



UDK 550.3:551.24:528.8

Abduqodir U. QURBONOV,
Magistrant, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: geotectonic26@gmail.com, ORCID: 0009-0000-8969-6822
Fayzulla G'. TO'XTAMESHOV,
Katta o'qituvchi, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston
Kichik ilmiy xodim, Astronomiya instituti, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: maxturon@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3832-1198
Baxtiyor T. XALIMOV,
Kichik ilmiy xodim, Astronomiya instituti, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: dil_faz@yahoo.com, ORCID: 0009-0009-6161-4229

Professor D.Fazilova taqrizi asosida

BO'KANTOV TOG'LARINING GEODINAMIK FAOLLIKI VA MORFOSTRUKTURAVIY XUSUSIYATLARINI MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARI ASOSIDA TAHLIL QILISH

Annotatsiya

Ushbu maqolada Bo'kantov tog'larining geodinamik va geomorfologik holati masofadan zondlash ma'lumotlari asosida o'rganildi. Tadqiqot jarayonida turli sun'iy yo'ldosh suratlari va raqamli balandlik modellaridan foydalanib, relyefning morfologik xususiyatlari va geodinamik jarayonlar tahlil qilindi. Natijalar Bo'kantov tog'larida yuz berayotgan geodinamik va geomorfologik jarayonlarning rivojlanish tendensiyalarini ko'rsatadi. Ushbu tahlil hududning geologik xavfsizlik va tabiiy resurslarni boshqarish masalalarida ilmiy asos yaratishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: seysmik faollik, lineament tahlili, ArcMap, raqamli relyef modeli, relyefning soya modeli.

ANALYSIS OF GEODYNAMIC ACTIVITY AND MORPHOSTRUCTURAL FEATURES OF THE BUKANTAU MOUNTAINS BASED ON REMOTE SENSING DATA

Annotation

This article examines the geodynamic and geomorphological conditions of the Bukantau Mountains based on remote sensing data. During the study, various satellite images and digital elevation models were used to analyze the morphological characteristics of the relief and geodynamic processes. The results indicate the development trends of geodynamic and geomorphological processes occurring in the Bukantau Mountains. This analysis provides a scientific basis for addressing issues related to geological safety and natural resource management in the region.

Keywords: seismic activity, lineament analysis, ArcMap, digital elevation model (DEM), hillshade model.

АНАЛИЗ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И МОРФОСТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОР БУКАНТАУ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

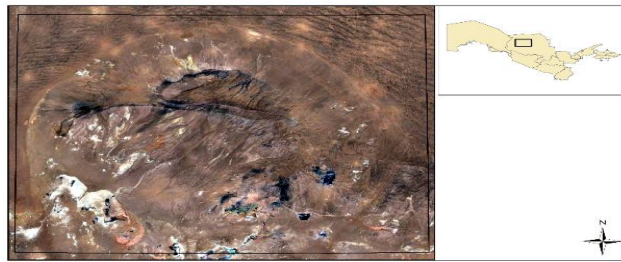
Аннотация

В данной статье геодинамическое и геоморфологическое состояние гор Букантау изучено на основе данных дистанционного зондирования. В процессе исследования с использованием различных спутниковых снимков и цифровых моделей рельефа были проанализированы морфологические особенности рельефа и геодинамические процессы. Полученные результаты показывают тенденции развития геодинамических и геоморфологических процессов, происходящих в горах Букантау. Данный анализ служит научной основой для решения вопросов геологической безопасности территории и управления природными ресурсами.

Ключевые слова: сейсмическая активность, линейментный анализ, ArcMap, цифровая модель рельефа, теневой рельеф.

Kirish. Bo'kantov tog'lari Markaziy Qizilqum hududining muhim geologik-strukturaviy elementlaridan biri hisoblanib, o'zining murakkab tektonik tuzilishi, denudatsion-relyef shakllari hamda geodinamik jarayonlarning faol namoyon bo'lishi bilan ajralib turadi (1-rasm). Hududning geomorfologik tuzilishi va zamonaviy geodinamik holatini o'rganish nafaqat fundamental geologik tadqiqotlar, balki foydali qazilma konlarini izlash, tabiiy xavf-xatarlarni baholash hamda hududdan oqilona foydalanish nuqtayi nazaridan ham muhim ahamiyat kasb etadi. Tog'li hududlarda kechuvchi ekzogen va endogen jarayonlarning o'zaro ta'siri relyefning shakllanishi hamda uning evolyutsiyasida asosiy omillardan biri hisoblanadi.

So'nggi yillarda masofadan zondlash ma'lumotlari geologik va geomorfologik tadqiqotlarda keng qo'llanilmoqda. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida relyef elementlari, lineament tizimlari, eroziya jarayonlari, tektonik buzilishlar hamda geodinamik faollik bilan bog'liq morfostruktural xususiyatlarni aniqlash imkoniyati sezilarli darajada oshdi. Ayniqsa, yuqori aniqlikdagi kosmik suratlari va raqamli relyef modellari (DEM) tog'li hududlarning morfometrik tahlilini amalga oshirish, strukturaviy elementlarni ajratish hamda zamonaviy geomorfologik jarayonlarni monitoring qilishda samarali vosita hisoblanadi.



1-rasm. Bo'kantov tog'larining kosmosuratda ko'rinishi

Bo'kantov tog'lari hududi geologik rivojlanish tarixi, tektonik harakatlar va uzoq muddatli denudatsion jarayonlar ta'sirida shakllangan murakkab geomorfologik tizimga ega. Hududda kuzatiladigan lineamentlar, yoriqlar tizimi, eroziya tarmoqlari va relyefning differensial shakllanishi zamonaviy geodinamik jarayonlar bilan chambarchas bog'liqdir. Shu sababli ushbu hududning masofadan zondlash ma'lumotlari asosida kompleks tahlil qilinishi geodinamik va geomorfologik qonuniyatlarni aniqlashda muhim ilmiy ahamiyatga ega [1,2,3].

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi Bo'kantov tog'larining geodinamik va geomorfologik holatini masofadan zondlash ma'lumotlari asosida tahlil qilish, hududning morfostrukturaviy xususiyatlarini aniqlash hamda zamonaviy geomorfologik jarayonlarning rivojlanish qonuniyatlarini baholashdan iborat. Tadqiqot davomida sun'iy yo'ldosh tasvirlari, raqamli relyef modellari va GIS texnologiyalaridan foydalanilib, hududning geomorfologik tuzilishi hamda tektonik elementlari o'rganiladi.

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqot hududning geodinamik holatini o'rganish maqsadida masofadan zondlash ma'lumotlari va GIS texnologiyalariga asoslangan holda amalga oshirildi. Tadqiqot jarayonida ArcMap dasturiy muhiti asosiy platforma sifatida qo'llanilib, barcha fazoviy ma'lumotlarni qayta ishlash, tahlil qilish va vizuallashtirish ishlari aynan ushbu muhitda bajarildi [4].

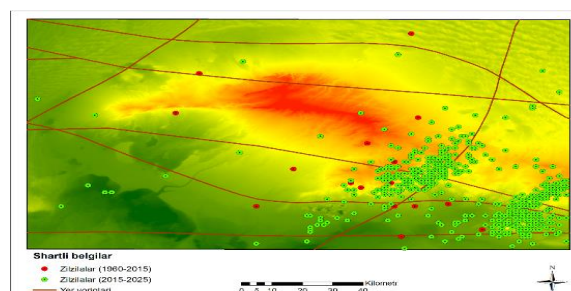
Birinchi bosqichda geodinamik faollikni o'rganish uchun hududning DEM surati orqali relyef xaritasi yaratildi. **SRTM DEM** - 2000-yilda NASA kosmik kemasi tomonidan radar texnologiyasi yordamida olingan, har bir pikseli 30×30 metr maydonni ifodalovchi raqamli balandlik modelidir. Bu ma'lumot relyef xaritalarini tuzishda, qiyalik va yo'nalish tahlillarini o'tkazishda keng qo'llaniladigan ishonchli manba hisoblanadi. Keyin unda hududdan o'tadigan asosiy yer yoriqlari tushirib chiqildi. Songra respublika seysmoprognostik monitoring markazi bazasidan tadqiqot hududidagi zilzilalar katalogi olinib, xaritaga joylandi. Shuningdek, faollikni vaqt bo'yicha o'rganish maqsadida zilzilalar katalogi ikki davrga ajratildi: 1960–2015 va 2015–2025 yillar [14]. Har bir davr bo'yicha zilzilalar epitsentrlari ArcMap muhitida alohida qatlamlar ko'rinishida xaritalashtirildi. Ushbu yondashuv zilzilalar joylashuvini yer yoriqlari, karyerlar va relyef elementlari bilan fazoviy jihatdan solishtirish imkonini berdi.

Tadqiqotning ikkinchi bosqichida DEM va hillshade tasvirlari asosida lineamentlarni aniqlash ishlari amalga oshirildi. Bunda Yamaguchi usuli qo'llanilib, u relyef yuzasida namoyon bo'ladigan chiziqli morfologik elementlarni aniqlashga asoslangan. Yamaguchi usuli doirasida turli yo'nalishlarda (shimol–janub, sharq–g'arb va diagonal yo'nalishlarda) yaratilgan hillshade tasvirlari ketma-ket tahlil qilindi [5]. Ushbu tasvirlar asosida relyefdagi uzilishlar, chiziqli vodiylar, keskin relyef o'zgarishlari va tektonik jarayonlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin bo'lgan chiziqli elementlar aniqlab olindi. Lineamentlarni ajratib olish jarayonida gidrotarmoq ma'lumotlaridan faol foydalanildi [15]. Daryo va irmoqlar tarmog'i ArcMap muhitida DEM, hillshade va lineament qatlamlari bilan birgalikda tahlil qilindi. Gidrotarmoq yo'nalishlarining relyefdagi chiziqli elementlarga mos kelishi lineamentlarni aniqlashda muhim mezon sifatida qabul qilindi. Ayniqsa, daryo vodiylarining yo'nalganligi va ularning uzluksizligi chiziqli strukturalarni aniqlash jarayonida asosiy yordamchi omil sifatida ishlatildi [6,7,8,9,10].

Tahlil va natijalar. Bo'kantov tog'larining geodinamik holatini o'rganish maqsadida hududning asosiy tektonik yoriqlari hamda zilzilalar epitsentrlari aks ettirilgan maxsus geodinamik xarita tuzildi. Mazkur xaritada hududdagi yirik va ikkilamchi yer yoriqlarining joylashuvi, ularning yo'nalishi hamda seysmik hodisalarning hudud bo'ylab taqsimlanishi tahlil qilindi. Ayniqsa, zilzilalar epitsentrlarining fazoviy joylashuvi va vaqt bo'yicha o'zgarishi geodinamik jarayonlarni baholashda muhim ko'rsatkich sifatida qaraldi.

Tahlillar natijasida zilzilalar shartli ravishda ikki davrga ajratildi. Birinchi davr 1960-2015-yillarni qamrab olib, ushbu bosqichda hududda seysmik hodisalar sonining nisbatan kamligi bilan tavsiflanadi. Ikkinchi davr esa 2015-yildan keyingi yillarni o'z ichiga olib, bu davrda zilzilalar soni va kuzatilish intensivligi sezilarli darajada oshgani aniqlangan. Zilzilalar epitsentrlari joylashuvining tahlili shuni ko'rsatadiki, ularning asosiy qismi konchilik faoliyati intensiv olib borilayotgan karyer hududlariga to'g'ri keladi (2-rasm).

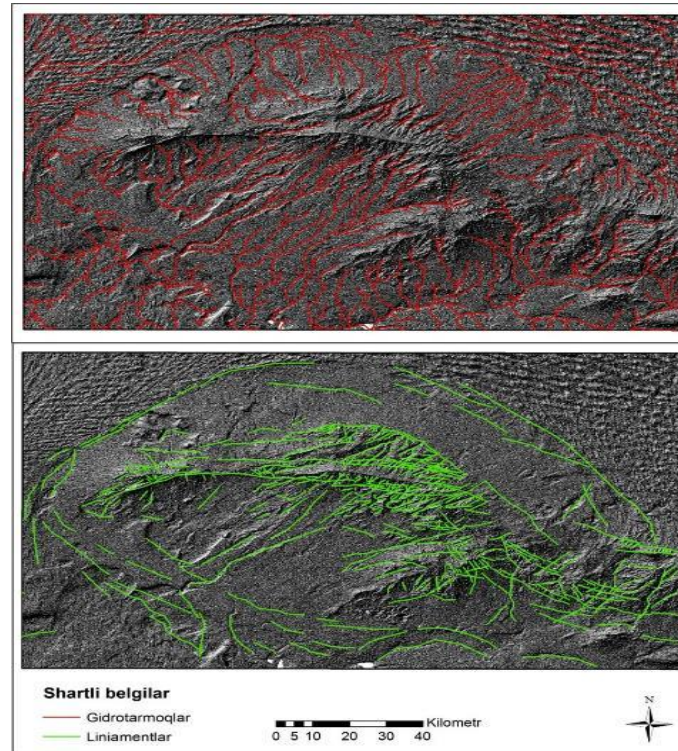
Seysmologik katalog ma'lumotlariga ko'ra, qayd etilgan zilzilalarning aksariyat qismi kichik magnitudali bo'lib, asosan $M=1,5-2,5$ oralig'ida kuzatilgan. Shuningdek, gipotsentr chuqurligi ham juda kichik qiymatlar bilan tavsiflanadi. Mazkur holat ushbu silkinishlarning tabiiy tektonik jarayonlar bilan emas, balki antropogen omillar, xususan, konchilik va portlatish ishlari bilan bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Shu sababli tadqiqot hududida qayd etilgan ko'plab seysmik hodisalarni texnogen zilzilalar sifatida baholash mumkin [11,12].



2-rasm. Zilzilalar epitsentrlarining joylashish xaritasi

Zilzilalar faolligining 2015-yildan keyin keskin ortishi, ehtimol, hududdagi karyerlarda qazib olish ishlari hajmining ortishi va texnogen yuklamaning kuchayishi bilan bog'liqdir. Shu bilan birga, katta magnitudali hamda chuqur o'choqli zilzilalarning juda kam uchrashi Bo'kantov tog'lari hududining O'zbekistonning yuqori seysmik faollikka ega zonalariga kirmasligini tasdiqlaydi. Bu esa hududdagi zamonaviy seysmik jarayonlarning asosiy qismi texnogen omillar ta'sirida shakllanayotganligini ko'rsatadi.

Tadqiqotning ikkinchi bosqichida Bo'kantov tog'larining geomorfologik holati tahlil qilindi. Mazkur tadqiqot geodinamik tahlilning mantiqiy davomi bo'lib, hudud relyefining shakllanishida uzoq muddatli ekzogen jarayonlarning rolini baholashga qaratildi. Geomorfologik tahlil jarayonida masofadan zondlash ma'lumotlari va raqamli relyef modeli (DEM) asosida hududdagi morfostrukturaviy elementlar hamda chiziqli strukturalarni (lineamentlarni) aniqlashga alohida e'tibor qaratildi (3-rasm).



3-rasm. Gidrotarmoq va lineamentlarning hillshade tasvirda ko'rinishi

Hududning zamonaviy geodinamik jihatdan nisbatan sust faolligi natijasida millionlab yillar davomida denudatsiyaviy va eroziyaviy jarayonlar ustunlik qilgan hamda bu holat tog'lik relyefining juda katta darajada yemirilishiga olib kelgan. Natijada Bo'kantov tog'lari hozirgi kunda past tog'lik relyefi bilan tavsiflanadi. Tadqiqot maydonining mutlaq balandligi asosan 1000 m dan oshmaydi va hudud yuzasining katta qismi cho'kindi jinslar bilan qoplangan. Shu sababli tektonik strukturalarning aksariyati qoplama jinslar ostida ko'milib qolgan bo'lishi mumkin. Biroq relyef shakllari, morfologik notekisliklar va gidrotarmoqdagi o'zgarishlar orqali ushbu strukturalarni bilvosita aniqlash imkoniyati mavjud.

Lineamentlarni ajratishda asosiy indikator sifatida hududning gidrografik tarmog'idan foydalanildi. Ma'lumki, suv oqimlari ko'pincha tektonik zaif zonalar, yoriqlar va lineamentlar bo'ylab shakllanadi hamda rivojlanadi. Shu sababli daryo vodiylari va soylarning yo'nalishi strukturalarni aniqlashda muhim geomorfologik belgi sifatida xizmat qiladi. DEM ma'lumotlari asosida amalga oshirilgan tahlillar natijasida lineamentlarning asosiy qismi tog'likning nisbatan baland hududlarida ko'proq ajratilgani kuzatildi. Bu holat yuqori qismlarda qoplama jinslarning yuqaligi yoki umuman mavjud emasligi, shuningdek, gidrografik tarmoqning yaxshi rivojlanganligi bilan izohlanadi. Xaritaviy tahlillar shuni ko'rsatadiki, relyefning morfologik xususiyatlari va gidrotarmoq yo'nalishlari hududdagi yashirin strukturalarni aniqlashda muhim manba hisoblanadi.

Xulosa va takliflar. Bo'kantov tog'lari hududining geodinamik va geomorfologik xususiyatlarini masofadan zondlash ma'lumotlari hamda GIS texnologiyalari asosida o'rganish natijasida hududning zamonaviy rivojlanish jarayonlariga oid muhim ilmiy xulosalar olindi. Seysmologik ma'lumotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, qayd etilgan seysmik hodisalarning aksariyati kichik magnitudali va sayoz fokus chuqurligiga ega bo'lib, ularning epitsentral zonalar asosan konchilik ishlari amalga oshirilayotgan karyer maydonlariga mos keladi. Mazkur holat hududdagi seysmik faollikning sezilarli qismi antropogen-texnogen omillar ta'sirida shakllanayotganligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, kuchli tektonik zilzilalarning kam kuzatilishi Bo'kantov hududining nisbatan past darajadagi tabiiy seysmik faollikka ega ekanligini tasdiqlaydi.

Geomorfologik tahlillar natijasida relyef shakllanishida uzoq davom etgan ekzogen jarayonlar, xususan, denudatsiya va eroziya omillari muhim rol o'ynashi aniqlandi. Raqamli balandlik modeli (DEM) va gidrografik tarmoq ma'lumotlari asosida hududdagi asosiy strukturaviy lineamentlar ajratib olindi hamda ularning fazoviy tarqalish qonuniyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari lineamentlarning ko'proq baland relyefli qismlarda rivojlanganligini ko'rsatdi. Bu esa ushbu hududlarda qoplama jinslarining yuqaligi, geologik tuzilmalarning ochiq namoyon bo'lishi va relyefning morfologik jihatdan yaxshi ifodalanganligi bilan izohlanadi.

Olib borilgan tadqiqotlar masofadan zondlash ma'lumotlari va geoinformatsion texnologiyalar geodinamik hamda geomorfologik jarayonlarni kompleks tahlil qilishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Olingan natijalar hududning strukturaviy-geologik xususiyatlarini aniqlash, tektonik elementlarning joylashuv qonuniyatlarini baholash hamda istiqboldagi geologik-qidiruv ishlarini rejalashtirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

ADABIYOTLAR

1. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A. Identification of expected seismic activity areas by forecasting complex seismic-mode parameters in Uzbekistan // *Geodesy and Geodynamics*. – 2018. – Vol. 9. – № 2. – P. 121–130.
2. Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Nurmatov U.A., Sadykov Y.M., Mirzaev M.A., Ashurov S.K. Seismotectonics of Central and Southern Uzbekistan and Seismic Hazard Assessment of Its Territory // *Geotectonics*. – 2024. – Vol. 58. – № 6. – P. 677–694.
3. Mirkamalov R., Divaev F., Uzokov R., Dolgoplova A., Seltnann R., Armstrong R., Buret Y., Broderick C., Khalmatov R., Oripova N., Mun Y., Mizernaya M. Geology of critical mineral deposits of the Kuljuktai Mountains, Central Kyrgyzstan (Uzbekistan) // *Applied Earth Science*. – 2024. – Vol. 134. – № 1.
4. Asadov A.R. et al. Creation of the GIS Project of Bukantau Mountains (Uzbekistan) // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – 2020. – Vol. 7. – № 2. – P. 12901–12906.
5. Army E.K., Saepuloh A. Field verifications of geological structures related to SAR detected lineaments // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – Vol. 417. – Article 012012.
6. Yun S.-H., Moon W.M. Lineament extraction from DEM using drainage network // *International Journal of Remote Sensing*. – 2001.
7. Saadi N.M., McClure P. Fault-based geological lineaments extraction using remote sensing and GIS: A review // *Geosciences*. – 2011. – Vol. 11. – № 5. – P. 183.
8. Sadrzadeh M., Aghasi B. Extraction, mapping, and analysis of structural lineaments using DEM // *Journal of Earth Science & Engineering*. – 2023.
9. Grohmann C.H., Riccomini C. Effects of vertical accuracy of DEM data on automatic lineament extraction // *Computers & Geosciences*. – 2009. – Vol. 35. – № 6. – P. 1154–1164.
10. Zhang Y., Lin Z. Computer vision-based framework for extracting geological lineaments from optical remote sensing data // *arXiv preprint*. – 2018.
11. Kovach R.L. Seismicity induced by mining // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. – 1986. – Vol. 23. – № 2. – P. 83–98.
12. Katsumi K., Watanabe T. Spatial distribution of triggered earthquakes in mining-induced seismicity conditions // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. – 2021. – Vol. 57. – № 4. – P. 512–524.
13. United States Geological Survey. Digital Elevation Model (DEM) data. – USGS EarthExplorer platformasi.
14. Respublika seysmoprognostik monitoring markazi. Zilzilalar katalogi. – 2026.
15. HydroSHEDS. Gidrotarmoq ma'lumotlari rasmiy sayti.