

Пространственно-временная устойчивость полей внешнего массоэнергообмена ледника Джанкуат (Центральный Кавказ)

Научный руководитель – Поповнин Виктор Владимирович

Чеховских Антон Максимович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Географический факультет, Кафедра криолитологии и гляциологии, Москва, Россия

E-mail: chehovskiy.medved@yandex.ru

Ледники являются важнейшими природными резервуарами пресной воды и чувствительными индикаторами изменения климата на планете. Перемена климатических условий в районах распространения горного оледенения четко отражается на величинах ледниковой аккумуляции и абляции, что в дальнейшем влияет на динамику каждого отдельного ледника и его баланс массы.

Ежегодные колебания фоновых величин твердых атмосферных осадков, значений температуры воздуха и прочих метеоклиматических характеристик в пределах горной страны напрямую не влияют на изменение распределения толщины снежного покрова и величины таяния на поверхности ледника. Определяющими факторами для формирования пространственных рисунков распределения величин снегонакопления и абляции, называемых гляциологическими полями, являются метеорологические и геоморфологические условия. Они влияют на выпадение и перераспределение твердых атмосферных осадков на поверхности ледника в период аккумуляции, а также на интенсивность поверхностного таяния в период абляции, в результате чего формируются уникальные в ряду наблюдений поля аккумуляции и абляции.

Цель исследования заключается в количественной оценке пространственно-временной устойчивости полей аккумуляции и абляции на леднике Джанкуат. Картографирование полей компонентов баланса массы и исследование их изменчивости имеет теоретическую научную ценность и практическую значимость: выявление участков с наибольшей и наименьшей устойчивостью способствует сокращению объёма гляциологических работ и корректному расчету баланса массы ледника в случае невозможности проведения полноценных полевых работ.

Данная работа объединяет результаты исследования пространственно-временной устойчивости полей аккумуляции и абляции ледника Джанкуат, выполненных В.В. Поповниным (1989), Д.А. Петраковым (2000), В.Н. Пастуховым (2011), и представляет новые результаты оценки устойчивости полей внешнего массоэнергообмена ледника Джанкуат за период с 1976 по 2009 гг. для аккумуляции, с 1987 по 2009 гг. для абляции.

На Земле существует примерно 200 000 горных ледников, однако к настоящему моменту лишь 480 ледников имеют продолжительный ряд прямых масс-балансовых наблюдений и только 42 объекта имеют статус "опорного ледника" с длительностью периода непрерывных инструментальных наблюдений более 30 лет (WGMS, 2021). Опорный ледник Джанкуат расположен на северном макросклоне центрального сектора Главного Кавказского хребта в верховьях долины р. Адыл-Су. Он занимает диапазон высот 2750 - 3600 м, имеет ССЗ-экспозицию, высота границы питания колеблется между 3200 и 3300 м, площадь ледника составляет около 2,3 км², средний уклон поверхности составляет 23° и примерно 13% площади ледника забронировано поверхностной мореной.

С целью проведения анализа гляциологических полей ледника Джанкуат в программной среде ESRI ArcMap построены картосхемы распределения максимальных водозапаса-

(аккумуляции) за период 1976/1977, 1979/1980 - 2008/2009 гг., абляции - с 1987/1988 по 2008/2009 гг. На основе визуального анализа определены ареалы повышенных и пониженных значений и выявлены некоторые закономерности их межгодового распределения.

Межгодовая изменчивость аккумуляции и абляции оценена с помощью коэффициента вариации в равномерно распределенных по поверхности ледника точках: для аккумуляции он изменяется от 0,20 до 1,32 (среднее значение $C_v = 0,35$, или 86 мм.в.э.), для абляции - от 0,13 до 0,71 (среднее значение $C_v = 0,26$, или 74 мм.в.э.). Сопоставление схем распределения коэффициентов вариации аккумуляции и абляции свидетельствует о том, что одинаковые части ледника синхронно подвержены большей изменчивости и аккумуляции, и абляции, но поле абляции обладает меньшей изменчивостью, чем поле аккумуляции.

Для количественной оценки устойчивости полей аккумуляции и абляции использовано несколько типов корреляционных связей. Для оценки временной устойчивости использована связь $r_{1.1} = r\{E_{ai}; E_a\}$, связывающая годовые и среднемноголетние значения, и межгодовая связь $r_{1.2} = r\{E_{ai}; E_{aj}\}$. Построенная для аккумуляции и абляции корреляционная матрица показала, что связь $r_{1.2}$ заметно слабее $r_{1.1}$ для обоих гляциологических параметров.

Пространственная устойчивость исследована с помощью связи $r_{2.1} = r\{E_i; E\}$, отражающей, насколько тесно из года в год выдерживается связь между величиной в точке и среднеледниковым значением, связи $r_{2.2} = r\{E_i; E_z\}$ (исследуется стабильность в точке относительно зональной величины) и связи $r_{2.3} = r\{E_z; E\}$. Сопоставление результатов расчетов пространственных связей показывает, что высотно-морфологическая зона в качестве отдельного поля обладает большей устойчивостью по сравнению с единым ледниковым полем.

Пространственно-временная устойчивость балансовых полей горных ледников является закономерным явлением для горных ледников. Результаты данной работы являются явным доказательством возможности сокращения объема полевых измерений на леднике Джанкуат без потери точности за счет сокращения количества измерений максимальных снеготолщин и абляции в более устойчивых частях ледника при сохранении их количества в изменчивых зонах.

Источники и литература

- 1) Петраков Д.А. Устойчивость полей внешнего массообмена горного ледника: Дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2000. 218 с.
- 2) Поповнин В.В. Бюджетная эволюция репрезентативного ледника Джанкуат (Центральный Кавказ). Диссертация на соискание ученой степени к.г.н. М., 1989, 305 с.
- 3) WGMS 2021. Global Glacier Change Bulletin No. 4 (2018–2019). Zemp, M., Nussbaumer, S.U., Gärtner-Roer, I., Bannwart, J., Paul, F., and Hoelzle, M. (eds.), ISC(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, 278 pp. doi:10.5904/wgms-fog-2021-05.