NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-8]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

03.00.00-BIOLOGIYA
journal.namdu.uz
BIOLOGICAL

TOG‘ TUPROQLARINING MIKROMORFOLOGIK TUZILISHINI SHIMOLIY VA JANUBIY QIYALIKLARI BO‘ YICHA O‘ ZGARISHI

Jabbarov Zafarjon Abdukarimovich
O‘ zbekiston Milliy universiteti, tuproqshunoslik kafedrasi professori
Faxrutdinova Mashkura Fazliddinovna
O‘‘zbekiston Milliy universiteti, tuproqshunoslik kafedrasi professori v.b.
Aliboyeva Malika Alimovna
O‘ zbekiston Milliy universiteti, tuproqshunoslik kafedrasi dots.v.b, b.f.f.d.
Atoyeva Gulhayo Raxmonovna
O‘ zbekiston Milliy universiteti, tuproqshunoslik kafedrasi dots.v.b, b.f.f.d.
E-mail:malika.alibaeva@gmail.com

Annotatsiya: *Mazkur tadqiqotda xududining shimoliy va janubiy ekspozitsiyadan olingan tuproq namunalari ularning mikromorfologik xususiyatlarida o‘ xshash va farqli jihatlar mavjudligi ko‘ rsatilgan. Har ikki ekspozitsiya tuproqlarida ignasimon va radial morfologiyali mineral agregatlar, polidispers zarrachalar hamda mikroagregatli struktura shakllanganligi aniqlangan. Ekspozitsiyalarning harorat, namlik rejimi, tuproq tarkibidagi organik moddalar bilan bog‘ liq bo‘ lib, tuproq hosil bo‘ lish jarayonlarining turlicha ekanligi sababli gumusga boy bo‘ lgan shimoliy ekspozitsiya tuproqlarida agregatlarning nisbatan yaxshi rivojlanganligi, g‘ ovaklik tizimining aniq ifodalanishi va zarrachalarning bir tekis joylashganligi kuzatilgan, kamgumusli janubiy ekspozitsiya tuproqlarida mayda dispersli zarrachalar va kam agregatlangan mikrotuzilmalar ustunlik qilishi aniqlangan. Elektron mikroskopiya SEM usuli tuproqlarning mikromorfologik holatini baholashda yuqori samarali tadqiqot usuli ekanligini ko‘ rsatdi.*

Kalit so‘ zlar: *tuproq, mikromorfologiya, pedogenez, tuproq genezisi, agregat, g‘ ovaklik, mineral tarkib, gumus.*

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ГОРНЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНОВ.

Аннотация. *В данном исследовании представлены результаты изучения почвенных образцов, отобранных на северной и южной экспозициях исследуемой территории, и выявлены как сходства, так и различия в их микроморфологических характеристиках. Установлено, что почвы обеих экспозиций характеризуются наличием минеральных агрегатов игольчатой и радиально-лучистой морфологии, полидисперсных частиц и развитой микроагрегатной структуры. Выявленные различия обусловлены особенностями температурного и водного режимов экспозиций, содержанием органического вещества в почве и спецификой процессов почвообразования. В почвах северной экспозиции, отличающихся более высоким содержанием гумуса, наблюдаются лучше развитые агрегаты, более выраженная система пор и равномерное распределение частиц. В то же время для малогумусных почв южной экспозиции характерно преобладание тонкодисперсных частиц и слабо агрегированных микроструктур. Результаты исследования показали, что метод сканирующей электронной микроскопии (SEM) является высокоэффективным инструментом для оценки микроморфологического состояния и структурных особенностей почв.*

Ключевые слова: *почва, микроморфология, педогенез, генезис почв, агрегаты, пористость, минеральный состав, гумус.*

ASSESSMENT OF MICROMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MOUNTAIN SOILS ACROSS NORTHERN AND SOUTHERN SLOPE ASPECTS

Abstract. *This study examines soil samples collected from the northern and southern slope aspects of the study area and reveals both similarities and differences in their micromorphological characteristics. The results showed that soils from both slope aspects contain needle-shaped and radially arranged mineral aggregates, polydisperse particles, and well-developed microaggregate structures. The observed differences are associated with variations in temperature and moisture regimes, as well as the content of organic matter, which influence soil-forming processes. The humus-rich soils of the northern slope aspect exhibited relatively better-developed aggregates, a more distinct pore system, and a more uniform distribution of particles. In contrast, the humus-poor soils of*

the southern slope aspect were characterized by the predominance of fine-dispersed particles and weakly aggregated microstructures. The application of Scanning Electron Microscopy (SEM) demonstrated its high efficiency as a research tool for assessing the micromorphological properties and structural features of soils.

Keywords: *soil, micromorphology, pedogenesis, soil genesis, aggregates, porosity, mineral composition, humus.*

MAVZUNING DOLZARBLIGI.

Tuproq tabiatning muhim tarkibiy qismi hisoblanib, o‘ simliklar o‘ sishi va rivojlanishi uchun asosiy muhit hisoblanadi. Tuproqning barcha xossa va xususiyatlari uning ichki tuzilishiga bevosita bog‘ liq bo‘ ladi. Tuproq tuzilishini faqat makroskopik darajada emas, balki mikroskopik darajada ham o‘ rganish muhim ahamiyatga ega. Tuproqda mikromorfologik izlanish olib borishda tuproqning shakllanish jarayonlari, tarkibi va xususiyatlarini mikroskop yordamida tadqiq qilish imkonini beradi.

Tuproqning mikromorfologik tuzilish unda kechayotgan ichki jarayonlar va tuproq qattiq fazasining tuzilishi, mineral zarrachalar, ular orasidagi g‘ ovakliklarni tuzilishi ularni organik va mineral birikmalar bilan bog‘ liqligi ko‘ rsatadi. Shu bilan birga bu izlanish tuproqning genezisi, agrofizikasi, biologik va fizik kimyoviy xossalariga tegishli xususiyatlarini o‘ zida namayon etadi.

Tuproq mikromorfologiyasi orqali tuproqning yupqa namunalarida mikroskop yordamida uning tarkibiy elementlari va pedogen jarayonlar natijasida shakllangan belgilarini kuzatish mumkin. Mazkur usul orqali tuproq hosil bo‘ lishi qonuniyatlarini o‘ rganish unda kechadigan fizik, kimyoviy va biologik jarayonlar haqida aniq ma’lumotlar olish xossalarini baholash, tuproq genezisiga baho berish va uning agroekologik holatini o‘ rganish dolzarb hisoblanadi.

O‘ RGANILGANLIK DARAJASI.

Tuproq mikromorfologiyasini o‘ rganish bo‘ yicha ilmiy tadqiqotlar XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab rivojlangan bo‘ lib, so‘ nggi o‘ n yilliklarda skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli keng qo‘ llanilmoqda.

Tuproq mikromorfologiyasi bo‘ yicha xorijiy olimlardan Georges Stoops, Eric A. FitzPatrick va boshqa tadqiqotchilar tomonidan tadqiqotlar olib borilgan. G. Stoops tomonidan fundamental tadqiqotlarini belgiyalik olim olib borgan bo‘ lib, u tuproqning yupqa kesmalarini tahlil qilish orqali pedogen jarayonlarni aniqlash metodologiyasini takomillashtirgan. Uning tadqiqotlarida tuproq strukturasi, plazma va skelet elementlari, g‘ ovaklar tizimi hamda yangi hosil bo‘ lgan mineral birikmalarning morfologik xususiyatlari batafsil yoritib berilgan.Uning «Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections» asari tuproq yupqa kesmalarini tavsiflash va tahlil qilish bo‘ yicha xalqaro standart sifatida e’tirof etilgan.

P.Castillo, M.F.Albornoz, O.Crovo, A.Atenas, C.I.Czimczik, R.Southard, F.Aburto tadqiqotlarida Chilining janubi-markaziy hududlarida mahalliy Nothofagus o‘ rmonlarining qarag‘ ay plantatsiyalariga aylantirilishi natijasida tuproqning fizik-kimyoviy va mineralogik xususiyatlari o‘ zgarishi tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari tuproqdagi organik moddalarning barqarorlashuvi mineral tarkib bilan chambarchas bog‘ liqligini hamda o‘ rmonlarning plantatsiyalarga aylantirilishi tuproqning chuqur qatlamlarigacha salbiy ta’sir ko‘ rsatishini tasdiqlaydi. [1]

Mahalliy Nothofagus o‘ rmonlarining qarag‘ ay plantatsiyalariga aylantirilishi natijasida tuproqning fizik-kimyoviy va mineralogik xususiyatlarida sezilarli o‘ zgarishlar kuzatilgani aniqlangan [2].

Titan eritish zavodi hududidagi tuproqlarda potentsial zaharli elementlar (PTE)ning tarqalishi va geokimyoviy xususiyatlari baholangan. Natijalar titan eritish jarayoni tuproqning kuchli kislotalanishiga (pH 2,75–5,52), mineral fazalarning parchalanishiga hamda Ti bilan bog‘ liq ilmenit, barit va gips minerallarining to‘ planishiga olib kelganini ko‘ rsatdi [3].

Namibiyaning Otavi tog‘ lari etaklaridagi yarim qurg‘ oqchil tropik hudud tuproqlarida pedoxilma-xillikning shakllanish omillarini baholashga qaratilgan ish. mineralogik, mikromorfologik va geokimyoviy tahlillar natijasida tuproq xususiyatlari asosan litologiya, pedogenez davomiyligi, mikrorelyef va gidrologik rejim bilan bog‘ liqligi aniqlangan. [4].

O‘ zbekistonda ham tuproqlarning mikromorfologik xususiyatlarini o‘ rganish bo‘ yicha qator ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Bu yo‘ nalish asoschilari sifatida nemis olimi V.Kubiena, B.B.Polinov, O‘ zbekistonda P.A.Marozova, G.E.Pevushevskaya (1976), X.X.Tursunov (1970), D.R.Ismatov (1989) kabi olimlarning ishlari taqsinga loyiq hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘ rsatadiki, tuproq mikromorfologiyasini SEM va EDS texnologiyalari asosida o‘ rganish tuproq hosil bo‘ lish jarayonlari, mikroagregatlar shakllanishi va elementlarning taqsimlanish qonuniyatlarini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega. Shu bilan birga, O‘ zbekiston tuproqlarini mazkur zamonaviy usullar yordamida kompleks tadqiq qilish bo‘ yicha ilmiy tadqiqotlar yetarli emas. Bu esa ushbu yo‘ nalishda ayniqsa tog‘ va tog‘ oldi xududlarida shu kabi tadqiqotlar olib borish zarur hisoblanadi.

TADQIQOT OB’EKTI VA USULLARI.

Tuproqning mayda zarrachalari, g‘ ovaklari va agregatlarining mikroskopik darajadagi tuzilishini o‘ rganish muhim ahamiyatga ega. Tuproqlarning mikromorfologik tuzilishini o‘ rganish uchun tuproq namunalari olinadi va laboratoriyada preparatlar tayyorlanadi va Skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) va energodispersion spektroskopiya (EDS) usullari asosida o‘ rganildi.

Chotqol davlat biosfera qo‘ riqxonasida tarqalgan tog‘ jigarrang tuproqlardan 2 xil bir biridan keskin farq qiluvchi shimoliy va janubiy ekspozitsiyalaridan tadqiqot uchun namunalari olindi va skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) va energodispersion spektroskopiya (EDS) usullari taxlili o‘ tkazildi.

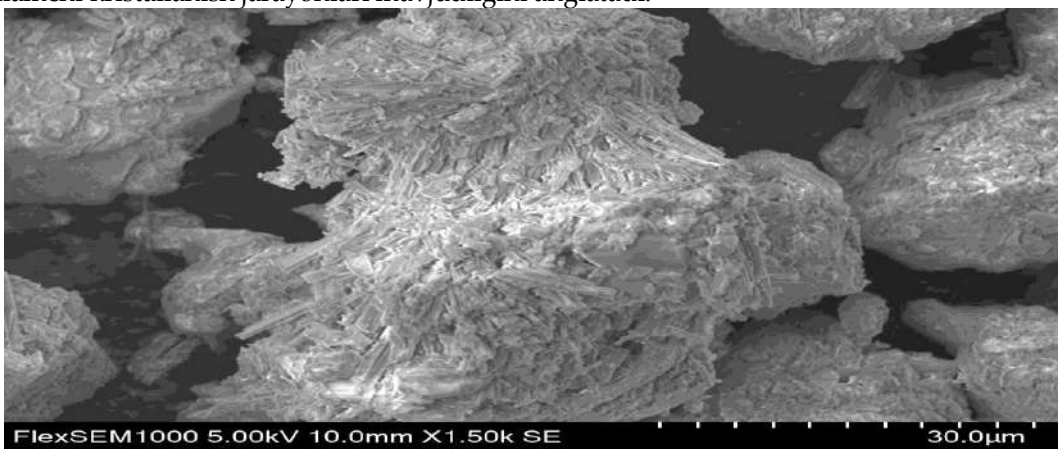
NATIJA VA MUXOKAMA.

Chotqol davlat biosfera qo‘ riqxonasinig shimoliy ekspozitsiyadan olingan tuproq namunalarida skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) va energodispersion spektroskopiya (EDS) usullari yordamida morfologik va elementar tarkibi tahlil qilindi.

Olingan tasvirlar tuproq zarrachalarining yuqori darajada geterogen va agregatlangan strukturaga ega ekanligini ko‘ rsatdi. Zarrachalar turli morfologik tuzilishda — ignasimon, plastinkasimon va noaniq shaklli agregatlar ko‘ rinishida bo‘ lib, bu holat mineralogik tarkibning murakkabligini va tabiiy geologik jarayonlar ta’sirida shakllanganligini anglatadi.

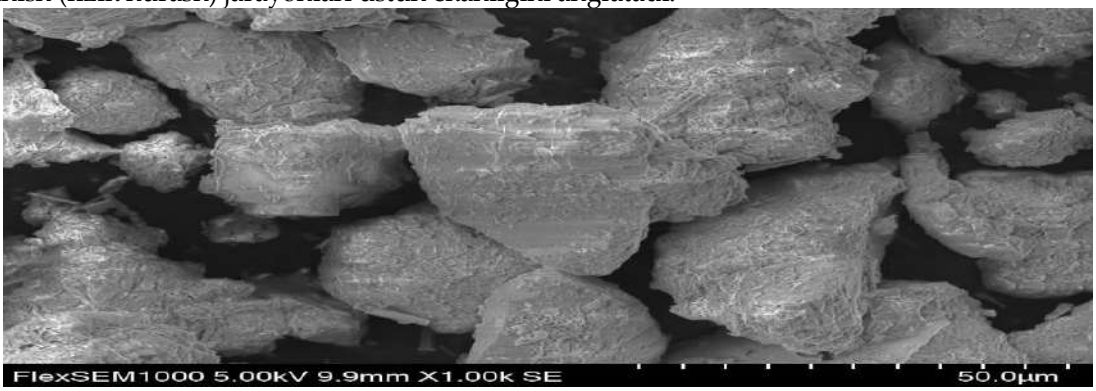
Mikromorfologik tahlil tuproqning ichki tuzilishi haqida muhim ma’lumotlar hisoblanib, tuproqning mikrostrukturasi agregatlar shakli, o‘ lchami va ularning joylashishi bilan tavsiflanadi. Agregatlarning shakllanishi gumus, loy minerallari va mikroorganizmlar faoliyati bilan bog‘ liq.

Chotqol tog‘ tizmasining shimoliy qismida olingan tuproq namunalarining SEM tahlillari ularning morfologik va geokimyoviy jihatdan murakkab, polimineral tizim ekanligini ko‘ rsatdi. SEM tasvirlarda zarrachalarning burchakli, agregatlangan va turli o‘ lchamli ekanligi aniqlanib, bu ularning asosan mexanik nurash jarayonlari ta’sirida shakllanganini tasdiqlaydi. Zarrachalar yuzasidagi yoriqlar va nohamvor tekstura tuproqning yuqori reaksion yuzaga ega ekanligini ko‘ rsatadi. Yuqori kattalashtirishda (×1.50k) kuzatilgan ignasimon va nursimon (radial) mikrostrukturalar minerallarning ikkilamchi kristallanish jarayonlari mavjudligini anglatadi.



1-rasm. Shimoliy ekspozitsiya tuproq namunasida ignasimon va radial mikrostrukturali mineral agregatlar (SEM tasvir, ×1.50k)

Chotqol tog‘ tizmasining shimoliy qismida olingan tuproq namunalarining SEM tasvirlari va EDS tahlillari ularning morfologik va geokimyoviy jihatdan ko‘ p komponentli, poligenetik tizim ekanligini ko‘ rsatdi. Turli kattalashtirishlarda olingan SEM tasvirlar zarrachalarning asosan burchakli–subburchakli, agregatlangan va nohamvor yuzali ekanligini namoyon qildi. Zarrachalar o‘ lchami keng diapazonda (taxminan 10–100 mkm) o‘ zgarib, bu tuproqda mexanik parchalanish (fizik nurash) jarayonlari ustun ekanligini anglatadi.

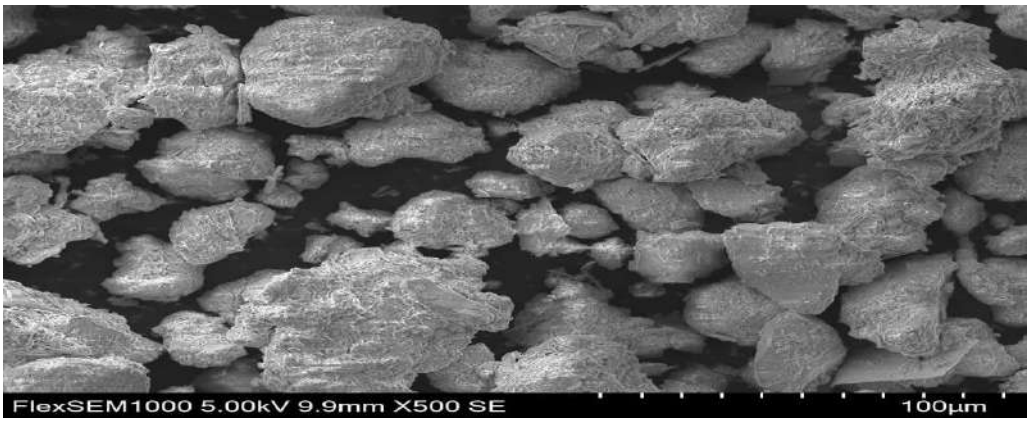


2-rasm.Shimoliy ekspozitsiya tuproq namunasida burchakli va agregatlangan zarrachalar morfologiyasi (SEM tasvir, ×1.00k)

SEM tasvirlarda zarrachalarning asosan burchakli–subburchakli, turli o‘ lchamli (10–100 mkm) va agregatlangan holatda ekanligi aniqlandi. Bu esa tuproq shakllanishida mexanik nurash jarayonlari ustunligini va materialning asosan mahalliy (avtoxton) manbaga ega ekanligini ko‘ rsatadi.

Yuqori kattalashtirishda kuzatilgan ignasimon va radial mikrostrukturalar tuproqda ikkilamchi minerallar asosan karbonat (kalsit) va ehtimolan sulfat (gips) birikmalarining shakllanganligini anglatadi. Bu holat tuproq eritmasidagi elementlarning migratsiyasi va qayta kristallanish jarayonlari mavjudligini tasdiqlaydi. Zarrachalar yuzasidagi nohamvorlik va mikroyoriqlar esa tuproqning yuqori sorbsion faolligi va reaksion yuzasi katta ekanligini ko‘ rsatadi.

Yuqori kattalashtirishda kuzatilgan ignasimon va radial mikrostrukturalar ikkilamchi minerallar (asosan kalsit va ehtimolan gips) shakllanganligini ko‘ rsatib, tuproqda qayta kristallanish va elementlar migratsiyasi jarayonlari mavjudligini anglatadi.

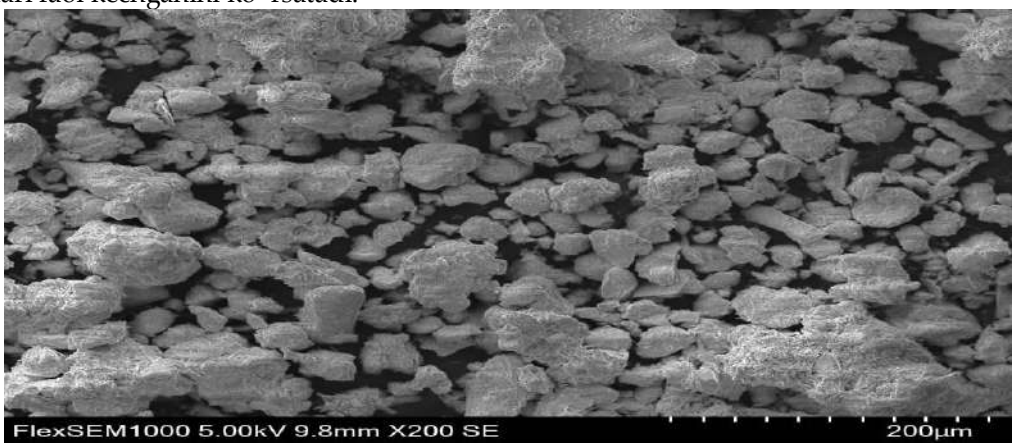


3-rasm. Shimoliy ekspozitsiya tuproq namunasida turli o‘ lchamli va geterogen agregatlar tuzilishi (SEM tasvir, ×500)

Chotqol tog‘ tizmasining shimoliy qismida olingan tuproq namunalarini SEM–EDS usullari orqali kompleks tahlil qilish natijalari ularning ko‘ p fraksiyali, polimineral va geterogen tuzilishga ega ekanligini ko‘ rsatdi. SEM tasvirlarda zarrachalarning keng o‘ lcham diapazonida (maydadan yirikkacha) tarqalgani, asosan burchakli–subburchakli shaklda va agregatlangan holatda ekanligi aniqlandi. Bu esa tuproq shakllanishida mexanik nurash jarayonlari ustunligini va materialning asosan mahalliy (avtoxton) manbaga ega ekanligini ko‘ rsatadi.

Yuqori va o‘ rta kattalashtirishlarda kuzatilgan: nohamvor va yoriqli yuzalar,

ignasimon va radial mikrostrukturalar, tuproqda ikkilamchi minerallar - asosan karbonat (kalsit) va ehtimolan sulfat (gips) birikmalarining shakllanganligini anglatadi. Bu esa tuproq eritmasida elementlar migratsiyasi va qayta kristallanish jarayonlari faol kechganini ko‘ rsatadi.



4-rasm. Shimoliy ekspozitsiya tuproq namunasida mayda fraksiyali va polidispers zarrachalar tuzilishi (SEM tasvir, ×200)

Shimoliy ekspozitsiya sharoitida namlikning nisbatan yuqori bo‘ lishi kimyoviy jarayonlarni (ayniqsa qayta kristallanish) ma’lum darajada faollashtirgan bo‘ lsada, mexanik nurash ustunligini saqlab qolgan. Natijada tuproqda: birlamchi silikat minerallar, ikkilamchi karbonat va sulfat minerallar birgalikda uchraydigan kompleks geokimyoviy tizim shakllangan. SEM tasvirlarda zarrachalarning burchakli–subburchakli, turli o‘ lchamli (maydadan yirikgacha) va agregatlangan holatda ekanligi aniqlanib, bu tuproq shakllanishida mexanik nurash jarayonlari ustunligini va

materialning avtoxton kelib chiqishga ega ekanligini tasdiqlaydi. Zarrachalar yuzasidagi nohamvorlik, mikroyoriqlar va ayrim ignasimon mikrostrukturalar ikkilamchi minerallar (asosan karbonat va ehtimolan sulfat birikmalar) shakllanganligini ko‘ rsatadi. Bu esa tuproqda qayta kristallanish va elementlar migratsiyasi jarayonlari mavjudligini anglatadi.

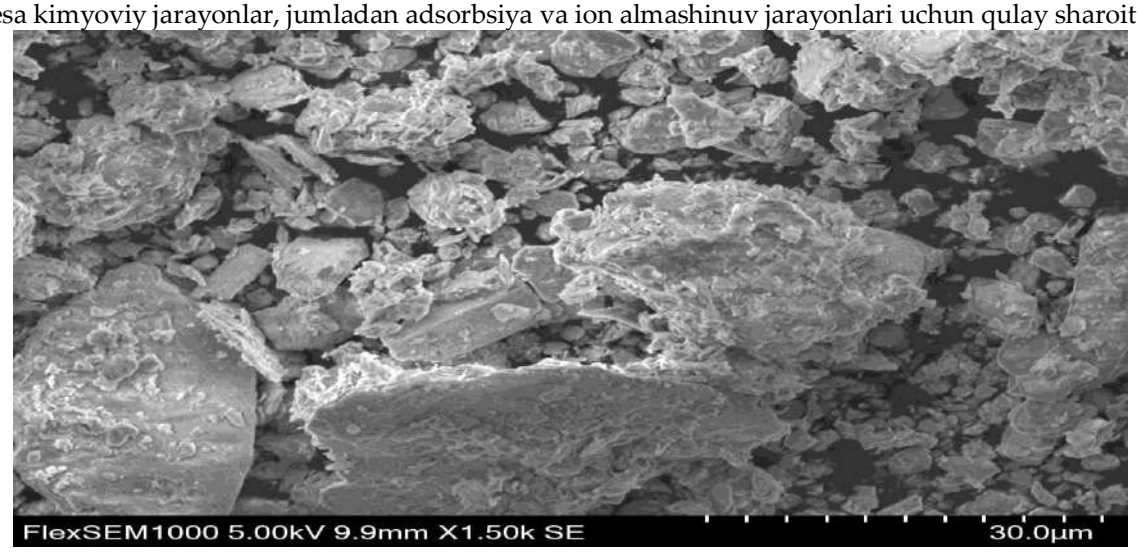
Berilgan qo‘ shimcha SEM tasvir Chotqol tog‘ tizmasining shimoliy qismidagi tuproq namunalarida kuzatilgan mikromorfologik xususiyatlarni yanada chuqurroq tasdiqlaydi. Tasvirda zich agregatlangan massa ichida keng tarqalgan ignasimon va tolasimon (fibrous) mikrostrukturalar aniq ko‘ rinadi. Bu strukturalar odatda ikkilamchi minerallar — ayniqsa karbonat (kalsit) va sulfat (gips) kristallariga xos bo‘ lib, ularning tuproq muhitida qayta kristallanish orqali shakllanganini ko‘ rsatadi

Mikrostrukturaning nursimon (radial) kristallar to‘ plami, plastinkasimon va qatlamli elementlar, hamda zich mineral matritsa bilan bog‘ langan agregatlar ko‘ rinishi tuproqda bir vaqtning o‘ zida bir necha mineralogik fazalar mavjudligini, ya’ni uning polimineral va geterogen tabiatini tasdiqlaydi. Bu holat quyidagi jarayonlarning mavjudligini ko‘ rsatadi: elementlar migratsiyasi (ayniqsa Ca, S va boshqalar), erigan moddalarning qayta cho‘ kishi (presipitatsiya), ikkilamchi minerallar kristallanishi. Shimoliy ekspozitsiya sharoitida namlikning nisbatan yuqoriligi va barqaror mikroiqlim ta’sirida ushbu kimyoviy jarayonlar faol kechadi. Shu bilan birga, avvalgi tasvirlarda kuzatilgan burchakli mineral zarrachalar mexanik nurash ustunligini ko‘ rsatgan bo‘ lsa, mazkur tasvir kimyoviy jarayonlar ham muhim rol o‘ ynayotganini aniq namoyon etadi.

Yuqoridagi natijalar asosida aytganimizda barcha SEM–EDS tahlillarini umumlashtirgan holda, Chotqol tog‘ tizmasining shimoliy qismi tuproqlari silikat–karbonat–sulfat tipga mansub, avtoxton kelib chiqishga ega, mexanik (fizik) va kimyoviy nurash jarayonlari birgalikda kechgan, ikkilamchi minerallar (kalsit, gips) faol shakllangan, yuqori sorbsion va buferlik xususiyatlarga ega.

Berilgan SEM tasvir shimoliy ekspozitsiyadan olingan tuproq namunasining morfologik xususiyatlarini aniq ifodalaydi va uning geterogen hamda agregatlangan tuzilishga ega ekanligini ko‘ rsatadi. Tasvirda zarrachalar turli o‘ lcham va shakllarda — burchakli, plastinkasimon va qisman ignasimon elementlar bilan namoyon bo‘ lib, ularning bir-biri bilan bog‘ langan holda agregatlar hosil qilgani kuzatiladi. Bu holat tuproqning asosan mexanik nurash jarayonlari ta’sirida shakllanganini, ya’ni ona jinslar parchalanishi ustun bo‘ lganini ko‘ rsatadi.

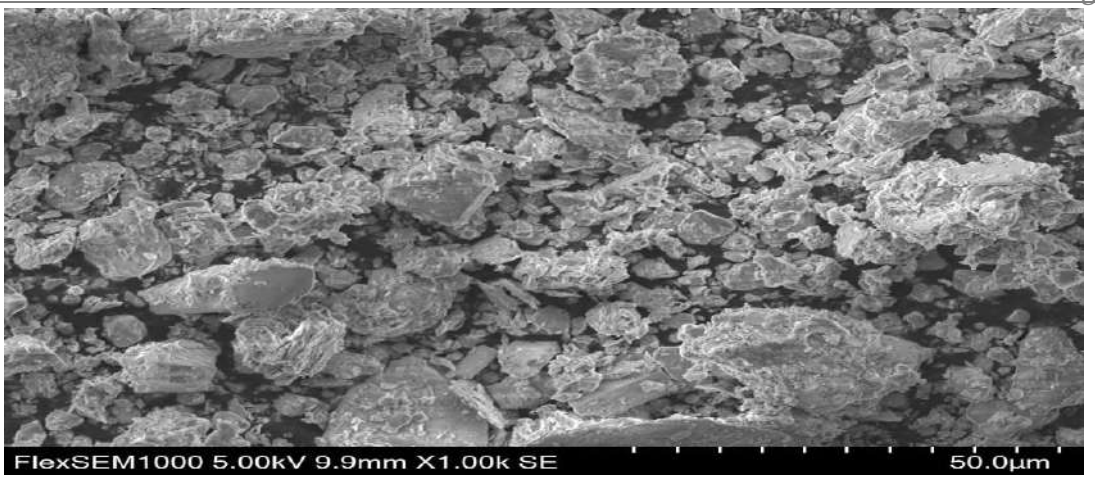
Yirik agregatlar orasida mayda dispers zarrachalarning mavjudligi tuproqning polidispers tizim ekanligini anglatadi. Zarrachalar yuzasining nohamvor va g‘ ovak tuzilishi ularning yuqori reaksion yuzaga ega ekanligini ko‘ rsatadi, bu esa kimyoviy jarayonlar, jumladan adsorbsiya va ion almashinuv jarayonlari uchun qulay sharoit yaratadi.



5-rasm. Janubiy ekspozitsiya tuproq namunasida ignasimon va radial mikrostrukturali mineral agregatlar (SEM tasvir, ×1.50k)

Ayrim joylarda kuzatiladigan plastinkasimon va qatlamli strukturalar alyumosilikat (gil) minerallar mavjudligini ko‘ rsatsa, mayda ignasimon yoki tolasimon elementlar ikkilamchi minerallar (masalan, karbonat yoki sulfat fazalar) shakllanish jarayonlari bilan bog‘ liq bo‘ lishi mumkin. Bu esa tuproqda faqat mexanik nurash emas, balki kimyoviy qayta kristallanish jarayonlari ham kechganini anglatadi.

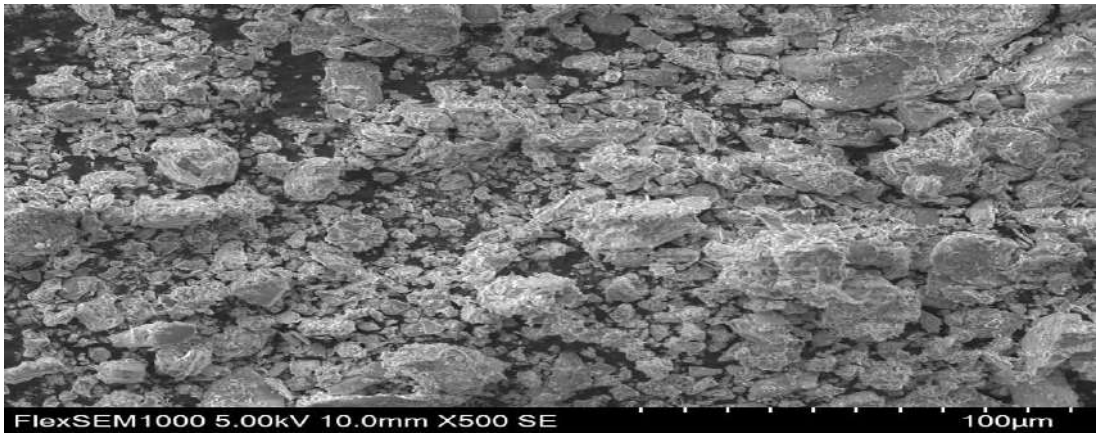
Keyingi tasvirda zarrachalar orasida turli o‘ lchamdagi fraksiyalarning mavjudligi tuproqning polidispers tizim ekanligini anglatadi. Yirik agregatlar bilan birga mayda dispers zarrachalarning ko‘ pligi tuproqning zich joylashmagan, balki g‘ ovak va ko‘ p fazali tuzilishga ega ekanligini ko‘ rsatadi. Bu esa namlikni ushlab turish, adsorbsiya va ion almashinuv jarayonlari uchun qulay sharoit yaratadi.



6-rasm. Janubiy ekspozitsiya tuproq namunasida ignasimon va radial mikrostrukturali mineral agregatlar (SEM tasvir, ×1.00k)

Ayrim zarrachalarda kuzatiladigan plastinkasimon va qatlamli strukturalar alyumosilikat (gil) minerallar mavjudligini ko‘ rsatadi. Shu bilan birga, ayrim nohamvor va notekis yuzalar kimyoviy nurash va qayta kristallanish jarayonlari natijasida hosil bo‘ lgan bo‘ lishi mumkin. Bu holat tuproqda bir vaqtning o‘ zida mexanik va kimyoviy jarayonlar kechganini tasdiqlaydi.

Keyingi SEM tasvir (×500) janubiy ekspozitsiyadan olingan tuproq namunasining umumiy mikrostrukturasini ko‘ rsatib, uning yuqori darajada geterogen va agregatlangan tuzilishga ega ekanligini tasdiqlaydi. Tasvirda zarrachalar turli o‘ lchamda — yirik agregatlardan tortib mayda dispers fraksiyalargacha — aralash holda joylashgan bo‘ lib, bu tuproqning polidispers tizim ekanligini ko‘ rsatadi. Zarrachalar shakli asosan burchakli va noaniq bo‘ lib, ularning yuzasi ko‘ p hollarda parchalangan holda namoyon bo‘ ladi. Bu holat mexanik nurash jarayonlari ustunligini, ya’ni ona jinslar fizik parchalanishi asosiy rol o‘ ynaganini ko‘ rsatadi. Shu bilan birga, ayrim agregatlar yuzasida kuzatiladigan mayda kristallik va qatlamli tuzilishlar kimyoviy jarayonlar, jumladan, qayta kristallanish va ikkilamchi minerallar hosil bo‘ lishining ham mavjudligini anglatadi.



7-rasm. Janubiy ekspozitsiya tuproq namunasida ignasimon va radial mikrostrukturali mineral agregatlar (SEM tasvir, ×500SE)

Yirik agregatlar orasidagi bo‘ shliqlar va mayda zarrachalarning to‘ planishi tuproqning g‘ ovak tuzilishga ega ekanligini ko‘ rsatadi. Bu xususiyat namlik saqlanishi, elementlar migratsiyasi va adsorbsion jarayonlar uchun muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, bunday struktura tuproqda gaz almashinuvi va biogeokimyoviy jarayonlarning faol kechishiga sharoit yaratadi.

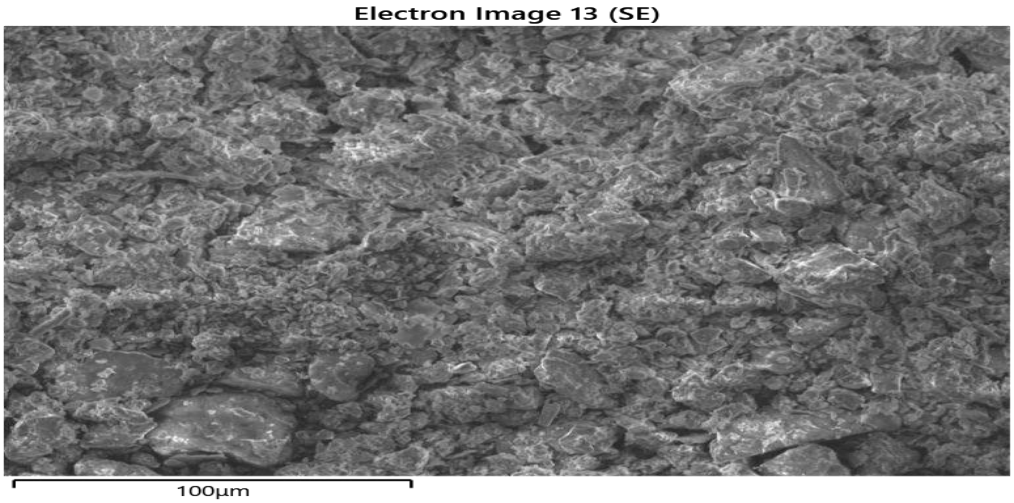
Keyingi SEM tasvir (×200) janubiy ekspozitsiyadan olingan tuproq namunasining umumiy mikrostrukturasini pastroq kattalashtirishda aks ettirib, uning makro- va mikroagregatlardan tashkil topgan geterogen tizim ekanligini ko‘ rsatadi. Tasvirda zarrachalar turli o‘ lchamda bo‘ lib, yirik agregatlar orasida juda ko‘ p miqdorda mayda dispers fraksiyalar joylashgani kuzatiladi, bu esa tuproqning polidispers tuzilishini tasdiqlaydi. Zarrachalar shakli asosan burchakli va noaniq bo‘ lib, ularning yuzasida parchalanish izlari va nohamvor tekstura yaqqol ko‘ rinadi. Bu holat mexanik nurash jarayonlari ustunligini, ya’ni ona jinslarning fizik parchalanishi asosiy rol o‘ ynaganini ko‘ rsatadi. Shu bilan birga, ayrim agregatlar yuzasida kuzatiladigan mayda kristallik va qatlamli strukturalar kimyoviy jarayonlar, xususan ikkilamchi minerallar hosil bo‘ lishi va qayta kristallanish jarayonlari ham kechganini anglatadi.



8-rasm. Janubiy ekspozitsiya tuproq namunasida ignasimon va radial mikrostrukturali mineral agregatlar (SEM tasvir, ×200 SE)

Tasvirda agregatlar orasidagi bo‘ shliqlar va g‘ ovak zonalarning mavjudligi tuproqning poroz tuzilishga ega ekanligini ko‘ rsatadi. Bu xususiyat namlikni saqlash, elementlar migratsiyasi va adsorbsiya jarayonlari uchun muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, bunday struktura tuproqda gaz almashinuvi va biogeokimyoviy jarayonlarning faol kechishiga sharoit yaratadi.

Navbatdagi berilgan SEM tasvir janubiy ekspozitsiyadan olingan tuproq namunasining mikromorfologik tuzilishini ifodalab, uning yuqori darajada geterogen va agregatlangan strukturaga ega ekanligini ko‘ rsatadi. Tasvirda zarrachalar turli o‘ lcham va shakllarda — burchakli, mayda dispers va qisman plastinkasimon elementlar ko‘ rinishida namoyon bo‘ lib, ularning bir-biri bilan zich bog‘ langan holda agregatlar hosil qilgani kuzatiladi. Zarrachalarning nohamvor va parchalangan yuzasi mexanik nurash jarayonlari ustunligini ko‘ rsatadi, ya’ni ona jinslar asosan fizik ta’sirlar natijasida parchalangan. Shu bilan birga, ayrim agregatlar yuzasida



9-rasm. Janubiy ekspozitsiya tuproq namunasida mayda fraksiyali va polidispers zarrachalar tuzilishi (SEM tasvir, ×200)

kuzatiladigan mayda kristallik va qatlamli strukturalar kimyoviy jarayonlar, jumladan ikkilamchi minerallar shakllanishi va qayta kristallanish jarayonlari ham kechganini anglatadi. Tasvirda mayda zarrachalarning yirik agregatlar orasida to‘ planishi tuproqning polidispers tizim ekanligini tasdiqlaydi. Bunday tuzilish yuqori g‘ ovaklikni ta’minlab, namlikni ushlab turish, elementlar migratsiyasi va adsorbsiya jarayonlari uchun qulay sharoit yaratadi. Shuningdek, bu holat tuproqda gaz almashinuvi va biogeokimyoviy jarayonlarning faol kechishiga xizmat qiladi.

XULOSA VA TAVSIYALAR.

Tadqiqot natijalari SEM tahlili shuni ko‘ rsatadiki, shimoliy va janubiy ekspozitsiyadan olingan tuproq namunalari ularning mikromorfologik xususiyatlarida o‘ xshash va farqli jihatlar mavjudligini ko‘ rsatdi. Har ikki ekspozitsiya tuproqlarida ignasimon va radial morfologiyali mineral agregatlar, polidispers zarrachalar hamda mikroagregatli struktura shakllanganligi aniqlandi. Biroq shimoliy ekspozitsiya tuproqlarida agregatlarning nisbatan yaxshi rivojlanganligi, g‘ ovaklik tizimining aniq ifodalanishi va zarrachalarning bir tekis joylashganligi kuzatilgan bo‘ lsa, janubiy ekspozitsiya tuproqlarida mayda dispersli zarrachalar va kam agregatlangan mikrotuzilmalar ustunlik qildi. Bu holat ekspozitsiyalarning harorat, namlik rejimi, tuproq tarkibidagi organik moddalar bilan bog‘ liq bo‘ lib,

tuproq hosil bo‘ lish jarayonlarining turlicha kechganligini ko‘ rsatadi. SEM usuli tuproqlarning mikromorfologik holatini baholashda yuqori samarali tadqiqot usuli ekanligini ko‘ rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘ yxati

1. P.Castillo, M.F.Albornoz, O.Crovo, A.Atenas, C.I.Czimczik, R.Southard, F.Aburto. Natural forest conversion to exotic pine plantations induces soil mineralogical and physicochemical changes – implications for soil organic carbon stabilization // CATENA Volume 268, 30 June 2026, 110027. https://doi.org/10.1016/j.catena.2026.110027.

2. P.Castillo, M.F.Albornoz, O.Crovo, A.Atenas, C.I.Czimczik, R.Southard, F.Aburto. Natural forest conversion to exotic pine plantations induces soil mineralogical and physicochemical changes – implications for soil organic carbon stabilization // CATENA Volume 268, 30 June 2026, 110027. https://doi.org/10.1016/j.catena.2026.110027.

3. P.Zhao, H.Wang, M.Adnan, H.Qin, B.Xiao, Sh.Xue. Multi-scale characterization of potentially toxic elements in soils impacted by titanium smelting: Insights into cross-site pollution from mineralogical evidence and receptor modeling // Environmental Chemistry and Ecotoxicology Volume 8, 2026, Pages 1873-1884. https://doi.org/10.1016/j.enceco.2026.04.009.

4. T.Zádorová, V.Penížek, M.Mihaljevič, M.Koubová, L.Lisá, V.Ettler, V.Tejnecký, O.Drábek, L.Pavlů, B.Kříbek, A.Vaněk, O.Sracek, J.R.Rojas, T.Hrdlička, P.Vokurková, B.Mapani. Local diversity of soil forming processes in the semi-arid tropics and its environmental drivers: An example from Otavi Mountains, northern Namibia. CATENA. Volume 249, February 2025, 108671. https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108671.

5. Stoops, G. Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Madison, WI: Soil Science Society of America. 2003. 184 p.

6. Stoops, G. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections (2nd Edition). Madison, WI: ACSESS. 2020.

7. Stoops G. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. 2nd Edition. Wiley-ACSESS, 2021. Springer Nature + 1

8. Stoops G., Marcelino V., Mees F. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier, 2018. FitzPatrick E.A. Soil Microscopy and Micromorphology. Wiley, 1984.

9. Исматов Д.Р. Минерологический состав и физико-химический Minerologicheskiy sostav i fiziko-ximicheskie svoystva pochv Yujnogo Uzbekistana. – T.: Fan, 1989. – S. 185.

10. Tursunov X. mineralogicheskiy sostav ilistoy fraksii pochv dolinы srednego i nijnego techeniya r.Zarafshan. Avtoreferat dis. k.b.n.M., 1970. 25 s.

11. Pervushevskaya G.E. Mineralogicheskiy sostav temnых serozemov Zapadnogo Tyan-Shanya v svyazi s xarakterom materinskix porod // Materialы naschnoy konferensii molodых uchenых. Tashkent: Fan, 1976. S. 48-50.

12. Kubiena W.L. Micromorphological Features of Soil Geography. Rutgers University Press, 1970.