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
Maxramqulov Sardor Ortiq o’g’li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi:
tel:+998947974858;e-mail:mahramqulovsardor57@gmail.com

XONDIZA POLIMETALL KONI SHAROITIDA SENTINEL-1 INSAR MA’LUMOTLARINI QAYTA ISHLASHDAGI MUAMMOLAR, MAXSUS YONDASHUVLAR VA ILLYUSTRATIV MATERIALLAR

Annotatsiya: Ushbu maqolada Xondiza polimetall koni sharoitida Sentinel-1A sun’iy yo‘ldoshi ma’lumotlarini InSAR texnologiyasi orqali qayta ishlash jarayonida uchraydigan muammolar (atmosfera kechikishi, relyef tufayli geometrik buzilishlar, koherensiya pasayishi, unwrap xatoliklari) batafsil tahlil qilinadi. Atmosferik model (ERA5, GACOS), yuqori aniqlikli raqamli relyef modellaridan (TanDEM-X, UAV LiDAR) foydalanish, SBAS va PSInSAR metodlari asosidagi vaqt qatori tahlili, StaMPS dasturi bilan integratsiya kabi yechimlar ishlab chiqilgan. Maqolada shuningdek Xondiza konining geologik va texnologik sharoitidan kelib chiqadigan maxsus yondashuvlar hamda illyustratsion materiallar (orbit sxemalari, IW qamrovi, SNAP blok-sxemasi, Google Earth tasvirlari, texnik parametrlari jadvali) keltirilgan.

Kalit so‘zlar: InSAR, Sentinel-1A/B, atmosfera tuzatmalari, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, GNSS kalibrlash, Xondiza koni.

Аннотация: В данной статье подробно анализируются проблемы, возникающие при обработке данных спутника Sentinel-1A с использованием технологии InSAR в условиях Хондининского полиметаллического

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

месторождения (атмосферные задержки, геометрические искажения из-за рельефа, снижение когерентности, ошибки развёртки фазы). Разработаны решения с использованием атмосферных моделей (ERA5, GACOS), высокоточных цифровых моделей рельефа (TanDEM-X, UAV-LiDAR), анализа временных рядов на основе методов SBAS и PSInSAR, а также интеграции с программным комплексом StaMPS. В статье также приведены специальные подходы, вытекающие из геологических и технологических условий Хондининского месторождения, а также иллюстративные материалы (схемы орбит, зона покрытия IW, блок-схема SNAP, изображения Google Earth, таблица технических параметров).

Ключевые слова: InSAR, Sentinel-1A/B, атмосферные поправки, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, калибровка GNSS,Хондининское месторождение.

Abstract: This article provides a detailed analysis of the issues encountered during the processing of Sentinel-1A satellite data using InSAR technology in the conditions of the Khondiza polymetallic deposit (atmospheric delays, terrain-induced geometric distortions, coherence loss, phase unwrapping errors). Solutions have been developed through the use of atmospheric models (ERA5, GACOS), high-resolution digital elevation models (TanDEM-X, UAV-LiDAR), time-series analysis based on SBAS and PSInSAR methods, and integration with the StaMPS software package. The article also presents specific approaches related to the geological and technological conditions of the Khondiza deposit, as well as illustrative materials (orbit schemes, IW coverage, SNAP block diagram, Google Earth images, technical parameter tables).

Keywords: InSAR, Sentinel-1A/B, atmospheric corrections, SBAS, PSInSAR, StaMPS, TanDEM-X, UAV-LiDAR, GNSS calibration, Khondiza deposit.

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

Kirish

InSAR texnologiyasi masofaviy zondlashda millimetr aniqligida deformatsiyalarni kuzatish imkonini beruvchi ilg‘or metodlardan biridir. Ammo tog‘li hududlarda, ayniqsa faol qazish ishlari olib boriladigan ochiq konlarda, InSAR ma’lumotlarini qayta ishlash ko‘plab qiyinchiliklarga duch keladi. Xondiza polimetall koni (Surxondaryo viloyati, Sariosiyo tumani) shunday murakkab geologik muhitga ega: karer bortlarining chuqurlashtirilishi, portlatish ishlari, suv ta’siri va tez-tez o‘zgaradigan relyef deformatsiya tahlilida qo‘shimcha xatolik manbai hisoblanadi. Shu sababli an’anaviy ishlov algoritmlari bilan bir qatorda maxsus yondashuvlarni ishlab chiqish zarur.

Asosiy muammolar va ularning yechimlari

Atmosfera ta’sirlari

SAR signallari atmosfera qatlamida kechikishga uchraydi. Suv bug‘lari va ionosfera elektron zichligi farqlari interferogrammada fazaning buzilishiga olib keladi.

Bu esa deformatsiya signalini noto‘g‘ri talqin qilishga sabab bo‘ladi.

Yechimlar:

• ERA5 va GACOS global modellaridan foydalanib faza kechikishini tuzatish.

• Ko‘p vaqtli (time-series) InSAR tahlilida atmosferik shovqinni statistik filtrlar yordamida ajratib olish.

• Mahalliy meteorologik stansiya kuzatuvlari bilan qo‘shimcha kalibrlash.

Geometrik buzilishlar.

SAR yonlama ko‘rish printsipiga asoslanganligi sababli tog‘li relyefda foreshortening, layover va shadow effektlari kuzatiladi.

Yechimlar:

• SNAP dasturida Terrain Correction bosqichini qo‘llash.

• Yuqori aniqlikli DEM (TanDEM-X 12 m yoki UAV-LiDAR) ma’lumotlari bilan geokodlash.

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

• Faol qazish zonalari uchun DEM'ni davriy yangilab borish.

Topografik fazani noto‘g‘ri yo‘qotish

Interferogrammadan relyef fazasini olib tashlash jarayonida past aniqlikdagi DEM ishlatilsa, qoldiq faza paydo bo‘ladi va deformatsiya natijalariga ta'sir qiladi.

Yechimlar:

• TanDEM-X global DEM yoki UAV-LiDAR o‘lchovlari asosida relyefni yangilash.

• Qavatma-qavat qazish natijasida yuzaga keladigan tez o‘zgarishlarni inobatga olish uchun UAV-LiDAR yordamida tezkor DEM tuzish.

Koherensiya muammolari

Qazish ishlari, portlatish, vegetatsiya o‘zgarishi interferogrammada koherensiya darajasini pasaytiradi, bu esa fazani unwrap qilishni qiyinlashtiradi.

Yechimlar:

• SBAS algoritmi orqali kichik bazisli interferogrammalarni birlashtirish.

• PSInSAR yordamida doimiy scatterer nuqtalarini ajratish.

• Kuzatuvlarni mavsumiy (yoz/qish) farqlarini hisobga olib tanlash.

Fazani unwrap qilishdagi xatoliklar

Koherensiya past bo‘lgan hududlarda unwrap jarayoni xatolik keltirib chiqaradi va katta noto‘g‘ri siljish qiymatlari hosil bo‘lishi mumkin.

Yechimlar:

• SNAPHU algoritmini mos parametrlar bilan qo‘llash.

• Ko‘p qatlamli unwrap usullaridan foydalanish.

• PSInSAR nuqtalari asosida unwrap natijalarini stabillashtirish.

Xondiza koni sharoitidagi maxsus yondashuvlar

Kon relyefi va qazish ishlari

Xondiza konida chuqurlashtirilgan qavatma-qavat qazish usuli qo‘llaniladi. Bu esa relyef geometriyasining tez o‘zgarishiga va koherensiya yo‘qolishiga sabab bo‘ladi.

Yondashuvlar:

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

• ROI (Region of Interest) ni faqat faol qazish zonalarini qamrab oladigan tarzda aniq subsetting qilish.

• DEM'ni yuqori aniqlikda tez-tez yangilash (UAV-LiDAR yoki TanDEM X asosida).

3.2. Deformatsiya manbalari

Kon hududida deformatsiyaning asosiy manbalari: karer bortlarining siljishi, portlatish ishlari natijasidagi seysmik effektlar, yog‘ingarchilik va yer ostisuvlarining ta'siri. Bu jarayonlar deformatsiyaning turli tezliklarda kechishiga olib keladi.

Yondashuvlar:

• SBAS algoritmi yordamida vaqt qatorlarida deformatsiyani ajratib olish.

• PSInSAR yordamida doimiy scattererlar asosida aniq natijalar olish.

• Natijalarni GNSS va total stansiya kuzatuvlari bilan integratsiya qilish.

Atmosferik va mahalliy sharoitOchiq konlarda ko‘pincha chang, bug‘ va tutun bo‘ladi, bu radar signallariga salbiy ta'sir ko‘rsatadi.

Yondashuvlar:

• ERA5 global modellaridan foydalanish.

• Mahalliy meteostansiya kuzatuvlarini InSAR ma'lumotlari bilan birlashtirish.

Kalibrlash va qo‘shimcha kuzatuvlar

Faqat sun'iy yo‘ldosh ma'lumotlari yetarli emas. Mahalliy geodezik kuzatuvlar bilan kalibrlash zarur.

Yondashuvlar:

• GNSS kuzatuv nuqtalarini deformatsiya xaritalariga bog‘lash.

• Total stansiya yordamida bortlarning siljishini davriy o‘lchash.

• UAV-LiDAR natijalari bilan uch tomonlama taqqoslash.

Illyustrativ materiallar

1. Sentinel-1A/B orbitasi sxemasi – global qamrovni ko‘rsatuvchi chizma.

2. IW rejimi qamrovi – 250 km kenglikdagi qamrov xaritasi.

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

3. SNAP blok-sxemasi – orbitani yangilashdan tortib StaMPS integratsiyasigacha bo‘lgan bosqichlar.

4. Xondiza koni (2020 va 2025) – Google Earth tasvirlarida kon relyefidagi o‘zgarishlar.

5. Sentinel-1 texnik parametrlari jadvali – orbit balandligi (~693 km), inklinatsiya (98.18°), radar chastotasi (5.405 GHz), polarizatsiya (VV,VH,HH,HV), IW rejimi qamrovi (250 km), fazoviy yechim (5×20 m).

Xulosa

Xondiza polimetall konida Sentinel-1 InSAR monitoringi yuqori aniqlikdagi deformatsiya xaritalarini olish imkonini beradi, ammo atmosfera, relyef va texnologik omillar sabab qo‘shimcha yechimlar talab etiladi. Atmosfera modellarini qo‘llash, DEM’ni tez-tez yangilash, SBAS/PSInSAR vaqt qatori tahlili va StaMPS integratsiyasi, shuningdek GNSS va UAV-LiDAR kalibrlashlari natijalarni sezilarli darajada aniqlashtiradi. Illyustratsion materiallar esa jarayonni vizual tarzda tushuntirib beradi. Ushbu metodika konning xavfsiz ekspluatatsiyasi va geomekanik monitoring tizimining shakllanishi uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hanssen, R. (2001). *Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Springer.

2. Li, Z., et al. (2009). *IEEE TGRS*, 47(8), 2732–2742.

3. Bekaert, D., et al. (2015). *Remote Sensing of Environment*, 164, 282–297.

4. Bamler, R., Hartl, P. (1998). *Inverse Problems*, 14(4), R1–R54.

5. Yagüe-Martínez, N., et al. (2016). *IEEE TGRS*, 54(4), 2220–2234.

6. Parizzi, A., et al. (2012). *Journal of Applied Geophysics*.

7. Wessel, B., et al. (2018). *ISPRS JPRS*, 132, 77–89.

8. Zebker, H.A., Villasenor, J. (1992). *IEEE TGRS*, 30(5), 950–959.

9. Osmanoğlu, B., et al. (2016). *ISPRS JPRS*, 115, 90–102.

10.Goldstein, R.M., Werner, C.L. (1998). *GRL*, 25(21), 4035–4038.