https://doi.org/10.48368/bgs-2023.1.N14

Ice velocity monitoring of Livingston Island glaciers by time series SAR data

Mila Atanasova
National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 1113, Bulgaria, mila_at_zl@abv.bg

Abstract
The purpose of the present study is to monitoring the displacements and detects the deformations that have occurred in the glaciers surface on Livingston Island using SAR data. For this purpose, data from synthetic aperture radars based on the European Space Agency's Sentinel 1A/B were used. Time series of radar images have been created for the last two summer periods, including December 2021 to the end of March 2022 and similarly December 2022 to the end of March 2023, through which the changes in the glaciers are monitoring. The rate of the glacier velocities for an interval of 12 days was determined. The obtained results will be analyzed together with GNSS data for the displacements of points on the surface of the Perunica glacier.

Keywords: *SAR, Ice velocity, Glaciers of Livingston*

Мониторинг на скоростта на леда на ледниците на остров Ливингстън чрез времеви серии от SAR данни

Мила Атанасова
Национален институт по геофизика, геодезия и география, Българска академия на науките, София 1113, България
mila_at_zl@abv.bg

Резюме
Целта на настоящото изследване е да се наблюдават измененията и да се открият деформациите, настъпили в повърхността на ледниците на остров Ливингстън, като се използват данни от SAR. За целта са използвани данни от радари със синтетична апертура, базирани на Sentinel 1A/B на Европейската космическа агенция. Създадени са времеви серии от радарни изображения за последните два летни периода, включително декември 2021 г. до края на март 2022 г. и аналогично декември 2022 г. до края на март 2023 г., чрез които се наблюдават промените в ледниците. Определена е скоростта на ледниците за интервал от 12 дни. Получените резултати ще бъдат анализирани заедно с GNSS данни за преместванията на точки от повърхността на ледника Перуника.

Ключови думи: *SAR, скорост на ледници, Ливингстън*

1. Въведение

През последните години използването на дистанционни методи за наблюдение става все по-важен инструмент в изследването на изменението на климата, като радарите със синтезирана апертура (SAR) са една от техниките, чието предимство е да предоставят данни независимо от метеорологичните условия. Методът на офсетно проследяване на базата на SAR данни се използва главно в покрити с лед зони, където скоростите са значителни и се появяват големи премествания в хоризонталната равнина. Тази техника се използва широко за получаване на повърхностни скорости на ледници [1]. Един от най-изследваните обекти на остров Ливингстън е ледникът Johnsons, за целта е приложена наземна фотограметрия [2]. Повърхностните скорости на ледника бяха оценени въз основа на повтарящи се диференциални GNSS измервания на мрежа от колове, разположени върху ледниците Johnsons и Hurd [3]. Времеви серии от SAR изображения от PALSAR-1 на борда на японския сателит за наблюдение на земята ALOS-1 за периода ноември 2008 г.- февруари 2011 г. бяха използвани за получаване на скоростите на леда [4].

Систематичното наблюдение на ледниците е от основно значение за разбирането как се развиват техните потоци и какъв е приносът им към промяната на морското ниво и това е причината, поради която беше създаден уеб порталът „Център за полярно наблюдение и моделиране“, като се разпространяват актуализирани карти на скоростта на леда за ключови ледници на Антарктика и Гренландия почти в реално време [5, 6]. Картите на скоростта на ледените потоци се изработват чрез проследяване на движещи се характеристики в радарни данни със синтезирана апертура, получени от обработката на данни от полярната специализирана мисия на ЕКА CryoSat. За съжаление ледниците на остров Ливингстън не са включени в този уеб портал.

https://doi.org/10.48368/bgs-2023.1.N14

Скоростта на ледниците е важна част от наблюдението на ледниците и разбирането на динамиката на ледниковата система, както и нейния принос към глобалното морско ниво. Сателитните данни са перфектен инструмент за наблюдение на скоростта на ледника върху големи площи.

2. Метод и данни

За постигане на поставените цели бяха използвани данни от радари със синтезирана апертура, базирана на сателита Sentinel-1A на ЕКА, които са свободно разпространявани [7]. Всеки сателит има време на повторно преминаване от 12 дни, което означава, че една и съща част от земната повърхност се заснема на всеки 12 дни. По време на това изследване се използват данни във формат GRD от режим на Sentinel-1 Extra Wide (EW) и HH поляризация за да се определи скоростта на ледниците. Тематичната обработка на SAR данните беше извършена изцяло посредством създадения и предоставян за свободно ползване програмен продукт SNAP [8].

Създадени са времеви поредици от радарни изображения за последните два летни периода, включващи ноември 2021 до края на март 2022 и аналогично, ноември 2022 до края на март 2023, чрез които се проследяват настъпилите промени в ледниковата покривка. Получените резултати ще бъдат анализирани заедно с наземните GNSS архивни [9-11] данни за преместванията на точки от повърхността на ледника Перуника, и след приключването на 31 Антарктическа експедиция и обработката със събраните данни.

Таблица 1. Времева поредица от SAR изображения, използвани за определяне на скоростта на ледниците от двата типа орбити (низходящи и възходящи) за последните два летни сезона; минимална и максимална скорост регистрирана за периода от 12 дена

2021-2022			2022-2023		
Descending 111 orbit			Descending 111		
Date	min m/d	max m/d	Date	min m/d	max m/d
29.11.2021-11.12.2021	0.090	1.456	24.11.2022-06.12.2022	0.081	1.274
11.12.2021-23.12.2021	0.108	1.588	06.12.2022-18.12.2022	0.072	1.271
23.12.2021-04.01.2022	0.111	1.603	18.12.2022-30.12.2022	0.102	1.569
04.01.2022-16.01.2022	0.093	1.140	30.12.2022-11.01.2023	0.088	1.793
16.01.2022-28.01.2022	0.049	1.749	11.01.2023-23.01.2023	0.105	1.634
28.01.2022-09.02.2022	0.081	1.516	23.01.2023-04.02.2023	0.113	1.695
09.02.2022-21.02.2022	0.085	1.155	04.02.2023-16.02.2023	0.125	1.254
21.02.2022-05.03.2022	0.121	1.343	16.02.2023-28.02.2023	0.131	1.594
05.03.2022-17.03.2022	0.128	1.326	28.02.2023-12.03.2023	0.168	1.697
Ascending 164			Ascending 164		
Date	min m/d	max m/d	Date	min m/d	max m/d
20.11.2021-02.12.2021	0.115	1.173	27.11.2022-09.12.2022	0.127	2.225
02.12.2021-14.12.2021	0.081	1.351	09.12.2022-21.12.2022	0.116	1.646
14.12.2021-26.12.2021	0.120	1.980	21.12.2022-14.01.2023	0.051	0.882
26.12.2021-07.01.2022	0.066	1.656	14.01.2023-26.01.2023	0.114	1.534
07.01.2022-19.01.2022	0.161	1.632	26.01.2023-07.02.2023	0.084	1.346
19.01.2022-31.01.2022	0.152	1.496	07.02.2023-19.02.2023	0.092	1.413
31.01.2022-12.02.2022	0.086	1.530	19.02.2023-03.03.2023	0.062	2.087
12.02.2022-24.02.2022	0.073	1.004	Скорост min m/d		
24.02.2022-08.03.2022	0.070	1.830	Скорост max m/d		

3. Резултати

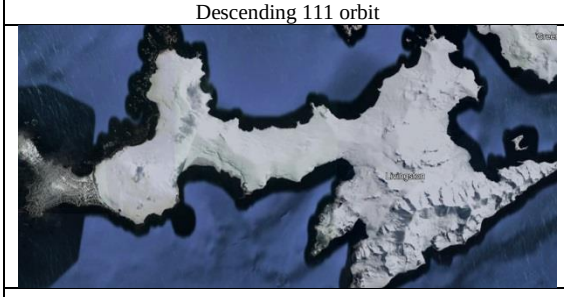
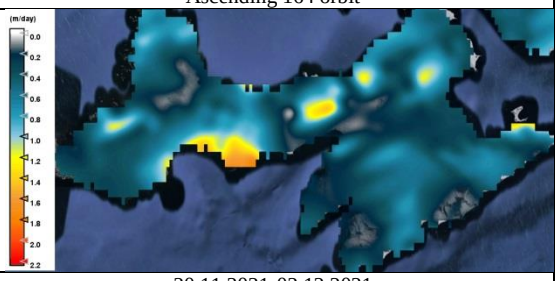
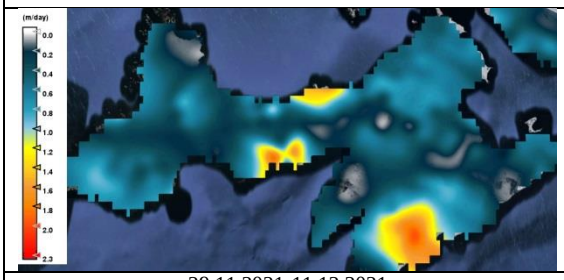
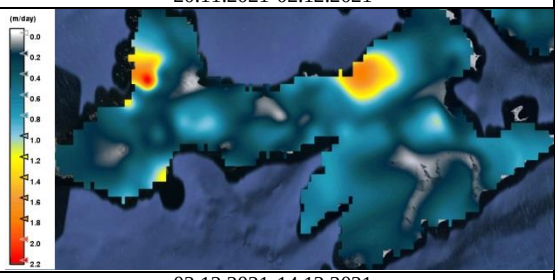
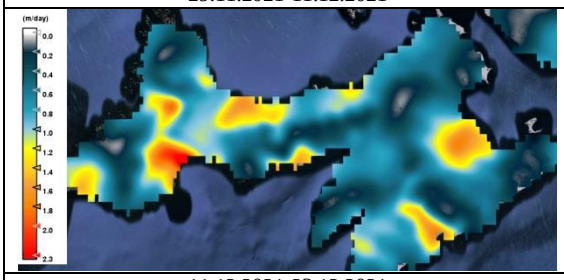
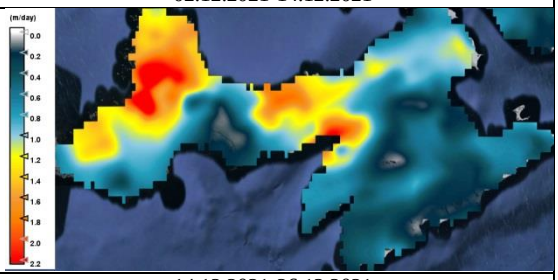
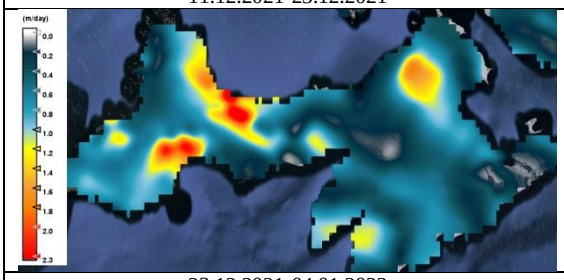
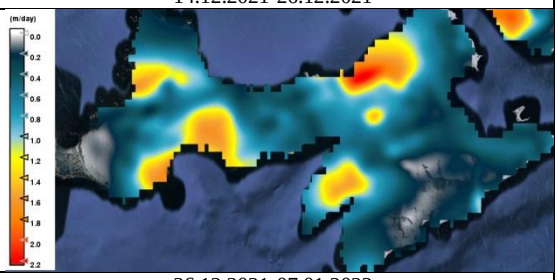
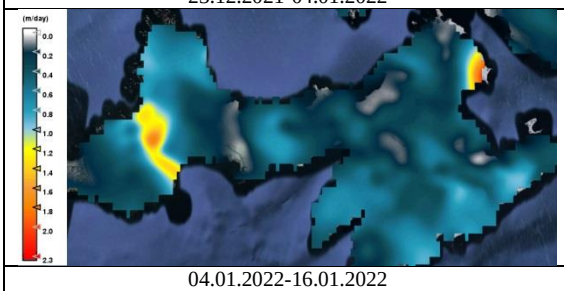
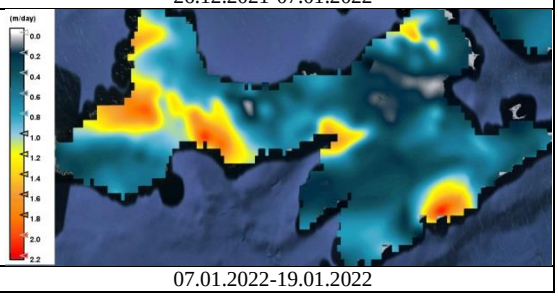
Съвместната регистрация на двойките изображения беше извършена само с помощта на информация за орбитата, предоставена в сателитните метаданни и актуализирана с точни орбитални ефемериди, предоставени от наземния сегмент с данни за Sentinel-1 (PDGS).

На фигура 1 са представени времева поредица от създадени карти на скоростта на ледниците на остров Ливингстън от SAR изображения от Sentinel-1A за летния сезон 2021-2021от двата типа орбити.

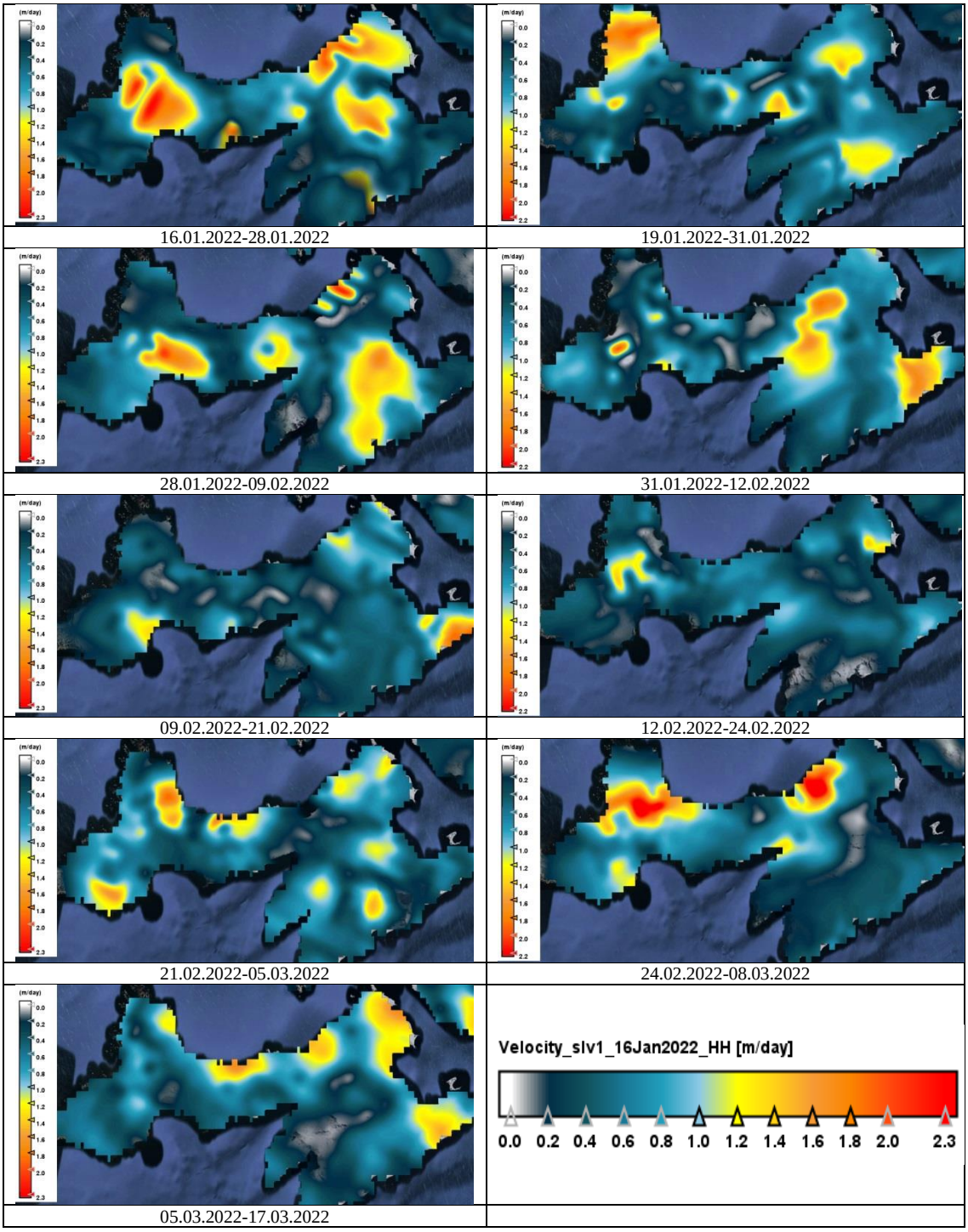
Скоростите на леда се извлича по двете линии на потока, образуващи надлъжни и напречни профили. Създадени са надлъжни профили, показващи промяната в скоростта в посоката на ледниковия поток.

https://doi.org/10.48368/bgs-2023.1.N14

Подобни профили бяха анализирани за скорости, съставени за различни периоди от време. Стойността на скоростта на движение на ледника е различна в различните части, например скоростта на леда при напречния профил в средата на ледника е с по-висока стойност.

Descending 111 orbit	Ascending 164 orbit
	
	20.11.2021-02.12.2021
	
29.11.2021-11.12.2021	02.12.2021-14.12.2021
	
11.12.2021-23.12.2021	14.12.2021-26.12.2021
	
23.12.2021-04.01.2022	26.12.2021-07.01.2022
	
04.01.2022-16.01.2022	07.01.2022-19.01.2022

https://doi.org/10.48368/bgs-2023.1.N14



Фигура 1 Карти на скорости на ледниците на остров Ливингстън, определени от времева поредица от SAR изображения за летен сезон ноември 2021- март 2022 г. от двата типа орбити

Получените резултати показват два различни режима, а именно високо честота и големи амплитудни вариации по време на сезона на топене (януари–февруари) и малки колебания в изменението на ледената покривката през останалата част от годината. Данните от сателитите с радари със синтезирана апертура ни дават възможността да се осигури често и навременно наблюдение на развитието и динамиката на ледниците и техния поток.

https://doi.org/10.48368/bgs-2023.1.N14

Заключение

Систематичното наблюдение на ледниците е от основно значение за разбирането на динамиката и развитието на техния поток и приноса им за покачване на морското равнище. Това проучване предоставя първи резултати от обработката на времевите редове от SAR изображения за определяне скоростта на ледниците през последните две лета (2021-2022; 2022-2023) на остров Ливингстън.

Благодарност

Научните резултати в статията са част от работата по проект „Комплексно геофизично изследване на ледниците в района на Южния залив на остров Ливингстън 80-25-70 / 03.08.2021 г. СУ "Кл. Охридски"

Литература

1. Łukosz M., R. Hejmanowski , W. T. Witkowski 2022 ANALYSIS OF THE VELOCITY CHANGES OF THE JAKOBSHAVN
2. Pala V. J. Calvet, D. Garcia Selles, L. Ximenis 1999 Terrestrial photogrammetry at Johnsons Glacier, Livingston Island, Antarctica ACTA GEOLOGICA HISPANICA, v.34 (1999), nº 4, p. 427-445
3. Machío F. , R. Rodríguez-Cielos, F. Navarro, J. Lapazaran, J. Otero A 14-year dataset of in situ glacier surface velocities for a tidewater and a land-terminating glacier in Livingston Island, Antarctica Continuous velocity model for Johnsons and Hurd glaciers from 1999 to 2013, http://doi.pangaea.de/ 10.1594/PANGAEA.846791
4. Osmanoglu B., F. J. Navarro, R. Hock, M. Braun, M. I. 2014 Corcuera Surface velocity and mass balance of Livingston Island ice cap, Antarctica, The Cryosphere, 8, 1807–1823, 2014 www.the-cryosphere.net/8/1807/2014/doi:10.5194/tc-8-1807-2014
5. Hogg, A., A. Shepherd, N. Gourmelen 2015 A first look at the performance of Sentinel-1 over the West Antarctic Ice Sheet, FRINGE 2015, Frascati, Italy, 23-27 March 2015.
6. Lemos, A., Shepherd, A., McMillan,M.,Hogg, A.E., Hatton,E., and Joughin,I. 2018 Ice velocity of Jakobshavn Isbrae, Petermann Glacier, Nioghalvfjerdsfjorden, and Zachariae Isstrom, 2015-2017, from Sentinel 1-a/b SAR imagery, The Cryosphere, 12, 2087-2097, https://doi.org/10.5194/tc-12-2087-2018.
7. https://scihub.copernicus.eu/
8. http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/
9. Georgieva, G., L. Dimitrova, V. Gourev, V. Protopopova, P. Raykova, I. Aleksandrova, M. Popova and I. Popova (2018). Seismicity of Perunika glacier, Livingston Island, Antarctica, ESC General Assembly 2018, ESC2018-S12-366, doi: 10.13140/RG.2.2.23161.31847
10. Georgieva G., L. Dimitrova, Gourev V., 2019 Ice generated events in Perunika Glacier, recorded by LIVV station, Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers, Proceedings, 10th Congress of the Balkan Geophysical Society, Sep 2019, Volume 2019, p.1 – 5 DOI: https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902661
11. Georgieva G., Dragomirov D., Buchakchiev V., Gourev V., Tsankov L., 2021 ACTIVITY OF GLACIER PERUNIKA, LIVINGSTON ISLAND, ANTARCTICA AS A RESULT OF CHANGING TEMPERATURE IN THE REGION, In Proceedings SGEM Research areas: Air Pollution and Climate Change, SGEM Book title:21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021 Book number: 4.2 SGEM Series: SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Pages:51-58 ISBN:978-619-7603-34-7, ISSN:1314-2704, , Editor: Prof. DSc. Oleksandr Trofymchuk, UKRAINE ; Prof. Dr. hab. oec. Baiba Rivza, LATVIA Volume:217 - 10 December, 2021,DOI:10.5593/sgem2021V/4.2/s19.09