

Azizjon MANSUROV,

G'.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti "Seysmik xatarlar" laboratoriyasi kichik ilmiy xodimi

E-mail mazizjon876@gmail.com

#### STATIC AND SEISMODYNAMIC APPROACHES TO DETERMINING LANDSLIDE STABILITY

Annotation

This paper explores the methods and results of analyzing the effects of earthquakes on landslide risk. It is also discussed what distance and magnitude earthquakes have the highest impact on the studied landslide zone. The article uses modern seismological modeling methods and statistical analysis to analyze the level of danger of landslides caused by earthquakes. The results are important in the assessment of landslide risk and help to a certain extent in the development of preventive measures for the protection of urban planning infrastructure and protection against natural disasters.

**Key words:** earthquake, landslide, stability, seismic analysis, peak ground acceleration, gravity, seismic force, coefficient of stability.

#### СТАТИЧЕСКИЕ И СЕЙСМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕЙ

Аннотация

В статье проанализировано влияние землетрясений на устойчивость оползней на основе статического и сейсмодинамического подходов. С использованием современных методов сейсмологического моделирования и статистического анализа оценено воздействие землетрясений различной магнитуды и удаленности на оползневую зону. Полученные результаты имеют практическое значение для оценки оползневой опасности, защиты транспортной инфраструктуры и разработки профилактических мер против природных катастроф.

**Ключевые слова:** землетрясение, оползень, устойчивость, сейсмический анализ, максимальное ускорение грунта, сила тяжести, сейсмическая сила, коэффициент устойчивости.

#### KO'CHKI TURG' UNLIGINI ANIQLASHDA STATIK VA SEYSMODINAMIK YONDASHUVLAR

Annotatsiya

Maqolada zilzilalarning ko'chki barqarorligiga ta'siri statik va seysmodinamik yondashuvlar asosida tahlil qilingan. Zamonaviy seysmologik modellashtirish va statistik usullar orqali turli masofadagi va magnitudadagi zilzilalarning ko'chki zonasiga ta'siri baholangan. Natijalar ko'chki xavfini aniqlash, transport infratuzilmasini himoya qilish va tabiiy ofatlarga qarshi profilaktika choralarini belgilashda amaliy ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so'zlar:** zilzila, ko'chki, turg' unlik, seysmik tahlil, maksimal grunt tezlanishi, og'irlik kuchi, seysmik kuch, turg' unlik koeffitsienti.

**Kirish.** Ko'chki hodisalari insonning muhandislik faoliyatiga sezilarli zarar yetkazuvchi eng xavfli geologik jarayonlardan biridir. Ularning iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy oqibatlarini, shuningdek, inson hayoti uchun xavf tug'dirishi bilan ahamiyatlidir. Ko'chki ko'pincha bahor va kuz mavsumlarida kuzatilib, tog' yonbag'irlari hamda qiya tekisliklarda rivojlanadi. Natijada yo'llar, ko'priklar, tunnellar, elektr uzatish liniyalari kabi infratuzilmalarga hamda turar va noturar binolarga jiddiy zarar yetkazadi. Ko'chki oqibatlarini bartaraf etish va hududlarni qayta tiklash katta moddiy xarajatlarni talab qiladi. Ayrim hollarda esa xavfli hududlardan aholini ko'chirish zarurati tug'iladi. Bundan tashqari, ko'chki oqibatida daryo yo'llarining to'silishi, sun'iy ko'llarning hosil bo'lishi va suv toshqinlari kabi ikkilamchi xavfli jarayonlar ham vujudga keladi.

Seysmik faol hududlarda esa zilzilalar ta'sirida yuzaga kelgan ko'chki yanada katta talafotlarga olib kelishi mumkin. Shu boisdan, zilzila ta'sirini inobatga olgan holda xavfli geologik jarayonlarni o'rganish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biridir.

Mazkur tadqiqotda ko'chkilarning zilzila ta'siridagi barqarorligi muhandis-geologik va seysmologik usullar asosida baholangan. O'rganilgan ko'chki maydonining avtomobil va temir yo'larga bevosita xavf tug'dirishi uni strategik jihatdan muhim obyekt sifatida ko'rib chiqishga asos yaratadi. Muhandis-geologik izlanishlar natijasida ko'chki shakllanishiga sabab bo'luvchi omillar, tog' jinslarining mustahkamlik xususiyatlari hamda bir xil litologik tarkibli (asekvent) qatlamlarda yuzaga keladigan jarayonlar aniqlangan.



1-rasm. Ko'chki maydonining geografik joylashuvi.

Shartli belgilar: 1) ko'chki maydonining chegarasi; 2) temir yo'l; 3) avtomobil yo'li.

Shuni ta'kidlash joizki, yirik ko'chkilarga xavf tug'diruvchi zilzilalar hatto uzoq masofadan ham jiddiy talafot yetkazishi mumkin [6]. Buning sababi shundaki, zilzila natijasida hosil bo'lgan seysmik to'lqinlar (VS, VP) masofa ortishi bilan ularning davomiyligi uzayib boradi. Natijada ko'chki hududidagi grunt 1–3 daqiqa davomida tebranishda bo'lib, siljish ehtimoli ortadi.

Hududiy seysmiklikni hisobga olgan holda kuchli seysmik ta'sirni aniqlash seysmik xavfni oldindan baholash imkonini beradi. Bu, avvalo, tadqiqot hududiga yaqin joylarda sodir bo'lgan tarixiy kuchli zilzila o'choqlarini tanlash orqali amalga oshiriladi. Tanlab olingan zilzilalarning maksimal tebranishida grunt zarrachalarining tezlanish amplitudasi ko'chki massasining ortishiga sabab bo'lishi mumkinligi tahlil qilinishi lozim. Chunki suruvchi kuch vektori bilan seysmik kuch vektorining bir yo'nalishda to'g'ri kelishi ko'chki massasiga qo'shimcha yuklanish hosil qiladi.

**Mavzuga oid adabiyotlar tahlili.** Zilzilalar bilan bog'liq bo'lgan ko'chkilarni baholash bo'yicha quyidagi R.A.Niyazov, K.D.Salyamova, B.To'lyaganov, V.R.Beyerle, V.D.Minchenko, G.A.Bimurzayev G.L. Krukovskiy, V.N.Kolpakov, N.Utabayev, V. I. Martmyanov va boshqalar ilmiy tadqiqot ishlari bilan shug'ullanishgan.

**Tadqiqot metodologiyasi.** Tadqiqot maydonida asosan qum, supes, suglinok, lyoss va boshqa bo'shoq tog' jinslaridan tashkil topgan. Mexanik jihatdan nisbatan zaif bo'lgan bu jinslar yuqori gigroskopik xususiyatga ega bo'lib, namlik ta'sirida mustahkamligini yo'qotishi mumkin. Suglinok suyuqlanish xususiyatiga ega bo'lib, bosim va suv ta'sirida plastik harakatga o'tishi mumkin. Lyossli jinslar quruq holatda nisbatan mustahkam bo'lsada, yomg'ir suvlari ta'sirida mexanik barqarorligini yo'qotadi. Bu turdagi tog' jinslari ko'chki jarayonlari uchun yuqori xavf tug'diradi, chunki ular nisbatan yupqa qatlamlarga ega, qattiq jinslar bilan mustahkam bog'liq emas va deformatsiyaga moyilligi yuqori. Shuningdek, seysmik ta'sirlar va transport vibratsiyalari bu jinslarda qo'shimcha noustuvorlikka olib kelishi mumkin. Zilzila yoki dinamik ta'sirlar natijasida bu jinslar ichki tuzilmasini yo'qotib, tezlashgan deformatsiya jarayonlariga sabab bo'lishi ehtimoli yuqori. Shu sababli, mazkur hududda kompleks muhandis-geologik tadqiqotlarning ahamiyati katta bo'lib, kelgusi barqarorlashtirish chora-tadbirlarini ishlab chiqish uchun asosiy omil hisoblanadi[1].

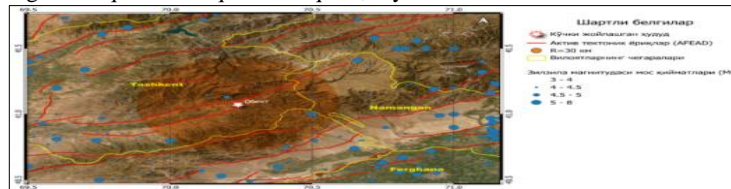
Muhandis-geologik jihatdan ko'chki barqarorligini baholash uchun ushlab turuvchi va suruvchi kuchlar nisbati asos qilib olingan. Bu yondashuv turg'unlik koeffitsientini ( $\eta$ ) hisoblashga imkon beradi.

Turg'unlik koeffitsienti quyidagi holatlarga bog'liq ravishda baholanadi: Agarda turg'unlik koeffitsienti qiymati  $\eta=1$  bo'lsa ko'chki muvozanat holatida,  $\eta<1$  bo'lsa ko'chki turg'un emas,  $\eta>1$  bo'lsa ko'chki turg'un holatda bo'ladi.

Zilzila paytida inersiya ta'siri hisobiqa suruvchi kuchlar oshadi, bu esa turg'unlik koeffitsientining pasayishiga va ko'chkining faollashish ehtimoli oshishiga olib keladi. Shu sababli, zilzila ta'sirini hisobga olgan holda ko'chki turg'unligini aniqlash muhofaza choralarini belgilash uchun asos bo'lib xizmat qiladi[6,7].

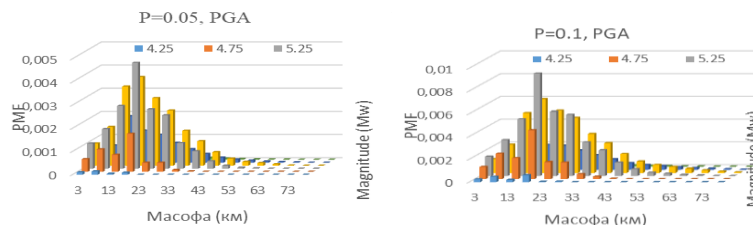
Tadqiqot maydonidagi seysmik xavfni baholash: Ko'chkilar turg'unligini baholash uchun ehtimoliy zilzilalarga asoslan, ko'chki hududida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan maksimal seysmik intensivlikni aniqlash zarur. Seysmik xavfni baholashda keng qo'llaniladigan ikki usul mavjud: deterministik (DSHA) va ehtimoliy (PSHA) seysmik xavfni baholash usullari.

Zilzila oqibatlarini tahlil qilishda muhim infratuzilma obyektlari uchun deterministik usul tavsiya etiladi [2,3]. DSHA usulida aniq bir seysmik hodisa aniqlanishi zarur. 2-rasmda ko'rsatilganidek, o'rganilayotgan hududning atrofidagi tarixiy zilzilalar bu jarayon uchun qimmatli ma'lumotlar va prognozlar berishi mumkin. Tarixiy zilzila ma'lumotlarini tahlil qilish, xususan, ularning maksimal intensivligi va tarqalish oraliklarini aniqlash, seysmik xavfni baholashda katta ahamiyatga ega.



2-rasm. Ko'chki maydoni atrofida sodir bo'lgan tarixiy zilzilalarning geografik joylashuvi.

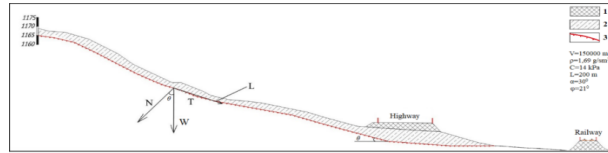
Qaysi zilzila tadqiqot hududiga eng katta ta'sir ko'rsatishini aniqlash maqsadida seysmik deagregatsiya o'tkazildi. Ushbu tahlil uchun ko'chki zonasidagi ehtimoliy seysmik xavfni baholash (PSHA) usuli qo'llanib, Open Quake dasturi va maydonli manbalar modelidan foydalanildi. Deagregatsiya natijalariga ko'ra (4-rasm), 5-6 magnitudali va 10-30 km uzoqlikda sodir bo'ladigan zilzilalar ko'chki maydonidagi obektlar joylashgan hududda yuqori tezlanish (PGA)ni keltirib chiqarishi mumkin. Bundan tashqari, tarixiy seysmik hodisalardan faqat bittasi aniqlandi va u ham yuqori chuqurlikda sodir bo'lgani sababli, DSHA natijalari katta seysmik tezlanishni ( $PGA = 0.08g$ ) hosil qilmadi[3].



4-rasm. Seysmik deagregatsiya natijalari

Hududning seysmogen zonaga yaqinligini inobatga olgan holda zilzilaning kuchli ta'sir etuvchi o'chog'i deagregatsiya tahlillaridan aniqlash ishlari natijasida hisoblab chiqildi. Deagregatsiya tahlillari shuni ko'rsatdiki, ta'siri yuqori zilzilalarning epitsentri ko'chkiga nisbatan 30 km gacha masofada joylashgan[4].

Ko'chki turg'unligini baholashda N. Maslov taklif etgan seysmik ta'sir natijasida turg'unlik koeffitsienti aniqlanadi. Bunda, ko'chkining geologik tarkibi, massasi, shakli va o'lchami, surilish yuzasining qiyaligi, bog'lanish kuchi va boshqa parametrlar orqali hisoblanadi. (6-rasm).



6-rasm. Ko'chki maydonning sxematik kesimi va fizik-geometrik parametrlari. *Shartli belgilar:* 1) to'shalma jinslar; 2) ko'chki materiali; 3) surilish yuzasi.

Turg'unlik koeffitsienti quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi [7]:

$$\eta = \frac{N \cdot \operatorname{tg} \varphi + C \cdot L}{T} \quad (1)$$

Bunda:  $\eta$  – turg'unlik koeffitsienti;  $T$  – ko'chkida og'irlik kuchini tashkil etuvchi suruvchi kuch;  $N$  – ko'chkida og'irlik kuchini tashkil etuvchi ushlab turuvchi kuch;  $C$  – bog'lanish kuchi;  $L$  – surilish yuzasi uzunligi;  $f$  – ichki ishqalanish burchagi ( $f = \operatorname{tg} \varphi$ ).

Zilzila ta'sirida esa og'irlik kuchining tashkil etuvchi vektorlariga zilzilaning parametri ta'sir ko'rsatadi. Bu ta'sir, hududdagi gruntlarning maksimal tezlanish qiymati (PGA) bilan ifodalanadi. Maksimal grunt tezlanishi (PGA) ko'chki maydoniga gorizonttal va vertikal yo'nalishlarda ta'sir etuvchi ( $F_h$  va  $F_v$ ) seysmik kuchlarni aniqlashda foydalaniladi [8]. Quyidagi munosabatlar zilzila ta'sirida ko'chkining turg'unligini hisoblashda qo'llaniladi

$$k_h = \frac{a}{2g} \quad F_h = k_h W \quad (2)$$

$$k_v = \frac{k_h}{2} \quad F_v = k_v W \quad (3)$$

$$\eta = \frac{C \cdot L + [(W - F_v) \cos \theta - F_h \sin \theta] \operatorname{tg} \varphi}{(W - F_v) \sin \theta + F_h \cos \theta} \quad (4)$$

Bunda:  $a$  – maksimal grunt tezlanishi;  $W$  – ko'chkining og'irlik kuchi;  $F_h$  va  $F_v$  mos ravishda gorizonttal va vertikal ta'sir qiluvchi seysmik kuchlar;  $\theta$  – siljish yuzasining gorizontga nisbatan yotish burchagi.

**Tahlil va natijalar.** Ko'chkining seysmik ta'sir etmagan vaziyati uchun turg'unlik koeffitsienti hisoblandi. Ko'chki maydonining o'lchami, massasi, surilish yuzasining mustahkamligi va boshqa parametrlaridan foydalanildi (6-rasmda ko'rsatilgan).

Muhandis geologik hisoblashlar natijasiga ko'ra, ko'chkining turg'unlik koeffitsienti  $\eta=0.68$  bo'lib, bu ko'rsatkich 1 dan kichik. Demak, ko'chki barqaror emas va joydagi ko'chki jarayonlarida faollashish ehtimoli mavjud. Bu holat o'z navbatida hududning geologik sharoitiga ham bog'liq. Ko'chki materiali nisbatan yuqori suvni singdirish qobiliyatiga ega bo'lganligi va namlik ta'sirida bog'lanish kuchining kamayishi, uning deformatsiyaga moyilligini oshiradi [8]. Shuning uchun, bu joydagi namlik, suv miqdori va tog' jinslarining fizik-kimyoviy xususiyatlari ko'chkining harakatga kelishiga to'sqinlik qilmasdan, uning boshlanishiga sabab bo'lishi mumkin. Shunday qilib, ushbu ko'chki maydonida barqarorlikni ta'minlash uchun qulay muhandislik choralari ko'rish talab etiladi.

**Xulosa va takliflar.** Mazkur tadqiqot doirasida ko'chkilar barqarorligi statik sharoit va zilzila ta'siri ostida baholandi. Statik holatda olingan turg'unlik koeffitsienti ( $\eta$ ) ma'lum xavfsizlik darajasini ko'rsatsada, seysmik omillar hisobga olinganda ko'chki xavfining ortishi aniqlangan. Seysmodinamik hisoblashlar zilzila paytida hosil bo'ladigan inertsia kuchlari grunt massasining barqarorligini susaytirishini ko'rsatdi. Natijada ko'chki jarayonlarining kuchayishi ehtimoli yuqori bo'ladi. Bundan tashqari, seysmik tebranishlar gruntning mexanik xususiyatlarini o'zgartirib, bog'lanish kuchini kamaytirishi mumkin, bu esa zaif qatlamlarda siljish xavfini kuchaytiradi. Kuchli zilzilardan so'ng ko'chki ehtimolining ortishi muhandislik geologiyasi va qurilish sohalarida seysmik omillarni hisobga olish zarurligini ta'kidlaydi. Shu bois ko'chkilarga moyil hududlarda zilziladan keyingi monitoringni kuchaytirish va barqarorlikni ta'minlash bo'yicha qo'shimcha choralarni ishlab chiqish tavsiya qilinadi. Muhandislik himoya tadbirlarini yanada takomillashtirish, xususan drenaj tizimlari, tayanch devorlar hamda gruntni mustahkamlash usullarini chuqurroq o'rganish muhim ahamiyat kasb etadi.

#### ADABIYOTLAR

1. Ascanio Rosi, William Frodella, Nicola Nocentini, Francesco Caleca, Hans Balder Havenith, Alexander Strom, Mirzo Saidov, Gany Amirgalievich Bimurzaev, and Veronica Tofani. "Comprehensive landslide susceptibility map of Central Asia" *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 23, 2229–2250, 2023 <https://doi.org/10.5194/NHESS-23-2229-2023>.
2. Rustam Niyazov, Bakhtiar Nurtaev, Mansur Tashpulatov, Gany Bimurzaev, Fazliddin Anorboev "Seismogenic genesis of secondary liquefaction landslides on ancient large landslides in Uzbekistan" 6th World Landslide Forum, 2023 Florence Italy.
3. Krinitzky E.L., 1995. Deterministic versus probabilistic seismic hazard analysis for critical structures, *Eng. Geol.*, 40, 1–7. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(95\)00031-3](https://doi.org/10.1016/0013-7952(95)00031-3)
4. Ambraseys, N., & Srbulov, M., (1995) "Earthquake induced displacements of slopes", *Soil and Earthquake Engineering*, Elsevier, 14, 59-71.
5. Ferentinou M., (2004), "Landslide Hazard assessment using artificial neural networks in a GIS environment", PhD thesis, NTUA.
6. Ниязов Р.А. "Монография" "Оползни, вызванные Памиро-Гиндикушскими землетрясениями" ГП "Институт Гидроингео" Ташкент 2015г. С.124-141
7. Newmark, N. M.: Effects of earthquakes on dams and embankments, *Geotechnique*, 15, 139–160, 1965.
8. Mansurov A.F. (2025). Seysmik to'lqin ta'sirida ko'chki turg'unligini baholash. "Muhandislik seysmologiyasi va seysmik xavfni baholashning dolzarb muammolari" mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman materiallari to'plami, 2025-yil 10–11-iyun. Toshkent: O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti. 101-103.b.