

Научная статья
УДК 551.578.46
DOI 10.46698/b7796-3594-1062-r

Содержание тяжелых металлов в сезонном снежном покрове на пике Терскол (Приэльбрусье, КБР)

Оксана Альбертовна Курашева

Высокогорный геофизический институт, лаборатории гляциологии отдела стихийных явлений, младший научный сотрудник, Россия, Нальчик, oks.anchik@mail.ru

Аннотация. Исследованы образцы проб снега из снежного шурфа на пике Терскол. Шурф был заложен на высоте 3 100 м н. у. м. в 2020 г. для определения содержания тяжелых металлов в сезонном снежном покрове. Глубина шурфа составила 145 см. Приводится послойное описание стратиграфии снежного покрова. Всего было отобрано 7 проб из сезонной снежной толщи. В полученных пробах, лабораторным методом, выявлялось содержание 9 микроэлементов (Cr, Ni, Mo, Mn, Pb, Zn, Ag, Cd и Co). Анализ проб снега производился атомно-абсорбционным методом на спектрометре МГА-915. Максимальные концентрации тяжелых металлов из шурфа на пике Терскол обнаружены для Zn, Ni, Mn и Pb.

Ключевые слова: пик Терскол, шурф, тяжелые металлы, снежный покров

Для цитирования: Курашева О.А. Содержание тяжелых металлов в сезонном снежном покрове на пике Терскол (Приэльбрусье, КБР) // Вестник Владикавказского научного центра РАН. 2025. Т. 25. № 4. С. 107–110. DOI 10.46698/b7796-3594-1062-r

Content of heavy metals in seasonal snow cover at Terskol peak (Elbrus region, KBR)

Oksana A. Kurasheva

FGBU "High Mountain Geophysical Institute", glaciology laboratory of the natural phenomena department, junior researcher, r. Nalchik, KBR, Russia, Nalchik, oks.anchik@mail.ru

Abstract. Snow samples from a snow pit at Terskol Peak were analyzed. The pit was dug at an altitude of 3100 m above sea level in 2020 to determine the content of heavy metals in the seasonal snow cover. The pit depth was 145 cm. A layer-by-layer description of the snow cover stratigraphy is provided. A total of 7 samples were taken from the seasonal snow cover. The obtained samples were analyzed using a laboratory method for the content of 9 microelements (Cr, Ni, Mo, Mn, Pb, Zn, Ag, Cd, and Co). Snow samples were analyzed using the atomic absorption method on an MGA-915 spectrometer. The maximum concentrations of heavy metals from the pit at Terskol Peak were found for Zn, Ni, Mn, and Pb.

Keywords: Terskol peak, pit, heavy metals, snow cover

For citation: Kurasheva O.A. Content of heavy metals in seasonal snow cover at Terskol peak (Elbrus region, KBR) // Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center of RAS. 2025. Vol. 25. No. 4. P. 107–110. DOI 10.46698/b7796-3594-1062-r

Снежный покров является важным компонентом горных геосистем и режима ледников. На режим снегонакопления на Кавказе влияет ряд факторов: высота местности, географическая широта, орographicические характеристики, продолжительность осадков холодного периода, температура воздуха, метелевый перенос. В регионе преобладает западный перенос воздушных масс [7].

Пик Терскол находится на южном отроге Эльбруса (Приэльбрусье). Увеличение количества осадков с высотой происходит до определенного высотного уровня. Для южного склона Эльбруса такой высотный интервал лежит в 3 100–3 500 м н. у. м. Уровень максимальных снегозапасов достигает 4 000 м н. у. м., сумма осадков около 1 200 мм. Устойчивый снежный покров сохраняется круглый год выше снеговой линии (3 900 м н. у. м.).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На пике Терскол во время полевых работ (23.03.2020 г.) был произведен отбор проб снега из шурфа на абсолютной высоте 3 100 м н. у. м., время: 10:40 МСК (координаты N – 43° 16.537'; E – 42° 29.974'). Методика исследования включала в себя отбор образцов снега в шурфе, статистическую обработку результатов. Глубина шурфа достигала 145 см (до поверхности земли). Производилось послойное описание стратиграфии снежного покрова в шурфе шириной около 1 м. Измерение толщины отдельных слоев снега выполнялись с точностью до 1 см. Отбор проб снега производился в пластмассовые емкости, объемом 250 мл. Пробоотбор производился по их вертикальному профилю. Всего было

отобрано 7 проб снега из сезонной снежной толщи. Температура воздуха: +5 °С; температура снега в шурфе на глубине 80 см -5 °С.

Определение концентрации тяжелых металлов в пробах снега производилось в отделе физики облаков (ОФО) – лаборатории аналитической химии ФГБУ «ВГИ». Анализ проб производился атомно-абсорбционным методом с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915М». В полученных пробах лабораторным методом выявлялось содержание 9 микроэлементов (Cr, Ni, Mo, Mn, Pb, Zn, Ag, Cd и Co). Эти элементы входят в ряд приоритетных антропогенных загрязнителей природной среды.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Послойное описание стратиграфии снежного покрова в шурфе представлено в *таблице 1*.

Уплотненные фирновые или ледяные прослои в толще снега, как правило, образуются на снежной поверхности, когда она в течение нескольких дней не перекрывается новым снегом. Различают четыре типа корок: гололедные, ветровые, радиационные, а также ледяные прослойки.

Радиационные корки образуются в периоды антициклонической погоды в конце зимы или ранней весной вследствие радиационного оплавления и перекристаллизации снега. Особенно часто они встречаются на склонах, обращенных к солнцу. Толщина корок 0,5–3 см, основную их массу составляют крупные удлиненные ледяные кристаллы, растущие в направлении к солнцу; кристаллографические оси кристаллов ориентированы параллельно основному потоку радиации. Ледяные прослойки формируются внутри снежной толщи при замерзании талой воды в ветровых и радиационных корках. Толщина их первоначально

составляет 0,5–1 см, но при повторном замерзании талых вод может увеличиваться. Корки долго сохраняются в толще снега и оказывают влияние на процессы перекристаллизации снежной толщи, так как нарушают вертикальное движение водяного пара. Они образуют границы между слоями снега разной структуры и играют большую роль в стратиграфии снежного покрова [1].

Различают фоновые загрязнения снега и локальные. Фоновые загрязнения снега определяются общей циркуляцией и взаимодействием атмосферы с поверхностью земли, переносами и осаждением примесей на большой территории; локальные возникают вокруг наземных источников загрязнения, образуя ореолы повышенного содержания ингредиентов в снежной толще. Наиболее сильное загрязнение снега происходит в результате пыльных бурь, извержения вулканов, лесных пожаров, а также под влиянием человека.

Широкий спектр концентраций химических примесей в осадках зависит и от вида атмосферного фронта. В зоне фронта окклюзии отмечаются наиболее высокие концентрации, когда создаются бла-

Таблица 1

Стратиграфия снежного покрова в шурфе на пике Терскол, 3 100 м н. у. м. (23.03.2020 г.)

Расстояние от верхней точки шурфа, см	Описание шурфа
0–13	Снег крупнозернистый, рыхлый. Отделен от нижнего слоя радиационной коркой толщиной до 0,5 см.
13–28	Снег мелкозернистый, слоистый. В нижней части ледяная прослойка толщиной 1 см
28–48	Снег мелкозернистый, слоистый.
48–70	Горизонт загрязнения серого цвета снег. Прослеживается прерывистая ледяная прослойка толщиной до 2 см.
70–89	Снег мелкозернистый, слоистый.
89–110	Снег среднезернистый.
110–145	Снег крупнозернистый, рыхлый, горизонт до поверхности земли.

Таблица 2

Концентрации тяжелых металлов на пике Терскол (мкг/дм³)

№ пробы	Расстояние от верхней точки шурфа, см	Cr	Ni	Mo	Mn	Pb	Zn	Ag	Cd	Co
1.	0–13	н/о	4,6	1,2	4	1,2	5,2	0,4	0,02	0,8
2.	13–28	0,3	9,7	н/о	6	1,6	14	0,06	н/о	1,5
3.	28–48	0,9	8,7	н/о	8	4,6	32	н/о	0,5	1
4.	48–70	0,5	7,9	1,7	6	9,4	5,7	н/о	н/о	1,1
5.	70–89	0,4	9,8	1,8	12	12	13	н/о	0,3	1,4
6.	89–110	0,3	8,5	0,6	13	2,5	16	0,5	0,3	0,9
7.	110–145	0,06	6	н/о	4	14	14	0,8	н/о	0,9
Среднее по шурфу		0,3	7,9	0,7	7,6	6,5	14,3	0,2	0,16	1,08

(н/о) – означает содержание ниже предела определения металла

гоприятные условия для подъема загрязненного воздуха из нижних слоев атмосферы в более высокие. Фронты окклюзии часто наблюдаются в высокогорной части Кавказа [3, 9].

Согласно материалам разных исследований, наиболее интенсивный рост загрязнения свежеснежавшего снега происходит ниже уровня 3 500–3 000 м н. у. м., где усилен перенос местных загрязнителей [4]. В таблице 2 приведены результаты анализа образцов снега, взятых на пике Терскол (3 100 м н. у. м.) после осенних и весенних снегопадов за 2020 г.

Анализ полученных данных показал, что наибольшие концентрации соответствуют Zn, Ni, Mn и Pb (рис.). Содержание Zn в образцах снега в пределах 5,2–32 мкг/дм³; Ni – 4,6–9,8 мкг/дм³; Mn – 4–13 мкг/дм³; Pb – 1,2–14 мкг/дм³. Высокое содержание Zn в пробах снега, вероятно, имеет техногенное происхождение. Содержание Mn, вероятно, имеет локальные причины, которые обусловлены составом окружающих горных пород [5, 6, 10].

Содержание Co составило 0,8–1,5 мкг/дм³. Общее содержание Cr, Mo, Ag и Cd невелико, либо ниже предела определения металла. Авторы [7] отмечают, что на уровне поселка Терскол (2 150 м н. у. м.) и прилегающем 200-метровом слое воздуха обогащение осадков примесями за счет подоблачного вымывания максимально по сравнению с более высокими уровнями. По данным [2], на пике Терскол (3 100 м н. у. м.) в атмосферных осадках обнаружено повышенное содержание Pb – 20 мкг/дм³, что превышает его содержание в ледниковых отложениях в 2–4 раза, а концентрация Mn – 19 мкг/дм³ – сравнима с его содержанием в фирново-ледяной толще. Такие повышенные концентрации этих элементов в пробах атмосферных осадков, вероятно, объясняются происхождением воздушных масс, принесших осадки.

В [8] показано, что ниже 3 500 м усиливается пе-

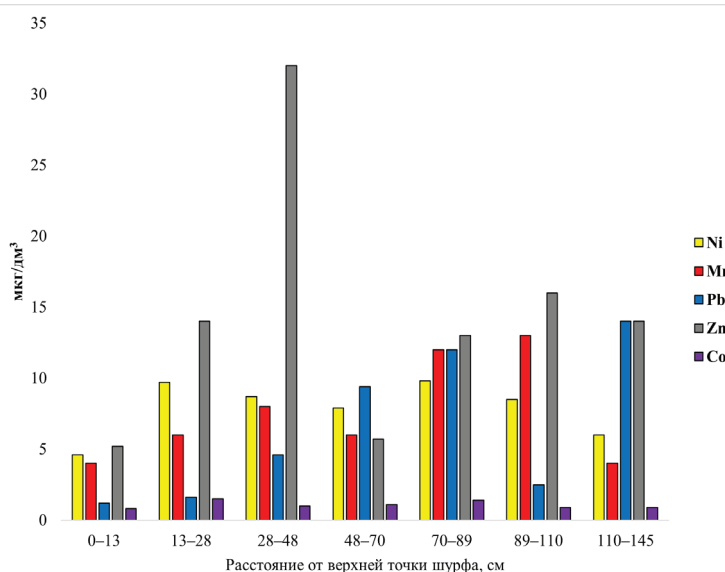


Рис. Распределение тяжелых металлов в пробах снега на пике Терскол (Набс = 3 100 м)

ренос аэрозоля и частиц пыли ветрами и потоками местной циркуляции с окружающих горных склонов и долин, что приводит к повышению содержания в снеге Mn, Cr, Mo, следовательно, концентрация тяжелых металлов вниз по склону от 4 000 м н. у. м. увеличивается. Соответственно загрязненность снега также увеличивается вниз по склону.

ВЫВОДЫ

Представлено послойное описание стратиграфии снежного покрова в шурфе на пике Терскол (3 100 м н. у. м.) за 2020 г. Анализ образцов проб снега в сезонном снежном покрове выявил, что максимальные концентрации тяжелых металлов соответствуют Zn, Ni, Mn и Pb. Содержание Zn в образцах снега в пределах 5,2–32 мкг/дм³; Ni – 4,6–9,8 мкг/дм³; Mn – 4–13 мкг/дм³; Pb – 1,2–14 мкг/дм³. Повышенные концентрации этих элементов в пробах снега, вероятно, объясняются происхождением воздушных масс, принесших осадки. Наиболее интенсивный рост загрязнения свежеснежавшего снега происходит ниже уровня 3 500–3 000 м н. у. м., где усилен перенос местных загрязнителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гляциологический словарь / Под редакцией академика РАН В.М. Котлякова – Л.: Гидрометеиздат, 1984. 526 с.
2. Жигаловская Т.Н., Махонько Э.П., Шилина А.И. Микроэлементы в природных водах и атмосфере. – Труды ИЗМ, 1974. Вып. 2 (41). 182 с.
3. Занина А.А. Климат СССР. Кавказ. 1961. – Л., ГИМИЗ. 290 с.
4. Кампановский В.И., Саркисов С.Л., Степанов Г.В., Хоргуани В.Г. Исследование естественных аэрозолей в свободной атмосфере. В кн. Пыль в атмосфере и околосредном космическом пространстве. – М.: Наука, 1973. С. 179–181.
5. Керимов А.М., Курашева О.А. Особенности форми-

- рования химического состава рек ледникового питания Кавказа при интенсивной деградации оледенения / Метеорология и гидрология 2023. № 2. С. 80 – 89. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-1-2-80-89.
6. Керимов А.М., Курашева О.А. Сравнительный анализ концентраций тяжелых металлов в истоках реки Баксан и леднике Гарабаши (южный склон Эльбруса) / Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12 №1. С. 49–56.
7. Керимов А.М., Рототаева О.В., Хмелевской И.Ф. Особенности формирования химического состава ледников Кавказо-Балкарии // МГИ № 84, 1997. С. 66–71.

8. Керимов А.М., Рототаева О.В., Хмелевской И.Ф. Распределение тяжелых металлов в поверхностных слоях снежно-фирновой толщи на южном склоне Эльбруса // Лед и снег № 2(114), 2011. С. 24–34.

9. Темникова Н.С. Некоторые характеристики климата Северного Кавказа и прилегающих степей. – Л.: ГИМИЗ. 1964. 174 с.

1964. 174 с.

10. Kerimov A.M., Kurasheva O.A. Peculiarities of Formation of the Chemical Composition of Caucasian Glacier-fed Rivers during Intensive Degradation of Glaciers/ Russian Meteorology and Hydrology, 2023, Vol. 48, No. 2, pp. 147–154. DOI: 10.3103/S1068373923020073

REFERENCE

1. Glaciological Dictionary / Edited by Academician of the Russian Academy of Sciences V. M. Kotlyakov – L.: Gidrometeoizdat, 1984. 526 p.
2. Zhiglovskaya T. N., Makhonko E. P., Shilina A. I. Microelements in Natural Waters and the Atmosphere. – Proceedings of the IEM, 1974. Issue 2 (41). 182 p.
3. Zanina A. A. Climate of the USSR. Caucasus. 1961. – L.: GIMIZ. 290 p.
4. Kampanovsky V. I., Sarkisov S. L., Stepanov G. V., Khorguani V. G. Study of Natural Aerosols in the Free Atmosphere. In the book Dust in the Atmosphere and Near-Earth Space. M., Nauka, 1973. P. 179–181.
5. Kerimov A.M., Kurasheva O.A. Features of the formation of the chemical composition of the glacial-fed rivers of the Caucasus during intensive degradation of glaciation / Meteorology and Hydrology 2023. No. 2. Pp. 80 – 89. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-1-2-80-89.
6. Kerimov A.M., Kurasheva O.A. Comparative analysis of heavy metal concentrations in the sources of the Baksan River and the Garabashi glacier (southern slope of Elbrus) / Bulletin of DSPU. Natural and exact sciences. 2018. Vol. 12 No. 1. Pp. 49–56.
7. Kerimov AM, Rototaeva OV, Khmelevskoy IF Features of the formation of the chemical composition of glaciers in Kabardino-Balkaria. MGI No. 84, 1997. P. 66–71.
8. Kerimov AM, Rototaeva OV, Khmelevskoy IF Distribution of heavy metals in the surface layers of the snow-firm layer on the southern slope of Elbrus. Ice and Snow No. 2(114), 2011. P. 24–34.
9. Temnikova NS Some characteristics of the climate of the North Caucasus and adjacent steppes. L., GIMIZ. 1964. 174 p.
10. Kerimov A.M., Kurasheva O.A. Peculiarities of Formation of the Chemical Composition of Caucasian Glacier-fed Rivers during Intensive Degradation of Glaciers/ Russian Meteorology and Hydrology, 2023, Vol. 48, No. 2, pp. 147–154. DOI: 10.3103/S1068373923020073.

