

FOYDALI QAZILMA KONLARINI QAZIB OLIHGA TAYYORLASHDA SUVLI SKVAJINALARDAGI PORTLATISH ISHLARI PARAMETRLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Quvondiqov Kamol Xamza o'g'li

Navoiy Davlat Konchilik va Texnologiyalar Universiteti

Konchilik fakulteti, Foydali qazilma konlarini qazish yo'nalishi, 2-bosqich magistranti.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20163842>

Annotatsiya. Bugungi kunda foydali qazilma konlarini qazib olishga tayyorlashda burg'ilash-portlatish ishlari (BPI) asosiy texnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Shu bilan birga, portlovchi skvajinalarda yer osti suvlarining to'planishi portlovchi moddalarning fizik-kimyoviy xususiyatlariga salbiy ta'sir ko'rsatib, ularning samaradorligini pasaytiradi. Natijada portlash energiyasining kamayishi tog' jinslarining yetarli darajada maydalanmasligiga, noo'lcham bo'laklar miqdorining ortishiga hamda qazish-yuklash va transport jarayonlari samaradorligining pasayishiga olib keladi.

Mazkur tadqiqotda skvajinadagi suvni chiqarib tashlamasdan, undan portlatish jarayonida samarali foydalanishga asoslangan "water deck blasting" texnologiyasi qo'llanildi.

Ushbu usulda portlovchi modda zaryadining ma'lum bir qismi suv ustuni bilan almashtirilib, portlash energiyasining tog' jinslari massivi bo'ylab samarali taqsimlanishi nazariy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot uchun zarur bo'lgan texnologik va geometrik parametrlar "Granit" AJga qarashli granit karyeri ma'lumotlari asosida olindi hamda suvli va quruq skvajinalardagi portlash parametrlarining taqqoslama hisob-kitoblari amalga oshirildi.

Nazariy hisob-kitoblar natijasida suvli skvajinalarda hosil bo'ladigan portlash bosimi quruq skvajinalarga nisbatan yuqoriroq ekanligi hamda portlovchi moddaning tog' jinslariga ta'sir radiusi kattaroq bo'lishi aniqlandi. Olingan natijalar xalqaro ilmiy tadqiqotlar bilan taqqoslanib, ularning mosligi tasdiqlandi. Tadqiqot natijalari suvli skvajinalarda portlatish ishlari parametrlarini takomillashtirish, portlovchi modda sarfini optimallashtirish hamda tog' jinslarini samarali maydalash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: burg'ilash-portlatish ishlari, suvli skvajina, water deck blasting, portlash bosimi, portlovchi modda, tog' jinslarining maydalanishi, portlatish parametrlari, granit karyeri.

Kalit so'zlar. "Granit" karyeri, burg'ilash-portlatish ishlari, suvli skvajinalarda Water Deck Blasting (WDB) usulidan foydalanish, portlash bosimi, portlovchi modda, tog' jinslarining maydalanishi, portlatish parametrlari.

1. "Granit" karyeri va suvli skvajinalarda portlatish ishlarining xususiyatlari.

Samarqand viloyati Paxtachi tumanida joylashgan "Granit" AJ korxonasi hududdagi muhim sanoat obyektlaridan biri bo'lib, asosan qurilish materiallari ishlab chiqarishga ixtisoslashgan.

"Granit" aksiyadorlik jamiyati 1990-yillar oxirida tashkil etilgan bo'lib, uning asosiy faoliyati granit, ohaktosh va boshqa tog' jinslarini qazib olish hamda ularni qayta ishlashdan iborat. Korxonada ochiq usulda ishlovchi karyer asosida faoliyat yuritadi, ya'ni foydali qazilmalar yer yuzasidan qazib olinadi. Bu usul iqtisodiy jihatdan samarali bo'lib, katta hajmda mahsulot ishlab chiqarish imkonini beradi.

Korxonada Samarqand viloyatining Paxtachi tumanida, tog' oldi hududda joylashgan. Bu hudud geologik jihatdan boy bo'lib, granit va ohaktosh kabi qurilish materiallariga mos tog'

jinslari keng tarqalgan. Karyer maydoni o‘nlab getkarni tashkil etadi va unda zamonaviy kon texnikalari — ekskavatorlar, yuk tashuvchi avtomobillar hamda maydalash uskunalari ishlatiladi.

“Granit” AJda qazib olingan xomashyo maxsus maydalash va saralash zavodida qayta ishlanadi. Natijada turli fraksiyadagi shag‘al, maydalangan tosh va qurilish uchun zarur bo‘lgan boshqa materiallar ishlab chiqariladi. Ushbu mahsulotlar yo‘l qurilishi, beton tayyorlash va turli inshootlar barpo etishda keng qo‘llaniladi.

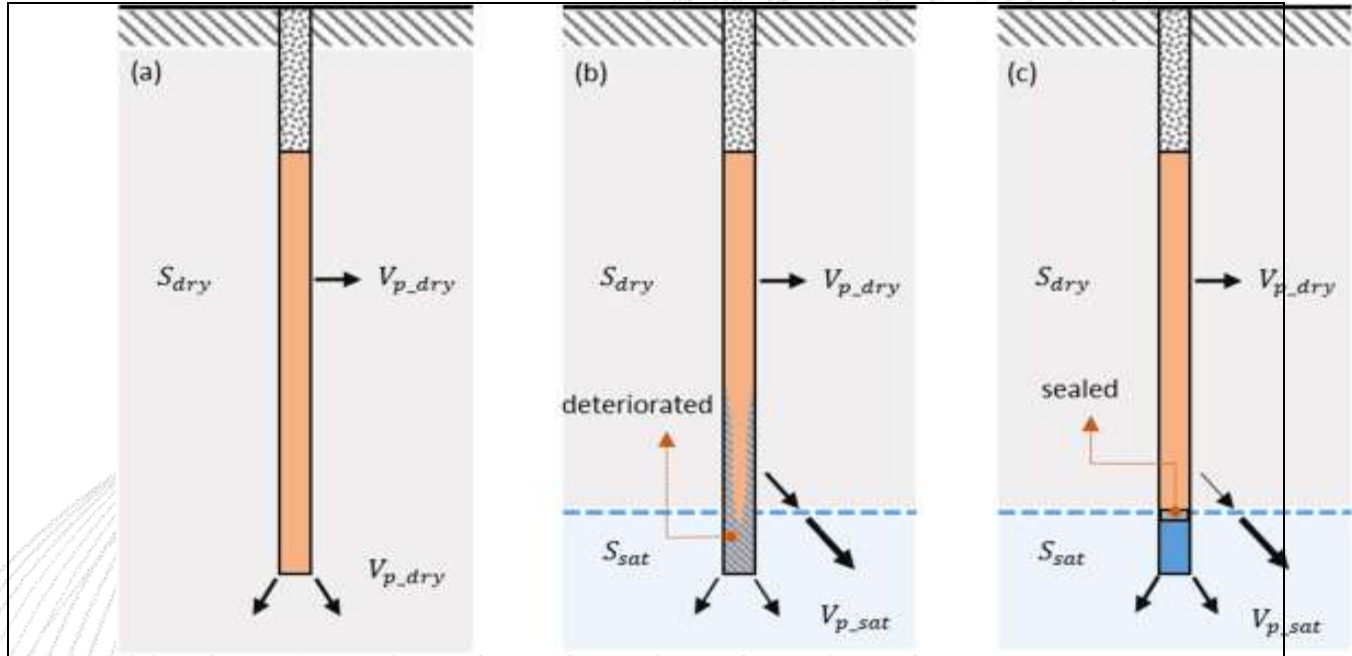
Korxonaning iqtisodiy ahamiyati katta. U nafaqat Paxtachi tumani, balki butun Samarqand viloyatini qurilish materiallari bilan ta‘minlaydi. Shu bilan birga, korxonaga ko‘plab ish o‘rinlarini yaratib, mahalliy aholi bandligiga hissa qo‘shadi.

Ishlab chiqarish jarayonida xavfsizlik qoidalariga qat‘iy rioya qilinadi. Kon ishlarida burg‘ulash, portlatish, yuklash va tashish bosqichlari mavjud bo‘lib, har biri maxsus mutaxassislar tomonidan amalga oshiriladi. Bundan tashqari, atrof-muhitni muhofaza qilish choralarini ham ko‘riladi — changni kamaytirish, chiqindilarni nazorat qilish va yer maydonlarini rekultivatsiya qilish ishlari olib boriladi.

Umuman olganda, “Granit” AJ — qurilish sanoati uchun muhim xomashyo yetkazib beruvchi, zamonaviy texnologiyalar asosida ishlovchi va hudud iqtisodiyotida muhim o‘rin egallagan sanoat korxonasi hisoblanadi.

Suvli skvajinalarda portlatish ishlari foydali qazilma konlarini ochiq usulda qazib olish jarayonida eng murakkab texnologik bosqichlardan biri hisoblanadi. Bunday sharoitlar odatda yer osti suvlari sathi yuqori bo‘lgan hududlarda yoki burg‘ulash jarayonida jinslar orasidan suv kirib kelishi natijasida yuzaga keladi. Suvning skvajina ichida mavjudligi portlatish jarayonining barcha texnik va fizik jihatlariga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi.

Suvli skvajinalarda asosiy muammo shundan iboratki, suv portlovchi moddalarning



1- rasm. Suvli tamponlab portlatish usuli.

xossalarini o‘zgartirishi yoki ularning samaradorligini kamaytirishi mumkin. Oddiy portlovchi moddalar suv bilan kontaktga tushganda qisman erishi, yuvilib ketishi yoki detonatsiya qobiliyatini yo‘qotishi ehtimoli mavjud. Natijada portlash to‘liq amalga oshmasligi, jinslarning yetarli darajada maydalanmasligi yoki umuman portlash sodir bo‘lmasligi kabi holatlar yuzaga keladi. Shu sababli bunday sharoitlarda maxsus suvga chidamli portlovchi moddalar qo‘llaniladi.

Amaliyotda suvli skvajinalarda emulsiyali portlovchi moddalar, suvga chidamli patronlangan zaryadlar hamda maxsus himoyalangan aralashmalar keng qo'llaniladi. Ushbu portlovchi moddalar suv muhitida ham o'zining fizik-kimyoviy barqarorligini saqlab qoladi va portlash energiyasini samarali uzatish imkonini beradi. Zaryadlash jarayonida portlovchi moddaning suv bilan bevosita aralashib ketmasligi uchun maxsus texnologik yondashuvlar qo'llaniladi.

Suvli skvajinalarda portlatish ishlari odatda maxsus zaryadlash usullari orqali amalga oshiriladi. Bunda pastdan yuqoriga zaryadlash texnologiyasi, patronli zaryadlash usuli yoki suvni qisman siqib chiqarish usullari qo'llanilishi mumkin.

Bu usullar portlovchi moddaning suv bilan kontaktda bo'lish vaqtini kamaytiradi va portlash samaradorligini oshiradi. Ayrim hollarda skvajinadagi suv maxsus nasoslar yoki siqilgan havo yordamida oldindan chiqarib tashlanadi.

Suvning mavjudligi detonatsiya to'lqinining tarqalishiga ham ta'sir qiladi. Suv muhitida energiya yo'qotilishi sodir bo'lishi mumkin, bu esa portlash kuchining kamayishiga olib keladi.

Shuning uchun suvli sharoitlarda ishonchli detonatsiya tizimlari qo'llaniladi. Elektr detonatorlar, noelektrik tizimlar hamda kechiktirilgan portlatish sxemalari keng ishlatiladi, bu esa portlash jarayonini aniq boshqarish imkonini beradi.

Suvli skvajinalarda portlatish ishlari xavfsizlik nuqtai nazaridan ham yuqori talablarni qo'yadi. Noto'liq portlash, portlovchi moddaning yuvilib ketishi, gazlarning to'planishi yoki jinslarning noto'g'ri parchalanishi kabi xavfli holatlar yuzaga kelishi mumkin.

Shu sababli har bir texnologik bosqich qat'iy xavfsizlik qoidalariga rioya qilgan holda bajariladi. Samaradorlikni oshirish maqsadida suvli sharoitlarda emulsiyali portlovchi moddalardan foydalanish, skvajinalarni gidroizolyatsiya qilish, zaryad strukturasi optimallashtirish hamda portlatish parametrlarini aniq hisoblash kabi ilmiy asoslangan usullar qo'llaniladi.

Bu usullar kon qazib olish jarayonining texnik va iqtisodiy samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Xulosa qilib aytganda, suvli skvajinalarda portlatish ishlari murakkab, ammo muhim texnologik jarayon bo'lib, u maxsus portlovchi moddalar, aniq hisoblangan parametrlar va yuqori darajadagi xavfsizlik choralarini talab etadi.

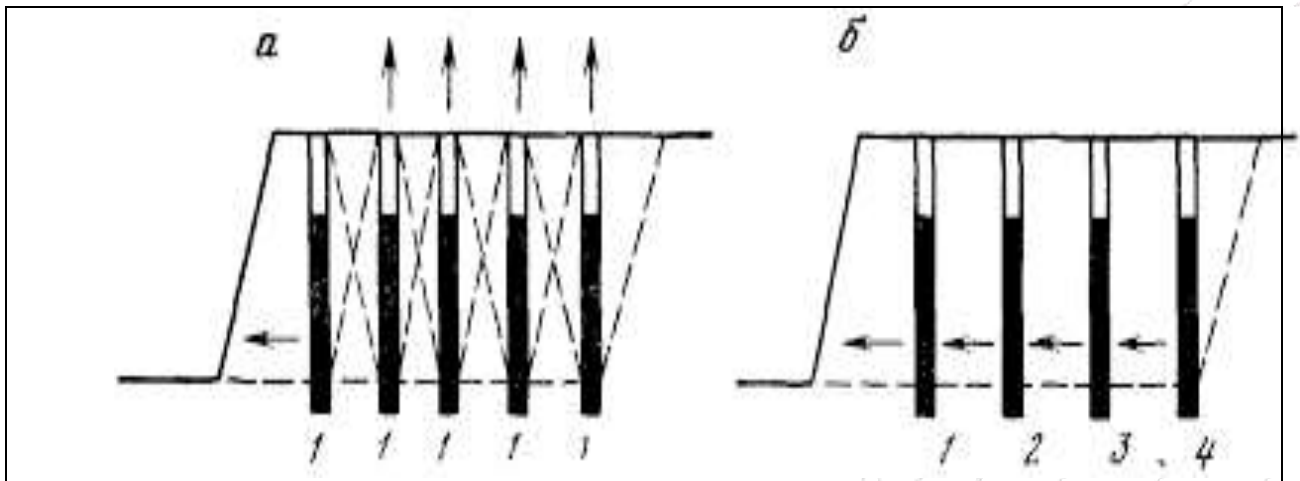
Bunday sharoitlarda to'g'ri tashkil etilgan portlatish ishlari konning samarali va xavfsiz o'zlashtirilishini ta'minlaydi.

2. Amaldagi portlatish texnologiyasining tahlili

Granit AJ karyerida olib borilayotgan portlatish ishlari ochiq kon usulida foydali qazilmalarni qazib olish texnologiyasining asosiy va eng mas'uliyatli bosqichlaridan biri hisoblanadi.

Ushbu jarayon tog' jinslarini massivdan ajratish, ularni maydalash va keyingi yuklash hamda tashish bosqichlariga tayyorlash maqsadida amalga oshiriladi.

Portlatish ishlari samaradorligi konning geologik tuzilishi, burg'ilash sifati, portlovchi modda turi hamda xavfsizlik talablariga bevosita bog'liq bo'lib, u murakkab muhandislik jarayoni sifatida qaraladi.



2-rasm. Quruq massivda joylashtirilgan skvajina konstruksiyasi.

Karyer hududidagi tog' jinslari asosan mustahkam granit tipidagi jinslardan iborat bo'lib, ularni qazib olish uchun yuqori energiyali portlatish usullari qo'llaniladi. Granit jinslarining fizik-mexanik xususiyatlari yuqori mustahkamlikka ega bo'lgani sababli, portlatish parametrlarini aniq belgilash talab etiladi. Shu bilan birga, hududning gidrogeologik sharoiti ham murakkab bo'lib, burg'ilangan skvajinalarning taxminan 70 foizida yer osti suvlari uchrashi kuzatiladi. Bu holat portlatish texnologiyasiga qo'shimcha talablar qo'yadi, chunki suv portlovchi moddalarning ishlash samaradorligini kamaytirishi mumkin.

Portlatish jarayonining birinchi bosqichi burg'ilash ishlari hisoblanadi. Burg'ilash ishlari "Kayshan fermasi"ga tegishli havo zarbli burg'ilash stanogi yordamida amalga oshiriladi.

Burg'ilash jarayonida diametri 115–150 mm bo'lgan va chuqurligi 10–18 metrni tashkil etuvchi skvajinalar hosil qilinadi. Burg'ilash jarayonida skvajina devorlarining qulab tushishini oldini olish maqsadida gil (loy eritmasi) qo'llaniladi, bu esa skvajinaning barqarorligini ta'minlaydi va keyingi texnologik jarayonlar uchun qulay sharoit yaratadi.

Burg'ilash jarayonida skvajinalarda suvning paydo bo'lishi keng uchraydigan holat hisoblanadi. Ushbu suv siqilgan havo yordamida chiqarib tashlanadi. Bu jarayon burg'ilash uskunasi o'rnatilgan kompressor yordamida amalga oshirilib, skvajina ichini portlatish uchun tayyor holatga keltirishda muhim rol o'ynaydi. Suvni to'liq chiqarib tashlash portlovchi moddaning barqaror ishlashini ta'minlaydi va portlash samaradorligini oshiradi.

Burg'ilash ishlari yakunlangach, skvajinalar portlatish jarayoniga tayyorlanadi. Karyerda portlovchi modda sifatida "Manfo-0" sanoat portlovchi moddasi hamda 36 mm diametrli emulsiyali patronlar qo'llaniladi. Emulsiyali portlovchi moddalar suvli muhitda ham barqaror ishlashi bilan ajralib turadi, bu esa gidrogeologik murakkab sharoitlarda muhim texnologik afzallik hisoblanadi. Mazkur patronlar Turkmaniston Respublikasida ishlab chiqariladi.

Skvajinalarni zaryadlash jarayoni loyiha asosida ishlab chiqilgan portlatish sxemasiga muvofiq amalga oshiriladi. Portlovchi moddalar skvajina ichiga qatlamli yoki ketma-ket usulda joylashtiriladi. Ushbu usul portlash energiyasining jins massiviga bir tekis taqsimlanishini ta'minlaydi va maydalash samaradorligini oshiradi. Zaryadlash jarayoni tugagach, skvajinaning yuqori qismi maxsus stemming materialini bilan zichlab berkitiladi. Bu portlash energiyasining yuqoriga yo'nalishini cheklab, uni jinslarni maydalashga yo'naltiradi.

Portlatish jarayonida elektr portlatish tizimi qo'llaniladi. Ushbu tizim detonatorlar va elektr simlar orqali portlatish zanjirini hosil qiladi. Portlatishdan oldin tizimning texnik holati tekshiriladi, elektr qarshiligi o'lchanadi hamda tarmoqning uzluksizligi nazorat qilinadi. Bu bosqich portlatish xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

Portlatish ishlari boshlanishidan oldin qat'iy xavfsizlik choralari ko'riladi. Barcha ishchilar xavfsiz hududga chiqariladi, portlatish maydoni to'liq nazoratga olinadi va ogohlantiruvchi signallar beriladi. Bu inson hayoti va texnika xavfsizligini ta'minlash uchun majburiy talab hisoblanadi.

Belgilangan texnologik tartib asosida elektr impuls yuborilib portlatish amalga oshiriladi.

Portlash natijasida tog' jinsi massivlari maydalanadi va keyingi bosqichlar uchun qulay holatga keladi. Portlatish samaradorligi burg'ilash aniqligi, zaryadlash sifati, portlovchi modda xususiyatlari va geologik sharoitlarga bevosita bog'liqdir.

Portlatishdan so'ng hosil bo'lgan jins massasi baholanadi va yuklash hamda tashish ishlari boshlanadi. Bu bosqich karyer ishlarining uzluksizligini ta'minlaydi. O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, mavjud texnologiya umumiy jihatdan samarali bo'lsa-da, yer osti suvlari mavjudligi va jinslarning yuqori mustahkamligi sababli jarayonni optimallashtirish zarur hisoblanadi. Xususan, burg'ilash parametrlarini aniqlashtirish, zaryadlash sxemasini takomillashtirish va suvni boshqarish tizimini kuchaytirish orqali portlatish samaradorligini yanada oshirish mumkin. "Granit" AJ portlatish ishlari parametrlarini hisoblash ishlarini ko'rib chiqamiz.

Hisoblashni bajarish tartibi:

1. Kg200GF Kaishan DTH Drilling Rig Holes stanogining skvajina burg'ilash diametri bo'yicha portlovchi skvajina diametri (d_c , mm) aniqlanadi:

$$d_c = d_o \cdot \kappa_{pas\delta} = 150 \cdot 1.02 = 153 \text{ mm}$$

bu yerda: d_o - dolota diametri, 150 mm;

$\kappa_{pas\delta}$ 1.02 - tog' jinsi qattiqligiga bog'lik holda qabul qilinuvchi burg'ulash koeffisienti (2-ilova).

2. Perebur uzunligi (l_{nep} , m) aniqlanadi:

$$l_{nep} = 11 \cdot d_c = 11 \cdot 0.153 = 1.68 \text{ m}$$

bu yerda: d_c - skvajina diametri, 0.153m.

3. Skvajina uzunligi (l_c , m) aniqlanadi:

$$l_c = H_y + l_{nep} = 15 + 1.68 = 16.68 \text{ m}$$

bu yerda: H_y - pog'ona balandligi, 15m.

4. Portlovchi modda turi va skvajinalar (zaryadlar) konstrukstiyasi qabul qilinadi. Portlovchi modda turi: MANFO-0

5. Zaboyka uzunligi ($l_{za\delta}$, m) aniqlanadi:

$$l_{za\delta} = 0,27 \cdot l_c = 0,27 \cdot 16,68 = 4,5 \text{ m}$$

bu yerda: l_c - skvajina uzunligi, 16.68m.

6. Skvajinadagi portlovchi modda zaryadi uzunligi (l_{zap} , m) aniqlanadi:

$$l_{zap} = l_c - l_{za\delta} = 16,68 - 4,5 = 12,18 \text{ m}$$

7. Skvajinaning solishtirma sig'imi (ρ , kg/m) aniqlanadi:

$$\rho = 7,85 \cdot d_c^2 \cdot \Delta = 7,85 \cdot 1,53^2 \cdot 1 = 18,3 \text{ kg/m}$$

bu yerda: d_c - skvajina diametri, 1.53 dm;

Δ - skvajinadagi zaryad zichligi, 1kg/dm^3 .

8. Etalondagi portlovchi moddaning solishtirma sarfi (q' , kg/m^3) aniqlanib, qabul qilingan portlovchi moddaning solishtirma sarfi (q_n , kg/m^3) aniqlanadi:

$$q_n = q' \cdot k_{BB} = 0.80 \cdot 1.13 = 0.904 \text{ kg/m}^3$$

bu yerda: κ_{BB} – portlovchi modda turini hisobga oluvchi koeffisient.

9. Pog'ona asosi bo'yicha qarshilik chizig'i kattaligi (W , m) aniqlanadi:

$$W = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{q_n}} = 0,9 \cdot 4,49 = 4\text{m}$$

10. Asos bo'yicha qarshilik chizig'i kattaligi quyidagi shartlar bo'yicha tekshiriladi:

$$W \geq W_{\min},$$

$$W_{\min} = H_y \cdot \text{ctg} \alpha + 2 = 15 \cdot \text{ctg} 60^\circ + 2 = 12.8 \text{ m}$$

bu yerda: α – pog'ona qiyalik burchagi, 60 grad.

Agar $W < W_{\min}$ bo'lsa, u holda keyingi hisoblashlarda $W = W_{\min}$ deb qabul qilinadi.

11. l_{nep} kattaligini tekshirish quyidagi shart bo'yicha bajariladi:

$$l_{nep} \leq 0,3 \cdot W = 0,3 \cdot 13 = 3.9 \text{ m}$$

Agar $l_{nep} > 0,3 \cdot W$ bo'lsa, u holda l_{nep} $0,3 \cdot W$ deb qabul qilinadi va l_c , l_{3a6} va l_{3ap} kattaliklari qayta hisoblanadi.

$$l_{nep} \leq 0,3 \cdot W = 0,3 \cdot 14 = 4.2 \text{ m}$$

$$l_c = H_y + l_{nep} = 15 + 3.9 = 18.9 \text{ m}$$

$$l_{3a6} = 0,27 \cdot l_c = 0,27 \cdot 18.9 = 5.1 \text{ m}$$

$$l_{3ap} = l_c - l_{3a6} = 18.9 - 5.1 = 13.8 \text{ m}$$

12. Skvajinadagi zaryad massasi (Q_3 , kg) aniqlanadi:

$$Q_3 = \rho \cdot l_{3ap} = 18.3 \cdot 13.8 = 252\text{kg}$$

13. Katordagi skvajinalar orasidagi masofa (a , m) aniqlanadi:

$$a = \frac{Q_3}{q_n \cdot H_y \cdot W} = 252 / (0.904 \cdot 15 \cdot 13) = 1.45\text{m}$$

14. Skvajinalarning ruxsat etilgan yaqinlashish koeffisienti bo'yicha a kattalik tekshiriladi.

15. Uyum kengligi (B_p , m) aniqlanadi:

$$B_p \approx \kappa_3 \cdot \kappa_6 \cdot \sqrt{q_n} \cdot H_y = 3 \cdot 0.86 \cdot 0.950 \cdot 15 = 36.7 \text{ m}$$

bu yerda: κ_B - tog' jinsini portlanuvchanligini harakterlovchi kattalik (o'rtacha portlovchi tog' jinsi uchun $\kappa_B = 2,5 \div 3,0$),

κ_3 - alohida skvajinalar orasidagi qabul qilingan sekinlashish oraligiga bog'lik bo'lgan, tog' jinsini uloktirishdagi uzoklik koeffisienti (3 ilova).

16. Sekinlashish oraligi (τ , m/s):

$$\tau = \kappa \cdot W = 3 \cdot 13 = 39 \text{ m/s}$$

bu yerda: κ – tog' jinsini portlanuvchanligiga bog'lik bo'lgan koeffisient (o'rtacha

portlashdagi tog' jinsi uchun $\kappa = 3,0 \div 4,0$).

17. Uyum balandligi (h_p, m) aniqlanadi:

$$h_p \approx \frac{2 \cdot H_y \cdot W \cdot \kappa_p}{B_p} = (2 \cdot 15 \cdot 13 \cdot 1.5) / 36.7 = 15.9m$$

bu yerda: κ_p - tog' jinsining portlashdan keyingi maydalanganlik darajasini hisobga oluvchi koeffisienti (uyumda).

Bir katorli skvajinalar bilan tog' jinslarini portlashishda uyum uchburchakka yaqin shaklga ega bo'ladi. Bunda $\kappa_p = 1,4 \div 1,6$.

18. 1 p.m. skvajinani portlatganda chiqadigan kon massasi ($q_{2M}, m^3/m$) quyidagicha aniqlanadi:

$$q_{2M} = \frac{H_y \cdot a \cdot W}{l_c} = (15 \cdot 1.45 \cdot 13) / 18.9 = 14.9 m^3/m$$

19. Quruq skvajinadagi umumiy bosimni (P_u) GPa ni aniqlash.

Bu hisoblash ishi Du & Luo (2003) modeliga asoslanib hisoblandi.

$$P_{QSB} = P_D + P_G = \frac{\rho \cdot D^2}{k} + \alpha \cdot P_d = (1100 \cdot 3500^2) / 4 \cdot (1 + 0.2) = 3.96 \text{ Gpa.}$$

Bu yerda P_{QSB} – quruq skvajinada umumiy bosim (Pa) da,

P_D – dastlabki detonatsiya bosimi,

P_G – gas bosimi,

ρ - portlovchi modda zichligi: g/sm^3 ,

D – detonatsiya tezligi: m/s,

$k = 4-8$ (amaliy yo'qotishlar).

$\alpha = 0.1-0.5$.

20. Skvajinada hosil bo'lgan bosimga bog'liq holda portlash energiyasini maydalash radiusini (R_p, m) aniqlaymiz.

$$R_p = \left(\frac{(\mu / (1 - \mu)) P_{QSB}}{\sigma_t} \right)^{1/\alpha} \cdot r_s$$

Bu formula (rock blasting) tog' jinslarini portlatish mexanikasidagi bir nechta nazariy yo'nalishlarning birlashtirilgan **empirik–analitik modeli**.

Bu formula bo'yicha (R_p, m) ni hisoblaymiz:

$$R_p = \left(\frac{(\mu / (1 - \mu)) P_r}{\sigma_t} \right)^{1/\alpha} \cdot r_b = \left(\frac{(\frac{0.15}{1 - 0.15}) \cdot 3960}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.23 m$$

σ_t = jinsning yorilib ketishiga qarshilik ko'rsatish kuchi (cho'zilishda): Granit uchun 10 ga teng.

μ – Puasson koeffisienti: Granit uchun 0.15 ga teng.

r_s – skvajina diametri (m)

1 ilova.

Hisoblash ishini bajarish uchun berilgan qiymatlar.

Qiymatlar	d_q, mm	f	H_y, m	$\alpha, grad$	PM turi	$\Delta, kg/dm^3$	$q', kg/m^3$	κ_{vv}
-----------	-----------	---	----------	----------------	---------	-------------------	--------------	---------------

1	150	18	18	60	MANFO-0	1	0,85	1,13
---	-----	----	----	----	---------	---	------	------

2-ilova.

K_{pa36} koefitsientining tog' jinsi qattiqligiga bog'liqlik ko'rsatkichi.

Tog' jinsi qattiqligi f	2	4	6	8-10	12-14	16
K_{pa36}	1,06	1,05	1,04	1,037-1,031	1,03-1,021	1,02

3-ilova.

κ_z koefitsienti ko'rsatkichi

Sekinlashish vaqti τ , ms	0	10	25	50	75 va undan yuqori
κ_z	1	0,95	0,90	0,85	0,80

Yuqoridagi hisob kitoblar quruq skvajina parametrlari asosida amalga oshirildi.

Suvli skvajinada portlatish ishlari parametrlari bo'yicha hisob kitoblar.

Suvli skvajinadagi portlatish ishlari parametrlarini takomillashtirish uchun **Suvni tamponlab portlatish** texnologiyasini taklif etayapmiz va shu bo'yicha hisob kitob ishlarini ko'rib chiqamiz.

Suvli skvajina parametrlari deyarli quruq skvajina parametrlari bilan bir xil ammo o'zgaradigan parametr bu zaryad uzunligini malum bir ulushini suv bilan almashtirish yoki skvajina tubida malum bir balandlikda suv ustini qoldirib zaryad uzunligini kamaytirish. Bu hisob ishida uchta variantni hisob kitob qilamiz: zaryad uzunligining 10%, 20% hamda 30% ulushiga teng qismini suv ustuni bilan almashtiramiz. Bularga bog'liq holda suvli skvajinadagi bosimini va portlash energiyasi ta'sir radiusini hisoblaymiz va quruq skvajinadagi xuddi shu parametrlar bilan solishtiramiz.

$L_c = 13.8$ m ga teng uning 10%, 20%, 30 % ulushlarini aniqlab olamiz va bular o'z navbatida skvajina tubida qoldiriladigan suv ustuni balandliklariga teng bo'ladi.

$$H_{S1} = L_z \cdot 0.1 = 1.38m$$

$$H_{S2} = L_z \cdot 0.2 = 2.76m$$

$$H_{S3} = L_z \cdot 0.3 = 4.14m$$

1. Turli suv ustunlariga ega skvajinalardagi bosimlarni miqdorini aniqlaymiz (Pa) da.

$$P_{SSB} = P_D + P_G = \frac{\rho \cdot D^2}{k} \left(1 + \beta \frac{H_s}{L_z} \right) + \rho_s \cdot g \cdot H_s$$

bu yerda P_{SSB} – suvli skvajinadagi umumiy bosim (Pa) da,

P_D – portlovchi modda detonatsiyasida kelib chiqadigan bosim (Pa),

P_G – suv ustunining gidrostatik bosimi (Pa),

β - empirik koefitsient (tajribaga bog'liq, odatda 0.2–0.6)

H_s – suv ustuning balandligi (m),

L_z – zaryad uzunligi (m),

ρ_s – suyuqlik zichligi (m),

1.1. $H_{S1} = L_z \cdot 0.1 = 1.38m$ uchun P_{SSB1} ni hisoblaymiz:

$$P_{SSB1} = P_D + P_G = \frac{\rho \cdot D^2}{k} \left(1 + \beta \frac{H_s}{L_z}\right) + \rho_s \cdot g \cdot H_s =$$

$$\frac{1100 \cdot 3500^2}{4} \left(1 + 0.6 \frac{1.38}{12.42}\right) + 1000 \cdot 9.81 \cdot 1.38 = 3.59 \text{ Gpa}$$

1.2. $H_{S2} = L_z \cdot 0.2 = 2.76 \text{ m}$ uchun P_{SSB2} ni hisoblaymiz:

$$P_{SSB2} = P_D + P_G = \frac{\rho \cdot D^2}{k} \left(1 + \beta \frac{H_s}{L_z}\right) + \rho_s \cdot g \cdot H_s =$$

$$\frac{1100 \cdot 3500^2}{4} \left(1 + 0.6 \frac{2.76}{11.04}\right) + 1000 \cdot 9.81 \cdot 2.76 = 3.87 \text{ Gpa}$$

1.3. $H_{S3} = L_z \cdot 0.3 = 4.14 \text{ m}$ uchun P_{SSB3} ni hisoblaymiz:

$$P_{SSB3} = P_D + P_G = \frac{\rho \cdot D^2}{k} \left(1 + \beta \frac{H_s}{L_z}\right) + \rho_s \cdot g \cdot H_s =$$

$$\frac{1100 \cdot 3500^2}{4} \left(1 + 0.6 \frac{4.14}{8.66}\right) + 1000 \cdot 9.81 \cdot 4.14 = 4.14 \text{ Gpa}$$

2. P_{SSB} qiymatlari asosida (R_p) portlovchi modda energoyasini maydalash radiusini aniqlaymiz.

$$R_p = \left(\frac{(\mu / (1 - \mu)) P_{SSB}}{\sigma_t} \right)^{1/\alpha} \cdot r_s$$

Bu yerda:

σ_t = jinsning yorilib ketishiga qarshilik ko'rsatish kuchi (cho'zilishda): Granit uchun 10 ga teng.

μ – Puasson koeffitsenti: Granit uchun 0.15 ga teng.

r_s – skvajina diametri (m)

2.1. P_{SSB1} qiymati bo'yicha R_{p1} (m) ni qiymatini aniqlaymiz.

$$R_{p1} = \left(\frac{(\mu / (1 - \mu)) P_{SSB1}}{\sigma_t} \right)^{1/\alpha} \cdot r_b = \left(\frac{\left(\frac{0.15}{1 - 0.15} \right) \cdot 3590}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.17 \text{ m}$$

2.2. P_{SSB2} qiymati bo'yicha R_{p2} (m) ni qiymatini aniqlaymiz.

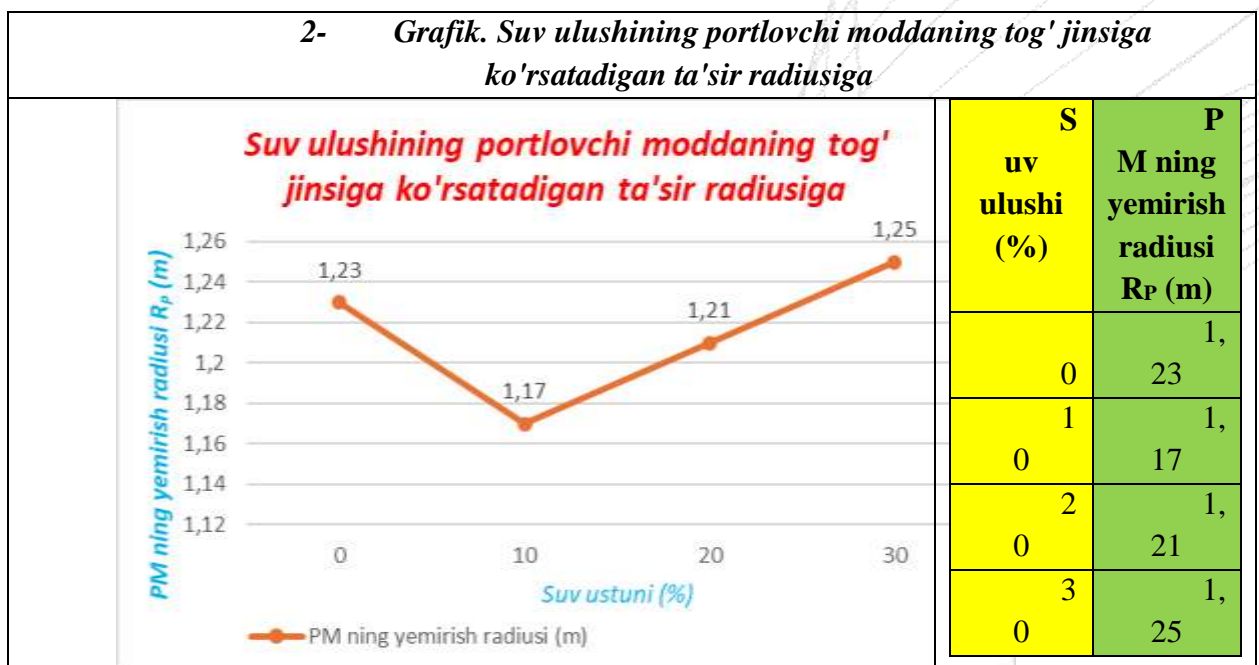
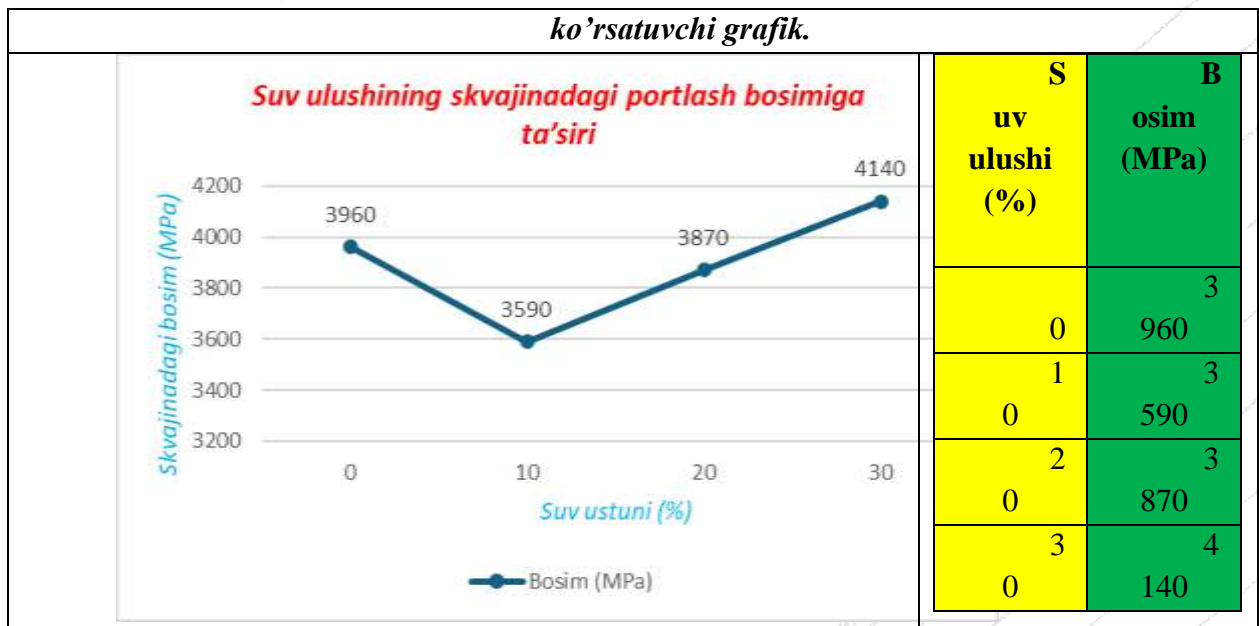
$$R_{p2} = \left(\frac{(\mu / (1 - \mu)) P_{SSB2}}{\sigma_t} \right)^{1/\alpha} \cdot r_b = \left(\frac{\left(\frac{0.15}{1 - 0.15} \right) \cdot 3870}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.21 \text{ m}$$

2.3. P_{SSB3} qiymati bo'yicha R_{p3} (m) ni qiymatini aniqlaymiz.

$$R_{p2} = \left(\frac{(\mu / (1 - \mu)) P_{SSB3}}{\sigma_t} \right)^{1/\alpha} \cdot r_b = \left(\frac{\left(\frac{0.15}{1 - 0.15} \right) \cdot 4140}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.25 \text{ m}$$

Quruq skvajinadagi bosim hamda portlovchi modda energiyasining ta'sir radiusi.		Suvli skvajinadagi bosim hamda portlovchi modda energiyasining ta'sir radiusi.	
P _{QSB} (GPa)	R _P (m)	P _{SSB} (GPa)	R _P (m)
3.96	1.23	3.59	1.17
		3.87	1.21
		4.14	1.25

1- **Grafik. Suv ulushining skvajinadagi portlash bosimiga ta'sirini**



3. Suvli skvajinalarda portlatish parametrlarini baholash

Granit AJ karyerida olib borilgan amaliy kuzatuvlar natijasida burg'ilangan skvajinalarning taxminan 70 foizida yer osti suvlari mavjudligi aniqlangan. Ushbu holat portlatish jarayonining texnologik samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi va portlatish parametrlarini alohida sharoit sifatida chuqur tahlil qilishni talab etadi.

Suvli skvajinalar ochiq kon ishlarida eng murakkab gidrogeologik sharoitlardan biri hisoblanadi.

Bunday sharoitda portlovchi moddaning ishlash muhiti o'zgaradi, chunki suv detonatsiya energiyasining bir qismini yutadi, portlash to'liqlinining tarqalishini susaytiradi hamda zaryadning bir tekis ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Natijada jinslarni maydalash darajasi pasayishi, yirik bo'laklar (oversize) miqdori ortishi va keyingi yuklash jarayonida qo'shimcha xarajatlar yuzaga kelishi mumkin.

Suvli skvajinalarda portlatish parametrlarini baholashda birinchi navbatda **portlovchi modda turi** muhim ahamiyatga ega.

Amaliyotda emulsiyali portlovchi moddalar va 36 mm diametrlı patronlar qo'llanilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Emulsiyali portlovchi moddalar suvga nisbatan yuqori chidamlilikka ega bo'lib, nam muhitda ham barqaror detonatsiya jarayonini ta'minlaydi. Bu ularning asosiy afzalligi bo'lib, aynan suvli sharoitlarda samaradorlikni saqlab qolish imkonini beradi.

Ikkinchi muhim parametr — **zaryadlash zichligi va zaryad ustunining tuzilishi** hisoblanadi. Suvli skvajinalarda portlovchi modda zichligi odatdagidan biroz yuqoriroq tanlanadi, chunki suvning energiya yutish xususiyatini kompensatsiya qilish zarur bo'ladi. Shu bilan birga, zaryadning uzluksizligini ta'minlash uchun patronli zaryadlash usuli qo'llaniladi. Bu usul portlash energiyasining bir tekis taqsimlanishiga yordam beradi va detonatsiya uzilish xavfini kamaytiradi.

Uchinchi muhim parametr — **stemming (tiqin) materiali va uning sifatidir**. Suvli skvajinalarda oddiy grunt materiallari yetarli samara bermasligi mumkin, chunki suv ularning zichligini kamaytiradi. Shu sababli suvga chidamli, zichligi yuqori bo'lgan materiallardan foydalanish talab etiladi. Stemming portlash energiyasini skvajina ichida ushlab turadi va jinslarni samarali maydalashga xizmat qiladi.

To'rtinchi parametr — **skvajina diametri va chuqurligi** hisoblanadi. Suv mavjud bo'lgan sharoitda skvajina ichidagi gidrostatik bosim oshadi, bu esa zaryadlash jarayonini murakkablashtiradi. Shu sababli diametr va chuqurlik konning geologik sharoitiga mos ravishda optimallashtirilishi lozim. Noto'g'ri tanlangan parametrlar portlatish samaradorligini sezilarli darajada pasaytirishi mumkin.

Beshinchi muhim jihat — **portlatish tarmog'ining ishonchliligidir**. Elektr portlatish tizimi qo'llanilganda suvning mavjudligi izolatsiya muammolarini keltirib chiqarishi mumkin.

Shu sababli yuqori himoyalangan elektr detonatorlar va suv o'tkazmaydigan kabellar ishlatiladi. Portlatishdan oldin tarmoqning elektr qarshiligi va uzluksizligi maxsus asboblarda yordamida tekshiriladi.

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, suvli skvajinalarda portlatish samaradorligi quruq skvajinalarga nisbatan biroz past bo'lishi mumkin. Buning asosiy sabablari — suvning energiya yutishi, zaryadning notekis joylashishi va detonatsiya jarayonida yuzaga keladigan texnologik yo'qotishlardir. Natijada maydalangan jinlar fraksiyasi yiriklashishi va ikkilamchi maydalash zarurati ortishi mumkin.

Shunga qaramay, emulsiyali portlovchi moddalar qo'llanilishi ushbu salbiy omillarning ta'sirini sezilarli darajada kamaytiradi. Amaliyot shuni ko'rsatadiki, to'g'ri tanlangan portlatish parametrlari bilan suvli skvajinalarda ham yuqori samaradorlikka erishish mumkin. Bunda asosiy shart — texnologik intizomga rioya qilish va har bir bosqichni aniq nazorat qilishdir.

Umuman olganda, suvli skvajinalarda portlatish parametrlarini baholash karyer ishlarining eng muhim ilmiy-amaliy masalalaridan biri hisoblanadi. Ushbu sharoitda portlatish texnologiyasini optimallashtirish uchun gidrogeologik sharoitlarni chuqur o'rganish, portlovchi modda tanlashni asoslash hamda zaryadlash parametrlarini doimiy ravishda takomillashtirib borish zarur hisoblanadi. Bu esa o'z navbatida ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va xavfsizlik darajasini yuqori saqlash imkonini beradi.

4. Portlatish parametrlarini takomillashtirish bo'yicha innovatsion taklif (Suvni tamponlab portlatish yoki suv bilan zaryad segmentini almashtirish usuli)

Granit AJ karyerida olib borilgan amaliy kuzatuvlar asosida skvajinalarda suvning yuqori darajada uchrashi portlatish jarayonini optimallashtirish zaruratini yuzaga keltiradi.

Shu sababli innovatsion yondashuv sifatida skvajina zaryadining taxminan 10% qismini suv bilan almashtirish va uni skvajina tubida nazorat ostida saqlash taklif etiladi. Ushbu suv portlovchi modda bilan bevosita kontaktga kiritilmaydi, balki maxsus tamponlovchi materiallar orqali izolyatsiya qilinadi, yuqori qismi esa zichligi oshirilgan gil aralashma bilan zaboyka qilinadi.

Mazkur texnologiyaning asosiy ilmiy g'oyasi shundan iboratki, skvajina tubida saqlanayotgan suv portlash jarayonida yuqori bosim va harorat ta'sirida fazaviy o'zgarishlarga uchrab, qo'shimcha fizik effektlarni hosil qilishi mumkin. Xususan, suvning bug'lanishi natijasida lokal bosim ortishi yuzaga keladi va bu holat portlash zarba to'lqinining jins massivida qayta taqsimlanishiga olib keladi. Natijada jinslarning mikro va makroyoriqlanish darajasi ortib, ularning maydalanish sifati yaxshilanishi ehtimoli mavjud.

Shuningdek, ushbu yondashuv gaz hosil bo'lish jarayoniga ham ta'sir ko'rsatishi mumkin. Yuqori harorat sharoitida suv molekullari qisman termik parchalanishga uchrashi ehtimoli mavjud bo'lib, natijada kislorod va vodorod radikallari hosil bo'ladi. Bu holat portlash zonasida oksidlanish reaksiyalarining nisbatan to'liqroq kechishiga yordam berishi mumkin. Shu bilan birga, suvning bug'lanishi portlash energiyasining bir qismini yutib, skvajina ichida vaqtinchalik yuqori bosimli bug' muhitini hosil qiladi. Bu muhit gazlarning tez chiqib ketishini sekinlashtirib, reaksiyalarning to'liqroq yakunlanishiga sharoit yaratadi.

Taklif etilayotgan texnologiyada suvning pastki zonada joylashtirilishi portlash energiyasining yo'nalishini optimallashtirishga xizmat qiladi. Suv va portlovchi modda o'rtasidagi bevosita kontakt tamponlovchi materiallar orqali bartaraf etilishi detonatsiya barqarorligini saqlash uchun muhim texnik shart hisoblanadi. Bu holat portlash jarayonida energiyaning jins massiviga samarali uzatilishini ta'minlaydi.

Skvajinaning yuqori qismi zichligi oshirilgan gil aralashma bilan zaboyka qilinadi. Bu portlash gazlarining yuqoriga chiqib ketishini cheklab, energiyani jinslarni maydalash yo'nalishiga yo'naltiradi va portlatish samaradorligini oshiradi.

Umuman olganda, taklif etilayotgan innovatsion yondashuv portlatish jarayonida suvni to'liq chiqarib tashlash o'rniga uni texnologik element sifatida qo'llashga asoslanadi. Bu esa burg'ilashdan keyingi tayyorlash jarayonini yengillashtirishi, jinslarning maydalanish darajasini yaxshilashi hamda ayrim hollarda zararli gazlar emissiyasini kamaytirishi mumkin. Biroq ushbu texnologiya to'liq amaliyotga joriy etilishidan oldin qo'shimcha laboratoriya va sanoat sharoitidagi tajribalar orqali chuqur tekshirilishi lozim.

Granit AJ karyerida taklif etilayotgan innovatsion yondashuv — skvajina zaryadining taxminan 10% qismini suv bilan almashtirib, uni pastki zonada tamponlovchi materiallar orqali izolyatsiya qilingan holda saqlash — portlatish jarayonining fizik-mexanik va kimyoviy jarayonlariga kompleks ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ushbu bo'limda taklif etilgan usulning kutiladigan natijalari va ularning ilmiy asoslari keltiriladi.

Taklifning birinchi muhim natijasi sifatida **to'g' jinslarining maydalanish darajasi oshishi** qayd etiladi. Ilmiy jihatdan bu hodisa skvajina tubida saqlangan suvning yuqori bosim va harorat ta'sirida fazaviy o'zgarishlarga uchrashi bilan izohlanadi. Suvning qizishi natijasida uning bug'ga aylanishi (fazaviy o'tish) sodir bo'lib, hajm keskin kengayadi va lokal gidrodinamik bosim impulslari hosil qiladi. Ushbu qo'shimcha bosim portlash zarba to'lqinini qayta taqsimlaydi va jins massivida mikrohamda makroyoriqlanish jarayonini kuchaytiradi.

Natijada jinslarning parchalanish darajasi ortadi va ikkilamchi maydalashga ehtiyoj kamayishi mumkin.

Ikkinchi muhim natija — **portlash jarayonida hosil bo'ladigan zararli gazlar miqdorining kamayishi** hisoblanadi. Bu jarayon ikki asosiy ilmiy mexanizm orqali tushuntiriladi. Birinchidan, yuqori harorat sharoitida suv molekullari qisman termik dissotsiatsiyaga uchrashi mumkin, natijada kislorod faollashuvi yuzaga keladi. Ushbu qo'shimcha kislorod portlash jarayonida yuzaga keladigan oksidlanish reaksiyalarini to'liqroq kechishiga yordam beradi, natijada CO va NO_x kabi to'liq yonmagan mahsulotlar miqdori kamayadi. Ikkinchidan, suvning bug'lanishi natijasida skvajina ichida vaqtinchalik yuqori bosimli bug' muhiti hosil bo'ladi, bu esa gazlarning tez chiqib ketishini sekinlashtiradi va reaksiyalar yakunlanishi uchun qo'shimcha vaqt yaratadi.

Uchinchi natija sifatida **portlash energiyasining samarali taqsimlanishi** qayd etiladi.

Skvajina tubida joylashtirilgan suv va portlovchi modda o'rtasidagi tamponlovchi qatlam energiya yo'nalishini boshqaruvchi fizik to'siq vazifasini bajaradi. Bu to'siq zarba to'lqinining pastki zonada qayta akslanishiga olib kelib, jins massiviga yo'naltirilgan energiya zichligini oshiradi. Natijada portlash samaradorligi ortishi va jinslarning bir tekis maydalanishi kuzatilishi mumkin.

To'rtinchi natija — **suvni to'liq chiqarish jarayoniga sarflanadigan vaqt va resurslarning kamayishi**dir. Amaliy jihatdan bu burg'ilashdan keyingi tayyorlov bosqichini soddalashtiradi va ishlab chiqarish siklining umumiy davomiyligini qisqartirishi mumkin. Shu bilan birga, skvajina devorlarining barqarorligi ham nisbatan yaxshilanishi ehtimoli mavjud.

Ilmiy asos sifatida ushbu yondashuv gidrodinamika, termodinamika va portlash fizikasi qonunlariga tayanadi. Xususan, suyuqlikning fazaviy o'zgarishi jarayonida hajm kengayishi (bug'lanish effekti), bosimning impulsi taqsimlanishi hamda gazlarning reaksiya kinetikasi ushbu texnologiyaning asosiy fizik mexanizmlarini tashkil etadi. Bundan tashqari, portlash jarayonida issiqlik va massa almashinuvi qonunlari ham muhim rol o'ynaydi.

Xulosa qilib aytganda, taklif etilayotgan texnologiya suvni faqat salbiy omil emas, balki boshqariladigan fizik muhit elementi sifatida qo'llashga asoslangan bo'lib, u jinslarning maydalanish samaradorligini oshirish, gaz emissiyasini kamaytirish va portlatish jarayonini optimallashtirishga xizmat qilishi mumkin. Biroq ushbu natijalar amaliyotga joriy etilishidan oldin laboratoriya va sanoat miqyosida qo'shimcha eksperimental tadqiqotlar bilan tasdiqlanishi zarur hisoblanadi.

5. Xulosa

Granit AJ karyerida olib borilgan ilmiy-amaliy tadqiqotlar natijasida portlatish ishlari texnologiyasini chuqur tahlil qildim. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, mavjud texnologiya umumiy jihatdan samarali bo'lsa-da, skvajinalarning katta qismida (taxminan 70%) yer osti suvlari mavjudligi portlatish jarayoniga sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Xususan, suv portlash energiyasining bir qismini yutishi, portlovchi moddaning barqaror ishlashini murakkablashtirishi hamda jinslarning maydalanish sifatini pasaytirishi aniqladim.

Shu bilan birga, olib borilgan ilmiy izlanishlarim asosida suvni to'liq chiqarib tashlash o'rniga undan boshqariladigan texnologik element sifatida foydalanish mumkinligi asoslab berildiim. Taklif etilgan innovatsion yondashuvga ko'ra, skvajina zaryadining taxminan 10% dan 30% gacha qismi suv bilan almashtirilib, u skvajina tubida maxsus tamponlovchi materiallar yordamida portlovchi moddadan ajratilgan holda joylashtiriladi. Skvajinaning yuqori qismi esa zichligi oshirilgan gil aralashma bilan zaboyka qilinadi.

O'tkazilgan nazariy tahlillar shuni ko'rsatadiki, mazkur yondashuv portlatish jarayonida bir qator ijobiy natijalarni ta'minlashi mumkin ekan.

Jumladan, suvning yuqori bosim va harorat ta'sirida bug'lanishi natijasida hosil bo'ladigan qo'shimcha bosim jinslarning yorilish jarayonini kuchaytirib, ularning maydalanish darajasini oshiradi. Bundan tashqari, suvning portlash zonasidagi termik va kimyoviy jarayonlarga ta'siri natijasida oksidlanish reaksiyalari nisbatan to'liqroq kechishi mumkin, bu esa zararli gazlar miqdorining kamayishiga olib keladi.

Shuningdek, suvning mavjudligi portlash mahsulotlarining chiqish tezligini biroz sekinlashtirib, reaksiyalarning to'liq yakunlanishiga sharoit yaratadi. Bu esa umumiy portlatish samaradorligini oshirish bilan birga ekologik ko'rsatkichlarni ham yaxshilashi mumkin. Amaliy jihatdan esa suvni to'liq chiqarib tashlashga sarflanadigan vaqt va energiya kamayishi hisobiga ishlab chiqarish samaradorligi ortadi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, quyidagi asosiy takliflar takidlab o'taman:

- suvli skvajinalarda portlatish texnologiyasini optimallashtirish maqsadida suvni qisman saqlash usulini joriy etish;
- portlovchi modda va suv o'rtasida ishonchli tamponlovchi qatlamdan foydalanish;
- emulsiyali portlovchi moddalar ulushini oshirish orqali suvli sharoitga moslashuvchanlikni ta'minlash;
- zaboyka materiallari sifatini yaxshilash va ularning zichligini oshirish;
- portlatish parametrlarini (zaryad uzunligi, skvajina chuqurligi va diametri) gidrogeologik sharoitlarga mos ravishda optimallashtirish.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsam, taklif etilgan innovatsion texnologiya portlatish jarayonida suvni salbiy omil sifatida emas, balki boshqariladigan va foydali fizik muhit elementi sifatida qo'llashga asoslanadi. Ushbu yondashuv portlatish samaradorligini oshirish, jinslarning maydalanish sifatini yaxshilash hamda zararli gazlar emissiyasini kamaytirish imkonini berishi mumkin. Biroq mazkur taklifni amaliyotga keng joriy etishdan oldin laboratoriya va sanoat miqyosida qo'shimcha tajribalar o'tkazish zarur deb hisoblayman.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Jimeno Carlos L., Jimeno Emilio L., Carcedo Francisco Javier Ayala. *Drilling and Blasting of Rocks*. Rotterdam: Balkema, 1995.
2. Konya Calvin J., Walter Edward J.. *Surface Blast Design*. New Jersey: Prentice Hall, 1990.
3. Persson Per-Anders, Holmberg Roger, Lee Jaimin. *Rock Blasting and Explosives Engineering*. CRC Press, 1994.
4. Langefors Ulf, Kihlström Björn. *The Modern Technique of Rock Blasting*. Wiley, 1978.
5. SME (Society for Mining, Metallurgy & Exploration). *SME Mining Engineering Handbook*. 3rd Edition. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2011.
6. Orica. *Blasting Fundamentals and Practices*. Texnik qo'llanma.
7. Dyno Nobel. *Blasting Guide*. Amaliy qo'llanma.
8. Peter Atkins, Julio de Paula. *Atkins' Physical Chemistry*. Oxford University Press. (termodinamika, termik dissotsiatsiya va fizik kimyo asoslari)
9. Stephen Turns. *An Introduction to Combustion*. McGraw-Hill. (yonish jarayonlari va termik parchalanish)
10. Kenneth S. Pitzer. *Thermodynamics*. (suyuqliklar va yuqori bosimdagi muhit xossalari)
11. Supercritical Fluid va yuqori bosimli suv xossalari bo'yicha zamonaviy ilmiy maqolalar (Scopus, ScienceDirect bazalari).

12. Curtin University ilmiy tadqiqot ishlari (portlatish jarayonida suyuqlik muhitining ta'siri bo'yicha).
13. Mining Engineering, Physical Chemistry va Thermodynamics yo'nalishlaridagi zamonaviy ilmiy maqolalar (Google Scholar, Scopus).
14. O'zbekiston Respublikasi konchilik sanoati va portlatish ishlari bo'yicha amaldagi me'yoriy hujjatlar va texnika xavfsizligi qoidalari.