

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ОЛЕДЕНЕНИЯ ГИМАЛАЙСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

С.В.Какарека

*Институт природопользования НАН Беларуси,
г.Минск, Республика Беларусь, e-mail: sk001@yandex.ru*

Доклад посвящен анализу современных тенденций изменения оледенения и связанных характеристик криосферы Гималаев: площади ледников, высоты снеговой линии, площади вечной мерзлоты. На фоне значительной неопределенности оценок водного баланса ледников, вклада ледников в речной сток, господствует мнение о преобладании в последние десятилетия отступания гималайских ледников. Показана обусловленность повышенной уязвимости гималайских ледников к изменению климата муссонным характером климата данного региона с доминированием осадков в теплый период года.

Ключевые слова: Гималаи; криосфера; ледники; водный баланс; климат

PECULIARITIES OF THE MODERN DYNAMICS OF GLACIATION IN THE HIMALAYAS

S.Kakareka

*Institute for Nature Management of the NAS of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: sk001@yandex.ru*

The paper is devoted to the analysis of current trends in changes in the area of glaciation and related characteristics of the cryosphere of the Himalayas: glaciations area, the height of the snow line, the area of permafrost. Against the background of significant uncertainty in estimates of the water balance of glaciers and the contribution of glaciers to river flow, the prevailing opinion is that the retreat of the Himalayan glaciers has predominated in recent decades. The increased vulnerability of Himalayan glaciers is shown to be due to the monsoon climate of this region with the dominance of precipitation in the warm period.

Keywords: Himalayas; cryosphere; glaciers; water balance; climate

Гималаи – один из двух крупнейших районов оледенения в низких широтах. Здесь насчитывается около 15 тыс. ледников общей площадью около 30 тыс. км², самые длинные достигают 30 км (Зему, Ганготри) [1]. Оледенение в Гималаях имеет свои особенности, обусловленные положением региона в зоне влажного субтропического климата на низких и средних высотах, и субтропического высокогорного климата на больших высотах.

Гималайские ледники хранят около 12 000 км³ пресной воды. Ледники Гималаев питают такие крупнейшие реки, как Инд, Ганг, Брахмапутра,

обеспечивают орошение миллионов га земель в Индии, Пакистане, Бангладеш, Непале. От ледник зависит существование сотен миллионов человек [1]. Только в бассейне Ганга проживает 500 миллионов человек. В связи с этим понятно значительное внимание к динамике гималайских ледников.

Достаточно давно появились сведения об отступании гималайских ледников [2]. Согласно 4-му Оценочному отчету МГЭИК (2007), ледники в Гималаях отступают быстрее, чем в любой другой части мира, и, если нынешние темпы сохранятся, вероятность их исчезновения к 2035 году, а возможно, и раньше, очень высока, если Земля продолжит нагреваться такими же темпами, как сейчас [1].

Специальный отчет МГЭИК по высокогорным районам [3] дает детальную характеристику изменений ледников Гималаев и обусловленных этими изменениями последствий. Эти данные дополнены в 6-м оценочном отчете МГЭИК [4].

В оценке, посвященной системе Гиндукуш-Гималаи [5] сделан вывод о том, что в период с 1901 по 2014 год в регионе Гиндукуш-Гималаи уже наблюдалось потепление на $0,1^{\circ}\text{C}$ за десятилетие, при этом темпы потепления ускорились до $0,2^{\circ}\text{C}$ за десятилетие в последние 50 лет. За последние 50 лет частота теплых дней и ночей увеличивалась на 1,2 дня и 1,7 ночи за десятилетие, а частота экстремально теплых дней и ночей увеличивалась на 1,26 дня и 2,54 ночи за десятилетие. Также наблюдалось сокращение на 0,5 холодных дня, 0,85 экстремально холодных дня, 1 холодную ночь и 2,4 экстремально холодных ночи за десятилетие. Продолжительность вегетационного периода увеличилась на 4,25 дня за десятилетие. Имеются, хотя и менее убедительные, доказательства того, что легкие осадки стали менее частыми, а сильные - более частыми и более интенсивными. Указывается, что с 1970-х годов ледники отступили повсюду в регионе, кроме Каракорума, восточного Памира и западного Куньлуня, где неожиданно увеличилось количество снегопадов. За отступлением ледников последовало увеличение количества ледниковых озер, некоторые из которых могут быть причиной опасных наводнений в нижележащих районах [5].

Отмечается, что если цель Парижского соглашения о глобальном потеплении на $1,5^{\circ}\text{C}$ не будет превышена, потепление в Гиндукуш-Гималаях будет как минимум на $0,3^{\circ}\text{C}$ выше, а в горячих точках северо-западных Гималаев и Каракоруме - как минимум на $0,7^{\circ}\text{C}$ выше. Если цели Парижского соглашения не будут достигнуты, то в ближайшем будущем (2036–2065 гг.) в регионе ожидается потепление на $1,7\text{--}2,4^{\circ}\text{C}$ и на $2,2\text{--}3,3^{\circ}\text{C}$ (2066–2095 гг.) ближе к концу века в соответствии с «промежуточным» сценарием (RCP4.5). Согласно сценарию RCP8.5 со значительным потеплением, при котором ежегодные выбросы парниковых газов продолжают увеличиваться до конца века, ожидаемое региональное потепление составляет $2,3\text{--}3,2^{\circ}\text{C}$ и

4,2–6,5°C соответственно. Изменение климата также приведет к деградации до 81% вечной мерзлоты региона к концу века [5].

Ряд исследований [6, 7] посвящены влиянию загрязнения воздуха прилегающих к Гималаям районов на динамику ледников. Проблема загрязнения воздуха в городах Индии, Непала, других стран региона стоит весьма остро достаточно давно; последствия загрязнения атмосферы для ледников начали исследоваться относительно недавно.

В то же время некоторыми исследователями указывается на отсутствие достаточных оснований для заявлений о скором исчезновении ледников. Так, в работах [8, 9] указывается, что гималайские ледники тают с момента окончания последнего ледникового периода 11 700 лет назад, но в последнее время таяние не усилилось. Спутниковые исследования показывают, что подавляющее большинство ледников в Гималаях стабильны, меньшинство сокращается, а некоторые наступают. В частности, отступление ледника Ганготри - истока Ганга, замедлилась в последние десятилетия до 10 метров в год, при таком уровне оно продлится 3000 лет.

До недавнего времени исследователи не могли провести различие между влиянием таяния снега и ледников на речной сток. Некоторые исследования показывают, что вклад таяния ледников составляет менее 1 процента речного стока в бассейне Ганга и менее 2 % в бассейне Инда даже на больших высотах и тем более вниз по течению. Почти весь сток реки происходит за счет дождей и таяния снега который будет продолжаться даже после того, как ледники в конечном итоге исчезнут через столетия.

Большая часть дождя в регионе выпадает в сезон дождей (с июня по сентябрь). Некоторые ученые утверждают, что в сухой сезон (февраль-май) основной сток Ганга происходит от таяния ледников, поэтому ледники имеют решающее значение в этот сезон. В то же время другие исследования показывают, что сток в засушливый сезон формируются в основном за счет таяния снега. Таяние ледников происходит в основном при повышенных температурах в июне-сентябре, и совпадает с проливными муссонными дождями.

Отмечается [8, 9], что преувеличения по поводу сокращения ледников в Гималаях несут ряд рисков, включая смещение приоритетов в планировании в данном регионе.

Причины, по которым отступление гималайских ледников происходит на фоне относительной стабильности ледников Каракорума не до конца ясны. Представляется, что причины могут быть в различиях режимов питания ледников двух регионов. Согласно классификации климата Кеппена, низкогорья и среднегорья Гималаев, (включая долину Катманду), классифицируются как Сwa (влажный субтропический климат с сухими зимами).

Выше большая часть Гималаев имеет субтропический высокогорный климат (Cwb). Основное питание ледники Гималаев получают в период летнего муссона. Зима же малоснежная или бесснежная. Период максимального снегонакопления совпадает с самым теплым периодом года. Это делает ледники весьма уязвимыми к потеплению климата.

Библиографические ссылки

1. The Himalayan Glaciers. Fourth assessment report on climate change. IPCC. 2007.
2. Lee E., Carrivick J., Quincey D., Cook Simon J., James W., Brown L. Accelerated mass loss of Himalayan glaciers since the Little Ice Age. Scientific Reports. 2021. 11 (1). doi:10.1038/s41598-021-03805-8.
3. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Chapter 2. High Mountain Areas. 2019.
4. Climate Change 2021 - The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC **2021**.
5. *Wester P., Mishra A., Mukherji A., Shrestha A. The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People*. Springer, 2019. doi:10.1007/978-3-319-92288-1.
6. Bonasoni, P., Laj, P., Marinoni, A., Sprenger, M., Angelini, F., Arduini, J., et al. . Atmospheric brown clouds in the Himalayas: First two years of continuous observations at the Nepal Climate Observatory-Pyramid (5079 m). Atmospheric Chemistry and Physics. 2010. 10(15), 7515–7531. <https://doi.org/10.5194/acp-10-7515-2010>.
7. Bonasoni P., Cristofanelli P., Marinoni A., Vuillermoz E., Adhikary B. Atmospheric pollution in the Hindu Kush-Himalaya Region. Mountain Research and Development. 2012. 32 (4), 468–479. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00066.1>.
8. Raina V.K. Himalayan Glaciers: A State-of-Art Review of Glacial Studies, Glacial Retreat and Climate Change. A MoEF discussion paper. 2009.
9. Anklesaria A.S., Raina V. K. False Alarm over the Retreat of the Himalayan Glaciers. Policy Analysis no. 927, Cato Institute, Washington, DC, May 3, 2022.