

НОВАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДНИКОВ ЗЕМЛИ К КОНЦУ ХХІ ВЕКА

EDN: MAOFVK

По последним оценкам, сокращение всех ледников Земли с 2009 по 2019 г. (не считая Антарктического и Гренадского покровов) вело к повышению уровня Мирового океана со скоростью 0.74 ± 0.04 мм/год, что составляет $21 \pm 3\%$ от всей скорости его подъёма (Hugonnet et al., 2021). К 2100 г., согласно прежним прогнозам, этот вклад может увеличиться до 2.5 мм/год (Marzeion et al., 2020). Эти прогнозы были сделаны на основе сценариев RCP и SSP и результатов моделирования. Для этого использовались 11 моделей эволюции ледников, которые различались по сложности физики модели, самих моделируемых физических процессов, способам калибровки, пространственному разрешению и области моделирования. Для калибровки моделей привлекались данные измерений на менее чем на 300 ледниках (из более чем 215000 ледников мира) или региональные геодезические и гравиметрические наблюдения за балансом массы. Только в одной модели из десяти воспроизводилась динамика ледников вдоль линии тока и только в одной — учитывалась фронтальная абляция. Ни в одной из этих моделей не принималось во внимание влияние моренного чехла. Это значит, что существовавшие до самого последнего времени мультимодельные прогнозы были ограничены региональными масштабами и не отражали ключевых физических процессов, контролирующих потерю массы ледников.

Но теперь в новой работе (Rounce et al., 2023) были во многом преодолены эти трудности. В ней использована модель эволюции для каждого ледника мира с калибровкой по его изменениям за последние 20 лет, что позволяет создавать глобальные прогнозы, которые явно учитывают динамику ледников с помощью модели линии потока, влияние толщины моренного чехла на скорость таяния под ним и фронтальную абляцию.

В результате по сценариям RCP и SSP были выполнены прогнозы для всех ледников Земли за исключением ледниковых покровов, откалиброванные на основе данных по каждому леднику. Согласно этим новым прогнозам, ледники потеряют от $26 \pm 6\%$ ($+1.5^\circ\text{C}$) до $41 \pm 11\%$ ($+4^\circ\text{C}$) своей

массы к 2100 г. по сравнению с 2015 годом в соответствии со сценариями изменения глобальной температуры. Это соответствует (90 ± 26) – (154 ± 44) мм эквивалента уровня моря и приведёт к исчезновению (49 ± 9) – $(83 \pm 7)\%$ числа ледников.

Есть дополнительные материалы к этой статье (<https://shorturl.at/koN16>). Кроме того, на сайте NSIDC выложен набор данных (Rounce et al., 2022), который включает результаты гибридной модели эволюции ледников, в которой используется модуль баланса массы Python Glacier Evolution Model (PyGEM) и модуль динамики ледников Open Global Glacier Model (OGGM). Выходные параметры включают прогнозы изменения массы ледников, сток и различные компоненты баланса массы в региональном и ледниковом масштабах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Hugonnet R., McNabb R., Berthier E., Menounos B., Nuth C., Girod L., Farinotti D., Huss M., Dussaillant I., Brun F., Kääb A. Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature*. 2021, 592: 726–731. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z>
- Marzeion B., Hock R., Anderson B., Bliss A., Champollion N., Fujita K., Huss M., Immerzeel W.W., Kraaijenbrink P., Malles J.-H., Maussion F., Radić V., Rounce D.R., Sakai A., Shannon S., van de Wal R., Zekollari H. Partitioning the uncertainty of ensemble projections of global glacier mass change. *Earth's Future*. 8, 2020: e2019EF001470. <https://doi.org/10.1029/2019EF001470>
- Rounce D.R., Hock R., Maussion F., Hugonnet R., Kochitzky W., Huss M., Berthier E., Brinkerhoff D.J., Compagno L., Copland L., Farinotti D., Menounos B., McNabb R. Global glacier change in the 21st century: Every increase in temperature matters. *Science*. 2023, 379 (6627): 78–83. <https://doi.org/10.1126/science.abo1324>
- Rounce D., Hock R., Maussion F. Global PyGEM-OGGM Glacier Projections with RCP and SSP Scenarios, Version 1 [Data Set]. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. 2022. <https://doi.org/>. Date accessed 01-12-2023. <https://doi.org/10.5067/P8BN9VO9N5C7>