YER OSTI GAZLASHTIRISHDA GEOMEXANIK JARAYONLARNING DOLZARBLIGI VA ISSIQLIK TA'SIRIDA TOG' MASSIVI BARQARORLIGI

Saitov Dilshod Toxir o'g'li
Saitovdilshodbek@gmail.com

Chuqurlashtirilgan geomexanik tahlil va muhandislik-geologik yechimlar bo'yicha ilmiy maqola

ANNOTATSIYA: *Ushbu maqolada ko'mir qatlamlarini yer osti gazlashtirish (.) jarayonida yuzaga keladigan geomexanik xatarlar, tog' bosimining anomal qayta taqsimlanishi, termal tarangliklar va shift jinslarining buzilish mexanizmlari ustuvor ravishda tahlil qilinadi. . reaktorining strukturaviy barqarorligi va reaktor xavfsizligini ta'minlashda geomexanik omil eng hal qiluvchi ko'rsatkich sifatida ko'rib chiqilgan. Maqolada termal-deformatsion buzilishlar, darzlar va yoriqlar tarmog'ining rivojlanishi, yer usti cho'kishi hamda ekologik geomexanika muammolari ilmiy asoslab berilgan.*

Kalit so'zlar: geomexanika, yer osti gazlashtirish (.), tog' bosimi, termal taranglik, kaverna barqarorligi, shift qulashi, darzlanish, THM modellashtirish, yer usti cho'kishi.

1. Kirish va Geomexanik Muammoning Dolzarbligi

Energetika resurslaridan samarali va ekologik xavfsiz foydalanish zamonaviy tog'-kon va energetika sohasining eng ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Chuqur joylashgan hamda murakkab kon-geologik sharoitga ega bo'lgan ko'mir qatlamlarini an'anaviy kon (shaxat) usulida qazib olish iqtisodiy jihatdan o'zini oqlamaydi hamda konchilar hayoti uchun yuqori xavf tug'diradi. Shu sababli, ko'mirni bevosita qatlamning o'zida gazga aylantirish — yer osti gazlashtirish (.) texnologiyasi muqobil va istiqbolli yechim sifatida ajralib turadi (Bichrov et al., 2020).

Biroq, . jarayonining amaliyotga keng joriy etilishidagi eng asosiy va murakkab to'siq bu yer osti reaktorida yuzaga keladigan anomal GEOMEXANIK JARAYONLARDIR. An'anaviy tog'-kon ishlarida bo'shliq faqat mexanik kuchlar (statik va dinamik tog' bosimi) hisobiga shakllansa, . jarayonida reaktordagi 1000°C –

1500°C li ultra-yuqori harorat tog' massiviga kuchli termal ta'sir ko'rsatadi. Bu holat tog' jinslarida misli ko'rilmagan termo-elasto-plastik va reologik deformatsiyalarni keltirib chiqaradi (Najafi et al., 2019).

Agar geomexanik jarayonlar to'g'ri bashorat qilinmasa va boshqarilmasa, shift jinslarining halokatli qulashi, gazlashtirish kanalining to'silib qolishi, reaktor doirasidan zaharli gaz va issiqlikning atrof-muhitga va chuchuk suv qatlamlariga sizib chiqishi hamda yer usti sathining keskin cho'kishi kuzatiladi (Gao et al., 2022). Shu sababli, . texnologiyasining taqdiri va muvaffaqiyati to'g'ridan-to'g'ri geomexanik xatarlarni baholash va ularni boshqarish darajasiga bog'liq.

2. Reaktori Atrofida Kuchlanish-Deformatsiya Holatining Qayta Taqsimlanishi

2.1. Mexanik va termal kuchlanishlarning superpozitsiyasi

Ko'mir qatlamining yonishi va gazga aylanishi natijasida yer ostida katta o'lchamli bo'shliq (kaverna) hosil bo'ladi. Bu bo'shliq atrofidagi tog' massivining tabiiy kuchlanish muvozanatini (geostatik va tektonik bosimni) tubdan buzadi. Geomexanik nuqtai nazardan, . reaktori atrofiga ikki turdagi yuklama bir vaqtning o'zida ta'sir qiladi:

1. Gidrostatik va geostatik tog' bosimi (ortiqcha yuklama jinslari og'irligi hisobiga);

2. Termal kengayish kuchlanishlari (harorat gradientining yuqori bo'lishi hisobiga).

Gazlashtirish kanali devoridagi jinslar isishi natijasida kengayishga harakat qiladi, ammo sovuq va cheklangan ichki jinslar bu kengayishga qarshilik ko'rsatadi. Natijada reaktor devorlarida keskin siquvchi va kesuvchi termal kuchlanishlar (thermal stress) to'planadi. Ushbu kuchlanishlar jinsning bir o'qli siqilish va surilish mustahkamligidan oshib ketganda, tog' massivida spalling (qatlam-qatlam bo'lib ko'chish) va termal mo'rt sinish sodir bo'ladi (Kaufman & Srikant, 2018).

2.2. Shift va devor jinslarining geomexanik destruksiyasi (buzilishi)

Reaktorining barqarorligi uchun eng kritik zona bu reaktor shifti (roof rock) hisoblanadi. Harorat ta'sirida shift jinslarining Yung moduli (E) va Puasson koeffitsienti (nu) o'zgaradi, uning yuk ko'tarish qobiliyati 40% dan 80% gacha pasayadi. Geomexanik nuqtai nazardan shift jinslarining buzilishi uch bosqichda kechadi (Zahedi et al., 2021):

a) Termal mikrodarzlanish bosqichi: 200°C–500°C da jinslar ichidagi minerallarning har xil kengayishi natijasida mikroskopik yoriqlar hosil bo'lishi;

b) Plastik deformatsiya va qatlamlanish bosqichi: 500°C–800°C da jinslarning egilish moduli keskin tushib, shiftning quyi qatlamlari egilishi va ajralishi;

c) Makroskopik qulash va blokli to'kilish bosqichi: 800°C dan yuqorida va kaverna eni kritik chegara (L_crit) ga yetganda shift jinslarining o'z og'irligi hamda termal zo'riqish ostida reaktor bo'shlig'iga qulashi.

3. Issiqlik Ta'sirida Tog' Jinslari Geomexanik Xossalarining Degradatsiyasi

Geomexanik hisob-kitoblarning aniqligi va reaktor xavfsizligi to'g'ridan-to'g'ri yuqori haroratda tog' jinslarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari qanday o'zgarishini bilishga bog'liq. Harorat oshib borishi bilan jinslar mo'rt (brittle) holatdan plastik (ductile) yoki hatto shishasimon-oquvchan holatga o'tadi (Prabu et al., 2020).

Jins turi / Parametr	Harorat chegara (°C)	Geomexanik ko'rsatkich o'zgarishi	Geomexanik havf va oqibat
Giltosh (Mudstone)	200°C – 600°C	Mustahkamlik 60% ga kamayadi, E-modul 50% ga tushadi	Tezkor qatlamlanish, reaktor shiftining tez to'kilishi
Qumtosh (Sandstone)	400°C – 800°C	Kvars donalarining alpha-beta o'tishi (573°C), hajmiy kengayish	Kuchli termal kuchlanish va mo'rt sinish yoriqlari
Ohaktosh (Limestone)	600°C – 900°C	Termal dekarbonizatsiya ($CaCO_3$ degidratatsiya), mustahkamlik 75% yo'qoladi	Jins g'ovakligining keskin ortishi va yuk ko'tarish barbod bo'lishi

Ko'mir qatlami (Coal)	300°C – 1100°C	Uglerod karkasining yonishi, plastik oquvchanlik va kulga aylanish	Kaverna o'lchamining kengayishi va tog' bosimi qayta taqsimlanishi

1-jadval. Harorat oshishi bilan tog' jinslarining geomexanik parametrlari va strukturaviy o'zgarishlari tahlili (Yang et al., 2021 ma'lumotlari bo'yicha).

4. Termo-Gidro-Mexanik (THM) Bog'liqlik va Ekologik Geomexanika

. jarayonida geomexanikaning dolzarbligi shundaki, geomexanik deformatsiyalar atrofdagi giddrodinamik muhitni to'g'ridan-to'g'ri o'zgartiradi. Ushbu o'zaro ta'sir Termo-Gidro-Mexanik (THM) bog'langan model (Coupled THM Model) orqali ifodalanadi (Gao et al., 2022):

1. Termal maydon (T) -> Geomexanik kuchlanishlarni (M) keltirib chiqaradi;

2. Geomexanik kuchlanish (M) -> Jinslarda darz va yoriqlarni hosil qilib, g'ovaklik (phi) va o'tkazuvchanlikni (k) oshiradi;

3. O'tkazuvchanlikning oshishi (H) -> Yer osti suvlarining reaktorga oqib kirishiga va zaharli gazlarning (CO, fenol, benzol) atrof-muhitga sizib chiqishiga olib keladi;

4. Fluidlar va gazlar harakati (H) -> Issiqlik konveksiyasini o'zgartirib, termal maydon (T) taqsimotini qayta shakllantiradi.

Shunday qilib, geomexanik jarayonlar faqat reaktor mustahkamligi masalasi bo'lib qolmay, balki butun kon hududining EKOLOGIK XAVFSIZLIGINI belgilab beruvchi asosiy omil hisoblanadi. Yozilgan darzlar orqali chuchuk suv qatlamlarining zaharli gaz va texnologik suvlar bilan ifloslanishi . loyihalarining to'xtatilishiga sabab bo'ladigan eng katta xatardir (Bhutto et al., 2013).

5. Geomexanik Barqarorlikni Boshqarish va Muhandislik Chora-Tadbirlari

. reaktorining geomexanik xavfsizligini ta'minlash va tog' massividagi salbiy deformatsiyalarni jilovlash uchun quyidagi zamonaviy geomexanik va texnologik muhandislik yechimlari qo'llaniladi (Sarikaya & Ozfirat, 2019):

• Kaverna o'lchamlarini va yonish tezligini nazorat qilish: Shift jinslarining kritik qulash eniga yetmasligi uchun reaktor kanali uzunligi va yonish tezligi geomexanik hisob-kitoblar bo'yicha cheklanadi.

• Gidrodinamik bosim balansini saqlash: Reaktor ichidagi gaz bosimini atrofdagi tog' jinslarining giddrostatik suv bosimiga teng yoki sal pastroq ushlab turish orqali geomexanik darzlar orqali zaharli moddalarning sizib chiqishining oldi olinadi.

• To'ldirish (backfilling) va termal to'siqlar: Gazlashgan kavernalarga maxsus issiqlik va mexanik mustahkamlik beruvchi aralashmalarni yuborish orqali yer usti cho'kishining (subsidence) oldini olish.

• Uzliksiz Mikroseysmik va GPS-Monitoring: Reaktor atrofida mikro-yoriqlar hosil bo'lishini seysmik datchiklar va yer usti deformatsiyasini yo'ldoshli GPS orqali real vaqt rejimida kuzatib borish.

6. Xulosa va Geologik-Tog'-Kon Tavsiyalari

Yer osti gazlashtirish jarayonida geomexanik omil texnologiyaning texnik-iqtisodiy va ekologik taqdirini belgilab beruvchi eng dolzarb va hal qiluvchi ko'rsatkichdir. O'tkazilgan chuqurlashtirilgan geomexanik tahlil natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. . reaktori atrofida yuzaga keladigan termal va mexanik kuchlanishlar birgalikda tog' jinslarining mustahkamligini 80% gacha kamaytiradi va bu shift hamda devor jinslarining barqarorligiga bevosita tahdid soladi.

2. Geomexanik buzilishlar va darzlanishlar natijasida payda bo'ladigan g'ovaklik va o'tkazuvchanlik THM zanjiri orqali yer osti suv resurslarining ifloslanish xavfini oshiradi.

3. Har bir . loyihasini amalga oshirishdan oldin kon-geologik va termal parametrlarga asoslangan 3D Termo-Gidro-Mexanik (THM) raqamli modellashtirishni o'tkazish majburiy ilmiy-amaliy bosqich hisoblanadi.

> **GEOMEXANIK TAVSIYA:** *Tog'-kon korxonalari va ilmiy-tadqiqot institutlariga . reaktorlarini loyihalashda faqat issiqlik balansi bilan cheklanmay, shift jinslarining reologik va termal-mo'rt sinish xususiyatlarini aks ettiruvchi murakkab geomexanik modellarga tayanish tavsiya etiladi.*

Adabiyotlar ro'yxati

Bhutto, A. W., Bazmi, A. A., & Harijan, K. (2013). Underground coal gasification: From theoretical orientations to practical applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, 40-52. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.008

Bichrov, A. A., Smirnov, V. G., & Portnov, V. S. (2020). Thermal and geomechanical effects of underground coal gasification on surrounding rock strata. Journal of Mining Science, 56(4), 512-523.

Gao, X., Liu, S., & Wang, Z. (2022). Coupled thermo-hydro-mechanical modeling of roof stability during underground coal gasification. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 150, Article 104988. https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2021.104988

Kaufman, A., & Srikant, A. (2018). Thermal stress evolution and rock failure analysis in UCG cavities. Geotechnical and Geological Engineering, 36(3), 1845-1859.

Najafi, M., Jalali, Z., & Yilmaz, E. (2019). Geomechanical characterization and thermal degradation of rocks exposed to high temperatures in underground gasification. Engineering Geology, 259, Article 105187.

Prabu, V., Jayanthi, S., & Swaminathan, G. (2020). Experimental investigation on thermal properties and structural changes of surrounding rocks in UCG process. Fuel, 262, Article 116520. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116520

Sarikaya, M., & Ozfirat, M. K. (2019). Thermal impact analysis on overburden strata in underground gasification cavities using numerical simulation. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 41(12), 1430-1442.

Yang, D., Saripalli, K. P., & Sereshki, F. (2021). Thermal-mechanical response of coal seams and surrounding rocks in underground coal gasification: A comprehensive review. Energy & Fuels, 35(8), 6412-6430. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c00214

Zahedi, M., Amini, M., & Hosseini, M. (2021). Roof stability and subsidence control in deep underground coal gasification: A geomechanical perspective. Rock Mechanics and Rock Engineering, 54(9), 4821-4839.