlaridan biri bo‘lib, foydali qazilma konlarini ochish va ularni ekspluatatsiyaga tayyorlash uchun amalga oshiriladi. Konni ochish va tayyorlov ishlari uchun sarflanadigan xarajatlar konchilikning iqtisodiy samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi, ayniqsa chuqur yotgan konlarda va murakkab geologik sharoitlarda. Yuqori o‘tish tezligiga faqat qazish jarayoni maksimal darajada mexanizatsiyalangan taqdirdagina erishish mumkin [6].

Bu esa kompleks mexanizatsiyani talab etadi, ya’ni qazish maydonida qo‘llaniladigan barcha mashina va jihozlarni tanlash faqat kon-geologik sharoitlargagina emas, balki ularning texnik va konchilik parametrlarining o‘zaro bog‘liqligiga ham asoslanishi lozim

Tog‘ jinslarini massivdan ajratish, ya’ni qazish jarayoni, lahim o‘tish yoki foydali qazilmalarni qazib olish jarayonidagi texnologik operatsiyalar ketma-ketligining birinchi bosqichi hisoblanadi. Shu sababli u konchilikdagi asosiy jarayonlardan biri sanaladi. Ushbu jarayon faqat konchilikda emas, balki qurilish ishlarida — qazishlar, tunnel qurilishi va boshqa sohalarda ham keng qo‘llaniladi.

Qazishni tog‘ jinslarini massivdan ajratish jarayoni sifatida ta’riflash uning mohiyatini to‘liq aks ettirmaydi, chunki bu holda qazish faqat tog‘ jinslarini buzishning fizik jarayoni sifatida qaralishi mumkin. Aslida esa, tog‘ jinslarini buzish energiya almashinuvi bilan bog‘liq jarayon hisoblanadi.

Amaliyotda keng qo‘llaniladigan va umumiy e’tirof etilgan qazish usullari an’anaviy usullar deb ataladi. Ular quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- portlatish orqali tog‘ jinslarini qazib olish (an’anaviy qazish);
 - mexanik qazishning eng keng tarqalgan usullari, jumladan: kesish; frezalash (kesishni ham o‘z ichiga oladi); kesish barqarorligiga asoslangan qazish (aylanma burg‘ilash); zarbali barqarorlikka asoslangan qazish (zarbali burg‘ilash);

kesish va zarbali ta'sirni birlashtirgan qazish (aylanma-zarbali burg'ilash); statik yuk ta'siriga asoslangan qazish (rolikli burg'ilash).

Boshqa mexanik qazish usullari noan'anaviy usullar sifatida qaraladi. Ularga quyidagilar kiradi:

- statik ezish va aylantirish asosida diskli (simmetrik va assimetrik) dastgohlar bilan qazish;
- assimetrik diskli asboblarda yordamida statik bosim yo'nalishida pastdan kesib qazish.

Noan'anaviy usullarga, shuningdek, mexanik bo'lmagan usullar ham kiradi:

- yuqori bosimli suv oqimi bilan qazish;
- yuqori energiyali gaz oqimi (kesish mash'alalari) yordamida qazish;
- yuqori chastotali tok(kuchlanish)lar yordamida qazish;
- elektro-gidrodinamik qazish;
- kengayuvchi materiallar yordamida tog' jinslarini yorish.

Mustahkam va o'ta mustahkam tog' jinslarida portlatish orqali qazib olish eng keng qo'llaniladigan va texnik-iqtisodiy jihatdan asoslangan usul hisoblanadi [7]. Brady va Brownlar ta'kidlashicha, tog' jinslari massivi – bu faqat alohida jins namunasi emas, balki kuchlanish holatida bo'lgan murakkab muhandislik-geologik tizimdir. Shu sababli portlatish orqali jinsni massivdan ajratish jarayoni oddiy buzish emas, balki massivning tabiiy kuchlanish muvozanatini sun'iy ravishda buzish jarayoni sifatida qaraladi.

Portlatish paytida portlovchi modda energiyasi qisqa vaqt ichida:

- yuqori amplitudali zarba to'lqinlari;
- portlash mahsulotlarining gaz bosimi;
- jins ichida tezkor deformatsiyalar ko'rinishida tog' jinslari massiviga uzatiladi.

Ushbu jarayon jinsning tabiiy mustahkamlik chegarasidan oshib ketuvchi kuchlanishlarni hosil qiladi va natijada tog' jins massivdan ajraladi.

Portlatish samaradorligi jinsning mustahkamligiga emas, balki tog' jinslari massivining kuchlanish-holatiga va yoriqlanganlik darajasiga bog'liq[7].

Persson, Holmberg va Lee portlatish jarayonini portlovchi modda energiyasining qisqa vaqt ichida ajralishi natijasida hosil bo'ladigan zarba (kuchlanish) to'lqinlari va portlash gazlari bosimining birgalikdagi ta'siri sifatida izohlaydilar. Mualliflarning ta'kidlashicha, dastlabki bosqichda zarba to'lqinlari tog' jinsida radial va halqasimon yoriqlarni hosil qiladi, keyingi bosqichda esa portlash gazlari ushbu yoriqlarni kengaytirib, jinsning massivdan ajralishini ta'minlaydi. Bu mexanizm ayniqsa yuqori mustahkamlikka ega va kam yoriqlangan jinslarda portlatish usulining samaradorligini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi.

Tog' jinsini massivadan portlatish usuli bilan ajratib qazib olishning afzalliklari haqida portlatish usuli bir vaqtning o'zida katta hajmdagi tog' jinsini parchalash

imkonini berishi qayd etilgan. Mualliflar portlovchi moddalarning energiya zichligi mexanik qazish vositalariga nisbatan bir necha barobar yuqori ekanligini ko'rsatib, bu holat katta qazish hajmlarida portlatishning ustunligini ta'minlashini asoslaydilar. Portlatish granit, diabaz, bazalt, ohaktosh kabi yuqori siqilish mustahkamligiga ega jinslarda eng samarali usul sifatida baholanadi. Mexanik usullar bunday sharoitlarda tez yeyilishi va energiya sarfining oshishi sababli iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emasligini ta'kidlaydi.

Kamchiliklari sifatida esa portlatish natijasida qazish konturidan tashqarida darzlangan hudud hosil bo'lishini asosiy kamchiliklardan biri sifatida qayd etadilar. Bu hudud keyinchalik kon bosimi va mustahkamlash ishlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Portlatish ishlari paytida yuzaga keladigan tebranishlar yaqin joylashgan inshootlar va yer osti lahimlariga zarar yetkazishi mumkin. Tebranish darajasi portlovchi modda miqdori va portlatish sxemasiga bevosita bog'liqligi ko'rsatilgan.

Yer osti konchiligida portlatish ishlari chang, CO va NO₂ gazlari ajralishi bilan kechadi. Mualliflar bu holat shamollatish tizimiga yuqori talablar qo'yishini va ishchi xavfsizligiga tahdid tug'dirishini ta'kidlaydilar. Tog' jinslarini portlatish usuli bilan massivdan ajratish yuqori samaradorlikka ega bo'lsa-da, atrof massivga zarar yetkazish, tebranish va ekologik omillar bilan cheklanadi. Shu sababli portlatish texnologiyasini tanlashda tog'-geologik sharoitlar, xavfsizlik va iqtisodiy ko'rsatkichlar kompleks tarzda baholanishi zarur [8].

Gidroenergiya yordamida tog' jinsini massivdan ajratish usuli yuqori bosimli suv oqimining tog' jinsiga yo'naltirilgan holda ta'sir etishiga asoslanadi. Ushbu jarayonda suv oqimining kinetik energiyasi jins yuzasida kuchlanishlar hosil qiladi, yoriqlarni kengaytiradi va zarralarning massivdan ajralishiga olib keladi. Summers (1995) ta'kidlaganidek, gidravlik ajratish jarayoni asosan eroziya, yuvish va mikro-yoriqlarni rivojlantirish mexanizmlari orqali amalga oshadi.[9].

Bu usul portlatishsiz qazib olish texnologiyalari qatoriga kirib, ayniqsa mexanik va portlatish usullarini qo'llash cheklangan sharoitlarda muhim ahamiyat kasb etadi.

Gidroenergiya usulining eng muhim afzalligi — portlovchi moddalardan foydalanilmasligidir. Bu holat ishchi xavfsizligini oshiradi va portlatish bilan bog'liq seysmik tebranishlar, zarba to'lqinlari hamda atrof massivning zararlanishini istisno qiladi [8].

Gidroenergiya usulining kamchiligi esa gidroenergiya usuli yuqori siqilish mustahkamligiga ega (granit, bazalt, diabaz) jinslarda juda katta bosim va energiya talab qiladi. Bu esa texnologiyani iqtisodiy jihatdan samarasiz qiladi [8, 9]. Shuningdek, yuqori bosimli suv oqimi nasoslar, quvurlar va injektorlarining tez yeyilishiga olib keladi. Bu ekspluatatsion xarajatlarning oshishiga sabab bo'ladi [9].

Ilmiy adabiyotlarda gidroenergiya yordamida massivdan ajratish usuli quyidagi sharoitlarda maqsadga muvofiq deb ko'rsatiladi:

- tog' jinsining past yoki o'rtacha mustahkamlikka ega bo'lishi;
- suvga to'yingan yoki bo'sh strukturalangan jinslar mavjudligi;
- portlatish ishlari taqiqlangan yoki cheklangan hududlar (aholi punktlari, sanoat inshootlari yaqinida);
- selektiv qazib olish talabi yuqori bo'lgan konlar;
- ochiq konlar, gidromexanizatsiyalashgan konlar va ko'mir konlarida qo'llash.

Zamonaviy konchilik va yer osti inshootlari qurilishida tog' jinslarini massivdan ajratishning xavfsiz, ekologik toza va nazorat qilinadigan texnologiyalariga bo'lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. An'anaviy burg'ilash–portlatish usullari yuqori darajadagi tebranish, shovqin, seysmik ta'sir va zararli gazlar ajralishi bilan tavsiflanadi, bu esa zich shahar hududlari hamda mavjud muhandislik inshootlari yaqinida ularning qo'llanilishini sezilarli darajada cheklaydi [10, 11].

So'nggi ilmiy tadqiqotlar portlatish jarayonida yuzaga keladigan seysmik to'lqinlar va dinamik yuklamalar atrof-muhitga, inshootlar barqarorligiga hamda ishchi-xodimlar xavfsizligiga salbiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi [12]. Shu sababli portlashsiz, jumladan kimyoviy moddalar asosida tog' jinsini ajratish texnologiyalari konchilik va yer osti qurilishi sohasida ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hamda istiqbolli yo'nalish sifatida qaralmoqda [13,14].

Tog' jinslarini kimyoviy moddalar yordamida massivdan ajratish usullari zamonaviy konchilik va yer osti inshootlari qurilishida portlatish texnologiyalariga muqobil yo'nalish sifatida shakllanib bormoqda. Ilmiy adabiyotlarda ushbu usullar tog' jinsining mexanik mustahkamligini kimyoviy reaksiyalar orqali kamaytirishga asoslangan texnologiyalar majmui sifatida tavsiflanadi. Ularni tasniflash, avvalo, ta'sir mexanizmi, reagentlarning kimyoviy tabiati hamda texnologik vazifasi asosida amalga oshiriladi [10, 11].

Kengayuvchi kimyoviy moddalar suv bilan reaksiyaga kirishganda hajman kengayib, tog' jinsida yuqori radial bosim hosil qiladi. Hosil bo'ladigan bosim qiymati ko'pincha tog' jinsining cho'zilish mustahkamligidan yuqori bo'lib, natijada massiv ichida nazorat qilinadigan yoriqlar tizimi shakllanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, bunday agentlar yordamida 5–30 MPa gacha kengayish bosimini hosil qilish mumkin bo'lib, bu portlatishsiz, tebranishsiz va seysmik ta'sirsiz ajratishni ta'minlaydi [13]. Shu sababli mazkur usullar shahar hududlari, yer osti lahimlari va mavjud inshootlar yaqinida olib boriladigan kon ishlari uchun eng maqbul texnologiya sifatida qaraladi.

Ikkinchi muhim guruh kislotali kimyoviy zaiflashtirish usullarini o'z ichiga oladi. Bu texnologiyalar tog' jinsining mineral tarkibiga selektiv kimyoviy ta'sir ko'rsatish orqali uning ichki strukturaviy yaxlitligini buzishga asoslanadi. Kislotalar,

xususan gidrofluorik va xlorid kislotalar, silikat, karbonat va gil minerallari bilan reaksiyaga kirishib, ularning kristall panjarasini qisman yemiradi yoki eritadi. Natijada tog' jinsining siqilish va cho'zilish mustahkamligi sezilarli darajada kamayadi. Ilmiy manbalarda bunday kimyoviy ta'sir natijasida mustahkamlik ko'rsatkichlari 20–60 % gacha pasayishi mumkinligi qayd etilgan bo'lib, bu keyingi mexanik yoki texnologik ajratish jarayonlarini ancha osonlashtiradi [14].

Kimyoviy usul bilan tog' jinsini massivdan ajratishning yana bir alohida yo'nalishini sirt faol moddalar asosidagi texnologiyalar tashkil etadi. Ushbu moddalar tog' jinsining sirt energiyasini kamaytirib, suyuqliklarning mikro yoriqlar bo'ylab chuqurroq kirib borishini ta'minlaydi va kapillyar ta'sirlarni kuchaytiradi. Natijada jins ichida mavjud mikrodarzlilar faol rivojlanib, yorilish jarayoni tezlashadi. Ilmiy tadqiqotlarda sirt faol moddalar ko'pincha mustaqil ajratish vositasi sifatida emas, balki burg'ilash, kesish va maydalash jarayonlarining energiya sarfini kamaytiruvchi yordamchi texnologiya sifatida baholanadi [15].

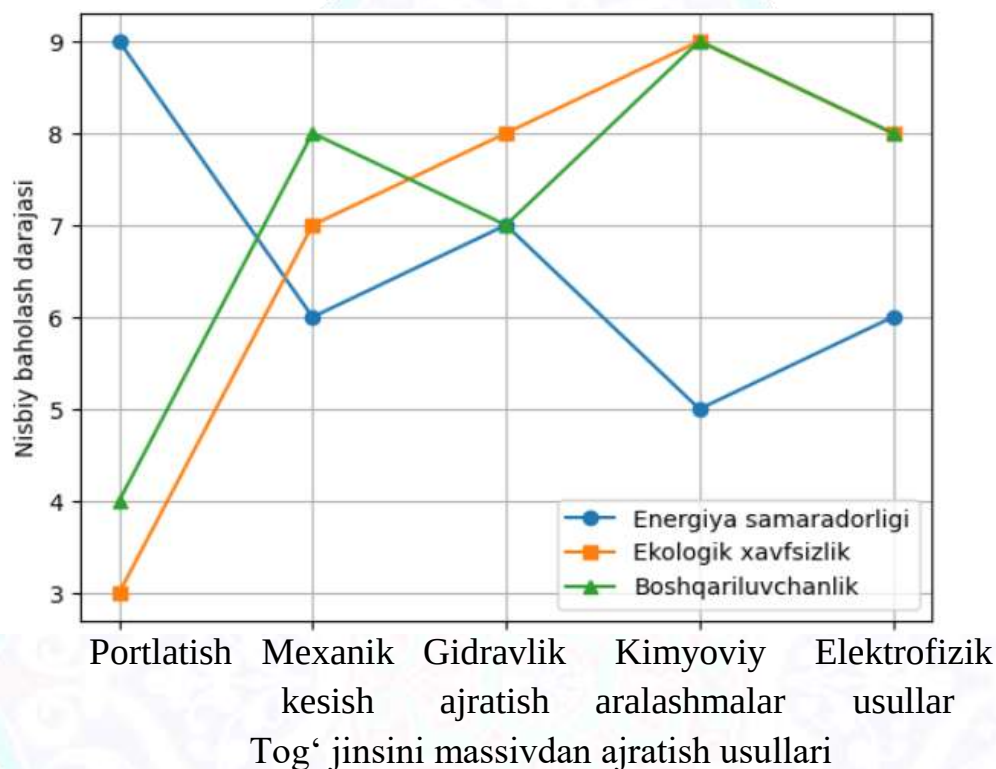
Umuman olganda, kimyoviy usul bilan tog' jinsini massivdan ajratish usullarining ilmiy asoslangan tasnifi ularning texnologik imkoniyatlarini tizimli baholash, portlatish usullari bilan solishtirganda ustun va zaif tomonlarini aniqlash hamda aniq kon-geologik sharoitlar uchun optimal ajratish texnologiyasini tanlashda muhim nazariy va amaliy ahamiyat kasb etadi

Kimyoviy moddalar yordamida tog' jinslarini massivdan ajratish usullarining afzalliklari shundaki, hozirgi vaqtda zamonaviy konchilik va yer osti inshootlarida portlatish texnologiyalariga muqobil sifatida keng qo'llanilmoqda. Ushbu usullarni tanlashda afzallik va kamchiliklarini ilmiy baholash muhim ahamiyatga ega, chunki ular texnologik samaradorlik, xavfsizlik va ekologik barqarorlikni belgilaydi [10, 11].

Portlamasdan kengayuvchi kimyoviy aralashmalar bilan tog' jinsini massivdan ajratish ishlarida, jarayon portlashsiz va shovqinsiz amalga oshirilib, shahar hududlari va yer osti inshootlari uchun mos, seismik ta'sir minimal, xavfsizlik yuqori, mustahkamlik yuqori bo'lgan jinslarda ham samarali, texnologik jarayon nazorat qilinadi, yoriqlar hosil bo'lishi prognoz qilinadi. Kamchiliklari: reaksiya sekin, ayrim jinslarda yoriqlar hosil bo'lishi bir necha soat yoki kun oladi, aralashma tayyorlash murakkabligi, yuqori samaradorlik uchun to'g'ri hajm va kontsentratsiya talab qilinadi [13].

Kimyoviy ajratish usullari portlatish texnologiyalariga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: xavfsizligi yuqori, ekologik toza, seysmik ta'sir minimal va jarayon nazorat qilinadi. Shu bilan birga, har bir usulning kamchiliklari mavjud: reaksiyaning sekinligi, reagent narxi, ekologik va xavfsizlik talablariga rioya qilish zarurati. Ilmiy va amaliy tadqiqotlar ushbu afzallik va kamchiliklarni hisobga olib, tog' jinsini ajratishda optimal texnologiyalarni tanlash imkonini beradi [10,14].

Yuqoridagi tahlillar asosida Tog' jinsini massivdan ajratish jarayonida qo'llaniladigan texnologiyalar samaradorligini baholashda ularning energiya sarfi, ekologik xavfsizligi va jarayonni boshqarish imkoniyatlari muhim mezon hisoblanadi. Shu sababli 1-rasmدا tog' jinsini massivdan ajratishning asosiy usullari ushbu ko'rsatkichlar bo'yicha nisbiy baholash asosida solishtirildi.



1-rasm. Tog' jinsini massivdan ajratish usullarining umumiy solishtirma imkoniyatlari

Tog' jinslarini massivdan ajratish usullarini tanlashda faqat energiya samaradorligi emas, balki ekologik xavfsizlik va jarayonning boshqariluvchanligi ham hal qiluvchi ahamiyatga ega. Zamonaviy konchilikda portlatish usullari yuqori unumdorlikka ega bo'lsa-da, portlovchisiz mexanik, gidravlik, kimyoviy va elektrofizik texnologiyalar chuqur konlar va murakkab geologik sharoitlarda tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kononenko M., Khomenko O. New theory for the rock mass destruction by blasting // Mining of Mineral Deposits. – 2021. – Vol. 15, No. 2. – bb. 111–123.
2. Lan R., Cheng R., Zhou Z. et al. Damage and Fragmentation of Rock Under Multi-Long-Hole Blasting with Large Empty Holes // Rock Mechanics and Rock Engineering. – 2024. – Vol. 57. – bb. 7603–7622.
3. Ariffin M.A.M., Subki M.H.M., Abdullah A.R. et al. Engineering Performance of Data-Driven Powder Factor Optimization in Tunnel Blasting Under Complex Geological Conditions // Geosciences. – 2024.
4. Gebretsadik A., Kumar R., Fissaha Y. et al. Enhancing rock fragmentation assessment in mine blasting through machine learning algorithms: a practical approach // Discover Applied Sciences. – 2024. – Vol. 6, Art. 223.
5. Zhao Y., Zhang Y., Wang W. Hydraulic Fracturing and Rock Mechanics. – Elsevier, 2023. – 430 b.
6. Kotwica, K., Stopka, G. Methods of Mechanical Mining of Compact-Rock—A Comparison of Efficiency and Energy Consumption. Energies, 2019, 12(18), 3562-b.
7. Brady, B.H.G., Brown, E.T. Rock Mechanics for Underground Mining. 3rd ed., Springer, 2006.
8. Persson, P.-A., Holmberg, R., Lee, J. (1994). Rock Blasting and Explosives Engineering. CRC Press, Boca Raton. 211-215-b.
9. Summers, D.A. Waterjetting Technology. CRC Press, 1995.
10. Zhang Y., Zhou J., Wu S. Rock breakage without explosives: A review of non-explosive demolition agents. Construction and Building Materials, 2022.
11. Habib, K.-M., Shnorhokian, S., Mitri, H. Evaluating the Application of Rock Breakage without Explosives in Underground Construction—A Critical Review of Chemical Demolition Agents. Tunnelling and Underground Space Technology, 2023.
12. Khandelwal M., Singh T.N. Prediction of blast-induced ground vibration using artificial neural networks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2009.
13. Huynh T., Ngo T. Expansive cement-based materials for rock and concrete fracturing. Journal of Materials in Civil Engineering, 2019.
14. Zhou X., Xia K. Chemical weakening mechanisms of rocks under acid environments. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2019.
15. Liu Q. et al. Effect of surfactants on drilling and cutting performance of hard rocks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2018.
16. Soxibov I. Y., Ismatillayev N. A. YER OSTI KONCHILIK ISHLARIDA KON LAHIMLARINI BURG ‘ILASH VA PORTLATISH USULI YORDAMI

- BILAN O 'TISH ISHLARINI TAKOMILLASHTIRISH //AMERICAN JOURNAL OF EDUCATION AND LEARNING. – 2025. – T. 3. – №. 5. – С. 604-610.
17. Тургунов Ф.Ф., Исакулов Ф.У. ТУРЛИ ХИЛ ТАРКИБЛИ МАССИВЛАРДА ПОРТЛАТИШ ИШЛАРИ САМАРАДОРЛИГИ ТИХЛИЛИ (АНГРЕН КО 'МИР КОНИ ШАРОИТИДА) //АМЕРИКАНСКИЙ ЖУРНАЛ ОБРАЗОВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ. – 2025. – Т. 3. – №. 3. – С. 88-92.
18. Хасанов О.А., Исакулов Ф.У. УЗГАРУВЧАН ХОССАЛИ ТОГЪ ДЖИНСИ МАССИВЛАРИДА ПОРТЛАТИШ ИШЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ //АМЕРИКАНСКИЙ ЖУРНАЛ ОБРАЗОВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ. – 2025. – Т. 3. – №. 6. – С. 643-649.
19. Тургъунов Ф.Ф., Исакулов Ф.У. МЕКСАНИЗАЦИЯЛАШГАН МУСТАКСАМЛАШ ВОСИТАЛАРИНИ «УЗБЕККО'МИР» АЖ ГА КАРАШЛИ АНГРЕН 9-ШАКСТА МИСОЛИДА КО'ЛЛАШНИ АСОСЛАШ //АМЕРИКАНСКИЙ ЖУРНАЛ МНОГОПРОФИЛЬНОГО БЮЛЛЕТЕНЯ. – 2025. – Т. 3. – №. 2. – С. 33-41.
20. Isakulov F. U., Sag'dullayev A. A. TOG 'JINSLARINI MAYDALASHDA PORTLASH IMPULSINI BOSHQARISH //PEDAGOG. – 2025. – Т. 8. – №. 6. – С. 215-218.
21. Ismatillayev N. A. YER OSTI KONCHILIK ISHLARIDA BOSHI BERK KON LAHIMLARINI SHAMOLLATISH ISHLARI SAMARADORLIGIGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR TAHLILI //AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN. – 2024. – Т. 2. – №. 4. – С. 97-102.
22. Abdujabbor o'g I. N. et al. TOG'JINSI MASSIVINI GIDROENERGIYA YORDAMIDA MUSTAHKAMLIGINI KAMAYTIRISH TEXNOLOGIYALARI TAHLILI //Modern education and development. – 2025. – Т. 27. – №. 3. – С. 264-272.