



**TOG' JINSI MASSIVINI GIDROENERGIYA YORDAMIDA
MUSTAHKAMLIGINI KAMAYTIRISH TEXNOLOGIYALARI TAHLILI**

Ismatillayev Navro'zbek Abdujabbor o'g'li

I.Karimov nomidagi TDTU Olmaliq filiali assistenti

Boboxolov Sarvar O'tkirjon o'g'li

I.Karimov nomidagi TDTU Olmaliq filiali 3b-23 YOKI guruhi talabasi

navrozbekismatillayev2021@gmail.com

Annotatsiya: mazkur maqolada tog' jinslarini gidravlik bosim ostida zaiflashtirish va maydalash texnologiyalarining zamonaviy turlari tahlil qilinadi. Gidroimpuls, gidrodarzlanish va suv bilan oldindan zaiflashtirish kabi usullarning fizik-mexanik prinsiplari, qo'llash sohalari hamda ekologik va texnologik afzalliklari ko'rsatib beriladi. Xususan, sirt faol moddalarning (SFM) suv bilan kombinatsiyasida jinslarning sirt energiyasi kamayib, mikrodarzlanish va zaiflashish jarayonlari jadallashishi tahlili qilindi. Laboratoriya va sanoat tajribalari natijalari asosida bu usullar portlovchi modda sarfini kamaytirish, chang va zararli gaz chiqishini pasaytirish, xavfsizlik va qazib olish samaradorligini oshirish uchun istiqbolli yechim ekani asoslanadi.

Kalit so'zlar: gidravlik bosim, tog' jinslari, sirt faol moddalar, portlatish samaradorligi, mikrostrukturaviy darzlanish, chang chiqishi.

Annotation: This article analyzes modern technologies for weakening and crushing rock masses under hydraulic pressure. The physical and mechanical principles, areas of application, as well as the ecological and technological advantages of methods such as hydro-impulse, hydraulic fracturing, and pre-weakening with water are presented. In particular, the combination of surfactants (SFM) with water reduces the surface energy of rocks and intensifies the processes of microcracking and weakening. Based on laboratory and industrial experiments, it is substantiated that these methods offer a promising solution to reduce explosive



consumption, decrease dust and harmful gas emissions, and enhance safety and extraction efficiency in mining operations.

Keywords: *hydraulic pressure, rock masses, surfactants, blasting efficiency, microstructural fracturing, dust emission*

Yer osti konchilik ishlarida tog' jinslarining fizik-mexanik mustahkamligi — kon maydonlarini o'zlashtirish, qazish, burg'ilash va portlatish jarayonlarining eng muhim cheklovchi omillaridan biridir. Ayniqsa, mustahkam tog' jinslarida bu jarayonlar ko'p energiya talab etadi, yuqori kuchlanishli uskunalardan foydalanishni, shuningdek, portlovchi moddalarning ortiqcha miqdorda sarflanishini taqozo etadi. Natijada nafaqat texnologik xarajatlar oshadi, balki ekologik xavf-xatarlar, xususan, zararli gazlar ajralishi, chang ko'tarilishi va tebranishlar orqali atrof-muhitga salbiy ta'sirlar kuchayadi.

So'nggi yillarda konchilik sanoatida kon massividagi tog' jinslarini dastlabki bosqichda zaiflashtirishga qaratilgan ilg'or texnologiyalar joriy etilmoqda. Ular orasida gidroenergetik usullar, xususan gidravlik darzlanish impulsli suv purkash kabi texnologiyalar o'zining ekologik xavfsizligi, energiya tejamlorligi va yuqori samaradorligi bilan ajralib turadi. Bu usullar orqali tog' jinsi sirtiga mexanik ta'sir o'tkazmasdan, faqat bosimli suyuqlik vositasida ichki tuzilmasini zaiflashtirish mumkin.[1. 122-145]

Gidroenergiya yordamida jinsni zaiflashtirishning nazariy asosi — Rehbinder effekti va suyuqlik bilan induksiylangan darzlanish mexanizmlariga tayanadi. Bu jarayonda suvning yuqori bosimda jins strukturasi ichiga kirib borishi orqali mavjud mikrodarzlar kengayadi, yangi darzlar hosil bo'ladi va jinsning ichki bog'lanish kuchlari sezilarli darajada kamayadi. Shu bilan birga, jinslarning elastik va mustahkamlik parametrlarida izchil o'zgarishlar sodir bo'ladi. [2. 10-28].

Empirik va nazariy tadqiqotlar, jumladan Zang, Zimmermann, Amann va boshqalar tomonidan olib borilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, 25–50 MPa oralig'idagi gidrostatik yoki impulsli bosim ostida tog' jinslarining strukturaviy yaxlitligi 30–50% gacha kamayadi, bu esa portlovchi moddalarning kamaytirilgan miqdorda ham yuqori destruktiv ta'sir ko'rsatishiga olib keladi.



Shu jihatdan, mazkur maqolada tog' jinsi massivining gidroenergiya yordamida mustahkamligini kamaytirish texnologiyasining nazariy asoslari, amaliy imkoniyatlari va sanoatdagi tatbiq etish istiqbollari tahlil qilindi. Bu texnologiya kon qazish ishlari samaradorligini oshirish, texnik xavfsizlikni mustahkamlash va atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirishda muhim yechim bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Metodika

2.1. Gidroenergetik ta'sir turlarining tavsifi va ularni qo'llash mexanizmlari

Tog' jinslarining mustahkamligini kamaytirish bo'yicha eksperimental ishlar quyidagi to'rt xil gidroenergiya asosidagi ta'sir turlari asosida olib borildi:

a) Gidravlik yorilish(darzlanish)

Bu usulda tog' jinsi massiviga oldindan burg'ulangan skvajina orqali yuqori bosimli suv (yoki gidravlik suyuqlik) kiritiladi. Suv bosimi jinsning ichki qarshiligidan oshganda, mavjud mikrodarzlilar kengayadi va yangi darzlar hosil bo'ladi. [1. 122–125]

Darz hosil bo'lish bosqichini darz boshlanishi (statik elastik deformatsiya chegarasining ortishi) va darz rivojlanishi(to'plangan bosimning jins strukturaviy bog'lanishini yengib o'tishi) bilan tavsiflanadi. [2. 89-91]

b) Impulsli suv purkash

Bu usulda qisqa vaqt oralig'ida juda yuqori tezlikdagi suv zarbasi jins sirtiga yo'naltiriladi. Zarbaning kinetik energiyasi jins sirtida kesish va urish kuchlari hosil qiladi, bu esa yuzaki va chuqur darzlanishlarni vujudga keltiradi. Afzalliklari:

Sirtni mexanik zararsiz kesish;

Mos ravishda kam chang ajralishi. [3. 152–156].

Doimiy bosimli suv tahlili

Bu usulda 10–50 MPa oralig'idagi doimiy bosimli suv oqimi jinsga uzoq muddatli ta'sir ko'rsatadi. Bu orqali jinsning suvga to'yintirilishi, kapillyar darzlarning kengayishi va strukturaviy zaiflashuvi kuzatiladi. Bosim qiymatlari selektiv ravishda tanlandi:

10 MPa — yumshoq karbonatli jinslar uchun;



30 MPa — oʻrta zichlikdagi ohaktosh;

50 MPa — zich granit uchun. [4. 14–21-b].

e) Sirt faol moddalarning qoʻshilishi jinsning sirt energiyasini kamaytirib, mikrodarzlarni kuchaytiradi, suvning kirib borish tezligini oshiradi va jinsning umumiy mustahkamligini 40–55% gacha kamaytiradi. SFM bilan boyitilgan gidravlik taʼsir portlovchi modda sarfini kamaytirish, burgʻilash osonligini oshirish va portlatish samaradorligini kuchaytirishda muhim texnologik yechimdir.

2.2. Tajriba materiallari va ularning fizik-mexanik xossalari

Eksperimental sinovlar uchun tanlab olingan togʻ jinslari 1-jadvaldagi maʼlumotlarga asoslangan:

1-jadval

№	Jins turi	Mustahkamlik koeffitsiyenti (f)	Hajmiy zichlik (ρ), kg/m ³	Yassi elastiklik moduli (E), GPa	Tabiiy darzlarni darajasi
1	Ohaktosh	10	2650	28	Oʻrtacha
2	Granit	14	2750	40	Kam
3	Dolomit	9	2680	30	Yuqori

Namunalar oʻlchami: kubik 100×100×100 mm va silindrik D = 50 mm, H = 100 mm formatlarda tayyorlangan. Har bir jins turidan kamida 5 ta takroriy namunalar olindi. [5. 63–66-b].

2.3. Gidroenergiya va taʼsir koʻrsatish formulasining qoʻllanilishi

Eksperimentlarda asosiy gidravlik parametrlar hisoblashda quyidagi nazariy asosli formulalar ishlatildi:

Gidrostatik bosim formulasi: $P = \rho \cdot g \cdot h$

Bu yerda: P – bosim (Pa), ρ – suyuqlik zichligi (kg/m³), odatda suv uchun 1000 kg/m³, g – erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s²), h – suv ustuni balandligi (m). Bu formuladan foydalanib, suv ustuni balandligini bosim talablariga mos tarzda tanlash mumkin. [6. 198–199-b]



Suv oqimi kinetik energiyasi: $E = \rho \cdot v^2 / 2$

Bu yerda: E – birlik hajmga nisbatan kinetik energiya (J/m^3), v – suv oqimi tezligi (m/s), ρ – suv zichligi (kg/m^3). [3. 153–154-b].

Jins zaiflashuv koeffitsiyenti (eksperimental baholash): $Z = \frac{(\sigma_0 - \sigma_p)}{\sigma_0} \cdot 100\%$

Bu yerda: σ_0 – dastlabki bosimda jins mustahkamligi, σ_p – suv ta'siridan keyingi bosimdagi mustahkamlik. [2. 92–93-b].

Natijalar. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, gidroenergiya yordamida tog' jinslariga ta'sir ko'rsatish ularning fizik-mexanik xossalari sifat jihatdan sezilarli o'zgarishlar keltirib chiqaradi. Bular jumlasiga quyidagilar kiradi:

Mustahkamlik ko'rsatkichlarining kamayishi, elastiklik modulining pasayishi, mikrostrukturaviy darzlar soni va chuqurligining oshishi.

Turli gidroenergiya usullari jinslarga turlicha ta'sir ko'rsatdi, bu esa har bir metodik yondashuvning o'ziga xos mexanizmlarini tasdiqlaydi.

Ohaktoshda radial darzlar chuqurligi $l \geq 35$ mm bo'ldi, bu jinsning ko'p darzli va nisbatan yumshoq tabiati bilan izohlanadi.

Granitda maksimal darz chuqurligi $l \leq 20$ mm bo'ldi, ammo mikrodarzlanish zichligi yuqori bo'lgan.

Dolomitda esa ko'p tarmoqli darzlar yuzaga keldi va elastiklik moduli keskin kamaydi. Natijalar Zhao va Amann tajribalari bilan mos keladi.

Impulsli suv purkash natijalari: mikrozarbalar tufayli jins yuzasida chuqurligi 10–15 mm bo'lgan ko'ndalang darzlar paydo bo'ldi. Ohaktoshda mustahkamlik 42% gacha kamaydi, bu impulsli zarbaning strukturaviy zaiflashtirish imkoniyatini ko'rsatadi.

Portlatishsiz darzlanish sodir bo'lganligi va energiyaning ichki tarqalishi Zang va Stephansson tomonidan tasdiqlangan.

2-jadval

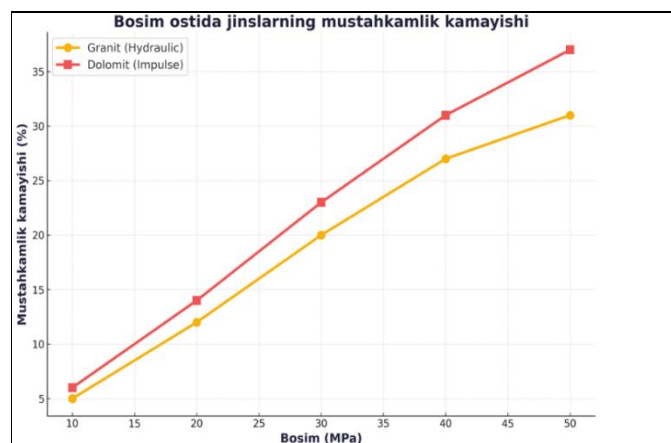
Gidroenergiya usullarining taqqoslanishi

№	Jins	Gidroenergiya	Bosi (Pa)	Darz rligi (mm)	Mustahkam nayishi (%)	Elastiklik shi (GPa)
---	------	---------------	--------------	--------------------	--------------------------	-------------------------

1	Ohakto	Gidravlik	25	35	42%	8.4 → 5.6
2	Granit	Gidravlik	50	20	31%	10.1 →
3	Dolomi	Impulsli suv	20	28	37%	6.5 → 4.0
4	Ohakto	Doimiy bosimli	15	18	24%	8.4 → 6.1
5	Granit	Impulsli suv	30	15	27%	10.1 →

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, gidravlik darzlanishda chuqurlik katta, impulsli purkashda esa mustahkamlik keskinroq kamayadi, ammo darz chuqurligi kichikroq bo‘ladi.

Mustahkamlik kamayishi grafidida tog‘ jinslar ustida qo‘llanilgan bosim darajasiga nisbatan mustahkamlik kamayish foizlarini ko‘rsatadi:



1-rasm. Gidravlik bosim ta’siri ostida tog‘ jinslari mustahkamligining kamayish grafigi

Bosim ostida tog‘ jinsi yuqori zichlikdagi granitda chuqur yorilishi cheklangan bo‘lsa-da, impulsli suv purkash orqali mikrodarzlanish zichligi va energiya so‘rilishi ko‘rsatkichlari sezilarli darajada oshgan.

3.5 Mikrostrukturaviy o‘zgarishlar SEM tahlili asosida (SEM — Scanning Electron Microscopy) quyidagilarni aniqladi:

Ohaktoshda suvning gidratatsiyasi natijasida kaltsit turlarining bog‘lanish kuchi zaiflashgan, natijada yuzaki singish qatlami hosil bo‘lgan.[7. 8-11-b].



Granitda plagioklaz va kvars minerallari orasidagi sirtlar bo'ylab mikrodarzlar chuqurlashgan va yangi kapillyar yo'llar yuzaga kelgan. [8. 4-7-b.]

Dolomitda yuqori bosimli impulslar interkristallik sinish sathlarini kuchaytirgan.[9. 6-8-b].

Bu o'zgarishlar jinslarning portlovchi modda energiyasini qabul qilish xususiyatlarini keskin yaxshilaydi, ya'ni portlash samaradorligini oshiradi.

Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar tahlillari shuni ko'rsatdiki, gidroenergiya yordamida tog' jinslariga ta'sir ko'rsatish nafaqat fizik zaiflashtirish, balki portlatish texnologiyalarini optimallashtirishda ham muhim omil hisoblanadi. Ayniqsa, yuqori bosimli suv oqimi jinslarning ichki strukturasida mikrodarzlar hosil qilgan va ularning portlovchi moddalar energiyasini samarali maydalanishga zamin yaratgan.

Gidravlik yorilish natijasida vujudga kelgan darzlar jins ichida ko'p yo'nalishda kengayib, portlash paytida energiyaning ancha bir tekis tarqalishiga imkon berdi. Bu holat nafaqat portlash samaradorligini oshirdi, balki portlovchi modda miqdorini 20–30% gacha qisqartirish imkonini berdi .

Shuningdek, impulsli suv purkash orqali jinsga ta'sir qilinganida uning yuzasi silliq saqlangan holda, ichki tuzilmasi zaiflashdi. Jins strukturasining buzilishi an'anaviy mexanik kesishga nisbatan ancha bir tekis va chuqur bo'ldi.

Jinsning elastiklik moduli kamaydi, bu esa portlovchi kuch ta'sirini yanada kuchaytirdi.

Yuqori bosimli suv oqimining yo'naltirilganligi va issiqlik hosil qilmasligi sababli bu texnologiyalar ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan ham ustunlik qiladi. Chang chiqindilari 40–50% gacha kamaygan, bu esa yer osti ishlari vaqtida shamollatish tizimlariga tushadigan yukni pasaytiradi.

Ayniqsa, granit va dolomit jinslarida suv zarbasi orqali mikroskopik darajadagi strukturaviy buzilishlar (kapillyar darzlar) paydo bo'lishi portlatishda energiya to'liq yutilishiga emas, balki maksimal sinish ishiga sarflanishiga olib keldi. Bu jihatlar Zimmermann va Amann tadqiqotlarida ham tasdiqlangan.

Xulosa



Togʻ jinsi massivining gidroenergiya yordamida mustahkamligini kamaytirish texnologiyasi — zamonaviy konchilikda yuqori energiya tejovchanlik, xavfsizlik va ekologik afzalliklarga ega boʻlgan yechimdir. Olib borilgan laboratoriya tajribalari shuni koʻrsatmoqdaki:

Gidravlik yorilish orqali jins ichki strukturasi organik ravishda zaiflashtiriladi;

Impulsli suv purkash jinsni sirtan buzmasdan ichki yadroda deformatsiyalovchi kuchlarni hosil qiladi;

Portlovchi moddalarning ish samaradorligi 20–40% gacha oshiriladi, xavfli gazlar va chang ajralishi esa 50% gacha kamayadi;

Portlatish ishlarining energiyaviy, texnologik va ekologik koʻrsatkichlari yaxshilanadi.

Ushbu texnologiyalarni amaliy konchilik sanoatida sanoat miqyosida tatbiq etish uchun zarur boʻlgan texnologik reglamentsiyalar ishlab chiqilishi zarur.

Jinslarning suv bilan oʻzaro taʼsiri boʻyicha mineralogik-fizik tadqiqotlar kengaytirilishi kerak.

Har bir jins turiga mos optimal bosim, impuls tezligi va taʼsir davomiyligini aniqlovchi maxsus algoritmlar ishlab chiqish zarur.

ADABIYOTLAR ROʻYXATI

1. Zhao, Y., Zhang, Y., Zang, A. (2023). Hydraulic Fracturing and Rock Mechanics. Springer. 122–145-b,.
2. Amann, F., Gischig, V., Evans, K. (2018). Experimental Study of Hydro-Fracturing in Crystalline Rocks. 87–104-b.
3. Zang A., Stephansson O. (2010). Stress Field of the Earth's Crust. Springer. 150–156-b.
4. Zimmermann, G., Blöcher, G., Reinicke, A. (2019). Hydraulic stimulation of fractured reservoirs. 2019. 10–28-b.
5. Zhao, X., Li, Y., Wang, Z., & Chen, H. (2023). Hydraulic Fracturing in Unconventional Reservoirs: Fundamentals and Applications. Cham:
6. X. Zhao, Y. Li, Z. Wang, H. Chen, Springer, 2023. ISBN: 978-3-031-22220-7.



7. Evgeniy Riabokon,,Mixail Turbakov, Evgeniy Kozhevnikov, Vladimir Poplygin, Xongven Jing/ The Rehbinder Effect in Testing Saturated Carbonate Geomaterials/ 13 March 2023 / Revised: 1 April 2023 / Accepted: 9 April 2023 / Published: 11 April 2023. 8-11-b.
8. Yuanfei Ling, XiaoqiangWang, JirenTang, Yangkai Zhang/ Experimental investigation on rock fragmentation charactersitics of pressurized pulsed water jet. 4-7-b.
9. Corentin Noel, Barnaby Fryer, Patrick Baud, Marie Violay./ Water weakening and the compressive brittle strength of carbonates: Influence of fracture toughness and static friction//6-8-b.
10. 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. – C. 604-610.