

Путешествия, открытия

УДК 551.324.6

Ледниковый узел Белухи в системе глобального гляциоклиматического мониторинга (к 100-летию покорения горы Белуха)

© 2014 г. В.С. Ревякин

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул
rvs.36@mail.ru

Studies of the Belukha glacier plexus in the context of global glacio-climatic monitoring (on the 100th anniversary of the first ascent of the Belukha Mountain)

V.S. Revyakin

Institute of Water and Ecological Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul

Статья принята к печати 7 апреля 2014 г.

*Алтай, голоцен, деградация, климат, ледники, малая ледниковая эпоха.
Altai, climate, degradation, glaciers, Holocene, little ice age.*

Статья посвящена истории изучения оледенения горного массива высшей вершины Сибири – горы Белуха, на которую первыми 26 июля (7 августа) 1914 г. поднялись братья Борис и Михаил Троновы [20]. Оледенение массива, расположенного в центре евразийского континента, в условиях продолжающегося потепления климата интенсивно деградирует. Длина ледников сократилась на 1,5–2,0 км, площадь – почти на 20%, объём льда – на 10–12%. Уменьшается заснеженность склонов, меняется положение зон льдообразования. Анализ керн из скважины, пробуренной во время работы международной экспедиции (2003 г.) до коренного ложа на Западном плато ледника Братьев Троновых, позволил уточнить характер и сезонность питания ледников массива. Предполагается, что 11 тыс. лет назад ледников не было. Ледниковый узел массива горы Белуха – естественный репер для мониторинга состояния и обоснования гляциоклиматического прогноза. Предлагается организовать международный проект по мониторингу оледенения этого ледникового узла и подготовить монографию, посвященную его гляциоклиматической характеристике.

This paper describes the history of studies of the Belukha Mountain glacierization in the Altai. This mountain is the highest peak of the Altai Mountains, located in the center of the Eurasia. It was first discovered and climbed a hundred years ago. Nowadays there is intensive deglaciation here under conditions of the current climate warming. The author proposes to organize an international project for monitoring the glacierization of this glacier plexus.

Введение

Общая площадь ледников Алтая составляет 1750 км², из них 880 км² находятся в России [26]. Средняя площадь ледника – 0,8 км², высота границы питания возрастает с запада на восток и от периферии к центральной части системы с 2500 до 3200 м. Максимальное оледенение отмечается на высотах, близких к 3000–3100 м, и характеризуется концентрацией ледников на склонах отдельных ледниковых центров, три из которых образуют вытянутый треугольник в центре горной системы: Белуха – Мунгун-Тайга и Табын-Богдо-Ола.

Наиболее полная гляциоклиматическая информация собрана по первым двум центрам, особенно по Белухе, расположенной в пределах 49°30' с.ш. и 86°40' в.д. в высотном диапазоне от 2000 до 4500 м. С открытия первого в массиве Белухи – ледника Геблера (Катунского) начинается история её научного изучения и спортивного освоения. Первым на седло Белухи в 1897 г. поднялся В.В. Сапожников, профессор Томского университета [17], следуя традициям альпийских покорителей гор, с которыми он

познакомился во время научных командировок в Германию и Швейцарию. Накопленная за прошедшие с той поры информация об оледенении главного узла Алтае-Саянской горной системы [2, 4, 8, 13, 14] позволяет подвести некоторые научные итоги и предложить возможную форму их дальнейшего совершенствования.

Из истории изучения оледенения массива

Через 45 лет после открытия Ф.В. Геблером в 1835 г. первых ледников в истоках рек Белой Берели и Катуня здесь побывал Н.М. Ядринцев [23]. В учебнике А. Гейма [25] алтайским ледникам отведено всего 18 строк, в том числе «der höchste Gipfel (Beloukha = die Weisse) erreicht 3350 m» (с. 429). И только первая экспедиция В.В. Сапожникова, состоявшаяся в 1895 г., положила конец существовавшему представлению о незначительности оледенения Алтая. Благодаря исследованиям В.В. Сапожникова в 1895–1898 и в 1911 гг. была получена полная картина оледенения массива, зартированы все главные ледники, сделаны метки

положения их концов. И что самое главное – материалы наблюдений, изложенные в прекрасной книге «Катунь и ее истоки» [17], стали достоянием широкой научной общественности, прежде всего членов Русского географического общества. В эти места направляются экскурсанты, а на Южный Алтай едут отец и сыновья Троновы. К началу 2-го Международного полярного года (1932–1933 гг.) описательный этап изучения оледенения Алтая, в том числе и Белухи, был в основном завершён: составлен первый Каталог ледников [18] и издана Сводка ледниковых исследований до 1932 г. [20, 21].

Ледниковая экспедиция 2-го Международного полярного года совместно с учёными Томского университета положила начало следующего этапа изучения ледников Белухи. К этому времени относится стремительное развитие альпинизма в России, и Белуха не осталась в стороне. Гляциологи входили в состав научной группы Всесибирской альпиниады 1935 г., посвящённой столетию открытия первых ледников массива. Итог этого этапа – уточнённая картина оледенения, первые сведения о метеорологическом режиме района по данным открытых гидрометеостанций в долинах рек Аккем и Катунь, монография М.В. Тронова «Современное оледенение Алтая» [19], статья И.М. Мягкова [9] о древнем оледенении речных долин массива.

Во второй половине XX в. в рамках ряда международных программ, включая составление Каталога ледников СССР [5–7] и Атласа снежно-ледовых ресурсов мира [1], на ледниках массива под руководством автора начались режимные гляциогидрометеорологические наблюдения, исследования химического и изотопного состава льда, снежного покрова и лавин. Велась съёмка ледников, вычислялись элементы водно-ледового баланса. В качестве исходных материалов использовались аэро- и космические снимки. Продолжались палеогляциологические исследования. Итог этого этапа – Каталог ледников, карты Атласа, монографии [2, 14, 15], статьи в журналах [10, 11, 26, 28]. Вопросы оледенения прошлых эпох в долинах массива нашли отражение в работах П.А. Окишева [12]. В бассейне р. Белая Берель параллельно вели работы сотрудники Института географии АН КазССР [22]. В продолжение начатых В.В. Сапожниковым флористических исследований, Н.В. Ревякина [16] подробно изучила флору и растительность приледниковья Белухи. Было обнаружено пять новых для науки видов: лапчатка Сапожникова, лютик Аккемский, родиола Крылова, мятлик Положий, живокость Ревердатто. Отметим, что впервые мятлик

Положий был найден В.В. Сапожниковым в 1897 г. на Раздельном гребне между потоками ледника Геблера. В первое десятилетие XXI в. в комплекс исследований были включены новейшие методы дендро- и лишеноиндикации, гляциохимии, изотопного анализа. Глубокое бурение льда в холодной рекристаллизационной зоне ледников международными экспедициями [24, 28], радиозондирование и метеонаблюдения на большой высоте расширили представление о природе оледенения и его динамике и позволили сделать некоторые прогнозы.

Состояние окружающей среды

Современное оледенение массива. Оледенение Белухи выделено М.В. Троновым [19] в собственный тип, не встречающийся нигде более на Алтае. В пяти речных бассейнах, непосредственно связанных с Белухой, сосредоточено 58 ледников общей площадью 112,6 км² [5–7]. Морфологически ледники (рис. 1) представлены обширными фирновыми полями на высоте более 4000 м, крутыми потоками льда, разорванными ледопадами, огромными навесами снега, льда и фирна. Главных ледников в массиве – семь (таблица). Звездообразная форма оледенения массива эффектно выглядит на космическом снимке (рис. 2). Анализ данных об оледенении Алтая на рубеже XX–XXI вв. [10, 11, 26] позволяет сделать вывод, что площадь оледенения в результате потепления климата сокращается, крупные ледники распадаются, отчленяются притоки и т.д. Деградация оледенения отчётливо отражает изменение климатического поля, в котором протекает сезонная и многолетняя «жизнь» ледников Белухи, хотя средние летние температуры на высоте 4000–4500 м остаются в пределах от –6 до –10 °С. Суммы осадков на этих высотах достигают 1500–1800 мм, но большая их часть сносится ветром на нижние уровни ледниковых бассейнов.

Изменение климата. Спустя три года после открытия ледников Белухи, в Барнауле начались наблюдения за погодой на метеорологической станции. В настоящее время эта станция – одна из самых длиннорядных на азиатском континенте. Её данные по температуре и осадкам хорошо коррелируют с другими пунктами наблюдений – Минусинск, Урумчи, Алтай (КНР). С 1838 по 1958 г. годовые температуры увеличивались на 0,0147 °С/год. За последние 50 лет скорость возросла до 0,0336 °С/год. За весь период наблюдений большее потепление характерно для холодной половины года: январь потеплел на 4,8 °С, март – на 4,4 °С, апрель – на 4,5 °С. В летние месяцы потепление не столь значительно [27]. За



Рис. 1. Ледник Геблера, западная и восточная вершины горы Белуха.

По этому потоку проходил маршрут братьев Бориса и Михаила Троновых к вершине

Fig. 1. Geblera Glacier, Western and Eastern tops of Belukha. The route of brothers Boris and Michael Tronovs passed to the top along this stream

годы наблюдений ход осадков характеризуется глубоким минимумом в середине XIX в. (рис. 3), постепенным ростом до начала XX в. и общим медленным снижением в течение последних ста лет.

Деградация оледенения

В 1835 г. Ф.В. Геблер при описании ледника, который сейчас носит его имя, отметил, что толщина нижней стенки ледника составляет от 4 до 10 сажен и что «в нескольких шагах от нижней стены находилась осыпь, состоящая из преждеописанных каменных обломков (между коими льда не было замечено); она возвышалась от 4 до 6 локтей,

Основные ледники массива Белухи, по [8]

Ледник	Длина, км	Площадь, км ²	Высота нижнего края, м	Сокращение длины с 1835 по 2012 г., м
1. Геблера	7,1	11,5	1960	1980
2. Черный	5,3	5,5	2350	—
3. Братьев Троновых	8,0	12,6	1970	1748
4. Родзевича	7,5	13,5	2260	2235
5. Сапожникова	10,5	21,0	2120	1820
6. Малый Берельский	6,2	10,2	2100	1080
7. Большой Берельский	10,2	7,7	1920	—



Рис. 2. Космический снимок горы Белуха [http://www.altai-photo.ru/publ/ocherk/gljaciologicheskaja_ehkspedicija_na_zapadnoe_plato_belukhi/1-1-0-214]

Fig. 2. Space image of the Belukha Mount [http://www.altai-photo.ru/publ/ocherk/gljaciologicheskaja_ehkspedicija_na_zapadnoe_plato_belukhi/1-1-0-214]

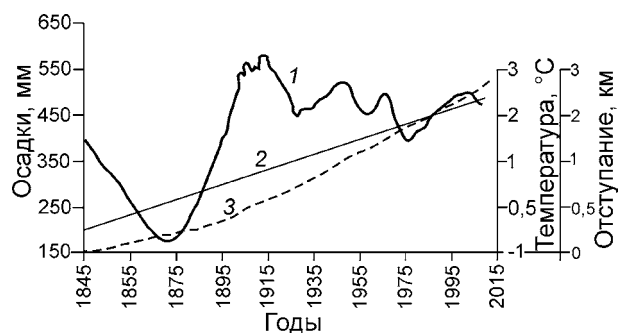


Рис. 3. Изменение годовых сумм осадков, осреднённых по 11-летиям (1); линейный тренд летних температур (2) по данным ГМС Барнаул; отступление ледника Геблера (3), км [27]

Fig. 3. Change of the annual sums of precipitation, averaged on the eleven years (1); a linear trend of summer temperatures (2) according to meteorostation Barnaul; retreat of the Geblera Glacier (3), km [27]

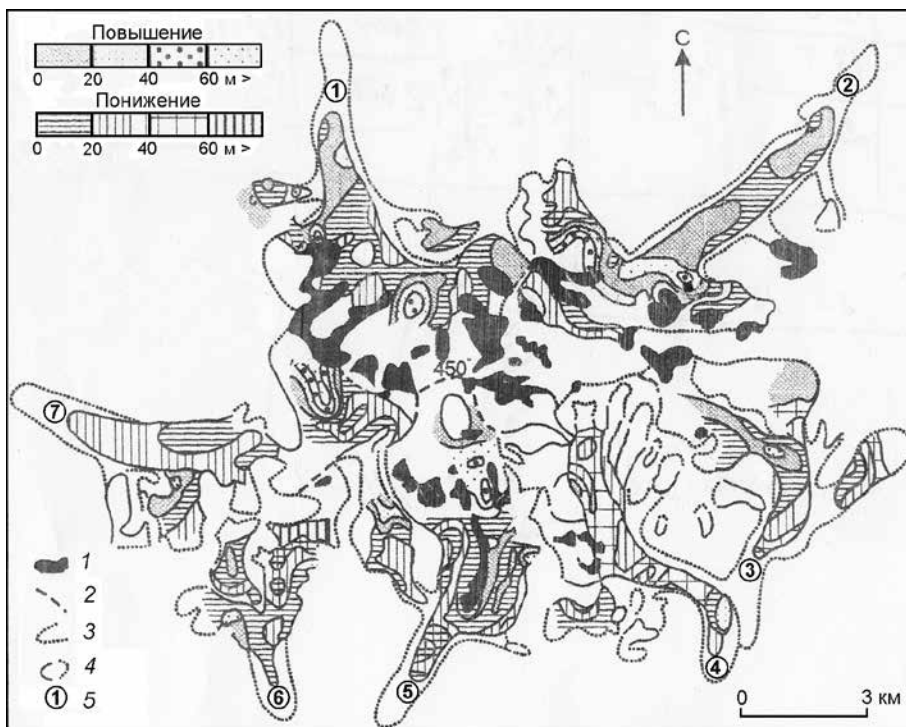


Рис. 4. Изменение высоты поверхности ледников Белухи за 1969–1985 гг. [8].

1 – скалы; 2 – ледоразделы; 3 – контур края ледников в середине XIX в.; 4 – то же, в 1985 г.; 5 – ледники: 1 – Родзевича; 2 – Сапожникова; 3 – Мал. Берельский; 4 – Бол. Берельский; 5 – Геблера; 6 – Черный; 7 – Братьев Троновых

Fig. 4. Change of glacier surface on the Belukha Mount in 1969–1985 [8].
1 – rocks; 2 – ice divides; 3 – glacier margins in the middle of the XIX century; 4 – the same in 1985; 5 – glaciers: 1 – Rodzevich; 2 – Sapozhnikova; 3 – M. Berelsky; 4 – B. Berelsky; 5 – Geblera; 6 – Chernyi; 7 – Tronov Brothers

а иногда менее, и простиралась до обоих родников Катуня. Ниже в 20 саженях, в середине долины, был виден еще овальный холм в 6 сажен вышиною...» [4, с. 420]. Позднее, в 1880 г., Н.М. Ядринцев [23] обнаружил, что от «Геблерова холма», покрытого пихтами и вереском, нижний край ледника толщиной в 15 сажен отстоял в 220 саженях. Он создал первый план ледника и, вероятно, продемонстрировал его во время доклада в Русском географическом обществе в Петербурге. Описание ледника Ядринцевым и маркировки его края Сапожниковым положили начало наблюдениям за отступанием ледников Белухи. Повторные фототеодолитные съёмки, выполненные Р.М. Мухаметовым [8] (рис. 4), показали сложную картину изменения поверхности ледников массива, включая прохождение кинематических волн после крупных обвалов фирна и льда с северной стены Белухи на ледник Родзевича. К настоящему времени ледники стали на 1,5–2,0 км короче и потеряли до 20% площади. Объём льда уменьшился на 10% [11, 26].

В общем процессе деградации отмечается несколько характерных черт: нарушение целостности локальных ледниковых систем; разрушение главных ледников за счёт отчленения крупных притоков; проявление асимметрии поперечного профиля; увеличение заморенности отдельных участков; уменьшение подпруженности ригелями долин; интенсивная потеря объёма льда; истон-

чение приконцевых участков ледниковых языков; сокращение заснеженности склонов; выход из-под снега и фирна льда на крутых участках; исчезновение мелких ледничков. Отступление реперного на Алтае ледника Геблера (рис. 5) отражает, прежде всего, изменение сумм осадков, особенно твёрдых.

Эволюция оледенения по данным глубокого бурения

В начале XXI в. здесь работали российско-швейцарская [28] и японо-американская экспедиции, в состав которых входили также российские учёные [24]. На место исследований участники экспедиций были доставлены вертолётom: первая экспедиция была высажена на седло Белухи (4050 м), вторая – на Западное плато ледника Братьев Троновых (4150 м). В процессе работ были пробурены две скважины глубиной соответственно 140 и 173 м. Гляциохимический анализ образцов фирна и льда с соблюдением технологии «ультрачистого протокола» [28] подтвердил результаты, полученные ранее Алтае-Саянской экспедицией Томского университета [15], и значительно углубил их информативность путём датирования отдельных слоёв фирново-ледяной толщи.

Вторая экспедиция [24], возглавляемая В.Б. Айзенoм, представляла собой пример великолепной организации всего цикла гляциометеорологических, изотопно-гляциохимических, стратиграфических и других видов исследований, что позволило получить

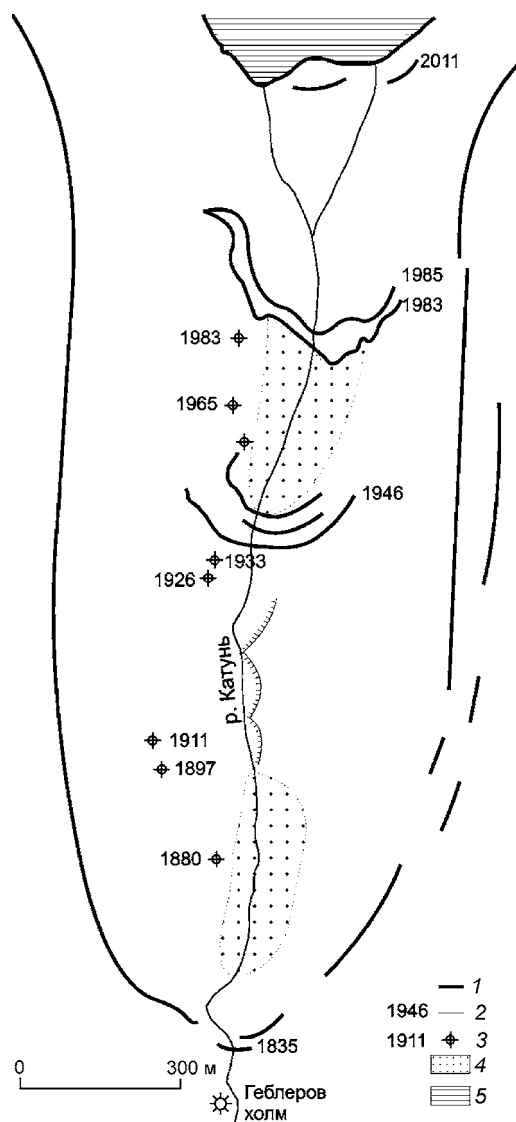


Рис. 5. Положение ледника Геблера с 1835 г.
 Морены: 1 – «Геблеров холм»; 2 – разных лет XX в.; 3 – реперные отметки разных лет; 4 – зандровые поля; 5 – край ледника в 2012 г.
Fig. 5. The position of the Geblera Glacier from 1835.
 Moraines: 1 – «Gebler' hill»; 2 – in some years of the XX century; 3 – marks of different years; 4 – sandur fields; 5 – the edge of the glacier, 2012

уникальные результаты, раскрывающие эволюцию оледенения Белухи на всём протяжении голоцена. Существенным оказалось и дополнение данных о морфологии фирнового плато, полученное при его радиозондировании в районе бурения скважины, которая достигла коренного ложа на глубине 174,3 м. Температура всей пробуренной толщи составляла 14–15 °С, однако на дне скважины она была равна –14,2 °С. Тогда впервые был выполнен квалифицированный анализ источников поступления влаги на ледники Белухи. Установлено, что более 56% её приходит с Атлантики, 11% – из Арктики и с Тихого

океана, оставшаяся часть имеет внутриматериковое происхождение. Кроме того, расшифрована температурная история голоцена, грамотно сопоставлены события прошлых эпох, связанные с извержением вулканов и крупными антропогенными явлениями. Особо отметим первый в истории изучения массива Белухи опыт использования автоматической метеостанции, когда появилась реальная возможность изучить сезонную ритмику гляциоклиматических процессов во всём высотном диапазоне оледенения.

Исчезновение ледников в начале голоцена заставляет иначе рассматривать динамику ледников, зафиксированную ранее на основе исследований моренных отложений. Можно предположить, что имели место неоднократные кратковременные подвижки ледников во время и после многоснежных зим, когда быстро продвигающимися ледниками уничтожалась древесная растительность приледниковья. На это указывают результаты дендроанализа образцов, собранных в непосредственной близости от края современных ледников [3, 10]. Изотопно-кислородный состав подтверждает интенсивное потепление климата, что отражается в изменении процессов льдообразования, смещении зон льдообразования и, самое главное, в уменьшении массы ледников и изменении талой составляющей стока р. Верхняя Катунь.

Заключение

Оледенение массива Белухи катастрофически быстро деградирует. Не только сокращаются площади ледников и объёмы заключённого в них льда, но изменяются и собственно процессы льдообразования, температурный режим и стратиграфические характеристики ледниковых толщ, активизируются также склоновые процессы. Необходим мониторинг положения ледников и всех происходящих явлений как в фирново-ледяной толще, так и в приледниковой зоне, а также продолжение и расширение содержания гляциоклиматических работ для прогноза изменений природной среды горных территорий. Это возможно в рамках международных программ приграничного сотрудничества России и Казахстана с участием учёных из других стран. Наступило время рассмотреть вопрос о подготовке обобщающих монографий об оледенении основных ледниковых узлов в горах России, подобно серии о репрезентативных ледниковых бассейнах. Ледниковый узел Белухи, естественно, должен быть в их числе.

Благодарности. Автор благодарен В.Б. Айзену за предоставленные результаты глубокого бурения на Западном плато ледника Братьев Троновых.

Литература

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М.: изд. Российской академии наук, 1997. 492 с.
2. Белуха / Под ред. В.С. Ревякина. Томск: изд. Томского ун-та, 1968. 100 с.
3. Борзенкова И.И., Жильцова Е.Л., Лобанов В.А. Ледниковые керны и дендрологические данные как источник информации об изменениях климата в историческое время // Лёд и Снег. 2011. № 2 (114). С. 105–115.
4. Геблер Ф.В. Замечания о Катунских горах, составляющих высочайший хребет Русского Алтая // Горный журнал. Ч. 2. Кн. IV. 1836. С. 408–439.
5. Каталог ледников СССР: Т. 15. Вып. 1. Ч. 3. Л.: Гидрометеоздат, 1969. 78 с.
6. Каталог ледников СССР: Т. 15. Вып. 1. Ч. 4. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 80 с.
7. Каталог ледников СССР: Т. 15. Вып. 1. Ч. 5. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 46 с.
8. Мухаметов Р.М. Колебания ледниковых систем Алтае-Саянской горной области: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Иркутск, 1988. 18 с.
9. Мяков И.М. Морены ледников Белухи // Вестн. Зап.-Сиб. геол. треста. 1936. Вып. 1. С. 85–106.
10. Назаров А.Н., Мыглан В.С. Перспективы построения 6000-летней хронологии по сосне сибирской для территории Центрального Алтая // Журнал Сибирского федерального ун-та. Биология. 2012. № 1. С. 70–88.
11. Нарожный Ю.К., Никитин С.А. Современное оледенение Алтая в начале XXI века // МГИ. 2003. Вып. 95. С. 93–101.
12. Окишев П.А. Рельеф и оледенение Русского Алтая. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2011. 382 с.
13. Ревякин В.С. Ледники Белухи в 1965 году // Изв. ВГО. 1967. Т. 95. Вып. 1. С. 70–75.
14. Ревякин В.С. Природные льды Алтае-Саянской горной области. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 288 с.
15. Ревякин В.С., Галахов В.П., Голецихин В.П. Горно-ледниковые бассейны Алтая. Томск: изд. Томского ун-та, 1979. 309 с.
16. Ревякина Н.В. Современная приледниковая флора Алтае-Саянской горной области. Барнаул: изд. РИО НИИ горного природопользования, 1996. 310 с.
17. Сапожников В.В. Катунь и ее истоки. Томск, 1901. 271 с.
18. Тронов Б.В. Каталог ледников Алтая // Изв. РГО. 1925. Т. 57. Вып. 2. С. 107–157.
19. Тронов М.В. Современное оледенение Алтая. Томск: изд. Томского ун-та, 1948. 525 с.
20. Троновы Б. и М. Восхождение на Белуху // Землеведение. 1915. Т. 22. Вып. 4. С. 84–98.
21. Троновы Б. и М., Тюменцев К.Г. Сводка ледниковых исследований Алтая с 1907 по 1932 г. // Изв. РГО. 1934. Вып. 4. С. 564–569.
22. Хонин Р.В. Современное оледенение в бассейне р. Белая Берель // Гляциологические исследования в Казахстане. 1965. Вып. 5. С. 172–180.
23. Ядринцев Н.М. Отчет о поездке в Горный Алтай, к Телецкому озеру и в вершину Катунь // Зап. Зап.-Сиб. отд. РГО. 1882. Кн. 4. С. 1–46.
24. Aizen V.B., Aizen E.M., Joswiak D.R., Koji Fujita, Nozomu Takeuchi, Nikitin S.A. Climatic and atmospheric circulation pattern variability from ice-core isotope/geochemistry (Altai, Tien Shan and Tibet) // Annals of Glaciology. 2006. № 43. P. 49–60.
25. Heim A. Handbuch der Gletscherkunde. Stuttgart. 1884.
26. Kotlyakov V.M., Xie Zi-Chu, Wang Xin, Khromova T.E., Nosenko G.A. Changing of Altai glacier system since the mid-twentieth century and its response to the climate warming in future // Лёд и Снег. 2012. № 3 (119). С. 17–24.
27. Kharlamova N.F., Revyakin V.S. Regional climate and environmental change in Central Asia. Environmental Security and sustainable Land Use – with special reference to Central Asia // Springer. P.O. Box 17. 3300 AA Dordrecht. The Netherlands. 2004. P. 19–26.
28. Olivi S., Balaser C., Brutsch S., Frolova N., Gaggeler H.W., Henderson K.A., Palmer A.S., Papina T., Schwikowski M. Temporal variation of mineral dust, biogenic tracers, and anthropogenic species during the past two centuries from Belukha ice core, Siberian Altai // Journ. of Geophys. Research. 2006. V. 111. P. 1–13.

Summary

The Belukha Mountain is the highest peak of the Altai. On July 26 (7th August in the new time scale) of 1914 the brothers Boris and Mikhail Tronov discovered the mountain and were the first people to climb it. The Tronov Glacier is named after them. The Belukha glacier plexus is now subject to intensive degradation caused by current climate warming. There are changes in the processes of ice-forming, the temperature regime, and the stratigraphic characteristics. The mountain slope processes have become more active. The glacier length has decreased by 1.5–2.0 km, their area shortened almost by 20%, and the volume – by 10–12%. The snow-coverage of slopes has decreased, and positions of the ice-forming zones have correspondingly changed. Analysis of cores from the borehole drilled by the international expedition of 2003 on the west plateau of the Tronov Glacier has made it possible to better refine the character and seasonality of the glaciers alimentation. It is supposed that 11 thousand years ago no glacier existed here.

The glacier plexus of the Belukha Mountain area is a natural reference point to monitor the state of glacierization and to justify predicted glacio-climatic situations. We propose to organize an international project aimed at the monitoring of these glacier areas and then to prepare a joint monograph devoted to its glacio-climatic characteristics. This could be performed in the framework of the Russian–Kazakh international programs with participation of scientists from other countries. Now is the right time to prepare summarizing monographs on glacierization of the main glacier clusters in the Russian mountains, similar to the series of books on representative glacier basins in USSR published in the 1980s. The Belukha glaciers should certainly be included in this series.