https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

Katta o‘qituvchi **Sh.S.Botirov**
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti:,
tel: +998900762471, e-mail:shoxbos.b@mail.ru)
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi:
Maxramqulov Sardor Ortiq o’g’li tel:+998947974858

XONDIZA POLIMETALL KONIDA SENTINEL-1 INSAR MONITORINGI: MA’LUMOT YIG‘ISH, SNAP DASTLABKI ISHLOVI VA KON-SHAROITGA MOS MAXSUS YONDASHUVLAR

Annotatsiya: Ushbu maqolada Xondiza polimetall koni (Sariosiyo tumani) sharoitida yer usti deformatsiyalarini masofaviy zondlash orqali monitoring qilish uchun Sentinel-1A/B C-diapazonli SAR ma’lumotlaridan foydalanish metodikasi taqdim etiladi. 2020–2025 yillar oralig‘ida to‘plangan 120 ta SLC sahna asosida (asosan descending yo‘nalish, IW rejimi) ma’lumot yig‘ish strategiyasi, ESA SNAP muhitida bajarilgan dastlabki ishlov (Apply Orbit, Subset, Multilooking, Refined Lee, Deburst, Coregistration, Interferogram Formation, Topographic Phase Removal, Goldstein filtering, SNAPHU orqali Unwrapping) hamda kon relyefi va texnologik jarayonlaridan kelib chiqadigan muammolar (atmosfera, geometrik buzilishlar, koherensiya, unwrap xatolari) uchun amaliy yechimlar bayon etiladi. Kon-spetsifik yondashuv sifatida TanDEM-X/UAV-LiDAR asosida DEM yangilash, SBAS/PSInSAR vaqt qatori tahlili va StaMPS integratsiyasi, shuningdek GNSS va total stansiya kuzatuvlari bilan natijalarni kalibrlash protokoli taklif etiladi.

Kalit so‘zlar: Sentinel-1A/B, C-band SAR, IW rejimi, SLC, SNAP, TOPS Deburst, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, GNSS.

Аннотация: В данной статье представлена методика использования данных С-диапазонного SAR спутников Sentinel-1A/B для мониторинга

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

деформаций земной поверхности с применением дистанционного зондирования в условиях Хондининского полиметаллического месторождения (Сариасийский район). На основе 120 сцен SLC, собранных в период 2020–2025 годов (в основном нисходящий трек, режим IW), описана стратегия сбора данных, а также предварительная обработка в среде ESA SNAP (Apply Orbit, Subset, Multilooking, Refined Lee, Deburst, Coregistration, Interferogram Formation, Topographic Phase Removal, Goldstein filtering, развёртка с использованием SNAPHU). Подробно рассмотрены практические решения проблем, возникающих из-за рельефа и технологических процессов месторождения (атмосфера, геометрические искажения, снижение когерентности, ошибки развёртки фазы). В качестве специфического подхода для данного месторождения предлагается обновление ЦМР на основе TanDEM-X/UAV-LiDAR, временной анализ с применением SBAS/PSInSAR и интеграция со StaMPS, а также протокол калибровки результатов с использованием наблюдений GNSS и тотальных станций.

Ключевые слова: Sentinel-1A/B, C-band SAR, режим IW, SLC, SNAP, TOPS Deburst, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, GNSS.

Abstract: This article presents a methodology for using C-band SAR data from Sentinel-1A/B satellites to monitor ground surface deformations through remote sensing in the conditions of the Khondiza polymetallic deposit (Sariosiyo district). Based on 120 SLC scenes collected between 2020 and 2025 (mainly descending track, IW mode), the data acquisition strategy and the preliminary processing performed in ESA SNAP (Apply Orbit, Subset, Multilooking, Refined Lee, Deburst, Coregistration, Interferogram Formation, Topographic Phase Removal, Goldstein filtering, Unwrapping via SNAPHU) are described. Practical solutions to problems arising from the mine's terrain and technological processes (atmosphere, geometric distortions, coherence loss, phase unwrapping errors) are outlined. As a mine-specific approach, DEM updating based on TanDEM-X/UAV-

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

LiDAR, time-series analysis using SBAS/PSInSAR, and StaMPS integration are proposed, along with a calibration protocol of results using GNSS and total station observations.

Keywords: Sentinel-1A/B, C-band SAR, IW mode, SLC, SNAP, TOPS Deburst, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, GNSS.

Kirish

Copernicus Sentinel-1 dasturi (1A — 2014-y. 3-aprel; 1B — 2016-y. 25-aprel) geodinamika, qishloq xo‘jaligi, suv xo‘jaligi, transport infratuzilmasi va konchilikdagi deformatsiyalarni yuqori ishonchlilikda kuzatishga mo‘ljallangan C-band SAR platformasidir. Sun’iy yo‘ldoshlar ~693 km balandlikdagi Quyosh-sinxron orbitada (i ≈ 98.18°) ishlaydi; juft foydalanilganda qayta kuzatuv sikli 6 kun bo‘lgan, 2022-yildan beri 1A yolg‘iz ishlayotgani bois 12 kun. Xondiza kabilar uchun interferometriyada keng qo‘llaniladigan IW rejimi (5×20 m; 250 km qamrov) tanlandi; polarizatsiya sifatida VV deformatsiya signallariga sezgirligi sabab afzal ko‘rildi. Ochiq ma’lumot siyosati (ESA/ASF/DIAS) hududiy tadqiqotlar uchun qulaylik yaratadi.

Ma’lumot yig‘ish metodikasi (2020–2025)

Davr va hajm. 2020–2025 yillarda jami 120 ta SLC sahna yig‘ildi (har biri 2–4 GB; umumiy hajm >400 GB).

Orbit va takroriylik. Asosan descending treklarda, 12 kunlik sikl bilan yiliga ≥30 sahna.

Qamrov va ROI. IW qamrovi 250 km bo‘lsa-da, tahlil Sariosiyo–Xondiza poligoni bilan cheklangan (subset).

Yuklab olish manbalari. Copernicus Open Access Hub, ASF DAAC (amaliy tezkor yuklab olish), CREODIAS/ONDA (katta arxivlar). Amalda tarmoq tezligi sabab asosiy oqim ASF orqali tashkil etildi.

Tanlash mezonlari. VV polarizatsiya; faqat SLC (GRD vizual tahlilga qulay, lekin interferometriya uchun yaroqsiz); qat’iy ROI.

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

Texnik cheklovlar. Katta hajm, tarmoq sekinligi, lokal hisoblash quvvati; yechim sifatida maxsus server/bulut resurslari jalb etildi.

SNAP dasturida dastlabki ishlov

1. Apply Orbit File — aniqlashtirilgan orbit ma’lumotlari bilan faza aniqligini oshirish.
2. Subset (ROI) — poligon bo‘yicha kesish, resurs tejamkorligi.
3. Multilooking (≈4×1) — spekklni kamaytirish va fazoviy aniqlikni muvozanatlash.
4. Speckle Filtering (Refined Lee) — strukturalarni saqlagan holda shovqinni pasaytirish.
5. Deburst (TOPS) — burstlarni birlashtirib yaxlit sahna hosil qilish.
6. SLC Coregistration (master–slave) — piksel darajasida moslashtirish.
7. Interferogram Formation — faza farqidan interferogramma hosil qilish.
8. Topographic Phase Removal (SRTM 30 m) — relyef komponentini olib tashlash.
9. Phase Filtering (Goldstein) — fazani silliqlash.
10. Phase Unwrapping (SNAPHU) — cheklangan fazani haqiqiy siljishga aylantirish.
11. Deformatsiya xaritasi — unwrap qilingan fazani siljishga konvertatsiya qilish; subsidensiya zonalarini ajratish.

Tezlik formulası. InSAR tezlik bahosi

$$v = \frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{4\pi\Delta t} \quad (1)$$

bu yerda Δφ — faza farqi, λ — to‘lqin uzunligi (Sentinel-1 ≈ 5.6 sm), Δt — kuzatuvlar oralig‘i.

4. Xondiza koni sharoitidagi muammolar va yechimlar

Atmosfera ta’siri. Suv bug‘lari/ionosfera fazani buzadi → ERA5/GACOS tuzatmalari, ko‘p-vaqtli statistik ajratish.

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

Geometrik buzilishlar. Tog‘li relyefda foreshortening/layover/shadow → Terrain Correction va yuqori aniqlikli DTM/DSM (SRTM→TanDEM-X/LiDAR) bilan geokodlash.

Topografik faza qoldig‘i. Past aniqlikli DEM → qoldiq faza → TanDEM-X yoki UAV-LiDAR bilan DEMni yangilash.

Koherensiya pasayishi. Faol qazish/portlatish/vegetatsiya → SBAS (kichik bazis) va PSInSAR (barqaror scatterer), fasl bo‘yicha sahna tanlash.

Unwrapping xatolari. Past koherensiyada xatoliklar → SNAPHU parametrlarini moslash, ko‘p-qatlamli unwrap.

Xulosa

Xondiza polimetall koni uchun Sentinel-1 InSAR monitoringi metodikasi sifatida IW/VV rejimidagi SLC ma’lumotlarini muntazam (12 kun) yig‘ish, SNAP dastlabki ishlov zanjirini izchil qo‘llash va StaMPS bilan vaqt qatori tahlilini integratsiya qilish samarali poydevor yaratadi. Kon sharoitidagi murakkab relyef va tez o‘zgarishlar TanDEM-X/UAV-LiDAR bilan DEM yangilashni, ERA5/GACOS atmosferik tuzatmalarini va GNSS/total stansiya kalibrlashini talab etadi. Ushbu yondashuv subsidensiya zonalarini millimetr darajasida ajratish hamda xavfsiz ekspluatatsiya va muhandislik qarorlarini asoslash uchun yetarli aniqlikni ta’minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ESA Sentinel-1 User Guide. Copernicus Open Access Hub.
2. Torres, R., et al. (2012). *Remote Sensing of Environment*, 120, 9–24.
3. Yagüe-Martínez, N., et al. (2016). *IEEE TGRS*, 54(4), 2220–2234.
4. Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F. (2001). *IEEE TGRS*, 39(1), 8–20.
5. Berardino, P., et al. (2002). *IEEE TGRS*, 40(11), 2375–2383.
6. Hooper, A., et al. (2007). *JGR*, 112.
7. Hanssen, R. (2001). *Radar Interferometry*. Springer.
8. Crosetto, M., et al. (2016). *ISPRS JPRS*, 115, 78–89.
9. Bamler, R., Hartl, P. (1998). *Inverse Problems*, 14(4), R1–R54.