



UO'T: 631.4:551.3

BO'STONLIQ TUMANI XO'JAKENT HUDUDI LALMI YERLARIDA RUSLE MODELI ASOSIDA EROZIYA XAVFINI FAZOVIIY BAHOLASH

Sodiqova Gulchexra Sattorovna 

e-mail: gulchexra-25@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda Toshkent viloyati Bo'stonliq tumani Xo'jakent hududidagi tog' oldi lalmi to'q tusli bo'z tuproqlarda suv eroziyasi jarayonlari baholandi. Tadqiqot GAT texnologiyalari, masofadan zondlash ma'lumotlari va RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli asosida amalga oshirildi. Modelning R, K, LS, C va P omillari integratsiyasi orqali hududda tuproq yuvilishining o'rtacha yillik darajasi aniqlanib, eroziya xavfi fazoviy jihatdan baholandi. Natijalar tik qiyaliklar va o'simlik qoplami sust bo'lgan maydonlarda yuqori eroziya darajalari shakllanishini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari asosida eroziyaga moyil hududlar aniqlanib, tuproqni muhofaza qilishga qaratilgan ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar: tuproq eroziyasi, RUSLE modeli, GAT, masofadan zondlash, tog'li hududlar, tuproq yuvilishi, yer degradatsiyasi.

Аннотация. В данной работе проведена оценка процессов водной эрозии почв в богарных темно-сероземных почвах предгорной зоны массива Ходжакент Бостанлыкского района Ташкентской области. Исследование выполнено с использованием данных дистанционного зондирования, геоинформационных технологий и модели RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). На основе интеграции факторов R, K, LS, C и P определена среднегодовая величина смыва почвы и выполнена пространственная оценка эрозионной опасности. Полученные результаты показали, что наиболее интенсивные эрозионные процессы наблюдаются на крутых склонах и участках с низкой плотностью растительного покрова. Разработаны рекомендации по рациональному использованию земель и защите почв от эрозии.

Ключевые слова: эрозия почв, модель RUSLE, ГИС, дистанционное зондирование, горные территории, смыв почвы, деградация земель.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Abstract. This study assesses water erosion processes in rainfed dark gray soils of the foothill zone of the Khojakent massif, Bostanliq district, Tashkent region. The analysis was conducted using remote sensing data, GIS technologies, and the RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) model. By integrating the R, K, LS, C, and P factors, the average annual soil loss and spatial distribution of erosion risk were evaluated. The results indicate that areas with steep slopes and sparse vegetation cover are more prone to high erosion intensity. Based on the findings, erosion-prone areas were identified and recommendations for soil conservation and sustainable land management were proposed.

Keywords: soil erosion, RUSLE model, GIS, remote sensing, mountainous areas, soil loss, land degradation.

KIRISH

Tuproq eroziyasi - suv va shamol omillari ta'sirida tuproq zarrachalarining ko'chishi jarayoni - yer degradatsiyasining eng dolzarb va keng tarqalgan ko'rinishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu jarayon natijasida tuproqning fizik tuzilishi buziladi, kimyoviy tarkibi o'zgaradi hamda biologik faolligi pasayadi. Eroziya daryo va suv havzalarida loyqa hamda balchiq to'planishiga olib kelib, sug'oriladigan va qishloq xo'jaligi yerlari unumdorligining keskin kamayishiga sabab bo'ladi. Natijada degradatsiyaga uchragan, foydalanish uchun yaroqsiz bo'lib qolgan yer maydonlari kengayadi va umumiy ekologik muvozanat izdan chiqadi (X.J. Zhang 2023).

Bundan tashqari, tuproq eroziyasi inson xavfsizligi va atrof-muhit barqarorligiga jiddiy tahdid soluvchi ikkilamchi tabiiy xavflarning yuzaga kelishiga zamin yaratadi. Ayniqsa tog'li hududlarda bu jarayon ko'chkilar, sel toshqinlari kabi salbiy holatlarni kuchaytiradi. Tog'li hududlarda tuproqning ustki, eng unumdor qatlamining tik qiyaliklar bo'ylab yog'in-sochin va yer usti oqimi ta'sirida suv yo'llariga siljishi suv oqimining loyqaligini keskin oshiradi hamda daryo va soy o'zanlarining suv o'tkazuvchanligini kamaytiradi. Natijada qisqa muddatda shakllanadigan kuchli oqimlar sel va toshqin xavfining ortishiga olib keladi. Shu bilan birga, suv yig'ilish zonalarida qiyaliklarning mexanik barqarorligi izdan chiqib, surilma, ko'chki va boshqa geomorfologik buzilish jarayonlarining yuzaga kelish ehtimoli sezilarli darajada ortadi (J.N. Quinton, P. Fiener 2023).

Mazkur salbiy oqibatlarning oldini olish va ularni samarali boshqarish uchun eroziya xavfi yuqori bo'lgan hududlarni aniq belgilash, shuningdek, tuproq eroziyasiga moyillik darajasini aks ettiruvchi batafsil fazoviy xaritalarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa tabiatni muhofaza qilish chora-tadbirlarini ilmiy asosda rejalashtirish va ustuvor yo'nalishlarni aniqlash imkonini beradi (H. Liu va boshqalar, 2021).

Tuproq eroziyasi va u bilan bog'liq geomorfologik xavflarni, ayniqsa tog'li hududlarda yuzaga keladigan qiyaliklarning beqarorligi, sel va ko'chki jarayonlarini samarali boshqarish zamonaviy raqamli texnologiyalarni keng joriy etishni talab

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

etadi. Shu nuqtayi nazardan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 28-apreldagi "Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4699-son qarori yer resurslari va atrof-muhit monitoringini takomillashtirishda muhim normativ-huquqiy asos bo'lib xizmat qiladi. Mazkur qarorda davlat boshqaruvi va real sektor tarmoqlarida raqamli texnologiyalarni joriy etish, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash hamda fazoviy axborot tizimlaridan samarali foydalanish vazifalari belgilab berilgan.

Ushbu hujjat talablari asosida tog'li hududlarda tuproq eroziyasi xavfi yuqori bo'lgan qiyaliklarni aniqlash, suv yig'ilish zonalarini modellashtirish va sel hamda ko'chki jarayonlariga moyil maydonlarni aniq xaritalash imkoniyatlari kengayadi. Raqamli geoinformatsion texnologiyalar va masofadan zondlash ma'lumotlari asosida ishlab chiqiladigan eroziyaga moyillik xaritalari tabiatni muhofaza qilish chora-tadbirlarini ilmiy asosda rejalashtirish, yer degradatsiyasining oldini olish hamda aholi va infratuzilma xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Шы тарзда, PQ-4699-son qarori tuproq eroziyasi bilan bog'liq ekologik muammolarni hal etishda raqamli yondashuvlarni joriy etish uchun mustahkam institutsional va texnologik poydevor yaratadi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Ushbu tadqiqot eroziya xavfi yuqori bo'lgan Toshkent viloyati Bo'stonliq tumanining tog' oldi xududida joylashgan Xo'jakent xududida tarqalgan lalmi to'q tusli bo'z tuproqlarida olib borildi. Xudud kordinatasi: 41.50826° N, 69.54254° E, dengiz sathidan h-756.11 m balandlikda. Bo'stonliq tumani Toshkent viloyatining tog' oldi va tog'li qismlarida joylashgan bo'lib, hududning tabiiy tuproq-iqlim sharoitlari murakkab relyef va balandlik mintaqaliligi bilan tavsiflanadi. Tumanda iqlim keskin kontinental bo'lib, yoz fasli iliq va quruq, qish esa nisbatan sovuq bo'lib, balandroq hududlarda qor qoplami uzoq muddat saqlanadi. Yillik yog'in-sochin miqdori pasttekisliklarga nisbatan ko'proq bo'lib, asosan bahor va qish fasllariga to'g'ri keladi, bu esa suv eroziyasi jarayonlarining faollashuviga sharoit yaratadi. Tik qiyaliklar, notekis relyef va intensiv yog'inlar ta'sirida tuproq yuvilishi va yuzaki oqim jarayonlari kuchli namoyon bo'lib, bu holat hududda tuproq unumdorligini saqlash va yer resurslaridan barqaror foydalanish masalalarini dolzarb etadi.

Tadqiqot hududining fazoviy tahlili Google Earth Pro platformasidan olingan masofadan zondlash tasvirlarini vizual talqin qilish orqali amalga oshirildi. Tasniflash va fazoviy qayta ishlash jarayonlari ArcGIS 10.8.1 dasturiy ta'minoti vositalari yordamida bajarildi. Hududdagi landshaft va yer qoplami o'zgarishlarini aniqlash maqsadida Landsat-8 (Landsat-7) sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida qo'shimcha geoinformatsion tahlillar olib borildi. Ushbu jarayonda tuproq yuvilishini baholashda RUSLE modeli qo'llanildi.

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

NATIJALAR VA MUNOZARA

Tog'li hududlarda tuproq yuvilishi (suv eroziyasi) jarayonlarini bashoratlash qiyaliklar barqarorligini saqlash, sel va toshqin xavfini kamaytirish hamda yer resurslarini muhofaza qilishga qaratilgan ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Murakkab relyef, tik qiyaliklar va intensiv yog'in-sochin bilan tavsiflanadigan tog'li landshaftlarda tuproq yo'qotilishi qisqa vaqt ichida yuqori darajaga yetishi mumkin. Shu sababli, bunday hududlarda eroziya jarayonlarini baholash uchun ishonchli va moslashuvchan metodologik yondashuvlar talab etiladi.

Mazkur tadqiqotda tog'li hududlar sharoitida tuproqning o'rtacha yillik yuvilish miqdorini baholash uchun Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) modeli qo'llanildi. Ushbu model yog'inlarning eroziya keltirib chiqarish qobiliyati (R), tuproqning yemiriluvchanligi (K), relyefning hal qiluvchi omillari - qiyalik uzunligi va tikligini aks ettiruvchi LS faktori, shuningdek yer qoplami va agrotexnik boshqaruvni ifodalovchi omillar (C va P)ni kompleks tarzda integratsiyalash orqali tuproq yuvilish jarayonini modellashtiradi (Borrelli va boshqalar, 2020).

RUSLE modelining tog'li hududlarda qullanilishi uning murakkab relyef sharoitida ham yuqori moslashuvchanlik va ishonchlilikka ega ekanini ko'rsatadi. Modelning konseptual soddaligi bilan bir qatorda, qiyaliklarga xos fazoviy farqlanishlarni hisobga olish imkoniyati tog'li hududlarda suv eroziyasini baholashda muhim ustunlikni ta'minlaydi.

RUSLE modelining samaradorligi uni geoinformatsion tizimlar (GAT/GIS) bilan integratsiyalash orqali yanada oshiriladi. GIS asosidagi yondashuv tog'li relyef sharoitida fazoviy tahlilni amalga oshirish, statik hisob-kitob natijalarini yuqori aniqlikdagi tuproq yuvilish xavfi xaritalariga aylantirish imkonini beradi. Bu yondashuv katta maydonlarda hisoblash jarayonlarini optimallashtiradi, omillarni aniqlashdagi noaniqliklarni kamaytiradi hamda qiyaliklar bo'ylab suv eroziyasi xavfi yuqori bo'lgan hududlarni aniq belgilashga xizmat qiladi.

Tog'li hududlarda tuproqni muhofaza qilish bo'yicha samarali, iqtisodiy jihatdan maqbul va keng miqyosda qo'llash mumkin bo'lgan chora-tadbirlarni ishlab chiqish zaruratini inobatga olgan holda, RUSLE va GIS texnologiyalarining uyg'unlashuvi mazkur tadqiqotda tog'li daryo havzalarining tuproq yuvilishiga moyillik darajasini baholash uchun ishonchli va optimal metodologik asos sifatida tanlandi.

RUSLE modelining asosida yaratilgan eroziya jarayonlarini keltirib chiqaruvchi omillar va ushbu jarayonlar tufayli yillik tuproq yo'qotilishi ma'lumotlari aks ettirilgan tematik xaritalar eroziyaga uchragan tuproqlarni holatini yaxshilash bo'yicha ekologik asoslangan tuproqni muhofaza qilish chora-tadbirlarini to'g'ri qo'llash, lalmi yerlarda ekin turlarini to'g'ri tanlash va joylashtirishda foydalanish tavsiya etildi.

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

RUSLE USLE (Wischmeier va Smith, 1978) asosida qayta ko'rib chiqilgan model bo'lib, 1997 yilda USDA tomonidan qayta ko'rib chiqilgan va amalga oshirilgan (Renard va boshq., 1997). Tenglama quyidagicha tavsiflanadi:

$$A=R \times L \times S \times C \times K \times P$$

bu yerda

A - tuproqning yillik o'rtacha yo'qotilish darajasi ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$);

R - yomg'ir-oqim eroziyasi koeffitsienti ($MJ \cdot mm \cdot hm^{-2} \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$);

LS - L-qiyalik uzunligi koeffitsienti va S-qiyalik tiklik koeffitsienti (o'lchamsiz);

C - qoplama boshqaruv omili (o'lchovsiz);

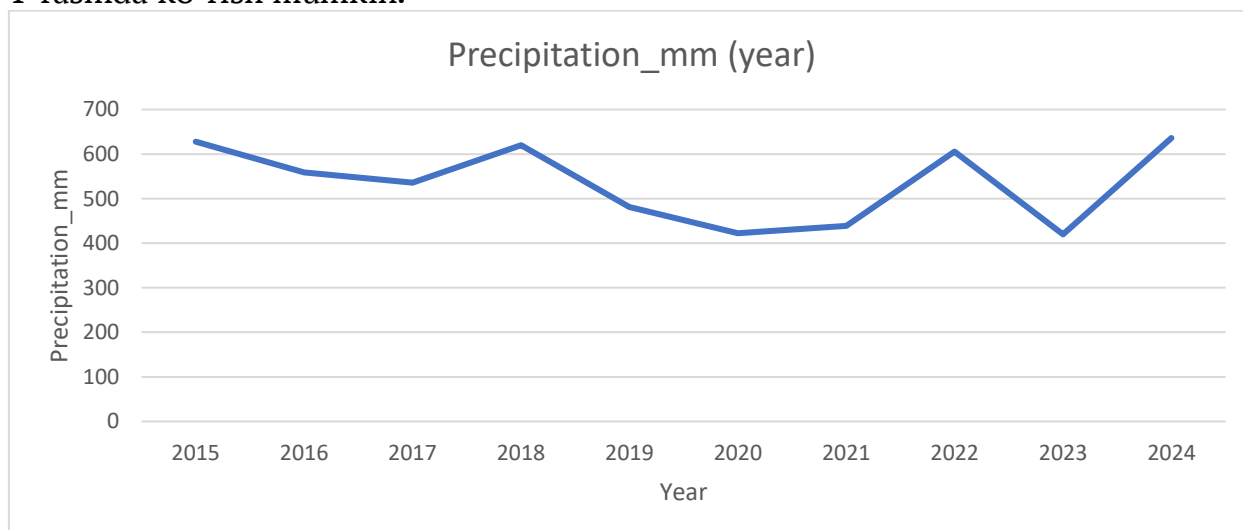
K - tuproqning eroziyalanish koeffitsienti ($t \cdot hm^2 \cdot h \cdot hm^{-2} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$); va

P - qo'llab-quvvatlash amaliyoti omili (o'lchovsiz).

RUSLE omillari (Factor)

Ushbu tadqiqotdagi o'zan omillari to'rtta omilni o'z ichiga oladi, uning yog'ingarchilik miqdori, tuproq turi, qiyalik gradiyenti, tuproqni boshqarish amaliyoti bilan yer qoplami.

Yog'ingarchilik eroziyasi omili (R). Yengil va kuchli yog'inlar tuproq eroziyasini keltirib chiqarishi mumkin, chunki yetarlicha uzoq vaqt davomida va o'rtacha va yuqori intensivlikda yog'adigan yog'inlar tuproqning ustki qatlamiga zarar yetkazishi mumkin. Xo'jakent hududi uchun yog'ingarchilik ma'lumotlarini 1-rasmda ko'rish mumkin.



1-rasm. Xo'jakent hududi uchun yog'ingarchilik miqdori.

Xo'jakent hududi bo'yicha 2015-2024-yillar oralig'idagi ma'lumotlar yog'in-sochin miqdorining yildan-yilga o'zgaruvchan ekanini ko'rsatadi. Yillik yog'in miqdori taxminan 420-650 mm oralig'ida tebranib, 2018, 2022 va 2024-yillarda nisbatan yuqori, 2020 va 2023-yillarda esa pastroq qiymatlar qayd etilgan. Bunday notekis taqsimlangan yog'in rejimi tog'li relyef sharoitida yuzaki oqimning kuchayishiga va tuproq yuvilish jarayonlarining faollashuviga olib keladi.

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

RUSLE modeli nuqtayi nazaridan, ushbu hududda yog'in-sochinning intensivligi va yillik tebranishi R (rainfall erosivity) omilining yuqori va o'zgaruvchan bo'lishini anglatadi. Ayniqsa ko'p yog'in tushadigan yillarda tik qiyaliklar bilan uyg'unlashgan holda eroziya xavfi sezilarli darajada ortadi. Shu sababli Xo'jakent hududi RUSLE asosida baholashda yuqori eroziya xavfiga ega tog'li hududlar toifasiga kiritilishi mumkin.

Tuproq eroziya koeffitsiyenti (K). Har bir tuproq turi tuproqning mexanik tarkibi, tuproqning organik moddalari, tuproqning suv o'tkazuvchanligi va tuproq tuzilishidagi farqlar tufayli turlicha eruvchanlik qiymatiga ega. Identifikatsiya natijalariga ko'ra, 3-jadvalda keltirilgan Xo'jakent massivi tadqiqot obyektida tog'to'q tusli bo'z karbonatli tuproqlar mavjud bo'lib, mexanik tarkibi mayda va asosan o'rta qumoq tuproqlardan iborat.

Ushbu xudud tuproqlarida asosan fizik loy miqdori 40,1%, qum zarralari esa 9,4 ni organik moddalar = 1,35%; (c) ni tashkil etadi. Buning natijasida ushbu lalmi tuproqning yuvilish darajasi (K) 0,37-0,30 ga teng bo'ladi. USDA-SCS (1973) tomonidan o'rnatilgan yuvilish tasnifiga ko'ra, 0,37 qiymati 5-sinfga to'g'ri keladi, bu esa o'rganilgan xududning yuvilish darajasi yuqori ekanligini ko'rsatadi.

Qiyalik uzunligi va qiyalik tikligi (LS). Bo'stonliq tumanining Xo'jakent massivi hududi qiyaliklari tikligi bu xududning eroziyaga moyilligini ko'rsatadi. DEM (Digital Elevation Model) ma'lumotlarini qayta ishlash natijalariga ko'ra, hudud tog'yon bag'ri qiyaliklarining katta qismi tog'li bo'lib, yonbag'irlari tik va juda tik.

Qoplama boshqaruv omili (C). Standartlashtirilgan farq vegetatsiya indeksi RS ma'lumotlaridan C omilini hisoblash uchun ishlatiladi (NDVI). C omili yer qoplaminin muayyan turi tufayli tuproqning yo'qotilishini taqqoslaydi. NDVI ni qayta ishlash uchun Landsat 2 masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanildi. Qoplama boshqaruv omili koeffitsiyentini olish uchun 7.5-tenglama ishlatilgan.

$$C=0.1 * (-NDVI+1)/2 \quad (5.5)$$

Muhofaza amaliyoti (P) omili. Muhofaza amaliyoti koeffitsiyenti - bu yuqoriga va pastga to'g'ri chiziqli dehqonchilik nisbatiga nisbatan hosildorlikka aniq ta'sir ko'rsatadigan tuproq yo'qotishlarining nisbati. Yerdan foydalanish va yer qoplami (LULC) 2020, Globe Land 30 30m global yer qoplama axborot mahsulotidan yuklab olingan. P qiymatlari LULC turlariga qarab tayinlandi.

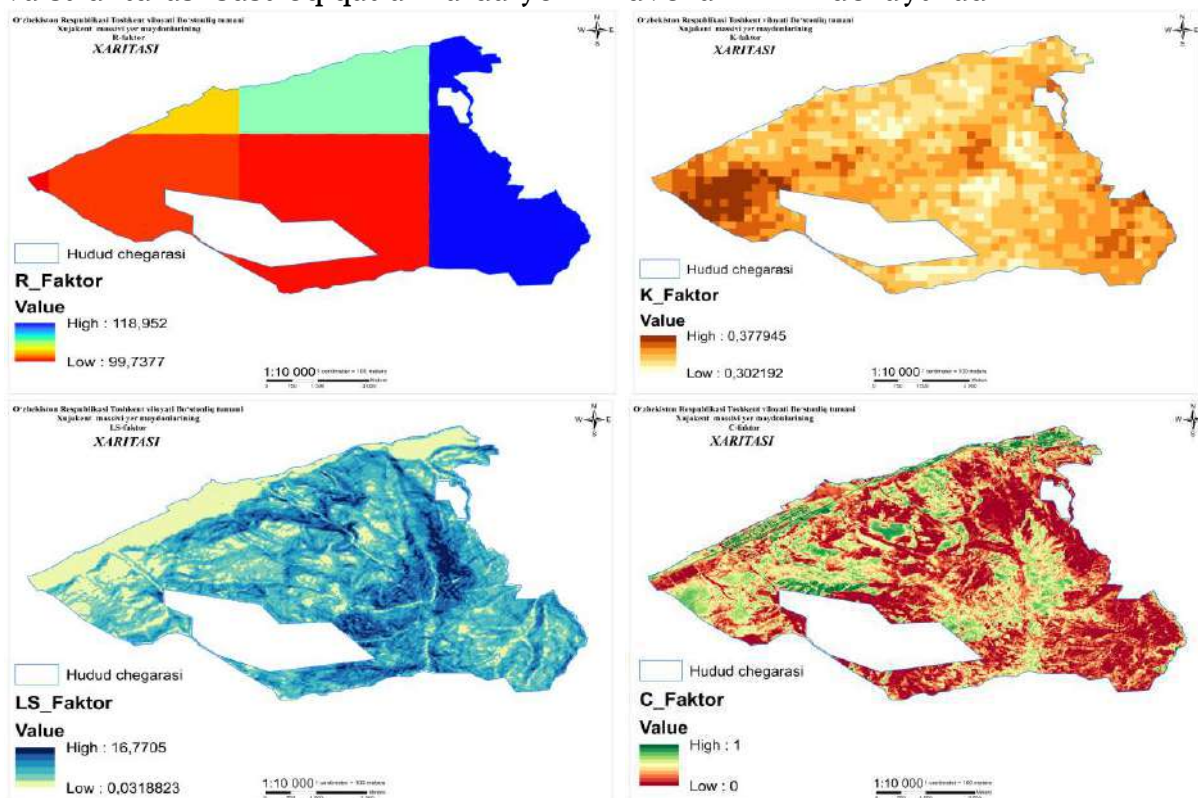
1-jadval

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli bo'yicha tuproq eroziyasi darajalarini baholashda gradatsiya shkalasi

Eroziya darajasi	Tuproq yuvilish miqdori (t/ha/yil)	Maydonlar gektar hisobida
Juda past (Minimal)	<1	20,46
Past	1 - 5	97,57
O'rta	5 - 10	57,3
Yuqori	10 - 20	73,26
Juda yuqori	20 - 40	58,68
Haddan tashqari yuqori	>40	3,53

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

Xo'jakent hududida RUSLE natijalari bo'yicha eroziya darajalarining maydonlar kesimidagi taqsimoti bevosita R (yog'in eroziyaviyligi), K (tuproq yemiriluvchanligi) va LS (qiyalik uzunligi va tikligi) omillarining kombinatsiyasi bilan izohlanadi. Tog'li relyef sharoitida yog'in-sochinning yillik va mavsumiy notekisligi, ayniqsa kuchli jala ko'rinishidagi yog'inlar R omilini oshirib, yuzaki oqimning tez shakllanishiga sabab bo'ladi; bu holat daryo-soy havzalarida tuproq zarrachalarining yuvilib ketishini kuchaytiradi. Shu bilan birga, Xo'jakentda tog'-to'q tusli bo'z tuproqlarning mexanik tarkibi hamda gumus miqdori farqlanishi K omilining hududiy o'zgaruvchanligini belgilab, mayda zarrachali (changli-qumoq) va strukturasi sustroq qatlamlarda yemiriluvchanlikni kuchaytiradi.

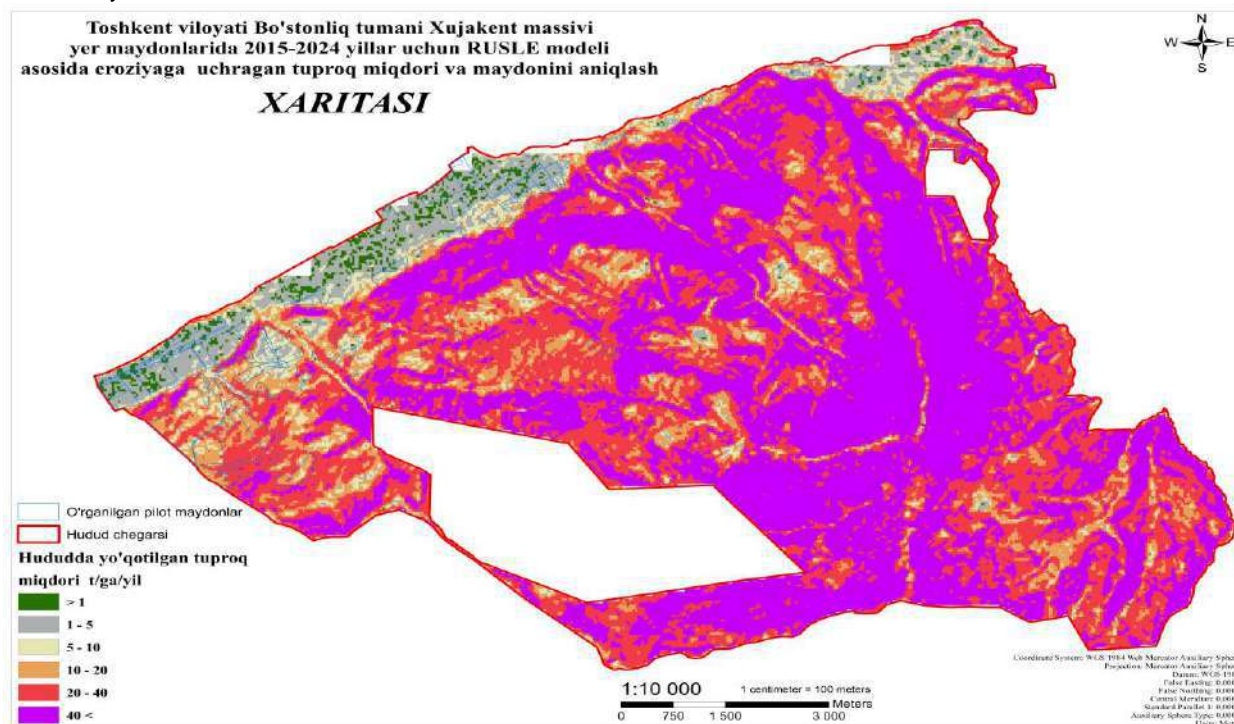


1-rasm. Bo'stonliq tumani Xo'jakent massivida RUSLE omillari qiymatlari xaritalari (R factor, K factor, LS factor, C factor).

Eroziya intensivligining asosiy "kuchaytiruvchi" omili sifatida esa LS faktori ajralib turadi: tik va cho'zilgan qiyaliklar, parchalangan relyef hamda suv yig'ilish yo'nalishlarida oqim energiyasi ortib, tuproq yuvilishi minimal zonalardan o'rta va yuqori toifalarga tez o'tadi. Natijada past (1-5 t/ha/yil) va o'rta (5-10 t/ha/yil) eroziya toifalari ko'proq nisbatan qisqaroq qiyaliklar yoki o'simlik qoplami qisman saqlangan joylarda shakllansa, yuqori (10-20 t/ha/yil) hamda juda yuqori (20-40 t/ha/yil) eroziya zonalarini asosan LS qiymati katta bo'lgan tik qiyaliklar va oqim konsentratsiyalanadigan suv yig'ilish chiziqlariga to'g'ri keladi. Haddan tashqari yuqori (>40 t/ha/yil) eroziya uchastkalari maydon jihatdan kichik bo'lsa-da, ular odatda maksimal LS (juda tik va uzun qiyaliklar) hamda nisbatan yuqori K

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

qiymatlari mos keladigan, vegetatsiya qoplami sust hududlarda jamlanib, Xo'jakent uchun eng ustuvor muhofaza choralari talab qiladigan "kritik" zonalarni ifodalaydi.



XULOSA

Tadqiqot natijalari Xo'jakent hududida tuproq yuvilishi jarayonlari tog'li relyef, yog'in-sochinning notekis taqsimlanishi va tuproq xossalari hududiy farqlanishi bilan uzviy bog'liq ekanini ko'rsatdi. RUSLE modeli va GIS texnologiyalari asosida o'tkazilgan fazoviy tahlil tik va cho'zilgan qiyaliklarda LS omilining yuqori qiymatlari, ayrim uchastkalarda esa tuproqning mexanik tarkibi va gumus miqdori bilan belgilanadigan K omilining ortishi kuchli va juda kuchli eroziya darajalarini shakllantirayotganini aniqladi. Yog'in-sochinning intensivligi va mavsumiy tebranishlari R omilini kuchaytirib, yuzaki oqim va tuproq yuvilishi jarayonlarini faollashtirgan. Natijada hududda o'rta, yuqori va juda yuqori eroziya toifalariga mansub maydonlarning sezilarli ulushi mavjud bo'lib, ayniqsa haddan tashqari yuqori eroziya zonalari ekologik jihatdan eng xavfli uchastkalar sifatida zudlik bilan tuproqni muhofaza qilishga qaratilgan kompleks chora-tadbirlarni talab etadi.

ADABIYOTLAR

1. Borrelli P., Robinson D.A., Panagos P., Lugato E., Yang J.E., Alewell C., et al. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070). *Proc Natl Acad Sci USA*, 117 (36) (2020), pp. 21994–22001.
2. Zhang X.J. Roles of raindrop impact in detachment and transport processes of interrill soil erosion. *Int Soil Water Conserv Res*, 11 (4) (2023), pp. 592–601.

AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

3. Quinton J.N., Fiener P. Soil erosion on arable land: an unresolved global environmental threat. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 48 (1) (2023), pp. 136–161.
4. Liu H., Yi Y., Jin Z. Sensitivity analysis of flash flood hazard on sediment load characteristics. *Front Earth Sci*, 9 (2021), Article 683453.
5. Sodiqova G.S., Saidova M.E., Shadiyeva N.I. Rusle modeli asosida eroziya jarayonlari tufayli tuproqlarni yillik yo'qotilishini tahlil qilish. *Jurnal Agro kimyo himoya va o'simliklar karantini*. 2 [109], 2025. -B.261-264
6. Sodikova G., Shadieva N., Saidova M. Toshkent viloyati hududida tarqalgan lalmi tuproqlar o'simlik qoplami NDVI indeksi yordamida tahlil qilish. *Jurnal Agro kimyo himoya va o'simliklar karantini*. 2 [109], 2025. -B.257-260
7. Sodikova G., Shamsiddinov T., Shadieva N., Usmonova M. GIS assessment of soil erosion in Uzbekistan's rainfed mountain lands. *BIO Web of Conferences* 173, 03024 (2025) AFE-2024 <https://doi.org/10.1051/bioconf/202517303024>
8. Sodikova G., Shadieva N., Saidova M. (2025): Assessment of mountain soil erosion threat levels based on digital analysis. *BIO Web of Conferences*, 173: 03003.
9. Sodikova G.S., Nasrillayeva E.D. 3D model of the erosion risk level of the Chatkol mountain range's land soils. *Web of Agriculture: Journal of Agriculture and Biological Sciences*. ISSN:2938-3781. Volume 3, Issue 12, Dece.(2025). pp. 82-87
10. Juliev M., Pulatov A., Hubl J. (2017): Natural hazards in mountain regions of Uzbekistan: A review of mass movement processes in Tashkent province. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 8: 1102–1108.
11. Kabede YS, Endalamaw NT, Sinshaw BG, Atinkut HB. Modeling soil erosion using RUSLE and GIS at watershed level in the upper beles. *Ethiopia Environ Challenges* 2021;2. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100009>.
12. Wischmeier W.H., Smith D.D.. 1978. Predicting rainfall erosion losses. *Agric. Handb. no. 537*, 285–291.