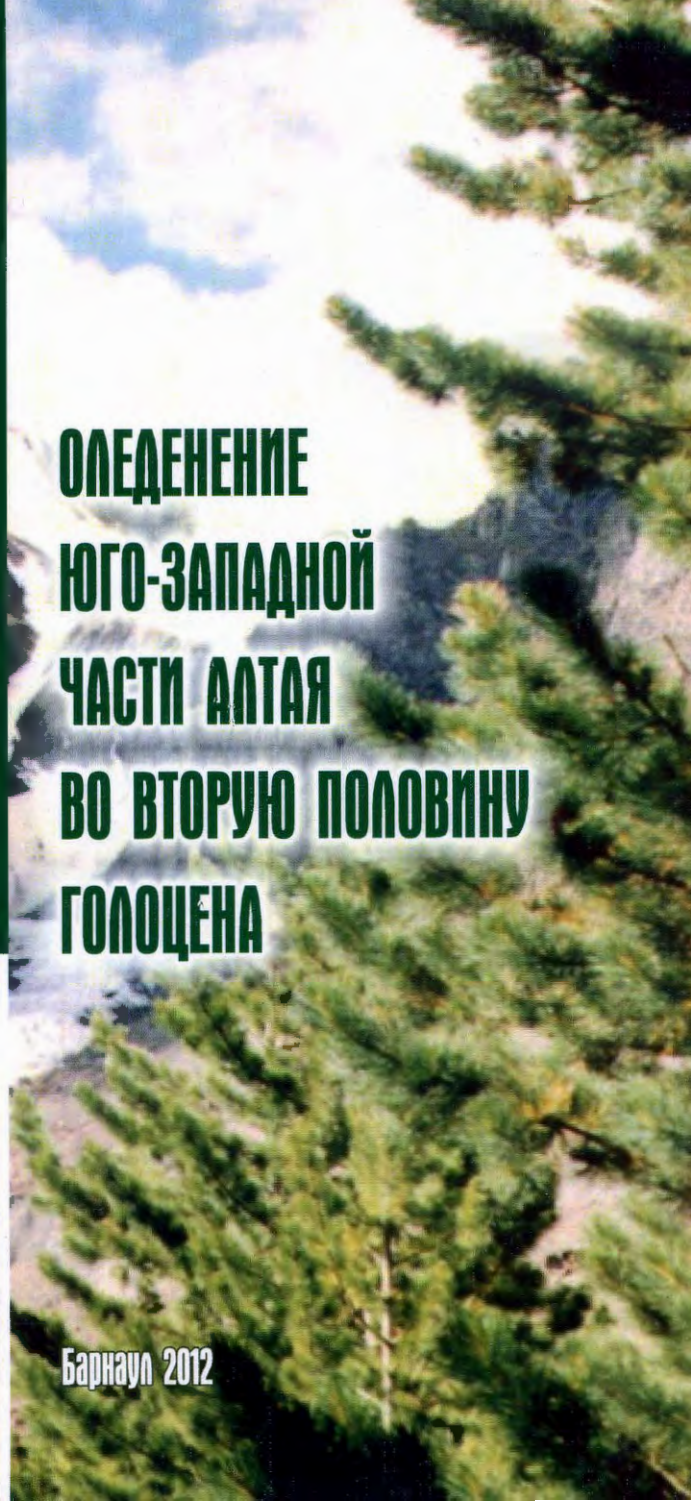


**В.П. Галахов,
Д.В. Черных,
Д.В. Золотов,
А.Р. Агатова,
Р.Ю. Бирюков,
А.Н. Назаров,
А.А. Орлова,
О.В. Останин,
С.Ю. Самойлова,
Р.Т. Шереметов,
В.П. Якубовский**



**ОЛЕДЕНЕНИЕ
ЮГО-ЗАПАДНОЙ
ЧАСТИ АЛТАЯ
ВО ВТОРУЮ ПОЛОВИНУ
ГОЛОЦЕНА**

Барнаул 2012

УДК 551.583
ББК 26.222.82(2P53)
О 531

Рецензенты:

доктор химических наук Т.С.Папина,
кандидат географических наук Н.И.Быков

О 531 Оледенение юго-западной части Алтая во вторую половину голоцена / В.П. Галахов, Д.В. Черных, Д.В. Золотов, А.Р. Агатова, Р.Ю. Бирюков, А.Н. Назаров, Л.А. Орлова, О.В. Останин, С.Ю. Самойлова, Р.Т. Шереметов, В.И. Якубовский. – Барнаул : АЗБУКА, 2012. – 119 с.
ISBN 978-5-93957-585-0

В монографии рассмотрены материалы многолетних палеогеографических исследований Юго-Западного Алтая. Впервые приводятся радиоуглеродные датировки моренных и озерных отложений. На основе упрощенной модели расчета планового положения ледников показаны их размеры в бассейне реки Коксы в Аккемскую стадию (Пиор по альпийской хронологии). Монография предназначена для специалистов в области палеогеографии и гляциальной геоморфологии.

УДК 551.583
ББК 26.222.82(2P53)

Работа подготовлена и издана при финансовой поддержке интеграционных проектов Президиума РАН «Реконструкция процессов опустынивания в Центральной Азии по ледникам и ледниковым комплексам», «Комплексный мониторинг современных климатических и экосистемных изменений в Сибири», гранта РФФИ 12-05-31439 «Исследование динамики морфометрических параметров ледников Центральной Азии с конца Малого ледникового периода (середина XIX в.) до настоящего времени».

Утверждено к печати Ученым советом ИВЭП СО РАН

ISBN 978-5-93957-585-0

©Институт водных и экологических проблем
СО РАН, 2012
©Институт геологии и минералогии СО РАН
им. В.С.Соболева, 2012
©Институт экологии человека СО РАН, 2012
©Алтайский государственный университет,
2012
©Сибирский федеральный университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Колебания ледника Томич за период инструментальных наблюдений	6
1.1. Наблюдения за топографией ледниковой поверхности	6
1.2. Отступление фронта языка ледника.....	11
1.3. Колебания климатических характеристик за последние две тысячи лет.....	12
1.3.1. Колебания термического режима	12
1.3.2. Колебания увлажнения	17
Глава 2. Имитационная модель расчета баланса ледника Томич и прогноз его состояния при глобальном потеплении	21
2.1. Алгоритм имитационной модели	21
2.2. Проверка работоспособности алгоритма на существующем современном экспериментальном и палеогляциологическом материале.....	28
2.3. Прогноз изменения ледника Томич при климатических изменениях.....	34
Глава 3. Оценка размеров оледенения второй половины голоцена в бассейне реки Коксы	38
3.1. Аккемская стадия.....	38
3.1.1. Время Аккемской стадии и существующие схемы распространения ледников на ее максимум	40
3.1.2. Упрощенная модель расчета планового положения ледников	41
3.1.3. Плановое положение ледников в бассейне реки Коксы	43
3.2. Стадии Ферпау и Историческая в бассейне реки Хайдун.....	48
Заключение	55
Литература	57
Приложение.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Исследуя гляциологическую литературу по Алтаю, можно прийти к следующему выводу: современные гляциологические наблюдения и палеогляциологические реконструкции проводятся в основном по Юго-Восточному Алтаю, оледенение которого представлено, в первую очередь, крупными долинными ледниками (например, Талдурипский, Софийский). Естественно, что это не так. В данной монографии рассматривается Юго-Западная часть российской территории нивально-гляциальной зоны Алтая. Оледенение исследуемого региона представлено малыми ледничками и многолетними снежниками.

В 1914 г. В.А. Обручев, следуя по маршруту из Абая в Зыряновск, обратил внимание на следы древнего оледенения на Холзуле, о чем упоминает в ряде своих работ. Он также указывает на то, что Холзун характеризуется чрезвычайно снежными зимами. По собранным данным, толщина снежного покрова составляет местами более 8 м (Обручев, 1915). В 1920 г. М.В. и Б.В. Троновы установили, что высота снеговой линии в данной части Алтая достигает всего 2300 м. (Тронов, 1972). В 1939 г. высокогорную часть Холзуна два раза – во второй декаде июня и во второй половине августа – посетил В.Б. Сочава. Результатом этих посещений была специальная статья, вышедшая уже после окончания войны (Сочава, 1946). В этой работе В.Б.Сочава скрупулезно проанализировал имеющиеся результаты предыдущих исследований и пришел к ряду интересных выводов. Он отметил, что в настоящее время на Холзуле благоприятные климатические условия для существования ледников создаются лишь в строго определенных условиях рельефа: в глубоких затененных и всегда ориентированных на север карах. Далее он констатирует, что оледенение на Холзуле является орографическим. Климатическая же граница фирновых снегов лежит много выше, и многие вершины Холзуна ее не достигают.

В Каталоге ледников СССР (том 15, выпуск 1, часть 4, 1978) в бассейне верховьев реки Катунь современное оледенение (по крайней мере, на дату составления Каталога) несет не только Катунский хребет, но и Холзун (верховья рр. Хайдун, Карагай, Бирюкса). В работах Л.Н. Ивановского (1967), Р.М. Мухамстова и С.В. Харламова (1985) указывается на оледенение Терктинского хребта в районе горы Учемдек (бассейны рек Тюгурюк, Каерлык, Каракол).

Экспериментальные наблюдения в период 1969-1974 гг. проводились Алтайской гляциологической экспедицией ТГУ (руководитель В.С. Рвякин) в западной оконечности Катунского хребта: на леднике Томич. После 80-х годов прошлого столетия топогеодезические съемки и

визуальные наблюдения ледника Томич проводятся кафедрой физической географии АлтГУ совместно с ИВЭП СО РАН.

Район наших исследований ограничен бассейном реки Коксы и западной частью Катунского хребта (верховьями р. Мульта с ледником Томич).

Режимные наблюдения представлены исследованиями на леднике Томич (эти материалы опубликованы в монографии «Горноледниковые бассейны Алтая», 1979). На основе этих наблюдений восстановлена программа расчета балансовых характеристик ледника Томич по топографии района и метеорологическим наблюдениям. Программа проверялась на основе палеогляциологического материала верховий р. Мульта, полученного в последнее время. На основе упрощенной схемы расчета планового положения ледников в Аккемскую стадию (4,5 -5 тыс. лет назад) построена карта распространения ледников в бассейне р. Коксы.

Экспедиционные наблюдения 2008 – 2010 гг. в верховьях реки Хайдун, на основании морфологического анализа моренных комплексов и их радиоуглеродного датирования, позволили достаточно подробно разделить Историческую стадию на три фазы (Галахов и др., 2011). Ранее это деление было выполнено по косвенным признакам (скорость роста лишайников в бассейне Актру) (Галахов, Назаров, Харламова, 2005).

Мы постарались собрать в «Приложении» все имеющиеся неопубликованные экспериментальные материалы, которые могут быть использованы в дальнейшем.

ГЛАВА 1. КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКА ТОМИЧ ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

1.1. Наблюдения за топографией ледниковой поверхности

Первая топографическая съемка ледника Томич была проведена Р.М. Мухаметовым 5 августа 1973 года. Основа топоплана составлена по материалам теодолитной съемки (теодолит Т-30). Сгущение горизонталей проведено на основании фототеодолитной съемки (фототеодолит Karl Zeiss, Jena). Обработка фототеодолитной съемки производилась в МГУ (под руководством Ю.Ф. Книжникова). Карта ледника Томич, в масштабе 1:10 000, приводится в монографии «Горноледниковые бассейны Алтая» (1979, рис. 2.3). Повторные съемки ледника Томич (аналогичная съемка и способ фототеодолитной обработки) проводились Р.М. Мухаметовым в 1983 и 1995 гг. Изменение поверхности ледника Томич за соответствующие периоды можно найти в монографии «Ледники Алтая» (1999, рис. 5.9 и 5.10).

В 2009–2010 гг. сотрудниками АлтГУ и ИВЭП СО РАН была проведена повторная съемка ледника Томич. При проведении работы использовались геодезические GPS Leica SR20 (2009 г) и Epoch 10 (2010 г). Естественно, съемка производилась на той части ледниковой поверхности, которая была доступна для безопасного передвижения (Останин, Самойлова, 2011, Самойлова, Останин, 2011, Самойлова, 2011).

Из особенностей использования подобных GPS приёмников в условиях высокогорий следует отметить следующее: во-первых, при их запуске инициализация в условиях ущелистого рельефа в среднем составляет 30–40 минут, так как необходим устойчивый сигнал от 4 и более спутников; во-вторых, в условиях труднодоступных высокогорий серьезную проблему представляет необходимость подзарядки или замены элементов питания, после которой необходимо проводить новую инициализацию.

Построение карт изменения поверхности ледника как по данным предыдущих исследований, так и полученным в результате обработки полевых материалов 2009–2010 гг. производилось с использованием программного обеспечения ESRI ArcMap. Результаты топографической съемки 2009 г. приведены на рис. 1, 2010 г. – на рис. 2.

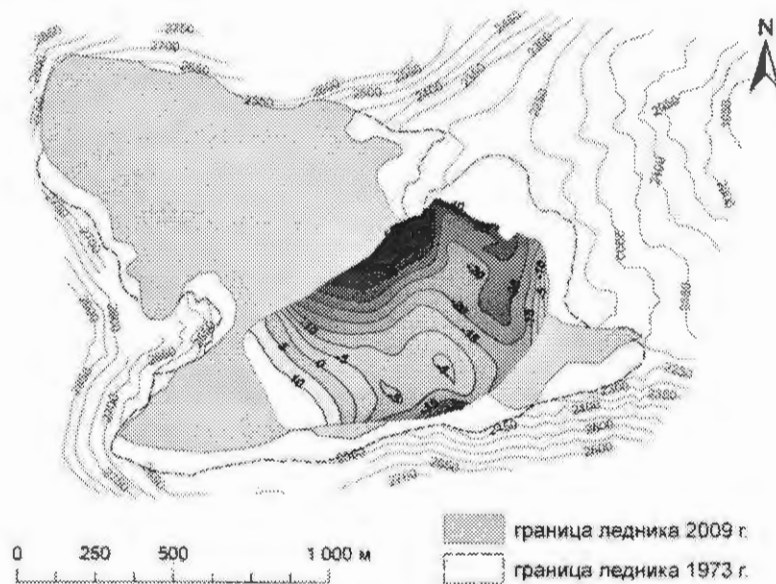


Рис. 1. – Изменение поверхности правого кара ледника Томич с 1973 по 2009 г.

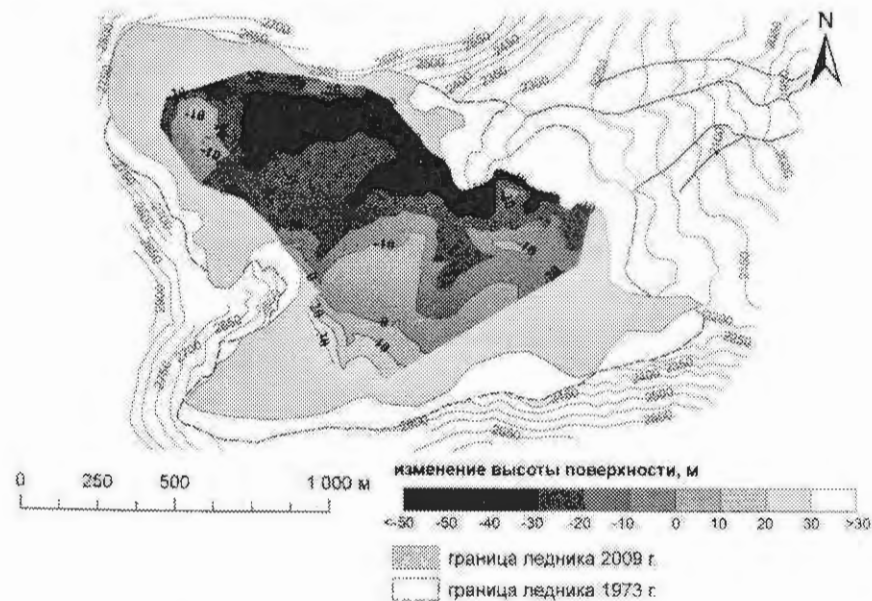


Рис. 2. Изменение поверхности ледника Томич с 1973 по 2010 г.

Динамика толщины ледника и объема льда

В 2000 г. гляциологическим отрядом ТГУ была проведена радиолокационная съемка ледника Томич. Были получены значения толщины ледника (рис. 3), на основании чего вычислены запасы льда. Объем ледника Томич по результатам исследования составил 0,0483 км³ (Никитин и др. 2001). Зная объем ледника и динамику изменения высоты его поверхности, можно вычислить изменение объема льда с 1973 по настоящее время.

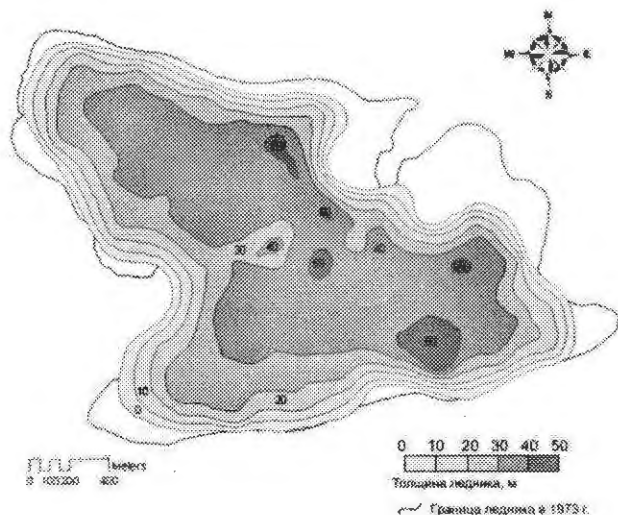


Рис. 3. Толщина ледника Томич по результатам радиолокационной съемки (Никитин и др., 2001).

Площадь ледника по данным съемки 1973 г. составляла 1,59 км² (Ревякин, Галахов, Голещихин., 1979). В 2000 г. на момент радиолокационной съемки она составила уже 1,45 км². На момент топографической съемки в 2010 г. площадь ледника уменьшилась до 1,25 км².

Был произведен расчет изменения средней высоты поверхности ($\Delta H_{ср.}$) и объемов ледника (ΔV) на основании топографической съемки 2009-2010 гг. и данных прошлых лет для разных временных срезов (таблица 1).

Таблица 1. Изменение средней высоты поверхности и объема ледника Томич в 1973 – 2010 гг.

Период	$\Delta H_{ср.}$, м	Изменение объема льда, ΔV , км ³
1973-1983	7.99	0.0127
1973-1995	7.89	0.0125
1973-2010	20.37	0.0324

Из таблицы видно, что существенное изменение толщины и объема ледника произошло за периоды 1973 – 1983 и 1995 - 2010 гг. За период с 1983 по 1995 гг., несмотря на отступление фронта языка ледника, уменьшения его толщины не произошло, и объем льда несколько увеличился. Следует заметить, что скорости отступления языка ледника в 1983-1995 гг. были наиболее низкими за весь период наблюдений (см. табл. 4).

Площадь ледника в 1850 г., восстановленная по конечному моренному комплексу Малого ледникового периода, составила 2,5 км². С помощью зависимости между объемами и площадями ледников (рис. 4), построенной по результатам радиолокационных съемок ряда ледников Алтая (Никитин и др., 2001), были рассчитаны объем и средняя толщина ледника в этот период времени. Средняя толщина ледника в 1850 г. составила 80 м, а объем – 0,2 км³.

Скорости изменения объема ледника за различные периоды времени представлены в таблице 2, объемы льда, посчитанные для отдельных лет (годы топографических съемок), представлены в таблице 3.

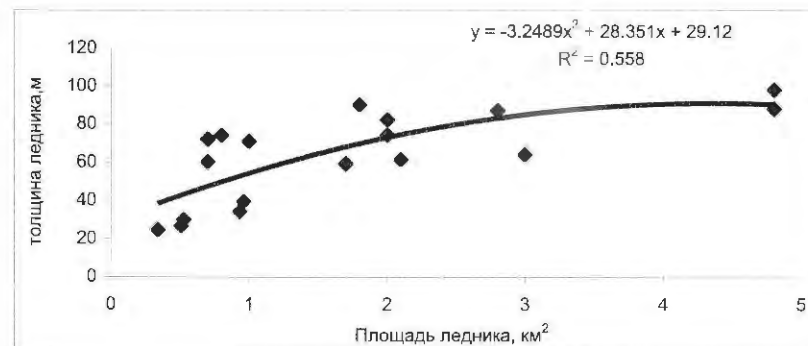


Рис. 4. – Зависимость толщины ледников от их площади (составлена по результатам радиолокационных работ на ледниках Южно-Чуйского и западной оконечности Катунского хребтов).

Таблица 2. Скорости изменения объема ледника Томич в 1850 – 2010 гг.

Период	Изменение объема льда, ΔV , км ³	Скорость изменения объема льда, км ³ /год
1850 - 1973	-0.1326	-0.00108
1973 – 1983	-0.0127	-0.00127
1983 – 1995	+0.0002	+0.000013
1995 - 2010	-0.0197	-0.00131

Таблица 3. Объем ледника Томич в отдельные годы

Год	Объем льда, км ³
1850	0.20
1973	0.0674
1983	0.0547
1995	0.0549
2000*	0.0483
2010	0.0352

*- по данным радиолокационной съемки.

Таким образом, по данным съемки 2009-2010 гг., за период с 1973 по 2010 гг. произошло понижение поверхности ледника в среднем на 20,4 м. При этом сокращение толщины льда в левом каре, в среднем, происходило более интенсивно. Максимальное сокращение толщины ледника происходило на его языке (более 50 м) как в правой, так и в левой его части. В фирновом бассейне в правом каре (ближе к стенке ледникового цирка) произошло увеличение толщины ледника на величину до 30 м. Увеличение толщины ледника в этой части можно заметить и на картах изменения поверхности 1973-1983 и 1973-1995 гг. Тогда эта величина составила порядка 15 м.

Общая потеря объема льда за период с 1973 по 2010 г. составила приблизительно 0,0322 км³. С 1973 по 2009-2010 гг. объем ледника Томич сократился на 48 %.

Скорости уменьшения объема льда с 1850 по 2010 гг. изменялись весьма незначительно, в 1983-1995 гг. зафиксировано некоторое увеличение объема ледника (рис. 5). Таким образом, говорить о «экспоненциальном» потеплении за последние 40 лет (по сравнению с периодом 1850 – 1973 гг.) не приходится. Этот вывод подтверждается и наблюдениями за сокращением объема ледника Фернагтфернер в Альпах с 1844 г., картируемого с 1889 г. (работы проводились под руководством профессора Себастьяна Финстервальдера, Nagedorn, 2004). Некоторое увеличение скорости потери вещества ледником в последние десятилетия связано,

скорее всего, с уменьшением его площади и, соответственно, с уменьшением выхолаживающего эффекта.

1.2. Отступление фронта языка ледника

Наблюдения за отступанием фронта языка ледника Томич проводятся с начала наблюдений: 1969 г. В качестве опорной точки используется ближайшая к языку ледника ножка суммарного осадкомера. Расстояние измеряется рулеткой в сторону правого кара по азимуту 270 градусов. Материалы этих наблюдений представлены ниже в табл. 4.

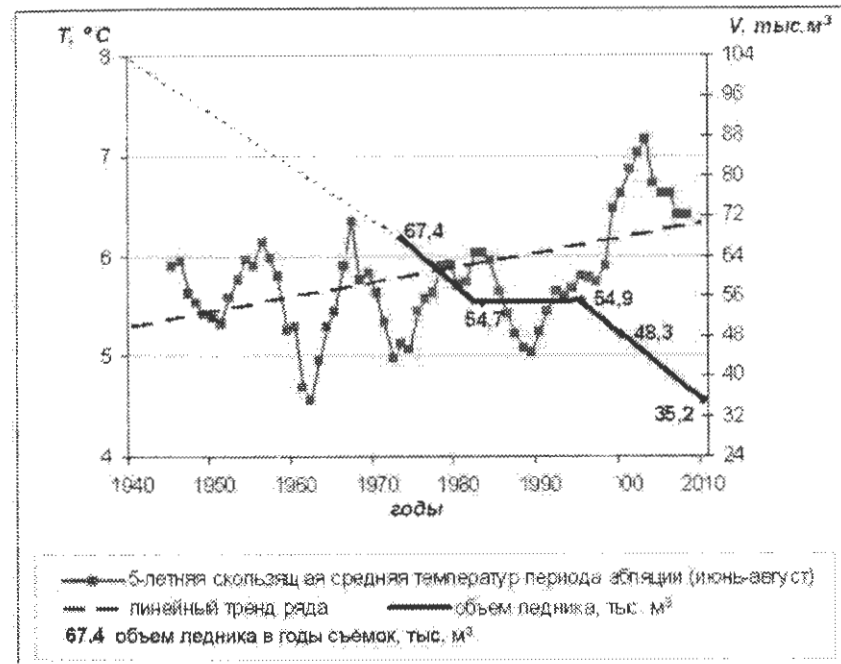


Рис. 5. Изменение средней летней температуры по станции Каратюрек и динамика объема ледника Томич (Самойлова, 2011).

Таблица 4. Сокращение языка правого кара ледника Томич за период наблюдений

Период	Изменение за период, м	Сумма изменения, м	Изменение за год, м	Исследователь
1969-1970	4,0	4,0	4,0	В.С.Рвякин
1970-1973	9,5	13,5	3,2	«
1973-1974	4,6	18,1	4,6	Р.М.Мухаметов
1974-1975	6,3	24,4	6,3	«
1975-1983	21,4	45,8	2,4	«
1983-1992	19,2	65,0	2,3	«
1992-1995	5,5	70,5	1,8	«
1995-2000	19,0	89,5	3,8	С.А.Никитин
2000-2009	47,5	136,0	5,2	О.В.Останин

Примечание: в 2010 г. язык ледника был покрыт снегом, поэтому измерить его отсутствие не удалось.

1.3. Колебания климатических характеристик за последние две тысячи лет

1.3.1. Колебания термического режима

На основе датирования ледниковых отложений и верхней границы леса (46 радиоуглеродных датировок) на северном склоне Северо-Чуйского хребта, нами (Галахов и др., 2008) получено изменение температур теплого периода за последние 6 тысяч лет (с начала климатического оптимума голоцена). Естественно, что полученные материалы требуют проверки по другим ледниковым районам Алтая. В период 2007 – 2011 гг. основное радиоуглеродное датирование моренных отложений проводилось в районе ледникового узла Белухи, в долине Мульты и в верховьях реки Хайдун. Наиболее многочисленные материалы получены по району горного узла Белухи (табл. 5). Подробное описание радиоуглеродных датировок приводится в «Приложении».

Таблица 5. Радиоуглеродные датировки, полученные за период 2007 – 2010 гг.

№ датировки и дата отбора	Место отбора	Координаты в системе WGS-84	Абсолютная высота, м	Возраст, лет	
				¹⁴ C	Абсолютный
Оптимум голоцена – начало Аккемской стадии					
СОАН 6915 20.07.2007	Долина р. Аккол	49.80923 с.ш., 87.82218 в.д.	2451	3525±70	3867±180
СОАН 6916 20.07.2007	Долина р. Аккол	49.80782 с.ш., 87.81972 в.д.	2459	3365±95	3672±225
СОАН 6919 27.08.2007	Долина р. Аккем	49.87696 с.ш., 86.55145 в.д.	2113	3600±85	3972±235
СОАН 6923 27.08.2007	Долина р. Аккем	49.87816 с.ш., 86.55239 в.д.	2100	3835±45	4282±195
СОАН 6925 30.08.2007	Долина р. Иедыгем	49.85900 с.ш., 86.70833 в.д.	2149	5595±85	6477±150
СОАН 6926 30.08.2007	Долина р. Иедыгем	49.85900 с.ш., 86.70891 в.д.	2137	5545±85	6417±180
СОАН 6927 30.08.2007	Долина р. Иедыгем	49.85964 с.ш., 86.79853 в.д.	2137	5315±75	6132±145
СОАН 6930 30.08.2007	Долина р. Иедыгем	49.86932 с.ш., 86.72127 в.д.	1970	5395±75	6212±165
СОАН 7376 09.06.2008	Долина р. Маашей	50.11270 с.ш., 87.59245 в.д.		4985±95	5983±275
СОАН 7377 09.06.2008	Долина р. Маашей	50.11105 с.ш., 87.59497 в.д.	2158	4680±90	5588±210
СОАН 7378 09.06.2008	Долина р. Маашей	50.10939 с.ш., 87.59599 в.д.	2173	4710±100	5658±300
СОАН 7383 17.06.2008	Долина р. Аккол	49.80765 с.ш., 87.82014 в.д.	2480	4270±110	5058±350
СОАН 7387 29.08.2008	Долина р. Иедыгем	49.86800 с.ш., 86.72116 в.д.	1986	4610±80	5518±150
СОАН 7388 29.08.2008	Долина р. Иедыгем	49.86700 с.ш., 86.72239 в.д.	1995	4800±80	5803±165
СОАН 7825 06.07.2009	Долина р. Мульта	49.56'21,8" с.ш., 85.51'05,5" в.д.	1700	4160±150	4875±475
СОАН 7826 06.07.2009	Долина р. Мульты	49.56'21,8" с.ш., 85.51'05,5" в.д.	1700	3890±90	4525±325
СОАН-8221 10.08.2010	Долина р. Хайдун	50° 55,8' с.ш., 84° 47,4' в.д.	1209	4095±85	4630±210
СОАН-8222 10.08.2010	Долина р. Хайдун	50° 55,8' с.ш., 84° 47,4' в.д.	1209	4670±105	5325±325

Начало Исторической стадии					
СОАН 6920 27.08.2007	Долина р. Акксем	49.87496 с.ш., 86.55161 в.д.	2109	2895±35	3102±125
СОАН 6921 28.08.2007	Долина р. Акксем	49.87359 с.ш., 86.55122 в.д.	2124	3140±30	3442±65
СОАН 6922 27.08.2007	Долина р. Акксем	49.88403 с.ш., 86.55150 в.д.	2134	2970±45	3187±140
Ядро Исторической стадии					
СОАН 6931 30.08.2007	Долина р. Исдыгем	49.86700 с.ш., 86.71994 в.д.	1995	2490±75	2607±190
СОАН-8225 16.08.2010	Долина р. Хайдун	50° 25,2' с.ш., 84° 38,6' в.д.	1752	2250±65	2230±130
СОАН-8227 16.08.2010	Долина р. Хайдун	50° 23,6' с.ш., 84° 39,8' в.д.	1782	2200±40	2230±110
СОАН-8228 16.08.2010	Долина р. Хайдун	50° 23,6' с.ш., 84° 39,8' в.д.	1782	2280±65	2265±145
Конец Исторической стадии					
СОАН-7832 16.07.2009	Долина притока р. Хайдун	50° 26,171' с.ш., 84° 35,260' в.д.	1742	1545±55	1591±130
СОАН-7833 16.07.2009	Долина притока р. Хайдун	50° 26,171' с.ш., 84° 35,260' в.д.	1742	1890±45	1947±95
СОАН-8226 16.08.2010	Долина р. Хайдун	50° 23,6' с.ш., 84° 39,8' в.д.	1782	1770±45	1690±130
Малый климатический оптимум					
СОАН 6918 27.08.2007	Долина р. Акксем	49.88435 с.ш., 86.54851 в.д.	2114	1400±70	1352±125
СОАН 7381 21.06.2008	Долина р. Актру	50.07188 с.ш., 87.77177 в.д.	2260	1000±50	983±35
Похолодание 12 – 13 веков					
СОАН 7379 21.06.2008	Долина р. Актру	50.07226 с.ш., 87.77023 в.д.	2218	710±55	735±75
СОАН 7380 21.06.2008	Долина р. Актру	50.07162 с.ш., 87.77219 в.д.	2261	700±50	743±55
СОАН 7382 21.06.2008	Долина р. Актру	50.07188 с.ш., 87.77177 в.д.	2260	690±45	738±50
Стадия Актру					
СОАН 6911 28.06.2007	Долина р. Шавлы	50.09372 с.ш., 87.40088 в.д.	2157	460±40	547±60

СОАН 6912 28.06.2007	Долина р. Шавлы	50.09385 с.ш., 87.40082 в.д.	2155	480±35	575±38
СОАН 6913 29.06.2007	Долина р. Шавлы	50.07023 с.ш., 87.44854 в.д.	2199	435±35	557±25
СОАН 6914 29.06.2007	Долина р. Шавлы	50.07004 с.ш., 87.44879 в.д.	2200	535±40	592±35
СОАН 6917 26.08.2007	Долина р. Акксем	49.88357 с.ш., 86.54863 в.д.	2106	400±40	527±50
СОАН 7384 26.08.2008	Долина р. Акксем	49.89908 с.ш., 86.53893 в.д.	2225	530±50	598±20
СОАН 7385 26.08.2008	Долина р. Акксем	49.89908 с.ш., 86.53893 в.д.	2225	270±70	383±225
СОАН 7387 29.08.2008	Долина р. Исдыгем	49.87153 с.ш., 86.72465 в.д.	1975	115±40	138±80

Материалы датировок 2007-2011 гг. подтвердили время основных климатических событий, представленных в (Галахов, Назаров, Харламова, 2005, Галахов, Назаров, Ловцкая, Агатова, 2008, Галахов, Ловцкая, Назаров, 2009, Назаров, Агатова, 2009). Судя по датировкам (приводится радиоуглеродное время), климатический оптимум наблюдался до, примерно, 6 тысяч лет назад (начало наступания ледников и гибели деревьев). Максимум Аккемской стадии (Пиор по альпийской хронологии) можно принять около 4,5 тыс. лет назад. Максимум первой фазы Исторической стадии – около 3 тыс. лет назад. Максимум ядра Исторической стадии – около 2500 лет назад. Конец Исторической стадии (третья фаза) – 1600–1700 лет назад. Начало стадии Актру (Фернау по альпийской хронологии) 500–550 лет назад.

Наиболее значительной корректировке подвергся период Малого климатического оптимума. Согласно нашим предшествующим представлениям, Малый климатический оптимум наблюдался в период 600 – 1000 г. н.э. Материалы датирования гибели деревьев в период Малого климатического оптимума позволяют разбить его на две фазы. Согласно датировкам (СОАН-6033, СОАН-6469 и СОАН-6918), первая фаза максимума потепления наблюдалась примерно 1500 лет назад. Вторая фаза наблюдалась около 1150 лет назад (СОАН-5635, СОАН-6037, СОАН-6042, СОАН-6456, СОАН-6465 и СОАН-7381). Если учесть, что эти даты получены по времени гибели деревьев, то начало последующих за потеплением похолоданий, отвечающих за их гибель, необходимо сдвинуть на 200 лет (100 лет – время реакции ледников, и 100 лет – время наступания, необходимое, чтобы языку ледника пройти расстояние до деревьев). Таким образом, первый максимум наблюдался 1700 лет назад, второй – около 1400 лет назад. Похолодание между ними продолжалось 300 лет. Судя по

продолжительности похолодания, его амплитуда должна составлять примерно 0,3°C (смотри рис. 34 в (Галахов, Назаров, Харламова, 2005)). Увеличим в соответствующих точках разницу температур на 0,3°C.

Время похолодания 12-13 веков можно оценить примерно в 900 лет назад (700+200). Также для оценки изменения температур воспользуемся рис. 34. После корректировки колебания изменений температур теплого периода будут несколько отличаться от приводимых ранее (табл. 6).

Для проверки полученной нами кривой отклонения температур теплого периода в ледниковой зоне Алтая сравним откорректированные значения с данными В.В.Клименко (2009) по Северному полушарию (таблица 7, рис. 6).

Таблица 6. Отклонения температур теплого периода за последние две тысячи лет в ледниковой зоне Алтая и в Северном полушарии

Годы нашей эры	Отклонения температур теплого периода, °C		
	Галахов, Назаров, Ловцкая, Агатова, 2008	Откорректированные	Клименко, 2009
0	0,7	0,7	0,1
100	0,5	0,5	-0,2
200	0,22	0,22	0,0
300	0,0	0,3	-0,1
400	-0,1	-0,1	-0,2
500	0,0	0,0	-0,5
600	0,16	0,16	-0,3
700	0,4	0,7	0,1
800	0,77	0,5	-0,05
900	0,89	0,3	-0,2
1000	0,4	0,4	0,2
1100	0,0	0,3	-0,6
1200	0,0	0,0	-0,2
1300	0,02	0,02	-0,5
1400	0,4	0,4	0,1
1500	0,11	0,11	-0,3
1600	-0,14	-0,14	-0,55
1700	-0,19	-0,19	-0,65
1800	-0,10	-0,10	-0,5
1900	-0,12	-0,12	-0,3
2000	0,0	0,0	

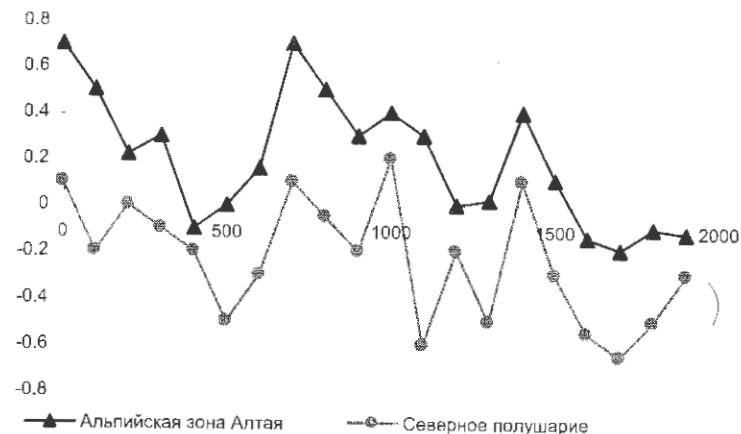


Рис. 6. Отклонение температур теплого периода за последние 2000 лет в альпийской зоне Алтая и в Северном полушарии

Как видим, связь получилась достаточно однозначная, что говорит о достоверности полученных нами отклонений.

1.3.2. Колебания увлажнения

Предварительные результаты изменения увлажнения по данным седиментации в межморенных понижениях и селсвой активности в долине Актру опубликованы (Галахов, Назаров, Харламова 2005). Естественно, что по ледниковым отложениям мы можем определить лишь временные рамки изменения увлажнения. Численные характеристики, скорее всего, получить в данном случае невозможно.

Для оценки колебаний увлажнения на юге Западной Сибири можно использовать материалы многолетних палеолимнологических исследований по озеру Чаны сотрудников лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Института геологии СО РАН (рис. 7). С помощью имитационного моделирования составляющих водного баланса, по изменениям уровня озера Чаны и изменениям термического режима теплого периода в ледниковой зоне Алтая, рассмотрены колебания увлажнения на юге Западной Сибири с шагом 100 лет (Галахов, 2012).

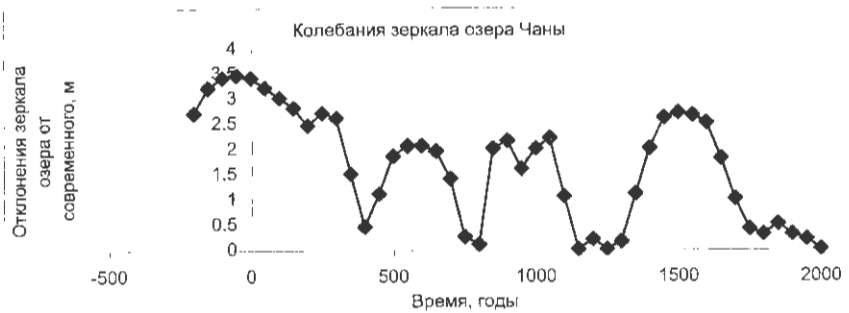


Рис. 7. Колебания уровня зеркала озера Чаны (Зыкин и др., 2009).

Попытаемся оценить возможность использования полученных колебаний увлажнения применительно к ледниковой зоне Алтая. В 2009 г. в верховьях реки Хайдун нами было пройдено два небольших шурфа для оценки времени формирования рыхлых отложений. Точная привязка шурфов и описание отобранных образцов на радиоуглеродное датирование приводится в «Приложении». Ниже приведено описание верхнего разреза (см):

0–3,5 моховина;

0–3,5 торф бурый с сероватым оттенком плотный за счет включения корней осок; присутствуют минеральные частицы илистого и тонкопесчаного состава;

3,5–5 торф более светлый серовато-бурый с большим включением минеральных частиц илистого и тонкопесчаного состава;

5–8 торф более светлый и плотный серо-бурый с включением минеральных частиц илистого и тонкопесчаного состава;

8–18 органико-минеральная масса; минеральная часть представлена илистыми осадками; органика в виде сильно-разложившихся частей травянистых растений; в верхней части тонкие непрочные гравийные прослойки;

18–31 илестые отложения с включением органики;

31–36 сизоватые песчано-гравийные отложения;

36–44 илесто-тонкопесчаные отложения с включением органики в виде хорошо сохранившихся листьев осок;

44–45,5 органическая прослойка бурого цвета; хорошо различаются листья осок;

45,5–53 сизовато-серые илестые отложения с редкими включениями тонких песчинок; редкие корни растений;

53–57 илесто-тонкопесчаные осадки;

57–59 песчано-гравийные осадки;

> 59 песок с включениями гальки.

Из разреза отобраны два образца органики на радиоуглеродные датировки. Нижний образец из прослоя торфа с глубины 44–45 см имеет

возраст 270 ± 45 лет. Верхний образец с глубины 13–18 см имеет возраст 125 ± 45 лет (радиоуглеродный возраст).

Описание нижнего разреза в районе базового лагеря (см):

0–4 слабо-разложившийся торф светло-бурого цвета со значительным количеством корней; плотно скрепленный дерновиной осок и злаков;

4–13 темно-бурый, до темно-серого, торф. При увлажнении темнеет. Обилие корней травянистых растений и *Betula rotundifolia*. Четко видны остатки растений;

13–48 бурый, до самого конца пронизан корнями растений торф. Более плотный и пластичный, чем предыдущий. При увлажнении темнеет. Плотность увеличивается к низу. Степень разложения органических остатков на всем протяжении низкая и к низу не увеличивается;

48–52 светло-серая, с буроватым оттенком, органико-минеральная масса. Минеральная часть палево-серого цвета представлена озерными илами. Органическая часть представлена как современными живыми корнями, так и слабо-разложившимся торфом. Достаточно хорошо видны волокна растений;

52–55 прослойка торфа бурого цвета средней степени разложения;

55–78 серовато-сизый, преимущественно минеральный горизонт. Однако на всем протяжении присутствуют органические остатки. Минеральная часть представлена илестыми частицами с включением песка и гравия слабой степени окатанности. На глубине 61 и 71 встречаются прослойки с большим количеством органики. В пределах его на глубине 71–73 см слой торфа со значительным включением минеральных частиц в виде песка и гравия. На отдельных фрагментах минеральных частиц больше, чем органики;

78–83 бурый органический горизонт со значительным включением минеральных частиц. Степень разложения средняя;

83–95 органико-минеральная масса, неоднородная по цвету, от палево-сизого до бурого. Минеральную часть представляют песчано-гравийно-галечниковые отложения без четко выраженной чистоты. Органические остатки хорошей сохранности в виде листьев осок.

95–108 органико-минеральная пластичная масса с большей долей участия органики средней степени сохранности. Минеральная часть представлена илестыми частицами с включениями тонкого песка. Встречаются части древесных растений (фрагменты стволов);

>108 крупногалечниковые отложения слабой окатанности.

В торфяных отложениях отобраны четыре образца на радиоуглеродное датирование. Нижний образец с глубины 105–108 см имеет возраст 1890 ± 45 лет. Образец с глубины 78–83 см имеет возраст 1545 ± 55 лет. Образец с глубины 52–55 см имеет возраст 1040 ± 45 лет. Верхний образец с глубины 44–45 см имеет возраст 785 ± 95 лет (радиоуглеродный возраст).

Для оценки синхронности колебаний увлажнения в степной части юга Западной Сибири и в ледниковой зоне Алтая мы попытались скоррелировать материалы по озеру Чаны и наши экспериментальные наблюдения в верховьях реки Хайдун (рис. 8). Как видим, формирование

торфяных прослоек (кроме нижней, где от дна шурфа до второй прослойки снизу наблюдаются не озерный пилит, а крупнозернистый песок со слабо окатанными и не окатанными валунчиками и щебнем, принесенным рекой в результате деградации находящихся в верховьях ледников) довольно хорошо соответствует периодам повышенного увлажнения (тенденция по озеру Чаны больше нуля).

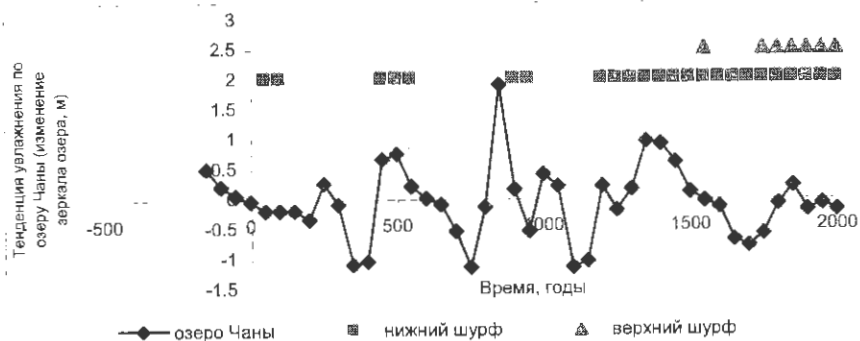


Рис. 8. Тенденция изменения увлажнения юга Западной Сибири (изменение уровня зеркала озера Чаны по сравнению с предыдущим периодом). Время формирования торфяных прослоек в нижнем шурфе (долина р. Хайдун). Время формирования торфяных прослоек в верхнем шурфе (долина р. Хайдун).

ГЛАВА 2. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА БАЛАНСА ЛЕДНИКА ТОМИЧ И ПРОГНОЗ ЕГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ.

2.1. Алгоритм имитационной модели

Полное уравнение ледового баланса любого ледника записывается следующим образом (Совместные исследования ..., 1973):

$$X_s \pm D \pm E \pm U - A_{i+s} \pm F_{i+f} = \Delta I, \quad (1)$$

где X_s - твердые осадки, D - баланс метельного снега, E - разница конденсации-испарения, U - баланс лавинного снега, A_{i+s} - абляция снега и льда на леднике, F_{i+f} - массы повторно замерзшей воды в толще фирна и наложенного льда в ледяной зоне, ΔI - изменение массы льда.

Для расчетов величин уравнения ледового баланса необходимо знать количество твердых осадков, выпадающих в различных высотных зонах горноледникового бассейна, процессы трансформации этих твердых осадков, количество стаявшего снега, фирна и льда, летние осадки, затраты влаги на льдообразование.

Для оценки составляющих ледового баланса, ледник Томич с окружающими склонами был разбит сеткой со стороной квадрата 250 м (рис. 9 – 10).

7	5	5	5	4	4	4	4	5	5	4	.
6	6	5	5	4	4	4	4	5	5	4	.
6	6	6	7	5	5	5	5	4	3	3	.
.	7	6	6	5	5	4	4	4	3	2	.
.	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	.
.	7	5	5	4	5	4	4	4	3	3	.
.	8	6	5	5	5	4	4	4	4	3	.
.	7	6	5	5	5	5	4	5	5	.	.
.	7	6	6	5	6	6	6	6	.	.	.

Рис. 9. Матрица абсолютных высот поверхности района ледника Томич (1970 г.). Условные обозначения: 2 – 1,8-2,0; 3 – 2,0-2,2; 4 – 2,2-2,4; 5 – 2,4-2,6; 6 – 2,6-2,8; 7 – 2,8-3,0; 8 – 3,0-3,2 км.

.	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	5	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	4	5	5	5	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	6	6	6	6	6	4	.	.	.	.	.	.	.
.	.	6	6	5	6	7	5	.	.	.	.	.	.	.
.	.	3	6	6	6	7	7	4	.	.	.	.	.	.
.	.	4	6	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Рис. 10. Матрица положения ледника Томич (№ 66) и двух ледников севернее его (№ № 67-68 в соответствии с «Каталогом ледников», 1978) и их толщины (1970 г.). Условные обозначения: 3–от 10 до 20, 4–от 20 до 30, 5–от 30 до 40, 6–от 40 до 50, 7–от 50 до 60 м.

Примечание: толщина ледника Томич на 2000 г. взята по радиолокационным измерениям (Никитин и др., 2001). Понижение поверхности ледника Томич за период с 1970 по 2000 г. определено по топографическим съемкам ледника (Галахов, Мухаметов, 1999). Толщины ледников №№ 67-68 определены в зависимости от их площади (Никитин и др., 2001).

Рассмотрим алгоритм расчета отдельных составляющих ледового баланса.

Твердые осадки. Рассчитываются для выделенных не ледниковых точек как сумма твердых осадков за зимний период на опорной метеостанции с учетом высотных градиентов снегозапасов (рис. 11–14).

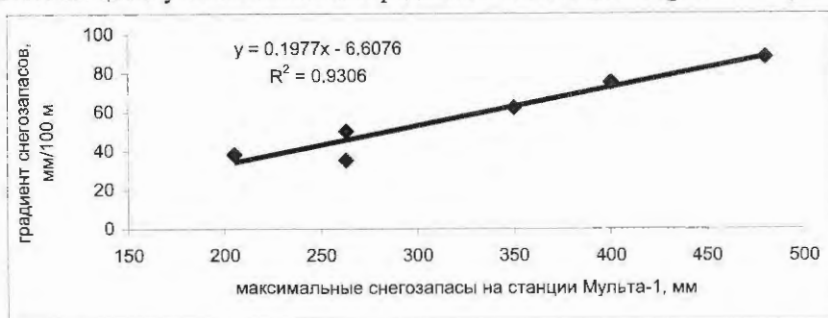


Рис. 11. Зависимость градиента снегозапасов от суммы зимних осадков на опорной метеостанции (Мульта I, H=1750 м) на высоте 1400-1600 м

Начало зимнего периода рассчитывается от начала ядра зимы (ноябрь) до устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C. Аналогичным образом рассчитывается окончание зимы, но устойчивый переход температуры воздуха через 0°C определяется от конца ядра зимы (март).

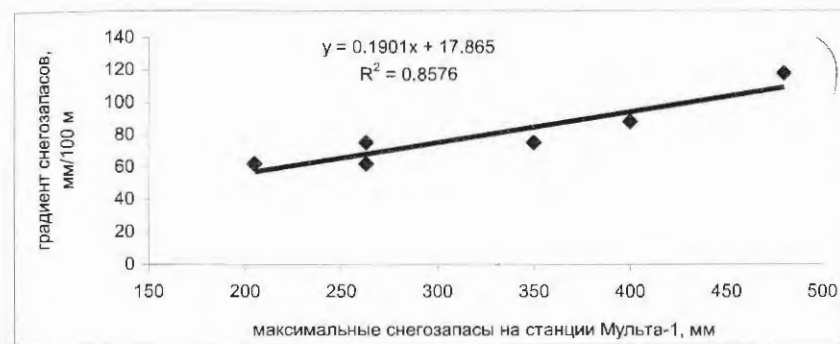


Рис. 12. Зависимость градиента снегозапасов от суммы зимних осадков на опорной метеостанции (Мульта I, H=1750 м) на высоте 1800-2000 м

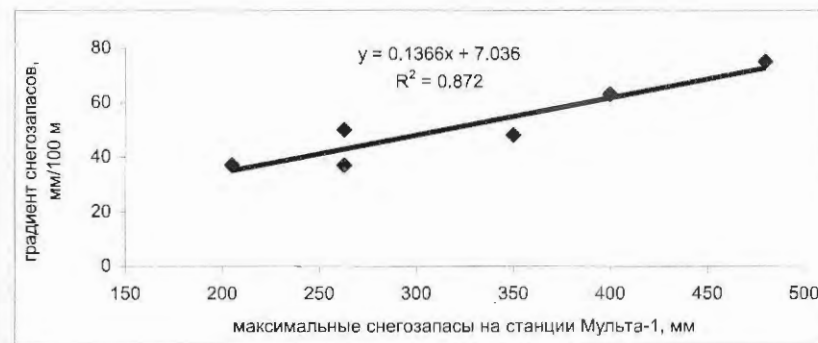


Рис. 13. Зависимость градиента снегозапасов от суммы зимних осадков на опорной метеостанции (Мульта I, H=1750 м) на высоте 2200-2400 м

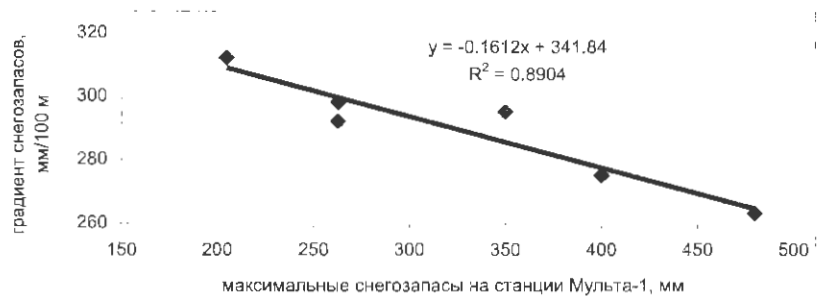


Рис. 14. Зависимость градиента снеготолщин от суммы зимних осадков на опорной метеостанции (Мульта 1, Н=1750 м) на высоте 2400-2500 м

Выше 2500 м градиент снеготолщин принимался таким же, как и в высотной зоне 2400-2500 м.

Точно таким же образом рассчитываются суммы твердых осадков для ледниковых точек, по температура воздуха уменьшается на величину ледникового скачка, зависящего от площади ледника (рис. 15).

$$\Delta t_{\text{скачка}} = 0,4 + 0,5(S_{\text{ледн.}})^{0,5} \quad (2)$$

8	8	8	7	7	7	7	7	7	8	7	.
8	8	8	8	7	7	7	7	8	7	7	.
8	8	8	8	8	8	8	7	7	6	6	.
.	8	8	8	8	8	7	7	7	6	5	.
.	8	8	8	8	8	7	7	7	6	6	.
.	8	8	8	7	8	7	7	7	7	6	.
.	8	8	8	8	8	8	7	7	7	6	.
.	8	8	8	8	8	8	7	8	7	.	.
.	8	8	8	8	8	8	8	.	.	.	.

Рис. 15. Фоновые снеготолщины в бассейне реки Томички в зимний период 1972-73 гг. Условные обозначения: 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250 г/см²

Лавинный и метелевый перенос. Трансформация выпавших твердых осадков (фоновые снеготолщины) происходит вследствие лавинного переноса снега вниз по склонам и ветрового воздействия на выположенных склонах. Достаточно подробно алгоритм расчета трансформации описан в

монографии «Имитационное моделирование как метод гляциологических реконструкций горного оледенения» (Галахов, 2001). Для оценки лавинного перераспределения снега использованы рекомендации В.Г.Ходакова (1978). Измерения в лавинных лотках показали, что перенос снега лавинами не наблюдается, если снеготолщины в лавиносборах менее 250 мм. В лавинном лотке при сходе лавин переносится не весь снег, часть его (250 мм) остается. Таким образом, если в точке фоновые снеготолщины менее 250 мм – лавинного переноса не происходит. Если уклоны в точке более 30 градусов и фоновые снеготолщины более 250 мм, происходит перераспределение снега лавинами по линии наибольшего уклона. Если в нижележащей точке выполняются условия лавинообразования, то процесс переноса снега лавинами продолжается до тех пор, пока уклон точки, куда переносится снег, не станет менее 30 градусов. Просмотр точек на возможность перераспределения снега лавинами производится по всей площади матрицы (рис. 16).

.	.	.	3	.	.	.	2	2	2	2	.
.	.	.	2	3	.	.	.	2	2	2	.
.	3	.	2	2	.	.	.	2	2	.	.
.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
.	2	2	.	.	4	.	.	.	.	2	.
.	2	3	.	4	5	2	2	2	?	.	.
.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	.

Рис. 16. Направление переноса снега лавинами и метелями в бассейне реки Томички в зимний период 1972-73 гг. Условные обозначения: 2 – лавинный снос, 3 – лавинная аккумуляция, 4 – метелевый снос, 5 – метелевая аккумуляция.

Считается, что снег метелями переносится с плоских пространств как ледников, так и водоразделов, имеющих длину разгона воздуха не менее 0,5 км, вниз по леднику (Котляков, 1973). Снег может перекладываться либо на леднике, либо выноситься за его пределы. Наблюдения на алтайских ледниках показали, что снег начинает переноситься с выположенных участков в том случае, если его водозапас превышает 400 мм. Дефляция снега метелями также возможна до водозапаса 400 мм. Дальнейшая дефляция снега метелями не происходит вследствие примерзания этого слоя к поверхности ледника. Таким образом, для расчета метелевого переноса примем следующие условия:

– если водозапас снежного покрова менее 400 мм – метелевого переноса не происходит;

– если длина выложенных участков более 250 м, водозапас в точках более 400 мм, уклоны участков не превышают 10 градусов, происходит перенос снега метелями вниз по леднику до тех пор, пока уклоны не станут более 10 градусов.

В результате процессов перераспределения снега в бассейне картина равномерного увеличения фоновых снегозапасов существенно трансформируется (рис. 17).

8	8	8	a	7	7	7	4	4	4	4	.
8	8	8	4	9	7	7	7	4	4	4	.
8	a	8	4	4	8	8	7	4	4	6	.
.	4	8	8	8	8	7	7	7	6	5	.
.	8	8	8	8	8	7	7	7	6	6	.
.	4	8	8	7	8	7	7	7	7	6	.
.	4	4	8	8	4	8	7	7	7	4	.
.	4	a	8	4	9	4	4	4	4	.	.
.	8	8	8	8	8	9	9	.	.	.	.

Рис. 17. Распределение смоделированных сумм твердых осадков в бассейне реки Томички в зимний период 1972-73 гг. Условные обозначения: 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, а – более 350 г/см²

Таяние. Стаявший слой рассчитывался как сумма положительных температур, умноженная на коэффициент таяния снега и льда (Галахов и др., 1987). Учитывалась экспозиция точки расчета и влияние летних снегопадов (рис. 18).

.	7	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	7	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	5	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.
.	4	5	7	7	8	.	.	.	.	.	.
.	.	7	7	9	7	9	9	.	.	.	.
.	.	6	6	7	8	9	9	.	.	.	.
.	.	5	7	8	7	8	8	8	.	.	.
.	.	5	5	6	4	.	.	.	.	.	.

Рис. 18. Распределение смоделированного стаявшего слоя снега и льда на ледниках в бассейне реки Томички летом 1973 г. Условные обозначения: 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, а – более 350 г/см²

Испарение. Экспериментальные наблюдения на леднике Томич за слоем испарившегося снега в период снеготаяния показали, что эта величина совершенно незначительна по сравнению со стаявшим слоем и поэтому она принималась постоянной и равной 40 мм (Галахов, 2001).

Льдообразование. Экспериментальные наблюдения в глубоких шурфах на леднике Томич показали, что снежно-фирновая толща за период абляции полностью промачивается тальми водами и жидкими осадками, т.е. активный слой полностью реализует запасы холода (Ревякин, Галахов, Голещихин, 1979).

На основе материалов наблюдений принято, что внутреннее питание в точках фирнового бассейна (которые можно определить по разнице аккумулярованного и стаявшего снега) равно:

$$F_{i+f} = 0,54bnf, \quad (3)$$

где bnf – величина фирнового остатка

При палеогляциологических реконструкциях в случае, если жидкой воды не хватает на реализацию запасов холода ($< 0,54bnf$), считалось, что вся вода уходит на повторное замерзание (рис. 19).

.	6	1	.	.	.	.	.	.	.	.
8	7	4	.	.	.	.	.	.	.	.
.	a	.	.	1	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.
.	9	8	7	4	4	.	.	.	.	.
.	.	6	4	1	5	1	1	.	.	.
.	.	2	7	4	1	4	1	.	.	.
.	.	a	6	1	8	1	1	1	.	.
.	.	8	8	7	9	.	.	.	.	.

Рис. 19. Смоделированный баланс ледников бассейна реки Томички за 1972–73 балансовый год. Условные обозначения: 1 – от -250 до -100, 2 – от -100 до -50, 3 – от -50 до 0, 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, а – более 350 г/см²

2.2. Проверка работоспособности алгоритма на существующем современном экспериментальном и палеогляциологическом материале

Материалы численных экспериментов на примере 1972-73 балансового года показали, что смоделированный ледовый баланс ледника Томич равен +45 г/см², реально измеренный – +41 г/см² (Ревякин, Галахов, Голещихин, 1979, с. 235). Если учесть, что величина абляции и аккумуляции равны 220 и 210 г/см², то ошибка расчета нас вполне удовлетворяет. К сожалению, в нашем распоряжении имеются материалы по термическому режиму и осадкам в бассейне реки Мульты лишь за 1972-73 балансовый год (еще одна причина, чтобы опубликовать в «Приложении» весь экспериментальный материал).

Непосредственные наблюдения за балансом ледника Томич проводились в период 1969 – 1974 гг. Этот период характеризуется положительным ледовым балансом. Если обратиться к бассейнам-аналогам (бассейн Актру), где материалы непосредственных наблюдений за балансом ледника М.Актру имеются с 1961-62 по 1988-89 балансовые годы (Нарожный, 1991), то баланс ледника за этот период равен -4 г/см². Для того, чтобы баланс ледника Томич соответствовал этой величине (-6 г/см²) при средней снежности года, необходимо увеличить температуры теплого периода 1972-73 балансового года на 0,1°С. Примем эту величину в качестве реперной для различных реконструкций (рис. 20).

.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
.	5	1	.	.	.	.	.	.	.	.
7	6	1	.	.	.	.	.	.	.	.
.	a	.	.	1	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.
.	8	8	5	1	1	.	.	.	.	.
.	.	1	1	1	4	1	1	.	.	.
.	.	2	6	4	1	1	1	.	.	.
.	.	a	5	1	8	1	1	1	.	.
.	.	8	7	6	8	.	.	.	.	.

Рис. 20. Смоделированный баланс ледников бассейна реки Томички в период инструментальных наблюдений (1969 – 73 гг.) за средний из наблюдаемых балансовый год. Условные обозначения: 1 – от -250 до -100, 2 – от -100 до -50, 3 – от -50 до 0, 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, а – более 350 г/см²

Первую проверку можно провести на основе материалов наблюдений за отступанием ледника Томич с начала инструментальных наблюдений (1969-73 гг.) по современное время. Материалы по отступанию ледника Томич приводятся в первой главе. На основе исследований длинного ряда инструментальных наблюдений за термическим режимом в городе Барнауле Н.Ф.Хараламова (2006) оценивает современный тренд изменения летней температуры (основной период абляции ледников) в 1,0°С/100 лет. С начала первой съемки ледника Томич (1973) прошло около 40 лет. Естественно, если учесть, что балансовое состояние ледника на определенный временной срез формируется около 10 лет, скорость реакции ледника составляет около 45 лет (Галахов, Назаров, Хараламова, 2005), увеличение средней летней температуры для ледника Томич необходимо принять не 0,4°С, а по нашему мнению 0,1°С.

Данное увеличение средней летней температуры (0,1°С) характерно для ГМС Каратюрек. С начала наблюдений (1940 г.) по 1970 г. среднее средней летней температуры равняется 5,57°С. За последующий период (1940 – 1998 гг.) увеличения среднего средней летней температуры не произошло: среднее равно 5,60°С. (рис. 21). И лишь за период с 1999 по 2008 гг. наблюдается значительный рост: увеличение среднего средней летней температуры за период с 1940 по 2008 гг. равно 5,80°С.



Рис. 21. Колебания средней летней температуры по ГМС Каратюрк (2600 м) за период с 1940 по 1998 гг.

Смоделируем изменение баланса ледника и, соответственно, возможное отступление ледника за это время (рис. 22). Как видим, отступление фронта ледника составило в соответствии с моделированием около 200 м, что хорошо согласуется с инструментальными наблюдениями.

Проверку полученной модели попытаемся провести на примере стадии Фернау, граница ледников в которую довольно четко отбивается на космических снимках (рис. 23). Для численного моделирования кроме планового положения ледников нам необходимо знать изменение высоты поверхности ледников. На основе материалов радиолокационных съемок ледников (Никитин и др., 2001) была построена зависимость средней толщины ледника от его площади (рис. 4).

При площади ледника Томич в 1970 г. (Каталог ледников, 1978) равной $1,6 \text{ км}^2$ средняя толщина ледника равна 60 м, что подтверждается данными съемки (Никитин и др. 2001). При площади в стадию Фернау в $2,5 \text{ км}^2$ средняя толщина ледника должна была быть равной 80 м. Однако, если учесть, что зависимость средней толщины от площади получена на стадии деградации ледников, необходимо её увеличить минимум на 10 м. Для численных экспериментов толщина ледника Томич принята равной 90 м. Изменение температуры теплого периода в соответствии с нашими исследованиями (Галахов, Назаров, Харламова, 2005) равно $-0,2^\circ\text{C}$, осадки приняты современными (рис. 24). Суммарный баланс ледников приводится ниже в табл. 8.

.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	5	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	a	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.
.	8	8	4	1	1	.	.	.	.	.	.
.	.	1	1	1	4	1	X	.	.	.	.
.	.	2	5	1	1	1	X	.	.	.	.
.	.	a	4	1	8	1	1	X	.	.	.
.	.	8	7	6	8	.	.	.	.	.	.

Рис. 22. Смоделированный баланс ледников бассейна реки Томички и их отступление за период 1969 – 2010 гг. при условии, что это средний балансовый год. Условные обозначения: 1 – от -250 до -100, 2 – от -100 до -50, 3 – от -50 до 0, 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, a – более 350 г/см^2 . X – точки, на которых ледник протаял до ложа по сравнению с 1970, $\Delta L = 250 \text{ м}$

Таблица 8. Баланс ледников бассейна реки Томички в стадию Фернау.

Ледник	Площадь, км^2	Баланс, г/см^2
Томич	2,50	-1,9
№№ 67-68	1,25	+1,6



Рис. 23. Положение границы ледника Томич и № № 67-68 в современный период и в стадию Фернау (фрагмент карты масштаба 1:50 000)

Материалы численного моделирования ледников бассейна Томички подтвердили полученную нами величину похолодания в стадию Фернау (1450–1850 гг.) $-0,2^{\circ}\text{C}$, которую мы получили ранее по бассейну Актру (Галахов и др., 2008).

Второй, характерной, климатической, точкой является Аккемская стадия (стадия Пиор по альпийской хронологии), возраст которой определен по радиоуглеродному датированию озерных отложений перед мореной в 4,3 – 4,5 тыс. лет назад (возраст озерных отложений: 4160 ± 150 (СОАН-7825), 3890 ± 90 (СОАН-7826), радиоуглеродный возраст; 300 – 400 лет необходимо на отступление ледника от морены и начала формирования озерных отложений). Эта стадия, достаточно хорошо выражена в рельефе долины Мульты. Собственно положение моренного комплекса Аккемской стадии отмечается 700 м выше впадения реки Поперечной. В соответствии с исследованиями по бассейну Актру похолодание в этот период составляло $0,9^{\circ}\text{C}$. Принимая осадки современными, рассчитаем баланс ледников в эту стадию (табл. 9, рис. 25).

.
.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	7	4	a	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	7	6	.	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	a	8	.	1	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	9	8	7	6	4	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	7	4	4	5	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	2	7	7	2	4	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	a	7	2	8	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	8	8	8	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Рис. 24. Баланс ледников Томич и №№ 67-68 в стадию Фернау. Условные обозначения: 1 – от -450 до -100 , 2 – от -100 до -50 , 3 – от -50 до 0 , 4 – от 0 до 50 , 5 – от 50 до 75 , 6 – от 75 до 100 , 7 – от 100 до 150 , 8 – от 150 до 250 , 9 – от 250 до 350 , а – более 350 г/см². $\Delta L = 250$ м

Таблица 9. Баланс ледников бассейна реки Мульты в Аккемскую стадию

Ледник	Площадь, км ²	Баланс, г/см ²
Томич	4,50	+0,5
Моноледник	14,75	-1,3

Как видим, и в данном случае численное моделирование подтвердило величину похолодания в Аккемскую стадию, полученную по бассейну Актру.

.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.
.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.
9	a	8	2	2	1	1	1	.	.	.	.
9	5	8	3	2	1	2	2	.	.	.	.
9	9	8	6	2	.	1	1	2	3	5	9
.	.	8	7	2	2	2	2	2	5	8	8
.	.	9	6	3	2	2	2	6	8	a	.
.	6	9	9	9	6	3	8	9	9	7	.
.	.	.	9	9	7	8	9	9	7	a	.
.	.	.	.	8	8	9	9	5	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.

Рис. 25. Баланс ледников Томич и моноледника долины Мульты в Аккемскую стадию. Условные обозначения: 1 – от -500 до -250, 2 – от -250 до -100, 3 – от -100 до -50, 4 – от -50 до 0, 5 – от 0 до 50, 6 – от 50 до 75, 7 – от 75 до 100, 8 – от 100 до 150, 9 – от 150 до 250, а – более 250 г/см². ΔL = 0,5 км. Ледник Томич помечен курсивом

2.3. Прогноз изменения ледника Томич при климатических изменениях

Результаты проведенной проверки позволяют нам использовать разработанную модель для оценки отступления ледника Томич в ближайшем будущем. В соответствии с нашими исследованиями (Галахов и др., 2008), в ближайшие 50 – 100 лет, нас ожидает дальнейшее потепление, соизмеримое с потеплением от максимума стадии Фирнау по 2000 г. Согласно статистическому прогнозу для ледников, при их скорости реакции эта величина будет составлять + 0,2°С.

Максимум отступления ледника Томич до начала стабилизации через 50 – 100 лет и дальнейшего похолодания должен составлять 300 – 350 м (рис. 26).

.	1	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	5	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	a	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.
.	8	7	4	1	1	.	.	.	.	.	.
.	.	1	1	1	4	X	X	.	.	.	.
.	.	2	5	1	1	1	X	.	.	.	.
.	.	a	4	1	8	1	X	X	.	.	.
.	.	8	7	6	8	.	.	.	.	.	.

Рис. 26. Смоделированный баланс ледников бассейна реки Томички и их отступление на максимум потепления через 50 – 100 лет. Условные обозначения: 1 – от -250 до -100, 2 – от -100 до -50, 3 – от -50 до 0, 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, а – более 350 г/см². X – точки, на которых ледник протаял до ложа по сравнению с 1970 г. ΔL = 250 м.

.	X	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	1	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	a	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.
.	8	6	1	1	X	.	.	.	.	.	.
.	.	1	1	X	X	X	X	.	.	.	.
.	.	1	4	1	X	X	X	.	.	.	.
.	.	a	1	1	7	X	X	X	.	.	.
.	.	7	4	4	8	.	.	.	.	.	.

Рис. 27. Смоделированный баланс ледников бассейна реки Томички и их отступление в период Малого климатического оптимума. Условные обозначения: 1 – от -250 до -100, 2 – от -100 до -50, 3 – от -50 до 0, 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, а – более 350 г/см². X – точки, на которых ледник протаял до ложа по сравнению с 1970 г. ΔL = 250 м.

Мы просчитали также состояние ледников в бассейне Томички в Малый климатический оптимум (600 – 900 гг. нашей эры, потепление на $0,9^{\circ}\text{C}$) (рис. 27) и в собственно климатический оптимум (6 тыс. лет назад, потепление на $1,8^{\circ}\text{C}$) (рис. 28). Эти два варианта могут быть использованы также при прогнозе будущего состояния ледников.

.	X	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	X	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X	1	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	9	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.
.	7	4	1	X	X	.	.	.	.	.	.
.	.	X	X	X	X	X	X	.	.	.	.
.	.	X	X	X	X	X	X	.	.	.	.
.	.	a	1	X	4	X	X	X	.	.	.
.	.	4	1	1	7	.	.	.	.	.	.

Рис. 28. Смоделированный баланс ледников бассейна реки Томички и их отступление в период климатического оптимума. Условные обозначения: 1 – от -250 до -100, 2 – от -100 до -50, 3 – от -50 до 0, 4 – от 0 до 50, 5 – от 50 до 75, 6 – от 75 до 100, 7 – от 100 до 150, 8 – от 150 до 250, 9 – от 250 до 350, a – более 350 г/см^2 . X – точки, на которых ледник протаял до ложа по сравнению с 1970 г. $\Delta L = 250 \text{ м}$

В Малый климатический оптимум ледник Томич разделялся на два самостоятельных ледничка: правый площадью около $0,3 \text{ км}^2$, и более большой левый – площадью около $0,6 \text{ км}^2$. В период собственно климатического оптимума это были, скорее всего, два небольших висячих ледничка с площадью $0,2$ и $0,4 \text{ км}^2$. Питание этих ледников происходило как за счет фоновых снеготпасов, так и за счет лавинных процессов.

В гляциологической среде существует мнение, что при деградации ледников, когда их площадь становится меньше, ледники становятся более устойчивыми (т.е., реагируют с меньшей скоростью) на климатические изменения (Глазырин, 1985). Попробуем рассмотреть этот вопрос с помощью разработанной модели на примере ледника Томич (рис. 29).

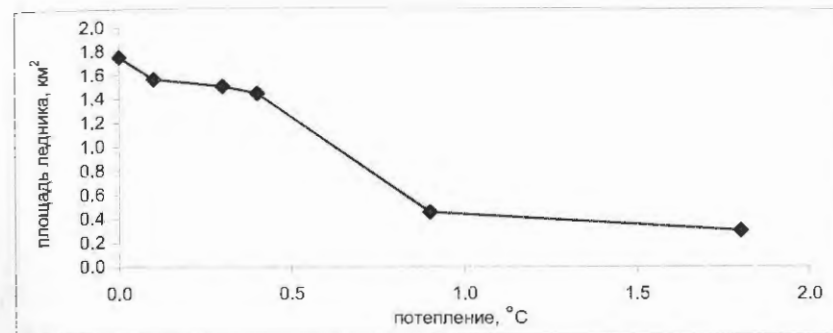


Рис. 29. Изменение площади ледника Томич в зависимости от величины потепления в период абляции

Как видим, на примере численного моделирования этот вывод подтверждается. Ледник Томич уже при потеплении на $1,0^{\circ}\text{C}$, скорее всего, распадался на два фрагмента. Но при потеплении почти в два раза ($1,8^{\circ}\text{C}$) его площадь уменьшалась с существенно меньшей интенсивностью.

Анализ полученных численных экспериментов состояния ледника Томич в зависимости от изменения температур теплого периода показывает, что, как указывал М.В.Тронов (Тронов, 1972) ледники должны при определенных климатических колебаниях быть довольно устойчивыми. Например, при изменении термического режима от Малого ледникового периода ($-0,2^{\circ}\text{C}$) до потепления в $0,4^{\circ}\text{C}$ площадь ледника колеблется от $2,2$ до $1,4 \text{ км}^2$. При дальнейшем потеплении ледник Томич становится неустойчивым: он распадается на 2 фрагмента. Однако эти два фрагмента вновь становятся устойчивыми. При потеплении от $0,8$ до $1,8^{\circ}\text{C}$ площадь фрагментов уменьшается незначительно, и оледенение не исчезает.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА РАЗМЕРОВ ОЛЕДЕНЕНИЯ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ ГОЛОЦЕНА В БАССЕЙНЕ РЕКИ КОКСЫ

Для оценки размеров бывших оледенений или их стадий при дегляциации ледника геоморфологами, как правило, используются моренные комплексы (Ивановский, 1965). Изучение морфологии моренного рельефа в ледниковых долинах позволяет рассмотреть не только максимальное распространение ледников, но и оценить стадии деградации.

Как указывает Л.Н.Ивановский (1981, с. 118): «Основой таких сопоставлений конечных морен продолжает оставаться морфология. В долинах устанавливается число конечных морен, их положение в долине и морфология, исследуется состав обломочного материала, его выветрелость и характер мелкоземистой части. Описывается последовательность расположения конечных морен от коща ледника и от наиболее древней конечной морены (максимальной фазы), одновременно изучается характер соотношения конечных морен с речными террасами. Подсчитывается депрессия снеговой линии (где это возможно) и приводятся сравнения полученной депрессии по долинам горной страны».

К сожалению, отсутствие статистически значимого радиоуглеродного датирования в алтайских моренных комплексах (до последнего времени), приводило к неоднозначному толкованию времени их формирования. Один из основоположников гляциальной геоморфологии Л.Н.Ивановский в результате своих многолетних исследований пришел к выводу, что: «К настоящему времени все палеогеографические построения, основанные на морфологическом методе, требуют подтверждения путем определения абсолютного возраста отложений.» (Ивановский, 1981, с. 119).

По сравнению с Юго-Восточным Алтаем район наших исследований характеризуется отсутствием ярко выраженных морфологических признаков былого оледенения. Конечные морены, например, в соответствии с исследованиями П.А.Окишева (1982) наблюдаются лишь на высотах около 1400-1500 м (с. 13-14): «На западе Алтая, где хребты (Ивановский, Коксуйский, Коргонский, Холзун) не поднимаются выше 2600 м, современное оледенение представлено единичными небольшими каровыми ледничками [75], существование которых определяется большой концентрацией осадков метелевого переноса. Поэтому, леднички приурочены только к подветренным склонам хребтов северной и северо-восточной экспозиции.

Позднеплейстоценовому оледенению подвергалась большая часть этих хребтов. ...

С удалением от наиболее поднятых частей хребтов размеры ледников быстро уменьшались и их морфология упрощалась. Вместе с тем усиливалась асимметрия оледенения, более резко выступало различие между размерами ледников наветренного (западного, юго-западного) и подветренного (северного, северо-восточного) склонов. Например, в хребте Холзун (рис. 3) на участке водораздела между бассейнами Тургусуна и Хайдуна ледники юго-западного (наветренного) склона в 3-4 раза уступали по длине и площади ледникам северо-восточного склона. Такая асимметрия оледенения свидетельствует, что в прошлом здесь метелевое перераспределение твердых осадков было не менее характерным процессом, чем в настоящее время. В рассматриваемых хребтах минимальными высотами, еще обеспечивавшими возникновение небольших ледничков, являются поверхности с отметками около 2000 м.

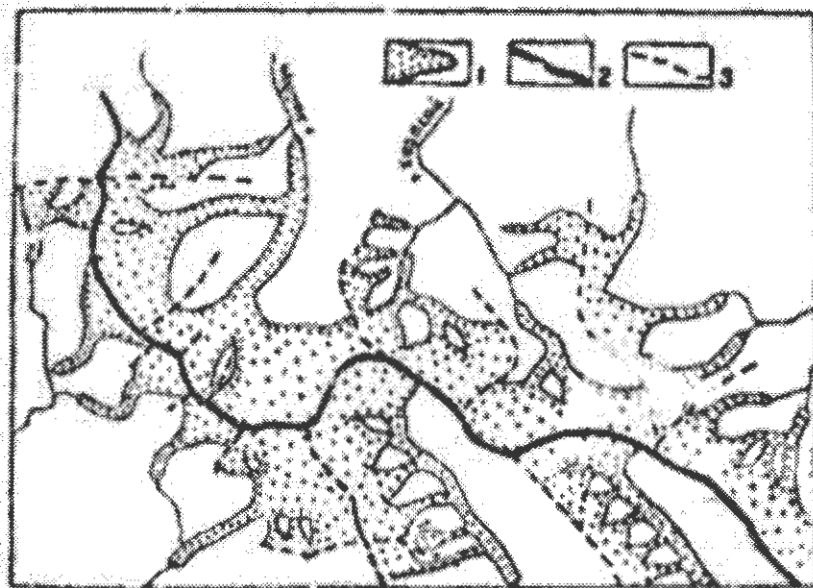


Рис. 3. Асимметричность позднеплейстоценового оледенения хребта Холзун: 1 - размеры ледников в максимум первого мегастаднала; 2 - линия главного водораздела; 3 - боковые отроги хребта.

Современная снеговая линия на ледничках в глубоких подветренных карах располагается на высоте 2100-2350 м [75], хотя окружающие вершины, поднимающиеся почти до 2600 м, лишены ледниковых образований, не достигают нижнего уровня хиноносферы или уровня «365». Поэтому депрессия снеговой линии в максимум позднеплейстоценового

оледенения здесь была меньше, чем в высоких хребтах Центрального Алтая, составляла около 700 м, и снеговая линия проходила на высоте 1600-1650».

Примечание: ссылка у П.А.Окишева на [75] – это ссылка на «Каталог ледников СССР, том 15, вып.1, часть 4».

Материалы позднейших исследований (Галахов, Русанов, 2008) показывают, что в районе исследований кроме конечных морен, на которые указывает П.А.Окишев, существуют и остатки донной морены, например, примерно 3 км ниже села Сугаш, в долине реки Абай. Причем по радиоуглеродному датированию возраст морены равен 18590 ± 345 лет. Таким образом, ледники максимума последнего похолодания в бассейне реки Коксы были существенно больше, чем по исследованиям геоморфологов и необходимо искать другой способ идентификации следов прошлых оледенений.

3.1. Аккемская стадия

3.1.1. Время Аккемской стадии и существующие схемы распространения ледников на ее максимум

К сожалению прямых радиоуглеродных датировок моренных комплексов Аккемской стадии для исследуемой части Алтая до настоящего момента не было. Первые радиоуглеродные датировки района исследований были выполнены Г.Г.Русановым (Галахов, Русанов, 2008). Однако они касаются не голоцена, а максимума последнего похолодания и последующей деградации ледников. Материалы наших исследований периода от Аккемской стадии до современности (радиоуглеродное датирование с подробным описанием мест находки) приводятся в «Приложении». Обобщенная таблица этих датирований приводится в разделе 1.3.

Наиболее показательна в данном случае датировка перед мореной Аккемской стадии в бассейне реки Мульты (стадия Пиор по альпийской хронологии), возраст которой определен по радиоуглеродному датированию озерных отложений перед мореной в 4,2 – 4,3 тыс. лет назад (возраст озерных отложений: 4160 ± 150 (СОАН-7825), 3890 ± 90 (СОАН-7826), радиоуглеродный возраст; 300 – 400 лет необходимо на отступление ледника от морены и начала формирования озерных отложений). Эта стадия, достаточно хорошо выражена в рельефе долины Мульты. Датировки долин Иедыгса, Аккема, Маашея и Аккола подтверждают датирование по Мульте. Необходимо помнить, что по вышеперечисленным долинам датирована вымытая из морен древесина. Естественно, что деревья погибали в период наступания языков ледников, захоранивались в ледниковых отложениях и могли быть транспортированы вниз по долине. Скорее всего, наиболее старые датировки характеризуют начало

похолодания в Аккемскую стадию. Наиболее молодые – кульминацию и стационарирование языков ледников.

Собственно схемы распространения ледников в Аккемскую стадию (также как и на последующие стадии) на исследуемую территорию отсутствуют. По крайней мере, нам они не известны.

3.1.2. Упрощенная модель расчета планового положения ледников

В своих работах М.В.Тронов неоднократно предупреждал, что без балансового согласования палеогляциологические реконструкции невозможны (Тронов, 1972). В 2001 г. вышла в свет монография В.П.Галахова «Имитационное моделирование как метод гляциологических реконструкций горного оледенения (по материалам исследований на Алтае)» (Галахов, 2001). Применяя метод имитационного моделирования баланса современных горных ледников, автор работы попытался рассмотреть баланс ледников периода Аккемской стадии по 6 ледниковым долинам: Актру, Аккема, Мульты, собственно верховий Катуги, Чаган-Узуна, Маашея. Естественно, что такое моделирование применимо не ко всякой ледниковой долине (подробное моделирование на примере долины реки Мульты приводится во второй главе). Необходимы достаточно подробные метеорологические, снегомерные и гляциологические работы. Или необходимо подтверждение аналогичности полученных зависимостей в долине-аналоге. На основе подробного моделирования баланса горных ледников В.П.Галаховым разработана, в частности, упрощенная схема расчета планового положения горных ледников в Аккемскую стадию.

Алгоритм этого расчета следующий. По карте современной абляции-аккумуляции (например, Кренке, 1982) на р. читаемом участке определяется величина снегонакопления на высоте современной фирновой границы. Эта величина характеризует снежность (или косвенно энергию оледенения) данного района. По этой величине находится депрессия снеговой границы (рис. 29) и ледниковый коэффициент (рис. 30). Зная современную высоту региональной фирновой границы и ее депрессию, можно найти площадь фирнового бассейна палеоледника. Зная площадь фирнового бассейна и ледниковый коэффициент можно найти площадь языка палеоледника на рассчитываемый период.

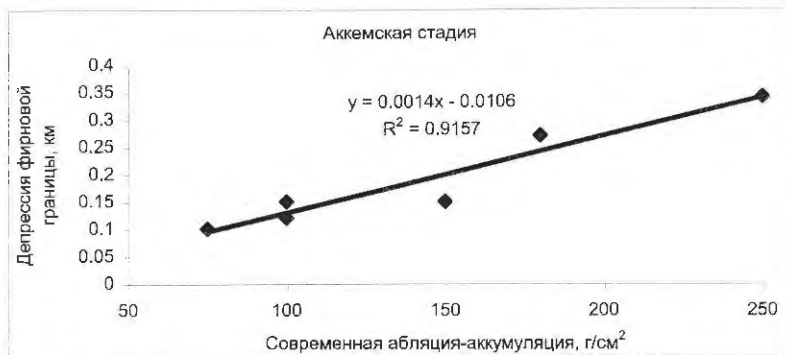


Рис. 30. Зависимость депрессии снеговой границы в Аккемскую стадию от величины современной абляции-аккумуляции (Галахов, 2001). Бассейны: Актру, Аккем, Мульта, Катунь, Чаган-Узун, Маашей

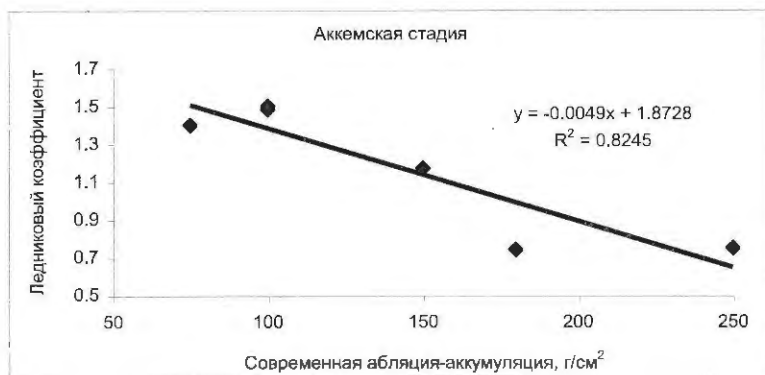


Рис. 31. Зависимость отношения площади фирнового бассейна к площади языка ледника (ледниковый коэффициент) от величины современной абляции-аккумуляции (Галахов, 2001). Бассейны: Актру, Аккем, Мульта, Катунь, Чаган-Узун, Маашей.

При плановом построении палеоледников периода Аккемской стадии необходимо учитывать следующее. Первое, толщину палеоледников необходимо принимать не менее 100 м для районов с современным дисперсным оледенением (экспертная оценка выполнена на основе радиолокационных измерений на современных ледниках). Поскольку современные карты отражают современный рельеф, плановое положение фирновой границы необходимо «опустить» на толщину палеоледников в современной картине рельефа. Второе, для районов с дисперсным и малым оледенением величину депрессии фирновой границы необходимо

уменьшить на 25-30% для районов с локальной снеговой границей по сравнению с региональной (В. Messerli, 1967). Третье, на склонах южной экспозиции (и тяготеющих к южному румбу) депрессию фирновой границы необходимо еще раз уменьшить на 25 – 30%. Естественно, что отрисовка фирнового бассейна и языка палеоледника должна проводиться с учетом рельефа долины и принятой толщины ледников.

Необходимо подчеркнуть также следующее. Мы специально не использовали при анализе современные космические снимки высокого разрешения. Использовались «старая» аэрофотосъемка, проведенная в 60-е годы советскими картографами. Дело в том, что на современных космических снимках высота фирновой линии будет выше, чем на «старых» аэрофотоснимках, вследствие наблюдающегося в последние десятилетия потепления. Метод определения абляции-аккумуляции на высоте фирновой границы разрабатывался А.Н.Кренке в 70-е годы, когда баланс ледников был слабо отрицательным. Т.е., ледники были относительно стационарны. Если применить его для современных условий, в период значительной нестабильности ледников, мы рискуем получить совершенно не кондиционные материалы. Это, например, отчетливо прослеживается, если мы попытаемся на основе современных космических снимков получить величину ледникового коэффициента (отношение площади фирнового бассейна к площади языка ледника) в зависимости от абляции-аккумуляции на высоте фирновой границы.

Наиболее резкую критику в данной схеме моделирования вызывает различная величина депрессии фирновой линии в одной горной стране (Окишев, 2003). Однако, еще в 1967 г. Л.Н.Ивановский писал следующее (с. 63): «Подобное различие депрессии снеговой линии в разных климатических условиях не является для науки новым. У нас первым на это особое внимание обратил К.К.Марков (1937), который считает, что недоучет местных условий приводит к серьезным ошибкам при рестаурации ледников прошлого. В настоящее время весьма интересные сравнения по величинам депрессии снеговой линии для разных горных хребтов Европы и Азии сделал Н.М.Сватков (1962). В приведенных им цифрах, взятых из иностранных и советских работ, ясно видно возрастание депрессии снеговой линии в морском климате и уменьшение её при нарастании континентальности климата».

Очевидно, что величина современной абляции-аккумуляции на высоте фирновой линии характеризует именно континентальность климата.

3.1.3. Плановое положение ледников в бассейне р. Коксы

Материалы предыдущей главы (бассейн реки Мульта) подтвердили правомочность применения, разработанной методики моделирования планового положения ледников в Аккемскую стадию: совпадение реальной

морены Аккемской стадии и планового положения языка ледника на основе численного моделирования. Необходимо помнить, что, разработанная методика дает приближенное, а не точное положение языков ледников.

Разработанная методика расчета планового положения ледников требует знания высоты современной фирновой границы. Т.е., ее можно применять в районах, где сохранилось современное оледенение. В соответствии с картами абляции-аккумуляции и высоты границы питания, разработанными А.Н.Кренке (1982) мы можем просчитать плановое положение ледников в Аккемскую стадию для следующих крупных притоков реки Коксы: Ночной, Хайдуна, Карагая, Банной и Красноярки, Тюгюрюка.

Для расчета планового положения ледников примем следующее. Для бассейнов рек Ночная, Хайдун и Карагай высоту современной локальной фирновой границы примем равной 2300 м. Абляцию-аккумуляцию на высоте современной фирновой границы – 350 г/см². Для бассейнов рек Банной и Красноярки высоту современной локальной фирновой границы примем равной 2300 м, абляцию-аккумуляцию на высоте современной фирновой границы – 325 г/см².

Для бассейна реки Тюгюрюк высоту современной локальной фирновой границы примем равной 2300 м, абляцию-аккумуляцию на высоте современной фирновой границы – 310 г/см² (подробные схемы планового положения ледников в вышеперечисленных бассейнах приводятся в «Приложении»).

Ледник Аккемской стадии в бассейне реки Ночная доходил до устья реки Улужай, подпруживая долину Хайдуна. Ледники в бассейнах рек Хайдун и Карагай почти доходили до долины реки Коксы (не хватило 2 – 4 км). В бассейнах Банной и особенно Красноярки оледенение было существенно меньше. В бассейне Банной язык ледника ниже впадения правобережного притока – реки Черной – распластывался в современном междуречье рек Банная и Колчулу. В бассейне Красноярки с левого борта формировались 7 каровых и карово-долинных ледников, которые не смогли даже сформировать собственный моноязык. В бассейне реки Тюгюрюк ледник Аккемской стадии долины Маргала доходил до устья одноименной реки, но не формировал какого-то общего языка, который бы спускался вниз по долине Тюгюрюка. Зато долины нижележащих притоков (Бол. Булухта, Бол. Карыгем, Мал.Карыгем и др.) формировали мощный моноязык, который выдвигался в долину реки Коксы, подпруживая последнюю. Очевидно, выше этой ледниковой плотины должно было формироваться ледниково-подпрудное озеро. Современные надпойменные террасы в районе устья Тюгюрюка имеют высотные отметки около 1040 м. Площадь этого моноледника должна была составлять немногим более 300 км², причем около 60 км² должны были выходить в долину реки Коксы. Естественно, что толщина этого языка ледника должна быть не 100 м, а по

нашей экспертной оценке около 250 м. Таким образом, зеркало ледниково-подпрудного озера могло располагаться на абсолютной высоте примерно 1300 м.

Полученную схему необходимо было проверить непосредственно в рельефе. В июле 2009 г. было обследовано нижнее течение реки Карагай в районе зимовки Глазачевка (место исследований выбрано в соответствии с положением конечного моренного комплекса Аккемской стадии, полученного по плановой модели. См. «Приложение», рис. 4). Материалы визуального обследования показали, что выше по течению поймы реки, примерно на расстоянии 4 км наблюдается обширное заболоченное пространство. На левом берегу (в районе старого деревянного моста) обнаружены остатки донной морены. Однако, явно выраженного моренного комплекса, как, например, в бассейне Мульты, не наблюдается. Попытка найти место для датирования не увенчалась успехом. На глубине, примерно 30 см, наблюдается многолетняя мерзлота («Приложение», датировка СОАН – 7824). Ниже заболоченной территории река протекает в естественном русле, подобного заболачивания поймы не наблюдается. Скорее всего, в данном месте происходило перегораживание реки рыхлым материалом (иначе столь обширное заболоченное пространство не смогло бы сформироваться), которое впоследствии было размыто. Поиски морен Аккемской стадии (лето 2010 г.) в бассейнах рек Хайдун и Банная не дали результатов. Складывается впечатление, что эти моренные комплексы либо не формировались совсем, либо впоследствии были трансформированы в аллювиальные отложения долин.

Для подтверждения существования ледниково-подпрудного озера выше устья Тюгюрюка рассмотрим разрез болотных отложений, выполненный на левом берегу реки Хайдун, 4 км северо-восточней устья реки Коксочка. Место отбора представляет собой болотный ерниково-хвощево-сфагновый болотный массив, предположительно на месте озера, сформированного в Аккемскую стадию. Торфяная залежь имеет мощность 170 см. Ниже до 200 см отмечается черный озерный ил с растительными остатками. Еще ниже озерный ил с синеватым оттенком. От нижней границы торфа шурф был вырыт на глубину 50 см. Еще, примерно на 1 метр, озерный ил был прозондирован ломом. Однако минеральной подстилки (донной морены или аллювиальных отложений) достигнуто не было. Из нижнего слоя торфа была отобрана проба на радиоуглеродное датирование, которая показала возраст 4095±85 лет (СОАН-8221). Еще одна проба на радиоуглеродное датирование была отобрана на границе черного и «синего» илов. Возраст этой пробы – 4670±105 лет (СОАН-8222). Таким образом, можно отметить, что ледниково-подпрудное озеро, сформированное ледником из долины Тюгюрюка, существовало до конца Аккемской стадии. Существование Абайского палеозера именно в период Аккемской стадии подтверждается исследованиями сотрудииков

Ленинградского госуниверситета (Михайлов, Чистяков, Амосов и др., 1992, с. 136 - 137): «Поверхность болотного массива (имеется в виду болотный массив Тюдекты в Абайской котловине) осложнена буграми пучения и небольшими озерами, которые сосредоточены в основном в южной части. Высота отдельных бугров достигает 2 – 3 м. Один из них вскрыт разрезом 88001, сложенным оторфованными озерными илами». С глубины 0,8 м была отобрана проба на радиоуглеродный анализ, которая показала возраст 3140 ± 90 лет (радиоуглеродный возраст). Естественно, что торфонакопление над озерными илами началось после спуска ледниково-подпрудного палеозера.

Материалы наших собственных исследований накопления озерных илов болота Тюдекты подтвердили существование Абайского палеозера в период Аккемской стадии. Ниже приводится описание разреза.

Пинго на болоте Тюдекту размером 50x15 м. Длинной осью вытянут с северо-запада на юго-восток. Вершина осложнена кочками, разрывами торфа. Окружен болотом. Злаково-осоковое сообщество. Криотурбированные озерно-болотные отложения.

Выполнен разрез глубиной 136 см (рис. 32). С глубины 120 см – мерзлота. Описание сверху – вниз.

- 1) дернина сухая, густо переплетенная корнями злаков и осок 0–0,10 м;
- 2) серый переплетенный корнями сухой торф бесструктурный 0,10–0,29 м;
- 3) темно-серый торф, холодит руку, песно плитчатый, плотный 0,29–0,62 м;
- 4) темно-серая органико-минеральная масса, более рыхлая свежая среднесуглинистого состава 0,62–0,95 м;
- 5) серый с буроватым оттенком ил, среднесуглинистый, свежий 0,95–1,00 м;
- 6) темно-серый с сизоватым оттенком ил, холодит руку, пятна мерзлоты, незначительно органики 1,00–1,20 м;
- 7) темно-серый почти черный ил, кристаллы льда местами в виде куншнев; при оттаивании пластичный 1,20–1,36 м.

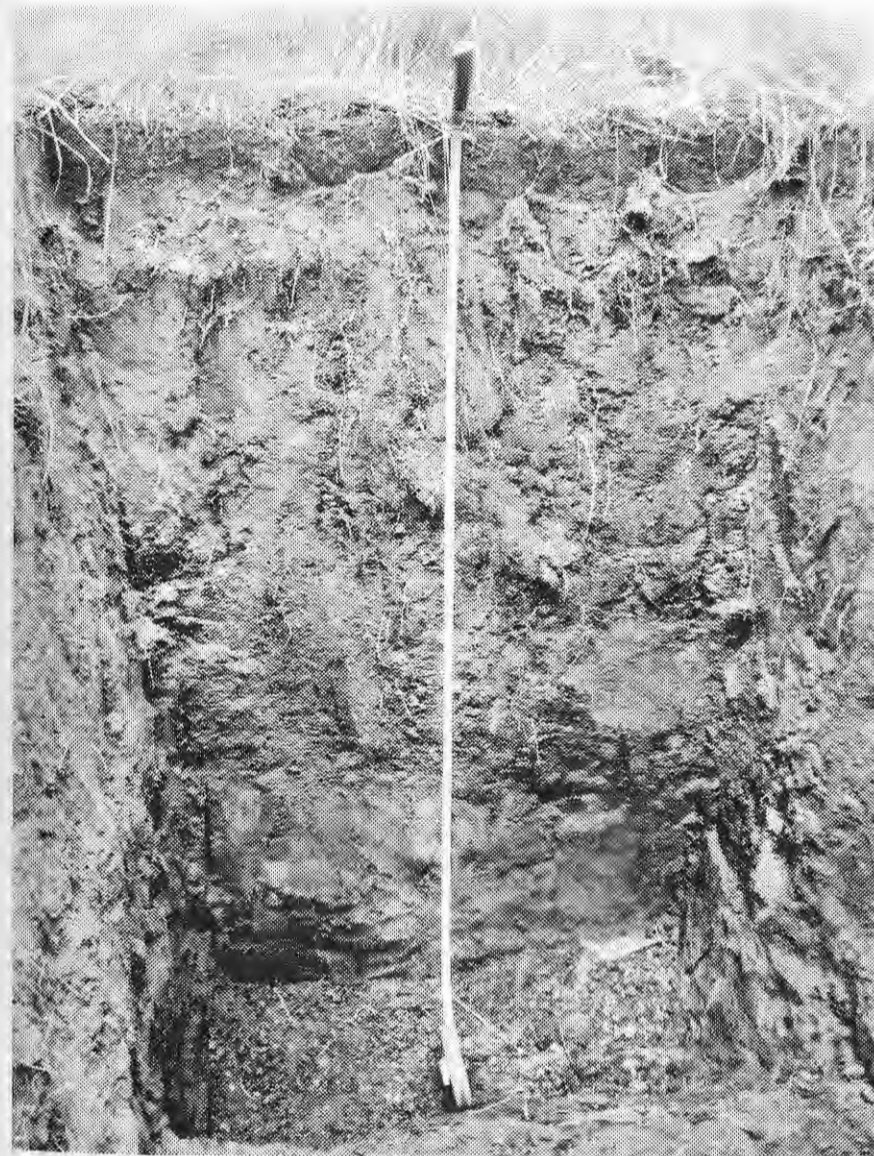


Рис. 32. Разрез пинго на болоте Тюдекту. Фото Д.В.Черных

На радиоуглеродное датирование отобрано два образца:

1) 100–105 см – темно-серый ил с сизоватым оттенком, незначительным количеством органики, пятнами мерзлоты;

2) 125–135 см – темно-серый, почти черный ил, мерзлый.

Первый образец с глубины 100-105 см показал возраст 3345 ± 75 лет (СОАН-8529), второй образец с глубины 125-130 см - 4350 ± 80 лет (СОАН-8530, радиоуглеродный возраст). К сожалению, пройти шурф до подстилающих озерно-болотные отложения пород не удалось. С глубины 120 см наблюдается многолетняя мерзлота, что сделало невозможным проходку шурфа после 136 см.

Общезвестно, что языки ледников, спускавшиеся в озеро, разрушаются гораздо интенсивней чем от простого таяния и, самое основное, не формируют конечных моренных комплексов (Рудой, Русанов, 2010). Поэтому найти в долине Коксы морены Аккемской стадии не представляется возможным. Вследствие волноприбойной деятельности языки ледников разрушались, и минеральная составляющая трансформировалась, не формируя морен. С этой точки зрения удивительно, что какие-то остатки морены Аккемской стадии отмечаются в долине реки Карагай.

3.2. Стадии Фернау и Историческая в бассейне реки Хайдун

Эти две стадии достаточно хорошо выражены в рельефе бассейна.

Стадия Фернау. Небольшие снежно-ледовые образования (рис. 33) оставили в рельефе хорошо прослеживающиеся, как в естественных условиях (рис. 34), так и на космических снимках (рис. 35) моренные комплексы последней ледниковой стадии 16 – 19 веков.

Собственно сами ледники представляют собой небольшие снежно-ледовые образования размерами несколько сотен метров в длину и ширину (ледник представленный на рис. 33 имеет размеры 200x200 м). Язык ледника, по сравнению с гребнем морены стадии Фернау, залегает ниже, примерно на 20 – 25 м. Скорее всего под мореной находится ледяное ядро, уж больно она высока по сравнению с самим языком ледника. То, что это морена стадии Фернау подтверждается верхним разрезом, отстоящим от ледника примерно на один км, с датировкой торфяной прослойки в основании 270 ± 45 лет (отчет от 1950 г.).

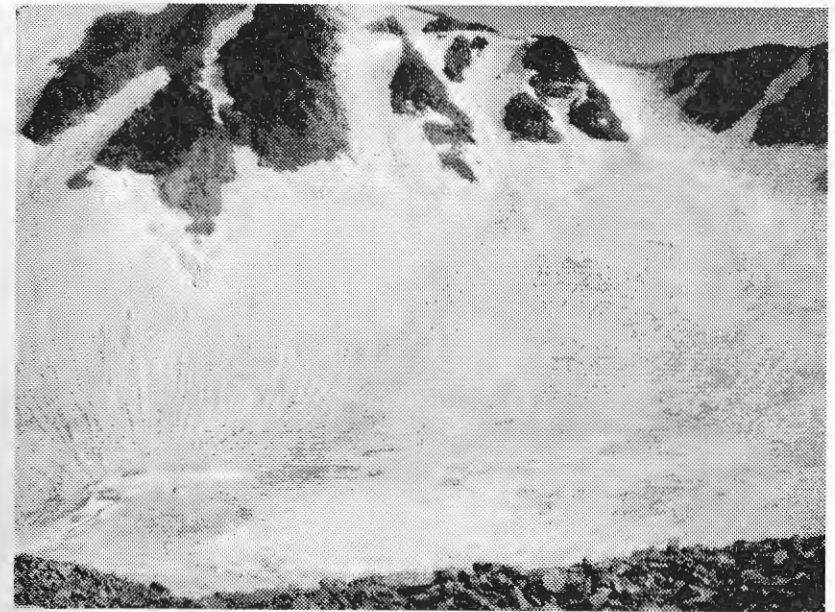


Рис. 33. Небольшой ледничок в верховьях реки Хайдун (июль 2009 г., фото Д.В.Черных)

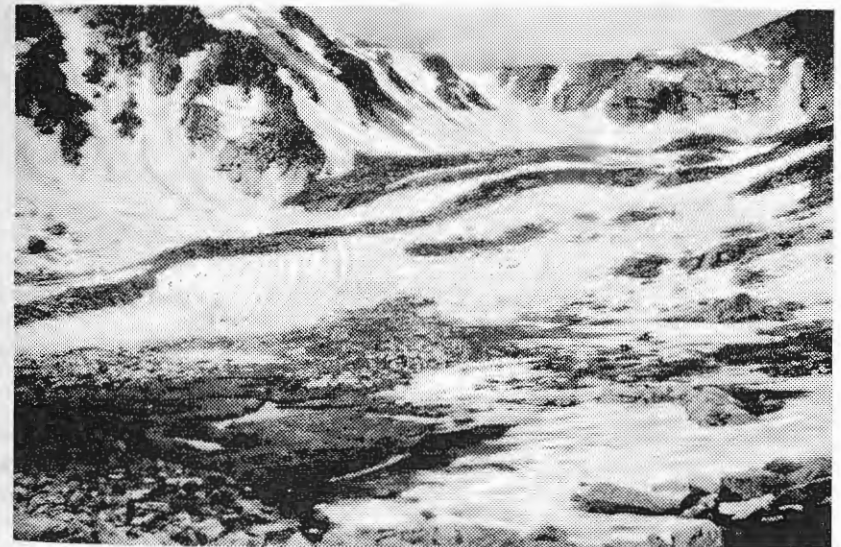
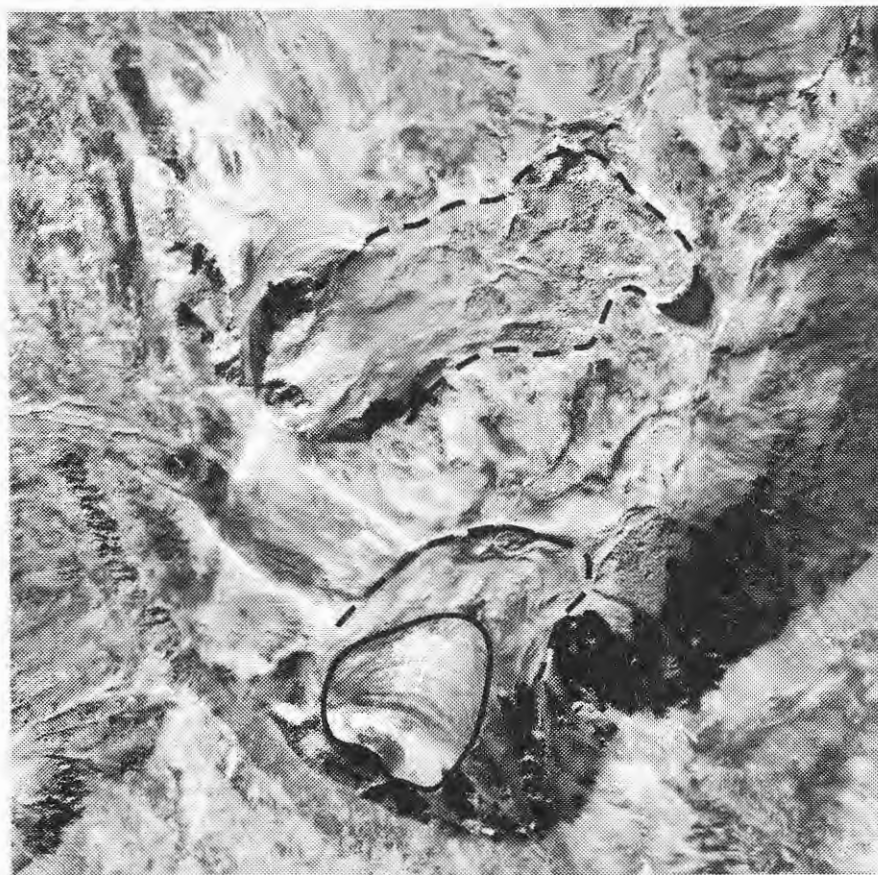


Рис. 34. Морена стадии Фернау ледничка, показанного на рис. 31 (июль 2009 г., фото Р.Ю.Бирюкова)



— контур современного ледника
 - - - контуры морен стадии Фернау

Рис. 35. Космический снимок небольшого ледничка в верховьях реки Хайдун. Хорошо прослеживается граница ледничка и моренный комплекс стадии Фернау. Выше существующего ледничка (смотри рис. 33 и 34) можно выделить еще один комплекс морен стадии Фернау. Однако ледничка в этом каре уже нет.

Историческая стадия. По сравнению с Центральным Алтаем (Катунский, Северо-Чуйский и Южно-Чуйский хребты) Историческая стадия в бассейне реки Хайдун в морфологии рельефа выражена достаточно хорошо. Выделение ее в бассейне Актру проводилось на основе скорости роста лишайников (Галахов, Назаров, Харламова, 2005). В данном случае, мы можем достаточно определенно выделить все три фазы в рельефе.

Особенно явно эти фазы выделяются в долине собственно Хайдуна (рис. 36).

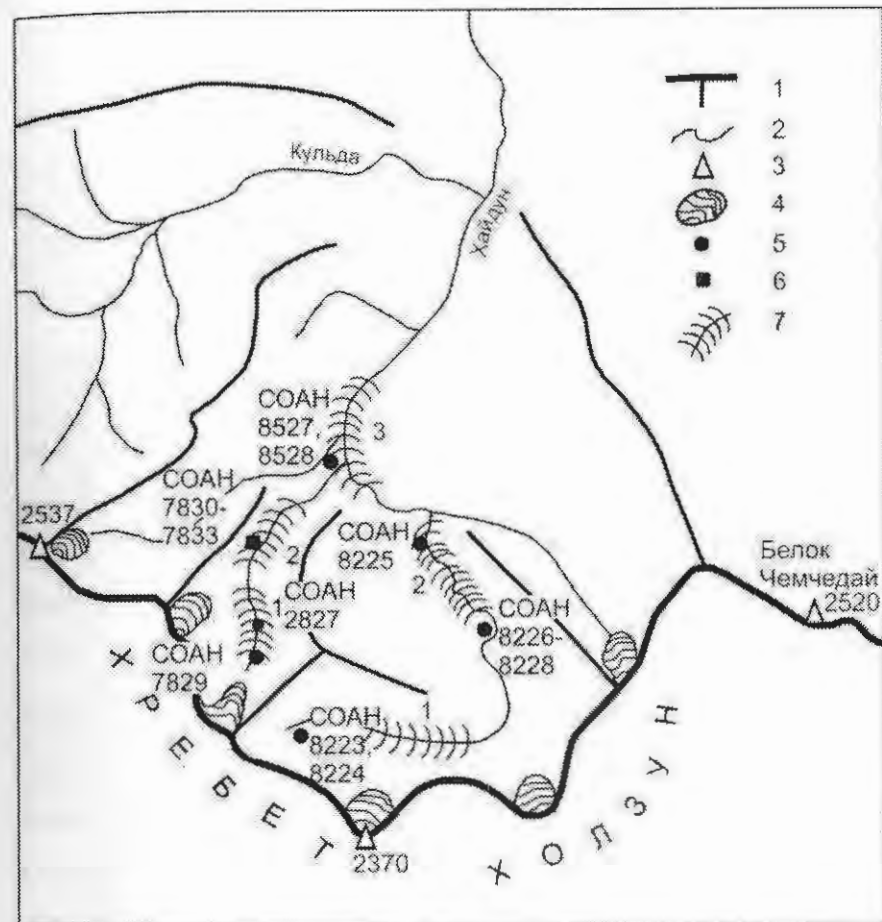


Рис. 36. Схема положения морен Исторической стадии в бассейне реки Хайдун.

Условные обозначения: 1- хребет Холзун с отрогами, 2 – рски, 3 – отдельные вершины, 4 – современные снего-ледовые образования, 5 – точки отбора на радиоуглеродное датирование, 6 – точка отбора керна на спорово-пыльцевой анализ, 7 – моренные комплексы Исторической стадии (1 – около 1600 лет назад, 2 – около 2500 лет назад, 3 – около 3100 лет назад).

В 2009 г. было отобрано 10 радиоуглеродных проб, анализ которых проводился в Институте геологии и минералогии СО РАН (смотри «Приложение»). Анализ радиоуглеродных датировок позволил подтвердить,

что наиболее поздняя фаза Исторической стадии наблюдалась позже 1900 лет назад (по бассейну Актру ее возраст оценен примерно в 300 – 400 гг. нашей эры).

В 2010 г. отобраны три радиоуглеродные датировки второй фазы Исторической стадии (смотри «Приложение»). Одна датировка (СОАН-8225, болотные отложения) отобрана примерно в одном километре выше конца классически выраженного моренного комплекса. Две других (СОАН-8227 и СОАН-8228) в болотных отложениях перед моренным комплексом. Естественно, что эти датировки характеризуют не время существования ледника, а время после его деградации, и начала формирования межморенных и моренноподпрудных озер. По нашему мнению, ядро Исторической стадии можно датировать примерно 2,5 тысячами лет назад (радиоуглеродное время). Этот возраст подтверждается датировкой СОАН-6931 из долины реки Иедыгем.

Третья, наиболее старая (первая) фаза Исторической стадии, весьма хорошо выражена в рельефе. В 2011 г. была сделана попытка получить ее возраст. В междуречье левых притоков Хайдуна был пройден шурф глубиной 152 см (рис. 37). Описание шурфа (сверху – вниз) приводится ниже.

Левобережная часть долины р. Хайдун. Обширное понижение внутри морены Исторической стадии в 5 м от подошвы склона моренной гряды. Злаково-осоково-пушищевое болото.

1) торф коричневый средней степени разложения, плотный, пронизан корнями растений, при надавливании появляется вода 0–0,30 м;

2) торф коричневый средней степени разложения с вкраплениями белесоватых песчинок; при надавливании воды нет 0,30–0,42 м;

3) органо-минеральная масса; минеральная часть представлена темно-серым с сизоватым оттенком илом с включениями песчинок; органическая часть – пронизывающие ил остатки растений средней степени разложения 0,42–0,59 м;

4) крупнопесчано-илистые отложения серого цвета с включениями органики в виде листьев травянистых растений (осоки); отдельные включения гальки 0,59–0,75 м;

5) илисто-крупнопесчаные отложения светло-серого цвета с включениями гравия, гальки и органических остатков (до 10%) 0,75–0,91 м;

6) песчано-гравийные отложения с остатками растений (до 10%) 0,91–1,02 м;

7) илистые отложения сизоватые пластичные с включением остатков растений до 10%; на глубине 1,08 м прослойка торфа толщиной 5 мм 1,02–1,15 м.

8) илистая органо-минеральная масса буро-коричневая; многочисленные включения фрагментов стволов деревьев 1,15–1,30 м.

9) органо-минеральная масса буро-коричневая с многочисленными включениями гальки и слабо окатанных валуничков, фрагментами стволов деревьев; с глубиной количество гальки 1,30–1,52 м.

Отобрано и проанализировано на радиоуглеродный возраст два образца:

1) фрагмент ствола дерева с глубины 145 см. (7750±125; СОАН-8527);

2) органоминеральная масса из нижней части разреза с глубины 145–152 см. Органика представлена фрагментами древесины, остатками растений и надкрыльниками жуков (9400±90; СОАН-8528).

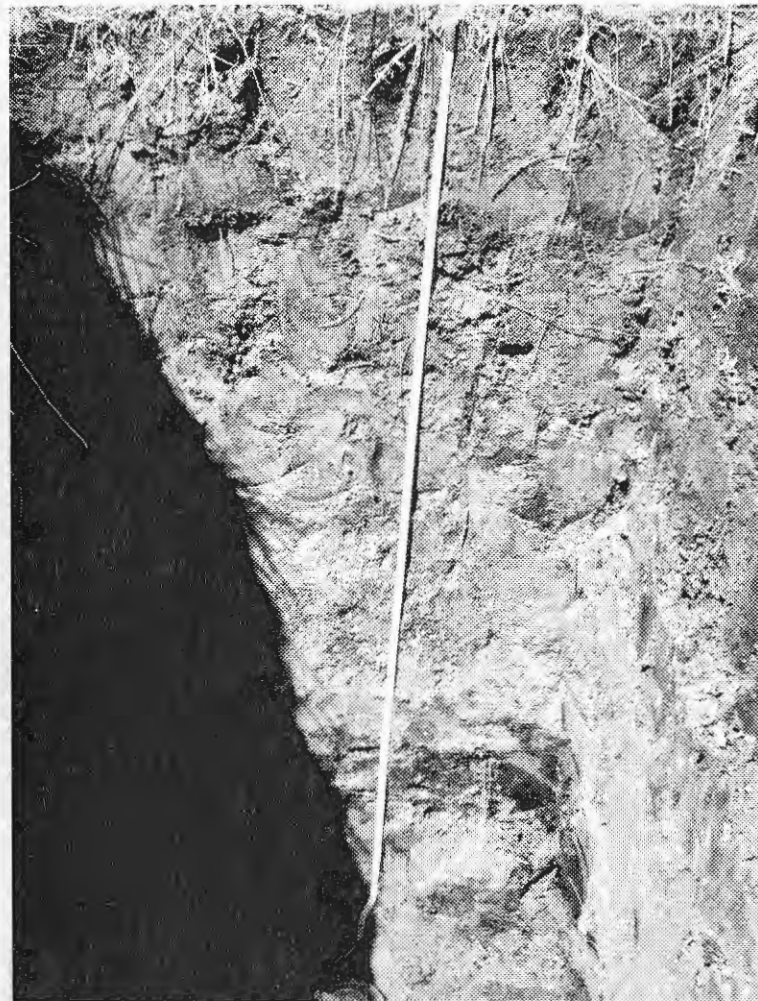


Рис. 37. Разрез болотных отложений в междуречье левых притоков Хайдуна. Фото Д.В. Черных

Как видим, эти датировки дают существенно более древний возраст, чем можно было бы ожидать. Однако необходимо отметить следующее. В слое 102-115 см наблюдается явное нарушение стратиграфии верхних озерно-болотных отложений. После песчано-гравийных отложений, что мы наблюдали, например, перед мореной в разрезе болотных отложений с датировками СОАН 8226 – 8228, ниже залегает слой илистых отложений сизоватого цвета, пластинчатых, с включением остатков растений до 10%. На глубине 1,08 м отмечается прослойка торфа толщиной 5 мм. Очевидно, что этот слой (из которого получены датировки СОАН 8527 – 8528) относится к отложениям более древним, чем вышележащие слои.

Захоранивание и сохранение растительных остатков под донной мореной, в различного рода углублениях, отмечается для горных территорий. Например, под языком ледника Малый Актру была найдена древесина с радиоуглеродным возрастом около трех тысяч лет (СОАН-5631) (Галахов, Назаров, Харламова, 2005). Хотя это место перекрывалось ледниками, как минимум, в Малый ледниковый период. Весьма интересно болото с названием «Bunte Moog» в Штубайерских Альпах в Тироле (Maug, 1964). Франц Майер отмечает в данном месте «слоеный пирог» из торфяных прослоек и донной морены. Эти отложения, по его мнению, имеют максимальный возраст около 1400 – 1300 лет до Р.Х. Ледник Фернауфернер неоднократно захоранивал Бунте Моор, затем отступая и выводя его на дневную поверхность.

Таким образом, в том, что эти датировки в понижении у боковой морены, получились более древними, чем начало Исторической стадии, ничего особенного нет. Ледник это не бульдозер, который обязан при наступании «сдирать» все рыхлые отложения в понижениях рельефа. Мы считаем, что формирование болота в устье Коксочки и пинго на болоте Тюдукту однозначно показывают, что долина Коксы в Аккемскую стадию перекрывалась ледником из долины Тюгюрюка, и выше ледниковой плотины образовывалось ледниково-подпрудное озеро. Датирование болот показывает, что после 4000-4200 лет (радиоуглеродный возраст) началось торфонакопление. Т.е., к этому времени ледниково-подпрудное озеро должно было быть спущено. Полученные датировки (7750 – 9400 лет) показывают лишь то, что в это время ледника в данном месте не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы исследований размеров и изменения оледенения второй половины голоцена показали следующее. Сбор и анализ статистически значимого материала по радиоуглеродным датировкам, как в Юго-Западном, так и в Центральном Алтае (горный узел Белухи) подтвердили основные фазы динамики ледников: Аккемскую стадию (Пиор по альпийской хронологии), три фазы Исторической стадии, стадию Актру (Фернау). Материалы радиоуглеродного датирования позволяют более обосновано говорить об изменениях температур теплого периода за вторую половину голоцена Центрального Алтая (Галахов и др., 2008, Галахов и др., 2009). Сравнение в рельефе явно выраженной Аккемской стадии в бассейне реки Мульты (возраст определен по двум радиоуглеродным датировкам) и имитационное моделирование планового положения ледников в бассейне показало их полную идентичность. Это доказывает правомочность реконструкций древнего оледенения с помощью плановой модели. Моделирование планового положения ледников в Аккемскую стадию в бассейне реки Коксы показало, что оледенение исследуемой части Алтая было весьма значительным. Фиксация и датирование в долине реки Коксы озерных илов показывает, что в период Аккемской стадии (4,7 – 4,2 тыс. лет назад, радиоуглеродный возраст) в бассейне формировалось ледниково-подпрудное озеро с глубиной у ледниковой плотины (район устья реки Тюгюрюк) в первые сотни метров (по нашему мнению - 250 м). Волноприбойные явления в древнем озере разрушали языки ледников и трансформировали моренные отложения. Поэтому в крупных речных долинах бассейна реки Коксы явно выраженные (как, например, в долине реки Мульты) морены Аккемской стадии отсутствуют. Но отсутствие морен не означает, что оледенение 4,7 – 4,2 тыс. лет назад в бассейне реки Коксы было незначительным. Это также означает, что морфологический метод не всегда может быть применим при палеогляциологических реконструкциях. С этой точки зрения весьма показательным является мнение П.А.Окишева (1982). По его мнению, древнее оледенение в долине реки Коксы было весьма незначительным. И действительно, например, в бассейне реки Хайдун явно выраженные моренные комплексы отмечаются на высоте 1400 – 1500 м. Современные ледники, в соответствии с Каталогом ледников (1977) имеют фирновую линию на высоте 22500 – 2350 м. Если принять, что депрессия снеговой линии была минимальна (смотри Окишев, 1982, с. 63) и равнялась 700 м., то снеговая линия «второго постмаксимума» должна была проходить на высоте 1600 м, или почти на высоте моренных комплексов. Если принять, что толщина этих ледников была 150 м (а, скорее всего, она была существенно больше), то в плановое положение древней снеговой границы и моренных комплексов совпадет. Получается, что в долине Хайдуна

ледники представляли собой практически одну зону аккумуляции почти без языков. Данный пример приводится лишь для того, чтобы еще раз показать: морфологический метод не всегда может быть применим при палеогляциологических реконструкциях. Чтобы избежать ошибок необходимо как датирование морен (на что указывал Л.Н.Ивановский), так и применение плановых моделей реконструкций древнего оледенения, основанных на зависимостях изменения депрессии снеговой границы и ледникового коэффициента от современной абляции-аккумуляции.

ЛИТЕРАТУРА

Галахов В.П. Имитационное моделирование как метод гляциологических реконструкций горного оледенения. Новосибирск: Наука, 2001, 136 с.

Галахов В.П., Нарожный Ю.К., Никитин С.А. и др. Ледники Актру (Алтай). Л.: Гидрометеиздат, 1987, 119 с.

Галахов В.П., Мухаметов Р.М. Ледники Алтай. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1999, 136 с.

Галахов В.П., Назаров А.Н., Харламова Н.Ф. Колебания ледников и изменения климата в позднем голоцене по материалам исследований ледников и ледниковых отложений бассейна Актру (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет). Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2005, 132 с.

Галахов В.П., А.Н.Назаров, О.В.Ловцкая, А.Р.Агатова. Хронология теплого периода второй половины голоцена Юго-Восточного Алтая (по датированию ледниковых отложений). Барнаул: Изд-во «Азбука», 2008, 58 с.

Галахов В.П., О.В.Ловцкая, А.Н.Назаров. Статистический прогноз термических изменений ближайшего будущего (по материалам исследований колебаний ледников Центрального Алтая). Известия РГО, том 141, выпуск 5, СПб.: Наука, 2009, с. 51 – 59.

Галахов В.П., Русанов Г.Г. Расчет планового положения ледников на максимум последнего похолодания (по исследованиям в Абайской котловине). // Бюллетень «Природные ресурсы Горного Алтая», Горно-Алтайск, 1(9), 2008, с.47 – 52.

Галахов В.П., Черных Д.В., Золотов Д.В., Бирюков Р.Ю. Позднеголоценовая гляциальная история долины р. Хайдун (хр. Холзун, Алтай). // Рельеф и экзогенные процессы гор. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения доктора географических наук, профессора Льва Николаевича Иванова. Иркутск 25-28 октября 2011 г. Том 2. Иркутск: изд-во ИГ СО РАН, 2011, с. 6-9.

Галахов В.П. Оценка увлажнения юга Западной Сибири (по колебаниям уровня озера Чаны). // СПб: Наука, Известия РГО, т. 144, вып. 1, 2012, с. 47-51

Глазырин Г.Е. Распределение и режим горных ледников. – Л.: Гидрометеиздат, 1985, 181 с.

Зыкин В.С., Зыкина В.С., Орлова Л.А., Чиркин К.А., Балакин П.В., Смолянинова Л.Г. О развитии озера Чаны в позднеплейстоцен-голоценовое время. // В сб.: География – теория и практика: современные проблемы и перспективы. Всероссийская научно-практическая конференция. Барнаул – Горно-Алтайск, 15-18 апреля 2009 г. Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2009, с. 95 – 98.

Ивановский Л.Н. Вопросы сопоставления конечных морен на Алтае. // Гляциология Алтая, вып. 1V, Томск: Изд-во ТГУ, 1965, с. 49-69.

Л.Н.Ивановский. Формы ледникового рельефа и их палеогеографическое значение на Алтае.-Л., Наука, Ленингр.отделение, 1967, 234 с.

Ивановский Л.Н. Гляциальная геоморфология гор (на примере Сибири и Дальнего Востока). Новосибирск: Наука, 1981, 174 с.

Каталог ледников СССР. Том 15, вып. 1, часть 4. Бассейн р. Катунь. Часть 8. бассейны рек Моген-Бурен, Каргы. Л.: Гидрометеиздат, 1977, 80 с.

Клименко В.В. Климат: непрочитанная глава истории. М.: Издательский дом МЭИ, 2009, 408 с.

Котляков В.М. Значение ветрового переноса снега в поверхностном режиме горных ледников. // Гляциогидроклиматология горных стран. – М.: Наука, 1973, № 25, с. 23-32.

Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1982, 247 с.

Михайлов Н.Н., Чистяков К.В., Амосов М.А. и др. (Под ред. Ю.П.Селиверстова). Геоэкология горных котловин. Л.: Изд-во ЛГУ. 1992, 292 с.

Мухаметов Р.М., Харламов С.В. Новые сведения об оледенении Теректинского хребта на Алтае.// В сб.: Роль нивально-гляциальных образований в динамике горных экосистем. Тезисы докладов к всесоюзной конференции. Барнаул, 1985, с. 24 – 25.

Назаров А.Н., Агатова А.Р. Динамика ледников Северо-Чуйского хребта на Центральном Алтае во второй половине голоцена.// Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 105. М.: Наука, 2009, с. 73-86.

Нарожный Ю.К. Баланс массы ледников Алтая и их климатическая обусловленность. // Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 72. М.: Наука, 1991, с. 107-122.

Никитин С.А., Веснин А.В., Осипов А.В., Игловская Н.В. Распределение объемов льда в западной части Катунского хребта по данным

радиолокационного зондирования. Вестник ТГУ, № 274, Томск: Изд-во ТГУ. 2001, с. 34-39.

Обручев В.А. Алтайские этюды // Землеведение. Книга 4. 1915, с. 50-93.

Окишев П.А. Динамика оледенения в позднем плейстоцене и голоцене. Томск: Изд-во ТГУ, 1982, 210 с.

Окишев П.А. Палеогляциологическое мифотворчество и его апологеты. // География и природопользование в Сибири, вып. 6, Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2003, с. 62-81.

Останин О.В., Самойлова С.Ю. Динамика изменений параметров ледника Томич в Центральном Алтае за период инструментальных наблюдений. // Географическое образование в Сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Барнаул – Горно-Алтайск, 10 – 13 ноября 2011 г.). Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2011, с. 113-116.

Ревякин В.С., Галахов В.П., Голещихин В.П. Горноледниковые бассейны Алтая. Томск: Изд-во ТГУ, 1979, 310 с.

Рудой А.Н., Русанов Г.Г. Последнее оледенение в бассейне верхнего течения реки Коксы. Бийск: ГОУВПО «АГАО», 2010, 147 с.

Самойлова С.Ю., Останин О.В. Динамика ледника Томич (Центральный Алтай) с малого ледникового периода до настоящего времени. // Рельеф и экзогенные процессы гор. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения доктора географических наук, профессора Льва Николаевича Ивановского. Иркутск 25-28 октября 2011 г. Том 2. Иркутск: изд-во ИГ СО РАН, 2011, с. 45-48.

Самойлова С.Ю. Мониторинг горных ледников: задачи, новые методы, перспективы. // Проблемы мониторинга окружающей среды. Сборник трудов XI Всероссийской конференции с участием иностранных ученых (24-28 октября). Кемерово: КемГУ, 2011, с. 233-236.

Совместные исследования балансов льда, воды и тепла в репрезентативных ледниковых бассейнах (под ред. В.М.Котлякова). // Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. № 21. М.: Наука, 1973, с. 206 – 211.

Сочава В.Б. К современному и древнему оледенению Холзунского хребта (Западный Алтай). // Ученые записки Ленинградского государственного педагогического института им. А.И.Герцена. Том 49. 1946, с. 164-178.

Тронов М.В. Факторы оледенения и развития ледников. Томск: Изд-во ТГУ, 1972, 235 с.

Харламова Н.Ф. Изменение климата Алтайского региона в свете концепции устойчивого развития Российской Федерации. // География и природопользование Сибири, вып.8, Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2006, с.

Ходаков В.Г. Водно-ледовый баланс районов современного и древнего оледенения СССР. М.: Наука, 1978, 195 с.

H.Hagedorn. Eiszeit, Klimaänderung und Menschenheit. Akademia Aktuel. 02, Dezember 2004, S. 8-13.

F.Mayr. Untersuchungen über Ausmass und Folgen der Klima- und Gletscherschwankungen seit dem Beginn der postglazialen Warmezeit. Zeitschrift für Geomorphologie. Neue Folge, Band 8, Heft 3. 1964. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee, S. 257-285.

B.Messerli. Die eiszeitliche und gegenwertige Vergletscherung im Mittelmeerraum. – Zurich: Geographica Helvetica, 1967, S. 105 – 228.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Метеорологические характеристики теплого периода

Таблица 1. Материалы наблюдений по метеорологической станции Мульта-1 (1750 м) летом 1973 г.

День	Июнь		Июль		Август	
	темп.	осадки	темп	осадки	темп	Осадки
1	7,5		7,3	57,6	13,4	12,7
2	13,6		5,6	11,0	11,0	
3	9,2	35,1	7,0	0,1	9,6	21,2
4	7,6	4,0	6,5	0,3	8,9	
5	5,4		6,8		7,1	5,2
6	3,9	2,0	4,8	2,3	8,6	0,5
7	3,4	0,1	8,1		8,8	
8	5,8		11,0		9,9	19,0
9	8,5		13,4		9,2	6,9
10	7,0	4,3	14,1	0,1	10,6	
11	8,1	2,1	12,7		12,0	
12	8,6		13,4		11,4	21,3
13	10,6		14,6		11,3	
14	11,6		16,7	1,9	11,1	6,3
15	12,2	0,0	12,4		11,5	6,1
16	12,2		11,5		11,5	
17	11,8	2,0	13,1	0,1	11,9	
18	13,1	0,2	11,4	61,4	12,9	
19	13,6		9,3	0,5	12,6	10,1
20	12,7	2,0	11,7	0,1	10,1	55,4
21	10,5	2,2	9,9	21,0	8,2	2,2
22	10,0	13,2	8,8	2,3	5,9	12,2
23	10,1	14,8	12,2		2,7	
24	10,8	0,1	14,0	0,1	5,2	
25	11,9	21,9	11,7	34,6	6,0	
26	10,8	18,7	10,1	10,2	8,0	
27	8,5	24,7	8,9	6,2	8,7	
28	5,9	7,9	10,3	0,3	10,8	
29	7,4		11,4		10,7	
30	10,4		14,8		10,9	
31			16,2		12,1	0,4
Среднее или сумма	9,42	155,3	10,96	210,1	9,76	179,5

Для оценки термического режима и осадков весной (апрель – май) и осенью (сентябрь – октябрь) метеорологические характеристики по станции Мульта-1 были увязаны с метеорологическими характеристиками по станции Катанда (рис. 1 и 2).

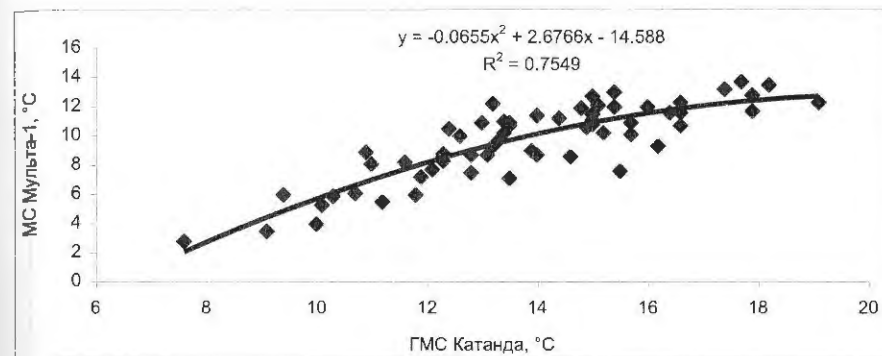


Рис. 1. Зависимость средних суточных температур на станции Мульта-1 от средних суточных температур на станции Катанда. Используются данные за июнь, август 1973 г.

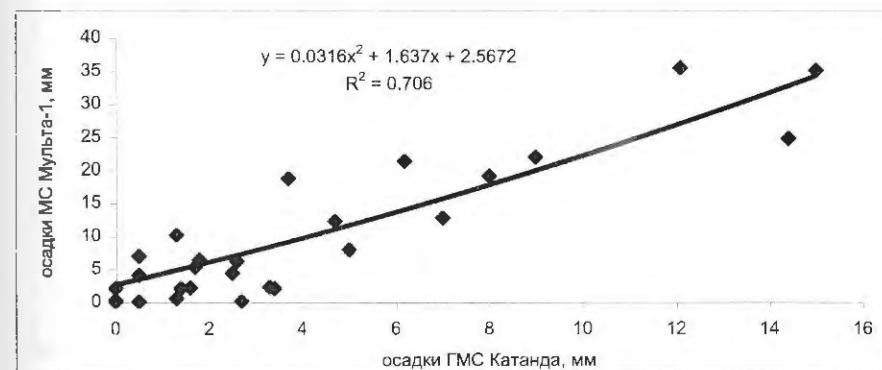


Рис. 2. Зависимость суточных осадков на станции Мульта-1 от суточных осадков на станции Катанда. Используются данные за июнь, август 1973 г. (Из рассмотрения убраны осадки, связанные с внутримассовой облачностью. Например, осадки за 21 – 23 июня)

Таблица 2. Средние суточные температуры по станции Мульга-1, восстановленные по данным метеостанции Катанда (апрель – май 1973 г.)

День	Апрель		Май	
	Катанда	Мульга-1	Катанда	Мульга-1
1	0,4	-13,5	6,7	0,4
2	3,5	-6,0	8,8	3,9
3	2,7	-7,9	8,7	3,7
4	3,3	-6,5	8,4	3,3
5	5,4	-2,0	8,5	3,5
6	5,3	-2,2	8,2	2,9
7	4,1	-4,7	8,0	2,6
8	4,3	-4,3	6,2	-0,5
9	2,4	-8,6	5,0	-2,8
10	4,5	-3,9	6,7	0,4
11	5,6	-1,7	5,2	-2,5
12	3,3	-6,5	3,1	-6,9
13	0,0	-14,6	0,5	-13,3
14	-2,2	-20,7	0,4	-13,5
15	-2,2	-30,7	1,4	-11,0
16	4,3	-4,3	0,8	-12,5
17	6,4	-0,2	5,7	-1,4
18	7,8	2,3	11,3	7,2
19	8,1	2,8	10,7	6,5
20	9,4	4,8	13,7	9,8
21	8,9	4,0	12,1	8,2
22	8,2	2,9	8,9	4,0
23	6,0	-0,9	3,3	-6,5
24	5,4	-2,0	6,5	0,0
25	6,1	-0,6	9,7	5,2
26	8,4	3,3	12,6	8,7
27	4,8	-3,3	13,9	9,9
28	0,5	-13,3	13,7	9,8
29	2,8	-7,6	12,4	8,5
30	3,7	-5,6	12,3	8,4
31			11,6	7,7

Таблица 3. Средние суточные температуры по станции Мульга-1, восстановленные по данным метеостанции Катанда (сентябрь - октябрь 1973 г.)

День	Сентябрь		Октябрь	
	Катанда	Мульга-1	Катанда	Мульга-1
1	10,7	6,5	0,8	-12,5
2	9,9	5,5	0,2	-14,1
3	12,0	8,1	-1,2	-17,9
4	10,5	6,3	-1,9	-19,9
5	11,7	7,7	-1,2	-17,9
6	11,0	6,9	1,5	-10,7
7	12,0	8,1	5,7	-1,4
8	10,4	6,1	7,5	1,8
9	8,8	3,9	0,4	-13,5
10	8,8	3,9	-2,4	-21,4
11	7,9	2,4	-1,1	-17,6
12	8,3	3,1	-1,5	-18,7
13	7,5	1,8	-1,3	-18,2
14	9,4	4,8	4,4	-4,1
15	10,4	6,1	2,3	-8,7
16	11,1	7,0	-0,8	-16,7
17	11,9	8,0	2,9	-7,4
18	10,9	6,8	-0,6	-16,2
19	13,1	9,3	0,3	-13,8
20	11,3	7,2	0,7	-13,0
21	9,7	4,9	0,8	-12,9
22	5,7	-1,4	1,3	-11,2
23	0,9	-12,2	0,8	-12,9
24	3,5	-6,0	-2,0	-9,5
25	6,2	-0,5	-1,7	-19,4
26	6,4	-0,2	-1,4	-18,4
27	7,2	1,3	3,1	-6,9
28	3,7	-5,6	2,2	-9,0
29	1,1	-11,8	-2,4	-21,4
30	1,0	-12,0	-5,6	-31,7
31			-1,6	-18,7

Таблица 4. Суточные осадки по станции Мульта-1, восстановленные по данным метеостанции Катанда (апрель – май 1973 г.)

День	Апрель		Май	
	Катанда	Мультга-1	Катанда	Мультга-1
1				
2				
3				
4			16,2	37,4
5	0,9	4,1	7,2	16,0
6				
7			0,0	2,6
8			11,3	25,1
9			0,3	3,1
10				
11			18,6	43,9
12	2,1	6,1		
13	6,1	13,7		
14	1,0	4,2	0,7	3,7
15			0,3	3,1
16			9,5	21,0
17				
18				
19				
20				
21			3,9	9,4
22	2,5	6,9		
23	3,9	9,4	0,0	2,6
24				
25				
26	5,2	11,9		
27	6,2	13,9		
28			3,5	8,7
29			1,7	5,4
30			0,4	3,2
31			5,5	12,5

Таблица 5. Суточные осадки по станции Мульта-1, восстановленные по данным метеостанции Катанда (сентябрь - октябрь 1973 г.).

День	Сентябрь		Октябрь	
	Катанда	Мультга-1	Катанда	Мультга-1
1	0,0	2,6		
2	4,2	10,0	1,8	5,6
3			0,8	3,9
4				
5				
6				
7				
8	8,9	19,6	7,7	17,0
9			0,5	3,4
10			0,0	2,6
11	0,7	3,7		
12	0,9	4,1		
13	0,0	2,6		
14				
15				
16				
17			6,4	14,3
18	0,0	2,6	0,0	2,6
19				
20				
21	2,8	7,4	3,0	7,8
22	0,7	3,7		
23			0,3	3,1
24				
25				
26				
27				
28			4,3	10,2
29			0,0	2,6
30				
31			3,9	9,4

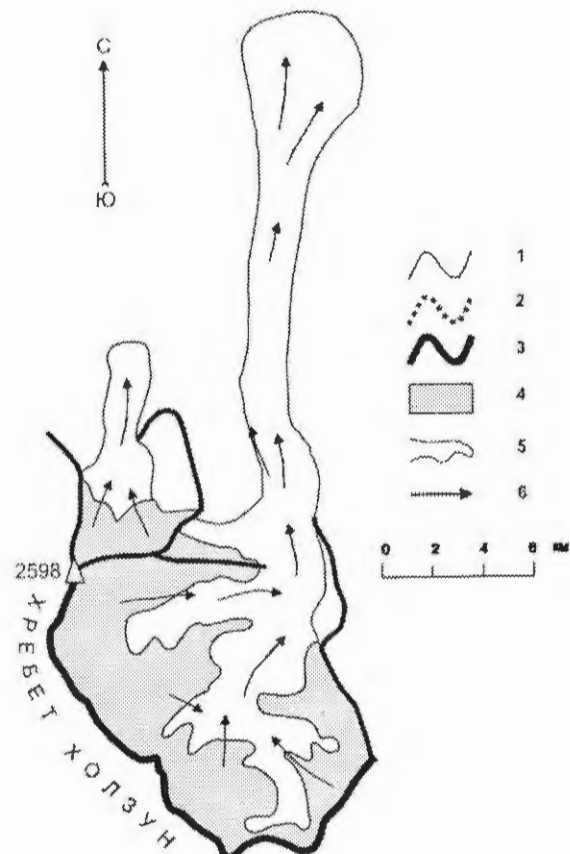


Рис. 3. Плановое положение ледников в бассейне реки Хайдун (Аккемская стадия, 4,2 – 4,3 тыс. лет назад). 1 – снеговая граница на леднике, 2 – ледоразделы, 3 – основные хребты и их отроги, 4 – фирновые бассейны ледников, 5 – языки ледников, 6 – направление движения льда.

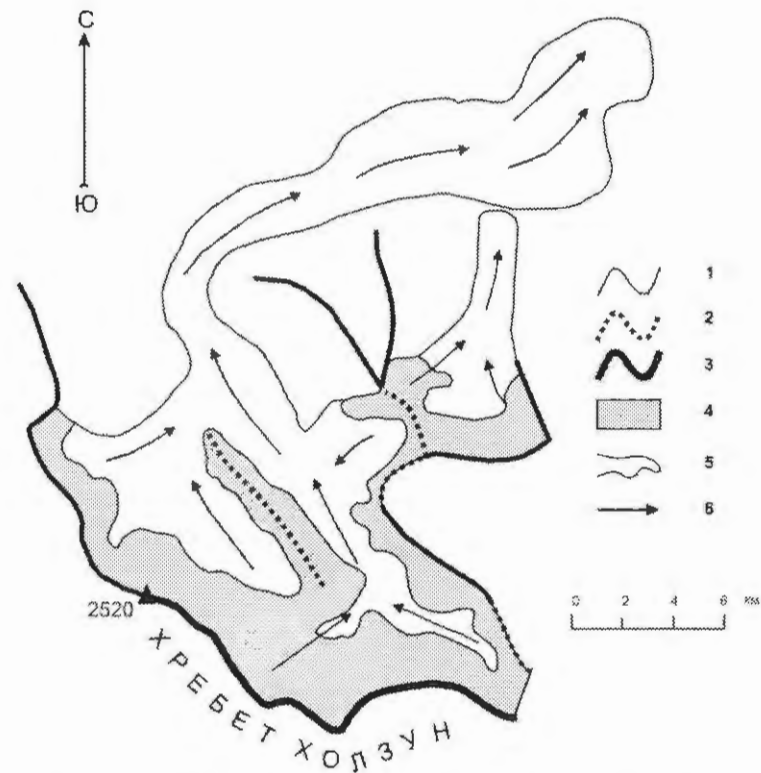


Рис. 4. Плановое положение ледников в бассейне реки Карагай (Аккемская стадия, 4,2–4,3 тыс. лет назад). 1 – снеговая граница на леднике, 2 – ледоразделы, 3 – основные хребты и их отроги, 4 – фирновые бассейны ледников, 5 – языки ледников, 6 – направление движения льда

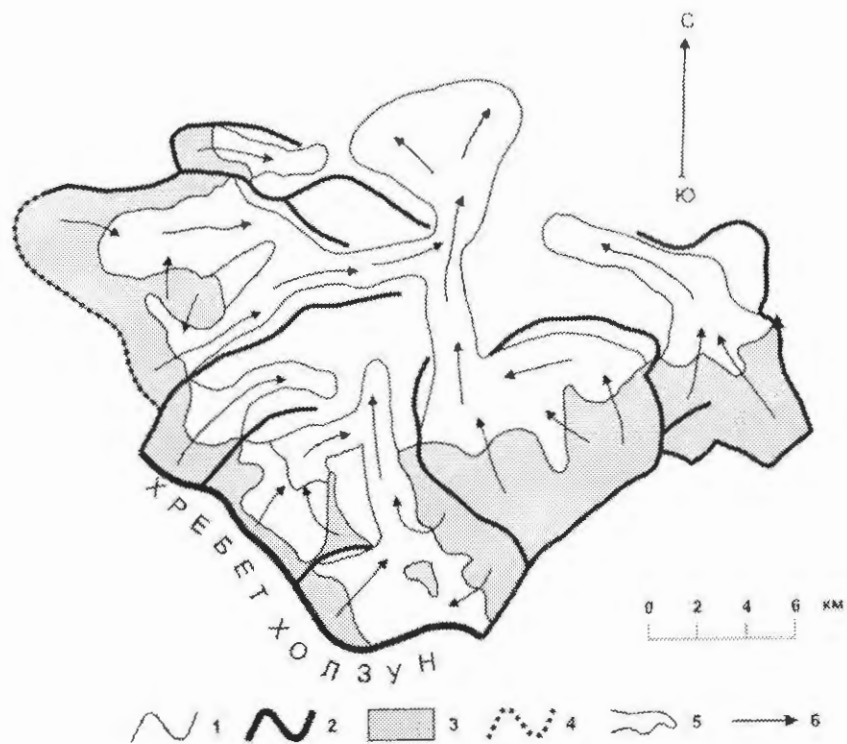


Рис. 5. Плановое положение ледников в бассейне реки Банная (Аккемская стадия, 4,2-4,3 тыс. лет назад). 1 – снеговая граница на леднике, 2 – основные хребты и их отроги, 3 – фирновые бассейны ледников, 4 – ледоразделы, 5 – языки ледников, 6 – направление движения льда.

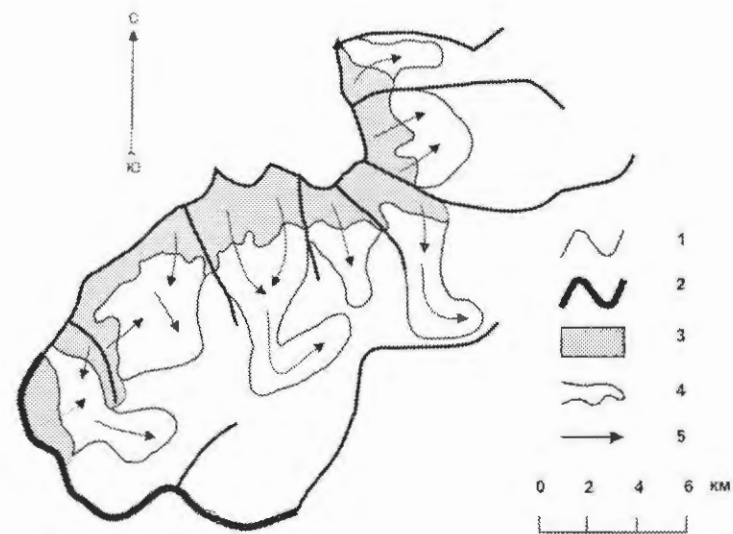


Рис. 6. Плановое положение ледников в бассейне реки Красноярки (Аккемская стадия, 4,2-4,3 тыс. лет назад). 1 – снеговая граница на леднике, 2 – основные хребты и их отроги, 3 – фирновые бассейны ледников, 4 – языки ледников, 5 – направление движения льда.

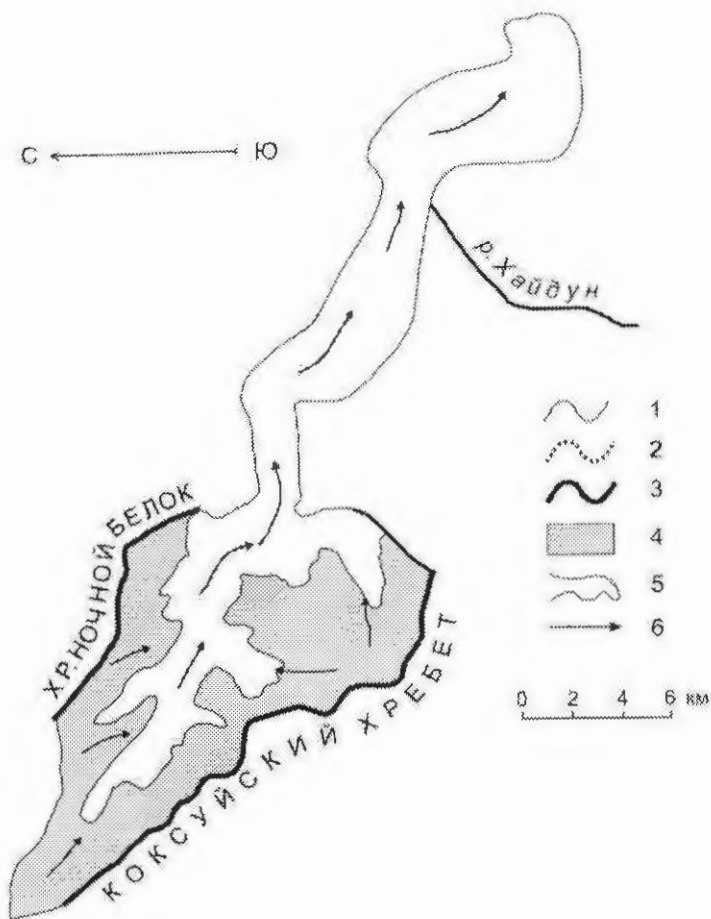


Рис.7. Плановое положение ледников в бассейне реки Ночная (Аккемская стадия, 4,2-4,3 тыс. лет назад). 1 – снеговая граница на леднике, 2 – ледоразделы, 3 – основные хребты и их отроги, 4 – фирновые бассейны ледников, 5 – языки ледников, 6 – направление движения льда

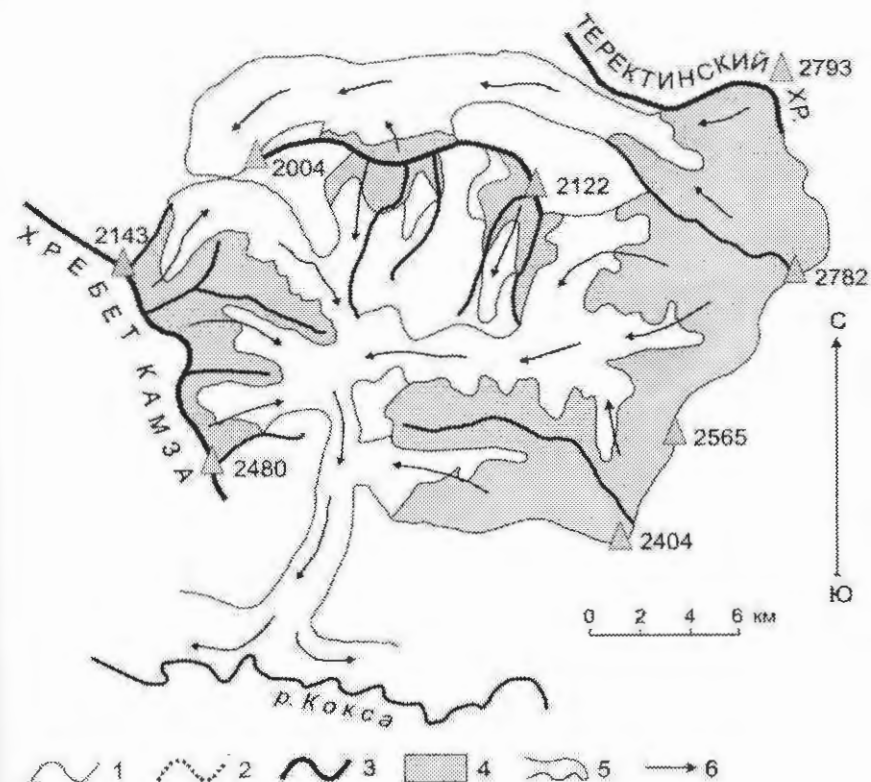


Рис.8. Плановое положение ледников в бассейне реки Тюгюрюк (Аккемская стадия, 4,2-4,3 тыс. лет назад). 1 – снеговая граница на леднике, 2 – ледоразделы, 3 – основные хребты и их отроги, 4 – фирновые бассейны ледников, 5 – языки ледников, 6 – направление движения льда.

Программное обеспечение для расчета баланса ледника
Томич
FORTRAN 77

```
program multal
с современное состояние ледника Томич
integer ih(102),ig(102),ip
dimension hl(12,12),h(102),e(12,12),u(12,12),
lxs(102),t(275),x(275),akk(102),bnf(102),h2(12,12),
2abl(102),tsom(183),xsom(183),di(102),h3(12,12)
3,sgl(20),hgl(20),wgl(20),sdi(20)
real ra(10),hb(102),dh(102),dhh(9)
data ra/-500.,-250.,-100.,-
50.,0.,50.,75.,100.,150.,250./
data
dhh/0.0,0.005,0.01,0.015,0.02,0.03,0.04,0.05,0.06/
m=102
с шаг сетки (км), по которой определялись точки
dl=0.25
с-высота опорной станции
hgms=1.75
с ACHTUNG изменяющийся параметр !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
с-осадки за ядро зимы (ноябрь-март)
w0=350.
с-длина летнего сезона (апрель-сентябрь)
ll=183
с средний для бассейна скачок температуры
tsk=0.7
с определение идентификатора точек бассейна
ip=0
с ввод высотных точек бассейна
call tomits(h,ih)
call boden(hb)
do 77 i=1,m
77 dh(i)=h(i)-hb(i)
с перевод одномерного массива в двумерный
call mul030(h,h1,m)
с определение уклонов и экспозиций
call gmorfo(12,12,e,u,h1,ip,dl)
с ввод идентификаторов ледников
с ACHTUNG изменяющийся параметр
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
с ввод температур и осадков за конкретный год
```

```
call dh7980(t,x)
call mlakml(h,h1,e,u,xs,t,x,akk,m,dl,tsk,
lhgms,w0,ll,ih,h2)
с определение tsom und xsom
do 1 i=1,183
tsom(i)=t(i+92)
1 xsom(i)=x(i+92)
call mltajn(h,di,akk,abl,bnf,tsom,xsom,ih,hgms,
1m,ll,dl,h1,h2,e,u)
с ACHTUNG изменяющийся параметр !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
с шаг по времени
dt=50.
call mlglet(h,ih,di,m,dl,dt,hb,ig)
call mul030(di,h3,m)
call artist(h3,12,12,ra,10)
call mblock(di,ih,dl,m,sgl,hgl,wgl,sdi)
call tomits(hb,ih)
do 22 i=1,m
22 dh(i)=hb(i)-h(i)
call mul030(dh,h3,m)
call artist(h3,12,12,dhh,9)
stop
end

subroutine mlakml(h,h1,e,u,xs,t,x,akk,
1m,dl,tsk,hgms,w0,ll,ih,h2)
с - подпрограмма расчета аккумуляции в бассейне с
учетом
с трансформации ветром и лавинами
с h - одномерный массив абсолютных высот
с h1 - двумерный массив абсолютных высот
с h2 - фоновые и реальные снеготзапасы
с e - двумерный массив с экспозицией ( в Пи)
с u - двумерный массив с уклонами (в tg a)
с h0p - высоты опорные для расчета снеготзапасов на
внеледниковой
с поверхности
с w0p - высоты опорные для расчета снеготзапасов на
ледниках
с xs - одномерный массив фоновых снеготзапасов
с akk - одномерный массив фоновой аккумуляции по
точкам бассейна
с t - температуры опорной станции за лето + балансовый
год
```

```

с х - тоже по осадкам
с di - баланс в точках (не двумерный массив)
с abl - абляция в точках (не двумерный массив)
с tsom - температуры лета
с xsom - осадки лета
с m - число точек в бассейне
с dl - шаг сетки в бассейне
с tsk- температурный скачок, задается примерным для
всего
с бассейна
с hgms - высота опорной станции
с w0 - величина осадков по опорной ГМС за ядро зимы
(X1-III)
с ih - идентификатор поверхности бассейна и
конкретного лед-
с ника
с tw - среднемесячные температуры ядра зимы(ноябрь-
март)
    real h(1), h1(12,12), e(12,12), u(12,12),
    2hop(15), wop(15), wopg(15), xs(1), akk(1), t(1), x(1),
    3tw(5), rs(6), gop(25), h2(12,12)
    integer ih(1)
    data tw/-14.2, -19.6, -20.1, -18.7, -15.7/
    call mlwntr(t, x, hgms, hop, wop, wopg, w0, tsk, tw, gop)
    call mlsnee(h, ih, xs, hop, wop, wopg, m)
    call mul030(xs, h2, m)
    call mlusn(h2, e, u)
с определение akk(i)
    n2=0
    do 40 j=1,12
    do 40 i=1,12
    if(h1(i,j).lt.0.)go to 40
    n2=n2+1
    akk(n2)=h2(i,j)
40 continue
return
end

subroutine mlglet(h, ih, di, m, dl, dt, h1, ig)
с расчет уменьшения площади ледника при отрицательном
балансе
    real h(1), di(1), h1(1)
    integer ih(1), ig(1)
    do 30 i=1, m

```

```

30 ig(i)=ih(i)
    ledn=10
    do 1 i1=1,5
    ledn=ledn+1
с sd0 - общая сумма баланса в точках
    sd0=0.0
с sd1 - положительная часть баланса в точках
    sd1=0.0
с sd2 отрицательная часть баланса
    sd2=0.0
с число точек ледника
    n=0
с подсчет суммы баланса в точках ледника и его положит
части
    do 2 i=1, m
    if(ih(i).ne.ledn)go to 2
    sd0=sd0+di(i)
    if(di(i).ge.0.0)sd1=sd1+di(i)
    if(di(i).lt.0.0)sd2=sd2+di(i)
    n=n+1
    2 continue
с подсчет отрицательной части баланса в точках
    if(n.le.0)go to 1
    if(sd0.ge.0.0)go to 1
    sq=dl*dl*n
с компенсация отрицательного баланса в точках
    do 5 j=1, m
    b=0.0
с поиск точки с минимальным балансом
    do 3 i=1, m
    if(ig(i).ne.ledn)go to 3
    if(di(i).lt.b)go to 4
    go to 3
4 b=di(i)
    n1=i
3 continue
    ig(n1)=2
    sd2=sd2-di(n1)
    if((abs(sd2)).le.sd1)go to 10
5 continue
10 continue
с уменьшение площади ледника
    do 6 i=1, m
    if(ih(i).ne.ledn)go to 6

```

```

if(ig(i).eq.ledn)go to 6
h(i)=h(i)+di(i)*dt*0.000011
if(h(i).gt.hl(i))go to 6
h(i)=hl(i)
ih(i)=2
di(i)=-10000000.

```

6 continue

с опускание пов-ти ледника в связи с уменьшением его площади

```

k=0
do 7 i=1,m
if(ih(i).ne.ledn)go to 7
k=k+1

```

7 continue

```

if(k.ge.n)go to 11
sg1=d1*d1*k
hg=0.0315*(sg**0.333)
hg1=0.0315*(sg1**0.333)
dh=hg-hg1
do 9 i=1,m
if(ih(i).ne.ledn)go to 9
h(i)=h(i)-dh

```

9 continue

11 continue

1 continue

```

return
end

```

```

subroutine mul030(h,h1,m)

```

с подпрограмма обозначения границ бассейна Мульты (современное

с состояние - 1970 г.)

```

real h(1),h1(12,12)

```

с kr1-номера точек с левого края бассейна

с kr2-номера точек с правого края бассейна

с kr3-количество "пустых"точек от "1-ой вертикали" до начала

с бассейна(исключая начало)

```

integer kr1(11),kr2(11),kr3(11)
data kr1/1,9,18,28,38,48,58,69,80,91,98/
data kr2/8,17,27,37,47,57,68,79,90,97,102/
data kr3/6*1,3*0,1,3/
do 50 j=1,12
do 50 i=1,12

```

```

50 h1(i,j)=-1.
n=1
do 1 i=1,m
if(i.gt.kr2(n))n=n+1
k=n
l=kr3(n)+i-(kr1(n)-1)
1 h1(l,k)=h(i)
return
end

```

```

subroutine tomits(h,ih)

```

```

real h(1),y(102)

```

```

integer ih(1),ih1(102)

```

с массив с абсолютными высотами бассейна, современное состояние

```

data

```

y/2.99,2.69,2.63,2.58,2.75,2.75,2.70,2.62,2.90,2.68,

12.58,2.55,2.52,2.47,2.30,2.46,2.40,3.01,2.64,2.59,

22.52,2.51,2.45,2.40,2.30,2.20,2.14,2.80,2.58,2.50,

32.44,2.49,2.40,2.33,2.27,2.16,2.10,2.80,2.67,2.60,

42.55,2.48,2.34,2.29,2.21,2.06,2.01,2.87,2.65,2.62,

52.60,2.55,2.37,2.29,2.20,2.06,1.94,2.73,2.72,2.72,

62.81,2.48,2.46,2.50,2.40,2.26,2.06,2.05,2.66,2.62,

72.54,2.50,2.36,2.36,2.36,2.34,2.58,2.40,2.20,2.80,

82.58,2.48,2.42,2.30,2.28,2.26,2.26,2.44,2.45,2.30,

92.50,2.44,2.40,2.26,2.22,2.23,2.60,2.36,2.30,2.22,

```

a2.10,2.20/

```

```

data ih1/2,4*11,4*2,7*11,2,2,6*11,4*2,6*11,3*2,
15*11,5*2,3*2,13,6*2,3*12,2,2*13,5*2,3*12,2,
213,7*2,12,12,20*2/

```

```

do 1 i=1,102

```

```

h(i)=0.0

```

```

1 ih(i)=0

```

```

do 2 i=1,102

```

```

2 h(i)=y(i)

```

```

do 7 i=1,102
7 ih(i)=ih1(i)
return
end

subroutine boden(h)
real h(1),y(102)
с массив с абсолютными высотами бассейна без ледников,
с современное состояние
data
y/2.99,2.66,2.59,2.55,2.73,2.75,2.70,2.62,2.90,2.66,
12.53,2.50,2.47,2.41,2.24,2.43,2.40,3.01,2.60,2.54,
22.48,2.46,2.39,2.37,2.30,2.20,2.14,2.80,2.53,2.45,
32.39,2.44,2.36,2.30,2.27,2.16,2.10,2.77,2.63,2.56,
42.51,2.44,2.34,2.29,2.21,2.06,2.01,2.87,2.65,2.62,
52.58,2.55,2.37,2.29,2.20,2.06,1.94,2.69,2.68,2.69,
62.81,2.45,2.43,2.50,2.40,2.26,2.06,2.05,2.63,2.59,
72.51,2.50,2.33,2.36,2.36,2.34,2.58,2.40,2.20,2.80,
82.55,2.45,2.42,2.30,2.28,2.26,2.26,2.44,2.45,2.30,
92.50,2.44,2.40,2.26,2.22,2.23,2.60,2.36,2.30,2.22,
a2.10,2.20/
do 2 i=1,102
2 h(i)=y(i)
return
end

subroutine
mlwntr(t,x,hgms,hop,wop,wopg,w0,tsk,tw,gop)
с расчет фоновых снеготазпасов в бассейне
real
t(1),x(1),t1(125),x1(125),xgr(5),hop(1),gop(15),wop(1)
lwpog(1),tw(1)
integer l
с снеготазпасы на ГМС за зиму

```

```

с определение начала зимы по ГМС
j1=92
do 210 i=1,j1
t1(i)=t(j1+1-i)
210 x1(i)=x(j1+1-i)
call dhnwin(t1,x1,nw,hgms,j1)
с определение конца зимы на ГМС
j2=121
do 211 i=1,j2
t1(i)=t(i+92)
211 x1(i)=x(i+92)
call dhnwin(t1,x1,kw,hgms,j2)
kw=kw+92
с снеготазпасы на ГМС к дате весенней снеготаземки
w0s=w0
do 1 i=nw,kw
1 w0s=w0s+x(i)
с учет испарения за зиму(принимаем его средним
многолетним)
w0s=w0s-15.0
с определение опорных высот
hop(1)=hgms-0.2
do 2 i=2,15
2 hop(i)=hop(i-1)+0.1
с градиенты снеготазпасов на стандартных высотах
xgr(1)=0.0575*(w0s-14.4)
xgr(2)=0.138*(w0s-45.4)
xgr(3)=0.1825*(w0s+7.3)
xgr(4)=0.1225*(w0s+120.2)
xgr(5)=0.0775*(w0s+332.6)
с градиенты снеготазпасов на опорных высотах
do 4 i=1,15
if(i.le.16)go to 5
gop(i)=xgr(5)
go to 4
5 j=(i-1)/4+1
gop(i)=xgr(j)+(xgr(j+1)-xgr(j))/0.4*(hop(i)-
hop(j*4-3))
4 continue
с снеготазпасы на опорных высотах бассейна
wop(6)=w0s
do 6 i=1,15
if(hop(i).gt.hgms)go to 8
wop(5)=wop(6)-gop(5)

```

```

wop(4)=wop(5)-gop(4)
wop(3)=wop(4)-gop(3)
wop(2)=wop(3)-gop(2)
wop(1)=wop(2)-gop(1)
go to 6
8 wop(i)=wop(i-1)+gop(i-1)
6 continue
с снегозапасы на опорных высотах ледника
do 212 i=1,j1
212 t1(i)=t1(i)-tsk
call dhnwin(t1,x1,nwg,hgms,j1)
d0=0.0
do 10 i=nwg,nw
10 d0=d0+x(i)
do 11 i=1,15
11 wopg(i)=wop(i)+d0
return
end

subroutine mlsnee(h,ih,xs,hop,wop,wopg,m)
real h(1),xs(1),hop(1),wop(1),wopg(1)
integer ih(1)
с расчет фоновых снегозапасов в бассейне
с по одномерному массиву
do 1 i=1,m
if(ih(i).eq.0)go to 1
if(ih(i).eq.2)go to 4
с расчет фоновых снегозапасов на ледниковой
поверхности
do 2 j=1,14
if(h(i).lt.hop(1))xs(i)=wopg(1)

if(h(i).ge.hop(j).and.h(i).lt.hop(j+1))xs(i)=wopg(j)+(wopg(j+1)
1-wopg(j))*(h(i)-hop(j))/10.0
if(h(i).ge.hop(15))xs(i)=wopg(15)
2 continue
go to 1
4 continue
с расчет фоновых снегозапасов на внеледниковой
поверхности
do 3 j=1,14
if(h(i).lt.hop(1))xs(i)=wopg(1)

```

```

if(h(i).ge.hop(j).and.h(i).lt.hop(j+1))xs(i)=wop(j)+(wop(j+1)
2-wop(j))*(h(i)-hop(j))/10.0
if(h(i).ge.hop(15))xs(i)=wop(15)
3 continue
1 continue
return
end

subroutine mlsun(h2,e,u)
real h2(12,12),e(12,12),u(12,12)
integer not(12,12)
с подпрограмма трансформации фоновых снегозапасов
лавинами
с и метелями
с определение лавинного питания
do 4 il=1,20
с считаем, что более 10 раз снег от точки к точке не
перемещается
с метка выхода из цикла
n=0
с краевые значения и поиск точек сноса
do 3 j=2,11
do 3 i=2,11
if(h2(i,j).lt.0.0)go to 3
if(h2(i,j).le.250.0)go to 3
if(u(i,j).le.0.7)go to 3
if(u(i,j).gt.3.0)go to 48
48 continue
с перерасчет снега в точках лавинного сноса и
аккумуляции
call dhi2j2(n,e,i,j,i2,j2)
d=h2(i,j)-250.0
h2(i,j)=250.0
h2(i2,j2)=h2(i2,j2)+d
not(i,j)=2
not(i2,j2)=3
3 continue
if(n.gt.10)go to 5
4 continue
5 continue
с перераспределение снега метелями
do 6 il=1,20

```

```

с считаем, что более 10 раз снег от точки к точке не
переносится
с метка выхода из цикла
  n=0
с краевые значения и поиск точек сноса
  do 7 j=2,11
  do 7 i=2,11
  if(h2(i,j).lt.0.0)go to 7
  if(h2(i,j).le.400.0)go to 7
  if (u(i,j).gt.0.2)go to 7
с перерасчет снега в точках метелевой диффляции и
аккумуляции
  call dhi2j2(n,e,i,j,i2,j2)
  d=h2(i,j)-400.0
  h2(i,j)=400.0
  h2(i2,j2)=h2(i2,j2)+d
  not(i,j)=4
  not(i2,j2)=5
  7 continue
  if(n.gt.10)go to 8
  6 continue
  8 continue
с убираем лишние точки возникшие вследствие действия
лавин
  do 54 j=1,12
  do 54 i=1,12
  if(e(i,j).lt.0.)h2(i,j)=-10.
с перевод мм в г на см.кв.
  h2(i,j)=h2(i,j)/10.
  54 continue
  return
  end

  subroutine dhnwin(t1,x1,nwg,hgms,j1)
с подпрограмма определения начала зимы или лета
  real t1(1),x1(1)
с определение равновероятного выпадения снега и дождя
  q05=0.11*hgms**2+2.4
  n=0
  do 201 i=1,j1

if(t1(i).gt.0.0.and.x1(i).le.0.1.or.t1(i).gt.q05)go to
202
  n=0

```

```

  go to 201
202 nwg=i
  n=n+1
  if(n.eq.5)go to 204
201 continue
204 continue
  nwg=nwg-6
  nwg=j1-nwg
  return
  end

  subroutine dhi2j2(n,e,i,j,i2,j2)
  real e(45,29)
  n=n+1
  if(e(i,j).lt.0.0)go to 20
  if(e(i,j).le.0.4.and.e(i,j).ge.0.0.or.
  le(i,j).gt.5.89)go to 10
  if(e(i,j).le.1.19.and.e(i,j).gt.0.4)go to 11
  if(e(i,j).le.1.96.and.e(i,j).gt.1.19)go to 12
  if(e(i,j).le.2.75.and.e(i,j).gt.1.96)go to 13
  if(e(i,j).le.3.53.and.e(i,j).gt.2.75)go to 14
  if(e(i,j).le.4.52.and.e(i,j).gt.3.53)go to 15
  if(e(i,j).le.5.10.and.e(i,j).gt.4.52)go to 16
  if(e(i,j).le.5.89.and.e(i,j).gt.5.10)go to 17
с координаты точек аккумуляции
  10 i2=i
  j2=j+1
  go to 20
  11 i2=i+1
  j2=j+1
  go to 20
  12 i2=i+1
  j2=j
  go to 20
  13 i2=i+1
  j2=j-1
  go to 20
  14 i2=i
  j2=j-1
  go to 20
  15 i2=i-1
  j2=j-1
  go to 20
  16 i2=i-1

```

```

j2=j
go to 20
17 i2=i-1
j2=j+1
20 continue
return
end

subroutine mltajn(h,di,akk,abl,bnf,tsom,xsom,
1ih,hgms,m,ll,dl,h1,h2,e,u)
real h(1),di(1),akk(1),abl(1),tsom(1),xsom(1),
3t(183),x(183),bnf(102),abf(102),abi(102),
4h1(12,12),h2(12,12),e(12,12),u(12,12),ff(102),
5ek(102),e1(102),u1(102),h3(12,12),ledh(5),ledkt(5)
integer ih(1)
data ledh/2.2,2.6,2.8,3.1,3.5/
data ledkt/4.15,4.7,5.4,7.65,4.2/
с подпрограмма расчета таяния снега и льда на
ледниковой поверхности
с перевод поправок ек в линейный массив
с массив по сравнению с Актру перевернут (север это юг
и наоборот)
do 84 j=1,12
do 84 i=1,12
if(e(i,j).le.0.4.or.e(i,j).gt.5.89)h3(i,j)=1.0
if(e(i,j).le.1.19.and.e(i,j).gt.0.4.or.e(i,j).
5le.5.89.and.e(i,j).gt.5.1)h3(i,j)=1.12
if(e(i,j).le.1.96.and.e(i,j).gt.1.19.or.e(i,j).
6le.5.1.and.e(i,j).gt.4.52)h3(i,j)=1.25
if(e(i,j).le.2.75.and.e(i,j).gt.1.96.or.e(i,j).
7le.4.52.and.e(i,j).gt.3.53)h3(i,j)=1.38
if(e(i,j).le.3.53.and.e(i,j).gt.2.75)h3(i,j)=1.5
if(u(i,j).le.0.15)h3(i,j)=1.0
84 continue
с перевод двумерного массива в одномерный ек
n2=0
do 40 j=1,12
do 40 i=1,12
if(h1(i,j).lt.0.0)go to 40
n2=n2+1
ek(n2)=h3(i,j)
40 continue
99 format(5(g10.5))

```

```

call dhtemp(h,ih,t,x,akk,m,tsom,xsom,e1,u1,hgms,
311,dl)
с блок таяния снега
с e1 сумма положительных температур
с u1 сумма жидких осадков (для расчета внутреннего
питания)
с весь расчет идут в г/см.кв.
do 100 i=1,m
if(ih(i).le.02)go to 100
if(akk(i).ge.(e1(i)*0.42*ek(i)))go to 4
go to 5
4 abf(i)=e1(i)*0.42*ek(i)
с abf - слой стаявшего снега на ледниках
bnf(i)=akk(i)-abf(i)
abl(i)=abf(i)
go to 3
с блок таяния льда
с учет наложенного льда
5 abf(i)=akk(i)-7.0
e1(i)=e1(i)-(akk(i)*(0.42*ek(i)))
if(e1(i).gt.0.1)go to 13
abl(i)=abf(i)+7.0
go to 50
13 continue
с определение КТ для точек
do 15 n=1,4
if(h(i).lt.ledh(n))go to 10
go to 11
10 dkt=4.15
go to 21
11 if(h(i).ge.ledh(n).and.h(i).lt.ledh(n+1))go to
12
go to 15
12 dkt=ledkt(n)+(ledkt(n+1)-ledkt(n))*(h(i)-
ledh(n))/
1(ledh(n+1)-ledh(n))
go to 21
15 continue
dkt=11.25
21 continue
8 abi(i)=e1(i)*dkt/10.0*ek(i)
abl(i)=abf(i)+abi(i)
go to 50
3 continue

```

```

с учет Ff
с - слой жидкой воды в точках фирнового бассейна
  abf(i)=abf(i)+ul(i)/10.
  if(abf(i).gt.0.54*bnf(i)) ff(i)=0.54*bnf(i)
  if(abf(i).le.0.54*bnf(i)) ff(i)=abf(i)
  bnf(i)=bnf(i)+ff(i)
50 continue
  di(i)=akk(i)-abl(i)+ff(i)
100 continue
  do 88 i=1,m
  if(ih(i).le.2) di(i)=-1000000.
  if(ih(i).le.2) bnf(i)=0.0
88 continue
  return
end

  subroutine
dhtemp(h, ih, t, x, akk, k, tsom, xsom, e, snl,
  lhgms, ll, dl)
с расчет массивов температур для расчета таяния по
точкам
с с ледниками и учетом летних снегопадов
  real h(1), t(1), x(1), akk(1), tsom(1), xsom(1), e(1),
  lsnl(1), t1(183), x1(183), ak(102), tsk(21), grt(183)
  integer ih(1)
с е - сумма температур больше нуля с учетом летних сп
с snl -сумма жидких осадков для внутреннего питания
  call dhgrt(tsom, grt)
  call dhskld(ih, tsk, dl, k)
  do 50 m=1, k
  if(ih(m).eq.0) go to 50
  if(ih(m).eq.2) ts=0.0
  if(ih(m).eq.11) ts=tsk(11)
  if(ih(m).eq.12) ts=tsk(12)
  if(ih(m).eq.13) ts=tsk(13)
  if(ih(m).eq.14) ts=tsk(14)
  if(ih(m).eq.15) ts=tsk(15)
  if(ih(m).eq.16) ts=tsk(16)
  if(ih(m).eq.17) ts=tsk(17)
  call dhtakt(xsom, tsom, t, x, ts, h, ih, hgms, m, grt)
с блок учета аккумуляции с 1 апреля по конец лета
  do 210 i=1, 183
  t1(i)=t(184-i)
210 x1(i)=x(184-i)

```

```

  call dhanfg(t, x, nl, m, h)
  call dhanfg(t1, x1, kl, m, h)
  kl=184-kl
  ak(m)=0.0
  if(nl.lt.kl) go to 56
  nl=92
  kl=94
56 continue
  do 57 ji=1, nl
57 ak(m)=ak(m)+x(ji)/10.
с расчет сумм летних температур с учетом летних сп
с расчет жидких осадков (+стаявший летний снег) для
с расчета внутреннего питания
  st=0.0
  ssf=0.0
  sn=0.0
  i=nl
58 continue
с есть ли летний снегопад?
  if(t(i).gt.(0.11*h(m)**2+2.4).or.t(i).gt.0.0.
  land.x(i).eq.0.0) go to 5
  go to 8
с если нет, то
5 st=st+t(i)
  sn=sn+x(i)
  go to 1
с если есть, то
8 ssf=ssf+x(i)
  if(ssf.lt.1.1) go to 18
  go to 15
с если снега не более 1.1 мм
18 tss=0.0
  go to 9
с если снега от 1.1 до 50 мм
15 if(ssf.lt.50.) go to 30
  go to 21
30 tss=0.068*ssf**1.5
  go to 22
с если снега более 50 мм
21 tss=0.805*ssf-16.0
22 if(t(i).ge.tss) go to 9
  go to 10
9 dt=t(i)-tss
  sn=sn+x(i)

```

```

st=st+dt
ssf=0.0
go to 1
10 if(t(i).gt.0.01)go to 45
i=i+1
if(i.gt.k1)go to 1
go to 8
45 tss=tss-t(i)
25 sn=sn+t(i)**0.67/0.1651
ssf=ssf-t(i)**0.67/0.1651
i=i+1
if(i.gt.k1)go to 1
6 if(t(i).gt.(0.11*h(m)**2+2.4))go to 7
go to 8
7 sn=sn+x(i)
go to 22
1 continue
i=i+1
if(i.lt.k1)go to 58
sn1(m)=sn
e(m)=st
akk(m)=akk(m)+ak(m)
50 continue
return
end

```

```

subroutine dhgrt(tsom,grt)
с определение градиентов летних температур
real tsom(1),grt(1),gr(6)
integer ml(7)
с продолжительность с апреля по сентябрь
data ml/0,30,61,91,122,153,183/
do 1 i=1,6
sr=0.0
mla=ml(i)+1
mle=ml(i+1)
do 2 j=mla,mle
2 sr=sr+tsom(j)
sr=sr/(ml(i+1)-ml(i))
1 gr(i)=0.3653*sr+3.52
do 3 i=1,183
if(i.le.30.and.i.gt.0)grt(i)=gr(1)
if(i.le.61.and.i.gt.30)grt(i)=gr(2)
if(i.le.91.and.i.gt.61)grt(i)=gr(3)

```

```

if(i.le.122.and.i.gt.91)grt(i)=gr(4)
if(i.le.153.and.i.gt.122)grt(i)=gr(5)
if(i.le.183.and.i.gt.153)grt(i)=gr(6)
3 continue
return
end

```

```

subroutine dhskld(ih,tsk,d1,m)
с расчет температурного скачка при переходе от склона
к леднику
real tsk(1)
integer ih(1)
с максимальное число ледников, ледники начинаются с 11
l=10
do 5 j=11,21
nn=0
do 3 i=1,m
if(ih(i).eq.j)go to 4
go to 3
4 nn=nn+1
3 continue
sl=d1*d1*nn
if(sl.le.0.0)go to 5
if(sl.lt.10.)tsk(j)=0.4+0.5*sqrt(sl)
if(sl.ge.10.and.sl.lt.25.)tsk(j)=1.98+(sl-
10.)*0.04
if(sl.ge.25.and.sl.lt.60.)tsk(j)=2.75
if(sl.ge.60.)tsk(j)=4.2
5 continue
return
end

```

```

subroutine
dhtakt(xsom,tsom,t,x,ts,h,ih,hgms,k,grt)
real
xsom(1),tsom(1),t(1),x(1),h(1),grt(1),rx(9),rj(9)
integer ih(1)
с расчет температур и осадков за лето для определенной
точки
с осадки на нижней ГМС
data rx/0.,1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8./
с осадки на верхней ГМС (т.к.это для летних снегопадов
с оставляем и для Мульты их же)
data rj/0.,2.9,4.4,4.8,4.1,3.2,1.8,0.5,0./

```

```

с обнуление массивов t и x
  do 50 i=1,183
    x(i)=0.0
50 t(i)=0.0
  do 1 i=1,183
    g=grt(i)
    t(i)=tsom(i)-(h(k)-hgms)*g-ts
с определение массива осадков в точке за лето
  if(xsom(i).le.0.0.or.xsom(i).gt.8.)go to 8
  go to 7
  8 gx=0.0
  go to 9
  7 n=xsom(i)+1
  gx=rj(n)+(rj(n+1)-rj(n))*(xsom(i)-rx(n))
  9 continue
  if(h(k).le.2.5)x(i)=xsom(i)+gx*(h(k)-hgms)
  if(h(k).gt.2.5)x(i)=xsom(i)
  if(x(i).le.0.0)x(i)=0.0
  1 continue
  return
  end

  subroutine dhanfg(t,x,nl,m,h)
с подпрограмма определения начала абляционного сезона
  real t(1),x(1),h(1)
  n=0
  do 201 i=1,183
    if(t(i).gt.0.01.and.x(i).le.0.1.or.t(i).gt.
1(0.11*h(m)**2+2.4))go to 202
  n=0
  go to 201
202 nl=i
  n=n+1
  if(n.eq.3)go to 204
201 continue
  nl=92
204 continue
  nl=nl-2
  return
  end

  subroutine mlblok(di,ih,dl,m,sgl,hgl,wgl,sdi)
  real di(1),sgl(1),hgl(1),wgl(1),sdi(1)

```

```

integer ih(1)
  open(5,file='main4.res',status='new')
с расчет суммарных величин баланса по леднику
с hgl -средняя толщина ледника по Никитину
с sgl - площадь ледника
с wgl -объем льда в леднике
с sdi сумма di (суммарный баланс ледника)
  ledn=0
  do 1 j=1,20
    ledn=ledn+1
    n=0
    sd0=0.0
    do 2 i=1,m
      if(ih(i).eq.ledn)n=n+1
      if(ih(i).eq.ledn)sd0=sd0+di(i)
  2 continue
  sgl(j)=dl*dl*n
  hgl(j)=0.0315*(sgl(j)**0.333)
  wgl(j)=sgl(j)*hgl(j)
  if(n.eq.0)sdi(j)=sd0
  if(n.gt.0)sdi(j)=sd0/n
  1 continue
  write
(5,99)(sgl(i),hgl(i),wgl(i),sdi(i),i=11,17)
  99 format(4(g20.5))
  return
  end

  subroutine artist(x,kx,ky,y,n)
  character*1 a(36),z(50),pr
  real y(1),x(1)
  data
a/' ','1','2','3','4','5','6','7','8','9','a','b',
1'c','d','e','f','g','h','i','j','k','l','m','n',
2'o','p','q','r','s','t','u','v','w','x','y','z'/
  open(5,file='main1.res',status='new')
  pr='.'
  m0=0
  m1=1
  m2=2
  m6=50
  write(5,102)(a(i),y(i-m1),y(i),i=m2,n)
  m3=kx/50.0+0.999
  m5=m6

```

```

n2=m0
do 8 m=m1,m3
n1=n2
n2=n2+m6
if (kx-n2) 3,4,4
3 m5=m6-n2+kx
4 k1=n1
do 41 k=m1,ky
41 k1=k1+kx
do 8 i=m1,ky
k1=k1-kx
do 5 j=m1,m6
5 z(j)=pr
do 7 j=m1,m5
b=x(k1+j)
do 6 k=m1,n
l=k
if (b-y(k)) 7,6,6
6 continue
l=l+m1
7 z(j)=a(l)
write(5,101)z
8 continue
return
101 format(50a2)
102 format(///9x,21hусловные
обозначения//9x,10hусл.обозн.,
110x,16hбольше или
равно,5x,6hменьше/(13x,a2,18x,g10.3,7x,g10.3))
end

```

```

subroutine gmorfo(kx,ky,e,u,z,ip,s)
с ky-число столбцов в массиве
с kx-число строк в массиве
с e-экспозиция в Пи (т.е. 360 град.= 2*3.14
с u-уклоны в tg угла(при 45 град.=1)
с z-абсолютная высота
с ind - const, где 1 характ. бас.,0 - точки вне бас.
с ip=0
с s- расстояние между точками планшета
integer ind,m1,m0,ip
real e(1),u(1),z(1),pi,pi2,x,y
m1=1
m0=0

```

```

pi=3.14
pi2=6.28
x=0.0
y=0.0
k=m0
do 16 i=m1,ky
do 16 j=m1,kx
k=k+m1
e(k)=-1e20
u(k)=-1e20
if (k.gt.(ky*kx-1))go to 17
с идентификация точек бассейна
if (z(k).le.0.)ind=0
if (z(k).gt.0.)ind=1
if (ind-ip)1,16,1
1 m=m0
n=m0
c=pi
d=x
2 l=-m1
3 m=m+m1
l=l+m1
n1=n2
x1=x2
y1=y2
go to (4,5,6,7,4,13),m
4 x2=x
y2=s
n2=k+kx
if (i+m1-ky) 8,8,2
5 x2=s
y2=y
n2=k+m1
if (j+m1-kx) 8,8,2
6 x2=x
y2=-s
n2=k-kx
if (i-m1) 2,8,8
7 x2=-s
y2=y
n2=k-m1
if (j-m1) 2,8,8
8 if (l) 3,3,9
9 if (z(n2)) 2,2,10

```

```

10 call expuc(x,x1,x2,y,y1,y2,z(k),z(n1),z(n2),w,v)
   d=d+v
   a=w-c
   b=abs(a)
   if(b-1e-6) 12,12,11
11 nj=b/pi
   c=(c*n+w-nj*pi2*a/b)/(n+m1)
   if(c.gt.pi2)c=c-pi2
   if(c.lt.x)c=c+pi2
12 n=n+m1
   go to 3
13 if(n)15,15,14
14 e(k)=c
   u(k)=d/n
   go to 16
15 e(k)=0.0
   u(k)=0.0
16 continue
17 return
end

```

```

subroutine expuc(x1,x2,x3,y1,y2,y3,z1,z2,z3,e,u)
u=0.0
e=0.0
a=z1*(y3-y2)+z2*(y1-y3)+z3*(y2-y1)
b=z1*(x2-x3)+z2*(x3-x1)+z3*(x1-x2)
ab=sqrt(a*a+b*b)
if(ab-1e-9) 3,3,2
2 c=x1*(y2-y3)+x2*(y3-y1)+x3*(y1-y2)
  k=sign(1.1,c)
  u=ab/abs(c)
  e=acos(k*b/ab)
  if(k*a.le.0)e=6.28-e
3 return
end

```

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ им. В.С. СОБОЛЕВА
 Лаборатория геологии и палеоклиматологии кайнозоя

СООБЩЕНИЕ № 1882

Направляю Вам результаты радиоуглеродного датирования 4 проб органических остатков, представленных Вами в 2011 году. Определение остаточной активности углерода выполнено на QUANTULUS 1220. Для расчета возраста использован период полураспада ^{14}C равный 5570 лет. Для того, чтобы перейти на период полураспада равный 5730 лет, необходимо к дате ввести коэффициент 1,03. Возраст рассчитан от 1950 года.

Номер образца: СОАН-8527

Дата взятия образца: 29.07.2011.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 9,5 км СЗ горы Белок Чемчедай, 4,0 км ЮЮЗ устья р. Кульда. Высота 1680 м. Злаково-осоково-пушицевое болото, в котором был вырыт шурф глубиной 152 см.

Характер залегания: Межморенное понижение. Старые моренные отложения, перекрытые сверху болотными отложениями. Сверху 145 см торфа светло-коричневого цвета, ниже слой илестых отложений с крупной слабоокатанной галькой. Образец отобран с глубины 145 см. Дровесина.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 7750±125 (8675±325)

Номер образца: СОАН-8528

Дата взятия образца: 29.07.2011.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 9,5 км СЗ горы Белок Чемчедай, 4,0 км ЮЮЗ устья р. Кульда. Высота 1680 м. Злаково-осоково-пушицевое болото, в котором был вырыт шурф глубиной 152 см.

Характер залегания: Межморенное понижение. Старые моренные отложения, перекрытые сверху болотными отложениями. Сверху 145 см торфа светло-коричневого цвета, ниже слой илестых отложений с крупной слабоокатанной галькой. Образец отобран с глубины 145-152 см. Дровесина

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 9400±90 (10700±400)

Номер образца: СОАН-8529

Дата взятия образца: 31.07.2011.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Соузар, болото Тюдекту, 5,4 км СВ горы Белок Тюдекту, 4,2 км СВ устья р. Соузар. Высота 1150 м.

Характер залегания: Бугор пучения (пинго), размером 50x15 (длинной осью вытянут с СЗ на ЮВ), болота Тюдекту в котором был вырыт шурф, глубиной 136 см. Криотурбированные озерно-болотные отложения, пинго окружен болотом, злаково-осоковое сообщество. С глубины 120 см наблюдается мерзлота. Образец отобран с глубины 100-105 см.

Органо-минеральная масса (темно-серый ил с сизоватым оттенком, незначительным количеством органики).

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 3345±75 (3565±165)

Номер образца: СОАН-8530

Дата взятия образца: 31.07.2011.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Соузар, болото Тюдекту, 5,4 км СВ горы Белок Тюдекту, 4,2 км СВ устья р. Соузар. Высота 1150 м.

Характер залегания: Бугор пучения (пинго), размером 50x15 (длинной осью вытянут с СЗ на ЮВ), болота Тюдекту в котором был вырыт шурф, глубиной 136 см. Криотурбированные озерно-болотные отложения, пинго окружен болотом, злаково-осоковое сообщество. С глубины 120 см наблюдается мерзлота. Образец отобран с глубины 125-130 см.

Органо-минеральная масса (темно-серый ил, почти черный).

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4350±80 (5000±30)

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ им. В.С. СОБОЛЕВА**

Лаборатория геологии и палеоклиматологии кайнозоя

СООБЩЕНИЕ № 1640

Направляю Вам результаты радиоуглеродного датирования 18 проб органических остатков из ледниковых отложений Алтая. Определение остаточной активности углерода выполнено на QUANTULUS 1220. Для расчета возраста использован период полураспада ¹⁴C равный 5570 лет. Для того, чтобы перейти на период полураспада равный 5730 лет, необходимо к дате ввести коэффициент 1,03. Возраст рассчитан от 1950 года.

Примечание: Координаты даны в системе WGS-84, высота в абсолютных единицах. Точность определения колеблется от 4 до 9 м. Номера ледников приведены по [Каталог ледников СССР, том 15, Алтай и Западная Сибирь, вып. 1, Горный Алтай и Верхний Иртыш, часть 6, долина Чуи, Ленинград, Гидрометеоиздат, 1974] и по [Каталог ледников СССР, том 15, Алтай и Западная Сибирь, вып. 1, Горный Алтай и Верхний Иртыш, часть 5, долина Аргуна, Ленинград, Гидрометеоиздат, 1977].

Номер образца: СОАН-6911

Дата взятия образца: 28.06.2007.

Место взятия образца: Правая «древняя» часть морены ледника № 27 в долине Шавлы, переход боковой морены во фронтальную. Превышение над урезом ручья, текущего по подножью морены – не менее 2-х м. Образец обнаружен среди глыб породы. Точка с координатами 50.09372 с.ш., 87.40088 в.д., высота 2157 м.

Тип образца: фрагмент внешней части дерева значительного диаметра (не менее 40 – 50 см), частично с сухой гнилью во внутренней части. Размер 20 на 50 см, толщина 5-8 см, твердое, цвет от желтого до светло-кофейного. Остальной части дерева не обнаружено. В ближайшем окружении на морене (100 м) древесная растительность отсутствует. Погибшие деревья значительного диаметра (до 25 см) встречаются лишь на фронте морены и в ее внутренней фронтальной части.

Интерпретация: Привнесенный характер образца маловероятен. В стадию Актру этой части морены ледник не достигал, поэтому гибель дерева отражает либо максимальный возраст предшествующего наступания (если гибель его связана с непосредственным воздействием ледника), либо минимальный возраст этой морены, если дерево выросло уже после его отступления (период заселения может составлять до 100-150 лет). Ясность в этот вопрос может внести лишь набор датировок по моренам Исторической стадии из различных горно-ледниковых бассейнов.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 460±40 лет (547±60)

Номер образца: СОАН-6912

Дата взятия образца: 28.06.2007.

Место взятия образца: аналогично предыдущему образцу, далее вниз по гребню бокового вала морены. Около 1,5 м превышения над урезом ручья. Точка с координатами 50.09385 с.ш., 87.40082 в.д., высота 2155 м.

Тип образца: внешняя часть дерева (около 50 годовых колец). Диаметр дерева неопределим. Длина - 50-60 см, ширина - 10-15 см, толщина - 2-4 см. Твердое, сухое, цвет светлый, частично покрыто мхом и лишайником. Остальная часть дерева отсутствует.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 480±35 лет (575±38)

Номер образца: СОАН-6913

Дата взятия образца: 29.06.2007.

Место взятия образца: подножие фронтального вала ледника № 21 в истоках Шавлы. Точка с координатами 50.07023 с.ш., 87.44854 в.д., высота 2199 м.

Тип образца: часть ствола дерева, лежащая вершиной вниз, зажатая и расщепленная глыбами породы скатившимися с морены. Сердцевина сгнила, ствол опрелый, поросший мхом. Диаметр ствола - 20-30 см. Среди глыб морены встречено несколько деревьев аналогичного состояния и диаметра. Разреженный взрослый лес подходит вплотную к морене.

Интерпретация: Поскольку для лиственницы (чем вероятнее всего и являются остатки дерева) диаметр 20-30 см является средним возрастом, есть основание полагать, что гибель деревьев наступила по внешним причинам, а именно в результате ухудшения климата. По некоторым признакам можно утверждать, что глыбы породы скатились с морены значительно позднее, когда деревья уже подверглись частичному разложению. Очень вероятно, что деревья погибли по периферии морены до появления дерева, с которого был взят образец СОАН-6466 в непосредственной близости от места находки и, таким образом, задолго до развития стадии Актру.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 435±35 лет (557±25)

Номер образца: СОАН-6914

Дата взятия образца: 29.06.2007.

Место взятия образца: аналогично предыдущему образцу. Точка с координатами 50.07004 с.ш., 87.44879 в.д., высота 2200 м.

Тип образца: ствол дерева, лежащий вершиной вниз (в нижней части - комля не обнаружено), зажат и расщеплен глыбами породы, порос мхом, лишайниками, сердцевина сгнила. Местами положение ствола едва различимо из-за покрытия его мхом.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 535±40 лет (677±30 - 33 % или 592±35 - 63 %)

Номер образца: СОАН-6915

Дата взятия образца: 20.07.2007.

Место взятия образца: пойма реки Аккол в непосредственной близости от ледника Софийский, флювиогляциальные отложения выше морено-подпрудного озера. Левый берег реки, в 5-то м от одного из рукавов русла Точка с координатами 49.80923 с.ш., 87.82218 в.д., высота 2451 м.

Тип образца: фрагмент ствола дерева неопределенной породы, без сердцевины. Длина 27 - 30 см, толщина 5 - 8 см, твердое, без гнили, резкий смоляной запах, цвет на спиле светло-кофейный, толщина годовых колец 0,5 - 1,5 мм. С обеих сторон расщеплено и разорвано. На одной из сторон щепки выгнуты дугой в сторону разрыва.

Интерпретация: фрагменты деревьев, подобные найденному, обнаруживаются интенсивному размыву морены вслед за отступающим ледником. Как правило, условия залегания таких образцов (за некоторыми исключениями) указывают на то, что остатки деревьев были вымыты из морены именно в год находки. Продолжительность их залегания в поверхностных условиях также ограничена промежутком времени между крупными паводками. Большая часть древесных остатков безвозвратно выносятся и перекладывается рекой. Учитывая и то, что один - два человека не в состоянии охватить осмотром всю площадь молодой поймы, следует сделать вывод, что даже единичные находки свидетельствуют о значительном распространении леса на приледниковой территории и о теплых климатических условиях, более продолжительных, чем современный период. Очень вероятно и то, что гибель деревьев вызывалась активностью ледника, но об амплитуде этих подвижек трудно сделать определенные выводы. Не верным следует считать вывод и об уникальности современного отступления ледников в результате которого, мы можем обнаруживать столь древние образцы. Вынос древесных остатков из морены вслед за отступанием ледником, вторгшихся в зону леса является закономерностью, но большая часть свидетельств, прежнего распространения лесной растительности, остается перекрытой мореной и флювиогляциальными отложениями, поэтому предполя таких ледников насыщены древесными остатками разных возрастов. Однако, следует учитывать и то, что если бы древесные остатки не захоранивались наступающим ледником, то они бы давно сгнили. Таким образом, растительные остатки дают нам время активизации и наступания ледников.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 3525±70 лет (3867±180)

Номер образца: СОАН-6916

Дата взятия образца: 20.07.2007.

Место взятия образца: аналогично предыдущему образцу. Найден на острове среди меандрирующих русел реки. Точка с координатами 49.80782 с.ш., 87.81972 в.д., высота 2459 м.

Тип образца: фрагмент ствола дерева не определенной породы. Длина около 38 см, толщина 4-8 см, годовые кольца 0,5-0,8 мм и менее. Твердое, цвет на спиле

светло-кофейный. Древесина на внешней части ствола отделяется чешуйками, что характерно для древесины, находящейся в переувлажненных условиях.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 3365±95 (3672±225)

Номер образца: СОАН-6917

Дата взятия образца: 26.08.2007.

Место взятия образца: подножие левой боковой морены Аккемского ледника, вблизи места ее перехода во фронтальную. Ложбина между осыпью, осложненная селевыми выносами и валом морены. Точка с координатами 49.88357 с.ш., 86.54863 в.д., высота 2106 м.

Тип образца: Ствол кедра, диаметром у комля около 60-ти см, повален вниз по долине комлем вверх, параллельно морене. Корневые остатки сохранены, сердцевина кедрового дерева гнилая и мягкая, внешняя часть ствола твердая, желтовато-красного цвета. Средняя и верхняя часть ствола погребены отложениями селя, явно более молодого возраста, чем моренный вал (это определяется по количеству накипных лишайников, покрывающих каменную поверхность отложений). В радиусе 100 м встречаются единичные лиственницы 5-8 см в диаметре. Образец взят от внешней части ствола.

Интерпретация: при осмотре склона непосредственно выше места находки (на 5 м по высоте) обнаружены обломанные корневые остатки явно принадлежащие нижележащему стволу кедрового дерева. Гибель дерева в результате воздействия селя исключается, поскольку предполагаемое место его роста стабильно, покрыто плотной дерниной, образованной травой и кустарниками. Русло схода селя находится на несколько десятков метров выше, следуя по боковому валу морены, который и послужил причиной отклонения селевого потока на 90 градусов от прямолинейного направления. Таким образом, кедр рос выше на склоне и был перекрыт селевыми отложениями уже после гибели. С большой вероятностью причиной его гибели явилась близость развивающегося ледника.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 400±40 лет (412±45 - 30 % либо 527±50 - 67 %).

Номер образца: СОАН-6918

Дата взятия образца: 27.08.2007.

Место взятия образца: в непосредственной близости (45 м) от вала левой фронтальной части молодой морены Аккемского ледника (стадия Актру). Крупноглыбовый склон отмершего каменного глетчера, образованного из отложений морены предшествующей генерации (Историческая стадия). Точка с координатами 49.88435 с.ш., 86.54851 в.д., высота 2114 м.

Тип образца: ствол лиственницы в вертикальном положении, росшей в месте находки. Диаметр у комля около 40 см, высота 5-6 м. Кора и сучья не сохранились. Отдельные крупные сучья просматриваются среди глыб породы. Поверхность ствола имеет «квевтрельный» характер (темный цвет, трещинки, борозды, ложбинки). Как и в предыдущем случае, в ближайшем окружении встречаются единичные молодые лиственницы, растущие, однако, не среди

крупноглыбового материала, где сделана находка, а несколько ближе к морене ледника.

Интерпретация: несомненно, что ледник подходил вплотную к месту находки (до 10-20 м), поэтому с большой вероятностью его близость и послужила причиной гибели дерева. Возможно, дерево погибло раньше (50-150 лет), вследствие ухудшения климата.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 1400±70 лет (1352±125)

Номер образца: СОАН-6919

Дата взятия образца: 27.08.2007.

Место взятия образца: песчано-галечные отложения реки Аккем, левая часть поймы реки, внутренняя часть молодой морены. Точка с координатами 49.87696 с.ш., 86.55145 в.д., высота 2113 м.

Тип образца: фрагмент дерева большого диаметра (около 20-25 см). Длина 25-30 см, ширина 6-8 см, толщина 4 см. На спице 60-80 годовых колец около 1 мм толщиной. Следы потертостей, изломов, разрывов. Цвет на спице – светло-кофейный.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 3600±85 лет (3972±235)

Номер образца: СОАН-6920

Дата взятия образца: 27.08.2007.

Место взятия образца: песчано-галечные отложения реки Аккем, левая часть поймы, внутренняя часть молодой морены. Обнаружен в 1,5 м от русла реки, застрявшим между глыб. Точка с координатами 49.87496 с.ш., 86.55161 в.д., высота 2109 м.

Тип образца: сегмент дерева, представляющий собой сердцевину с периферийной частью, радиус – около 10 см. Древесина сухая, расщеплена на отдельные части, следы изломов и потертостей, надрезов камнями, обработки потоком. Цвет на изломе – светло-коричневый, годовые кольца – от 1 до 1,5 мм. Твердое хорошей сохранности.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 2895±35 лет (3102±125)

Номер образца: СОАН-6921

Дата взятия образца: 28.08.2007.

Место взятия образца: в нескольких метрах от берега реки Аккем, внутренняя часть молодой морены. Точка с координатами 49.87359 с.ш., 86.55122 в.д., высота 2124 м.

Тип образца: Фрагмент дерева неопределенной формы, вероятный радиус ствола – не менее 25 см. Сырое, на спице – светло-коричневый (мокрый) цвет. Ширина годовых колец – более 1 мм. Видна трещина, секущая ствол поперек, потертости по торцам фрагмента, на внешней стороне – значительная потертость в виде ложбинки в несколько см глубиной, поверхность покрывается чешуйками по мере высыхания. Сохранность хорошая.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 3140±30 лет (3442±65)

Номер образца: СОАН-6922

Дата взятия образца: 27.08.2007.

Место взятия образца: русло ручья Караюк, стекающего по подножью правой части молодой морены Аккемского ледника (стадия Актру), в 20 м выше точки с координатами 49.88403 с.ш., 86.55150 в.д., переправа через ручей.

Тип образца: внешняя часть ствола дерева диаметром до 30-35 см, с несколькими сучками. Толщина 8-10 см, длина 120-130 см, видны остатки гнилой сердцевины. Цвет на спиле свежий (янтарный), причем центр спила сухой, что говорит о недавнем пребывании дерева в воде, тем не менее комлевая часть фрагмента носит следы длительной обработки потоком. Годовые кольца от долей мм до 1/5 мм.

Интерпретация: вероятнее всего, дерево снесено ручьем сверху, либо вымыто из морены, либо росло на берегу ручья. Гибель его связывается с ухудшением климатических условий, в результате воздействия ледника.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 2970±45 лет (3187±140)

Номер образца: СОАН-6923

Дата взятия образца: 27.08.2007.

Место взятия образца: песчано-галечные отложения реки Аккем, пойма между меандрирующими рукавами реки, внутренняя часть молодой морены. Точка с координатами 49.87816 с.ш., 86.55239 в.д., высота 2100 м.

Тип образца: фрагмент древесины длиной до 20 см, шириной до 5 см, толщина – 2-3 см. Следы потертостей и обработки потоком, резкий смоляной запах, цвет на спиле – светло-кофейный, внешняя часть образца отслаивается чешуйками.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 3835±45 лет (4282±195)

Номер образца: СОАН-6925

Дата взятия образца: 30.08.2007.

Место взятия образца: молодая морена ледника Менсу (Сапожникова, стадия Актру) в непосредственной близости от языка ледника (№ 391, бассейн Аргута). Внутренняя часть небольшого осцилляционного вала в 50 м от левого берега безымянного ручья, впадающего в реку Менсу. Точка с координатами 49.85900 с.ш., 86.70833 в.д., высота 2149 м.

Тип образца: фрагмент ствола дерева с естественной изогнутостью. Длина около 1 м, толщина от 15 до 35 см (в месте изгиба). Сердцевина находилась по внешнему краю изгиба ствола, диаметр которого составлял не 30 см. Кора не сохранена, поверхность отслаивается чешуйками. Видны следы динамического воздействия льда и камней: изломы на торцах, надрезы с надрывами, поперечные трещины. Годовые кольца – от 1,5 мм в направлении к сердцевине, до долей мм к внешней части. Цвет на спиле – светло-кофейный (молочный шоколад). Образец взят от внешней части ствола (не более 100 колец).

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу. Древесная растительность отсутствует совершенно, вероятно, ледник освободил место находки не ранее середины XX века.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 5595±85 лет (6477±150)

Номер образца: СОАН-6926

Дата взятия образца: 30.08.2007.

Место взятия образца: Молодая морена ледника Менсу (Сапожникова, стадия Актру) в непосредственной близости от языка ледника (№ 391, бассейн Аргута), 50 м ниже слияния реки из левой части ледника Менсу и безымянного ручья из левой височей долины, в 2-3 м от русла реки. Точка с координатами 49.85900 с.ш., 86.70891 в.д., высота 2137 м.

Тип образца: сегмент дерева длиной до 60 см, толщина около 15 см, видны несколько крупных сучьев. Внешняя часть ствола содрана. Характер внешних воздействий аналогичен предыдущему образцу (Менсу 1). Цвет древесины на распиле неравномерный, с прожилками светлого(древесного) цвета, на фоне светло-коричневого и очень светло-кофейного. В целом цвет более темный, чем у сырой древесины. Очевидно, дерево не постоянно, или короткое время находилось в переувлажненных условиях. Вероятный диаметр дерева – до 40 см. Состояние древесины – хорошее.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 5545±85 лет (6417±180)

Номер образца: СОАН-6927

Дата взятия образца: 30.08.2007.

Место взятия образца: аналогично предыдущим образцам (Менсу 1 и Менсу 2). Русло ручья, фильтрующегося через левую боковую морену из соседней безымянной долины. Точка с координатами 49.85964 с.ш., 86.70853 в.д., высота 2137 м.

Тип образца: сегмент дерева (треть). Длина около 45 см, толщина 10-15 см, вероятный диаметр дерева до 30 см. Как внешняя, так и внутренняя части отсутствуют. Годовые кольца от 1 до 2 мм, всего не более 100. Древесина в отличном состоянии, темного, насыщенного кофейного цвета.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 5315±75 (6132±145)

Номер образца: СОАН-6930

Дата взятия образца: 30.08.2007.

Место взятия образца: Пойма реки Менсу среди меандрирующих русел. Точка с координатами 49.86932 с.ш., 86.72127 в.д., высота 1970 м.

Тип образца: сегмент ствола дерева около 30 см длиной и около 8 см в диаметре, поперечный надлом в центральной части. Следы значительных потертостей. Цвет на спиле – светло-кофейный, сохранность отличная.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 5395±75 лет (6212±165)

Номер образца: СОАН-6931

Дата взятия образца: 30.08.2007.

Место взятия образца: Пойма реки Менсу среди меандрирующих русел. Точка с координатами 49.86700 с.ш., 86.71994 в.д., высота 1995 м.

Тип образца: ствол дерева длиной до 140 см, диаметром до 20 см. Ствол местами перетерт на 50 %, следы надломов, растрескивания и пр. Возможно транспортирован рекой на расстояние до 1,5 км.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу. Выше по реке найден еще такой же ствол дерева, поэтому очень вероятно гибель дерева в результате активности ледника.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 2490±75 лет (2607±190)

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ им. В.С. СОБОЛЕВА

Лаборатория геологии и палеоклиматологии кайнозоя

СООБЩЕНИЕ № 1705

Направляю Вам результаты радиоуглеродного датирования 13 проб органических остатков из ледниковых отложений Алтая. Определение остаточной активности углерода выполнено на QUANTULUS 1220. Для расчета возраста использован период полураспада ^{14}C равный 5570 лет. Для того, чтобы перейти на период полураспада равный 5730 лет, необходимо к дате ввести коэффициент 1,03. Возраст рассчитан от 1950 года.

Номер образца: СОАН-7376

Дата взятия образца: 09.06.2008.

Место взятия образца: Северо-Чуйский хребет, долина р. Машей. Сухое паводковое русло реки, левая часть поймы, около 500 м ниже точки с координатами 50.112700 с.ш., 87.592450 в.д.

Тип образца: внешний сегмент совершенно раздавленного дерева, расщеплен на отдельные с надрезами, разрывами и пр. Вероятный диаметр не менее 20 см (до 30-35 см). Содержит 50-80 годовых колец.

Интерпретация: Древесина вынесена тальми водами ледника непосредственно из-под ложа, поскольку другие, достаточно динамичные источники сноса, отсутствуют, а время выноса соответствует сезону находки. Это позволяет предполагать значительное распространение леса на приледниковой территории и указывает на степень отступления ледника, как минимум на 200-500 м от современного положения языка, не принимая во внимание возможность транспортировки дерева ледником.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4985±95 лет (5983±275)

Номер образца: СОАН-7377

Дата взятия образца: 09.06.2008.

Место взятия образца: Северо-Чуйский хребет, долина р. Машей. Непосредственно в начале сухого паводкового русла реки, около 10 м от левого берега основного русла. Точка с координатами 50.111050 с.ш., 87.594970 в.д., высота 2158 м.

Тип образца: вероятнее всего комлевая часть дерева (*Larix*), около 40 % ствола, длина – около 50 см, ширина – 20 – 30 см. Следы обработки ледником и текучими водами, ретертости и надрезы. По обоим концам расщеплено и оторвано от остальной части дерева без крупных щелок. Местами поверхность отслаивается чешуйками. Растрескано от высыхания вдоль длины ствола. Цвет на спиле тот же, что и предыдущих образцов Маашея. Древесина очень плотная, волокнистая.

Интерпретация: аналогично предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4680±90 лет (5588±210)

Номер образца: СОАН-7378

Дата взятия образца: 09.06.2008.

Место взятия образца: найден вблизи правого берега реки Машей, застрявшим между глыб, наполовину в воде. Точка с координатами 50.109390 с.ш., 87.595990 в.д., высота 2173 м.

Тип образца: фрагмент дерева, длиной 35-40 см, шириной 3-5 см. Сохранность хорошая, имеются следы ледниковой обработки, цвет на спиле аналогичен подобным образцам Маашея.

Интерпретация: аналогично предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4710±100 лет (5658±300)

Номер образца: СОАН-7379

Дата взятия образца: 21.06.2008.

Место взятия образца: моренные и флювиогляциальные отложения в центре правой части моренного комплекса ледника Малый Актру, правый внутренний склон морены. Одно из русел ручья Водопадный, оставленной некоторое время назад (паводковое русло). Точка с координатами 50.072260 с.ш., 87.770230 в.д., высота 2218 м.

Тип образца: фрагмент комлевой части дерева, часть ствола с сердцевинной, с обломанными и истертыми корневыми отростками, обработано до сглаженного состояния. Твердое и плотное, цвет на спиле желтый, светлый.

Интерпретация: во время появления, роста дерева и в предшествующий период ледник длительное время находился в состоянии отступления, превышающем современное. Гибель дерева произошла от перекрытия его ледником. Дерево вышло на поверхность только благодаря эрозии ручья.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 710±55 лет (735±75 – 82,1 % или 638±30 – 13,3 %)

Номер образца: СОАН-7380

Дата взятия образца: 21.06.2008.

Место взятия образца: аналогично предыдущему образцу. Место пересечения ручьем Водопадным правой боковой морены Малого Актру, русло ручья. Точка с координатами 50.071620 с.ш., 87.772190 в.д., высота 2261 м.

Тип образца: Фрагмент комлевой части дерева (кедр) значительно диаметра. Длина – 80 см, ширина – 25-50 см, вес – 25-35 кг, сырое, древесина плотная, желто-красного цвета, запах насыщенный, смоляной. Фиксируются надрезы камнями, ударные травмы, флювиальная обработка. Все выступающие части древесины сглажены, что для малорасходного ручья Водопадный невозможно. Вышло на поверхность недавно, поскольку в 2006 г. русло ручья осматривалось. Образец взят от внешней части ствола (до 100 годовых колец).

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 700±50 лет (743±55 – 78,9 % или 638±30 – 16,5 %)

Номер образца: СОАН-7381

Дата взятия образца: 21.06.2008.

Место взятия образца: аналогично предыдущему образцу. Вблизи точки с координатами 50.071880 с.ш., 87.771770 в.д., высота 2260 м.

Тип образца: фрагмент ствола небольшого дерева (сучек дерева), длиной 30 см, диаметр около 6 см, сердцевина. Одна сторона ствола истерта, сырое. Цвет желтовато-коричневый, вероятнее всего кедр.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 1000±50 лет (983±35 – 80,4 % или 893±45 – 15 %)

Номер образца: СОАН-7382

Дата взятия образца: 21.06.2008.

Место взятия образца: аналогично предыдущему образцу. Вблизи точки с координатами 50.071880 с.ш., 87.771770 в.д., высота 2260 м.

Тип образца: остатки дерева неопределенной формы, около 60 см длиной, вероятно три отростка ствола, либо комлевая часть, наполовину сырое, вероятнее всего кедр. С наиболее сохранившегося отростка взят спил, здесь же ранее кем-то был спилен кусок древесины.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 690±45 лет (738±50 – 75,3% или 638±20 – 20,1%)

Номер образца: СОАН-7383

Дата взятия образца: 17.06.2008.

Место взятия образца: Южно-Чуйский хребет, долина реки Аккол, предполья ледника Софийский. Широкая пойма реки, непосредственно выше морено подпрудного озера. Точка с координатами 49.807650 с.ш., 87.820140 в.д., высота 2480 м.

Тип образца: фрагмент дерева (большая щепка) длиной 42 см, шириной 12-4-2 см. Истерто и разорвано с обеих сторон. Твердое, плотное.

Интерпретация: аналогична подобным образцам в долине реки Маашей.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4270±110 лет (5058±350)

Номер образца: СОАН-7384

Дата взятия образца: 26.08.2008.

Место взятия образца: долина реки Аккем с одноименным ледником (второе название ледника Родзевича), левый борт долины Аккема, склон юго-восточной экспозиции, граница леса. Точка с координатами 49.899080 с.ш., 86.538930 в.д., высота 2225 м.

Тип образца: поваленный на склоне параллельно оси долины ствол дерева, диаметром у комля около 90 см, сохранена внешняя часть ствола с нижней и боковых сторон, вершина сгнила, поросла мхом и кустарником. На датирование взят спил с внешней части ствола.

Интерпретация: аналогична образцу СОАН-6429, показавшему современный возраст. В случае подтверждения современного возраста погибших деревьев, следует сделать вывод, что деревья в данном месте долины гибнут периодически, при достижении определенного возраста и резком локальном ухудшении климатических условий, которое возникает не зависимо от общего климатического тренда территории (данная интерпретация не подтвердилась, т.к. дата гибели дерева не современная, а 600 лет назад. Скорее всего, гибель дерева связана с началом Малого ледникового периода – стадии Фернау).

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 530±50 лет (678±20 – 27,7 % или 598±20 – 40,5 %)

Номер образца: СОАН-7385

Дата взятия образца: 26.08.2008.

Место взятия образца: долина реки Аккем с одноименным ледником (второе название ледника Родзевича), левый борт долины Аккема, склон юго-восточной экспозиции, граница леса. Вблизи точки Аккем 3, с координатами 49.899080 с.ш., 86.538930 в.д., высота 2225 м.

Тип образца: ствол дерева, поваленный с комлем вершиной на склон и вниз по долине. Диаметр у комля около 40-50 см, сохранность ствола аналогична образцу Аккем 3. На датирование взят спил с внешней части ствола.

Интерпретация: аналогична предыдущему образцу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 270±70 лет (383±225 – 91 %)

Номер образца: СОАН-7386

Дата взятия образца: 29.08.2008.

Место взятия образца: долина реки Менсу, предполья ледника Менсу (ледник Сапожникова), пойма реки Менсу, сухое русло. Точка с координатами 49.868000 с.ш., 86.721160 в.д., высота 1986 м.

Тип образца: изогнутый фрагмент ствола дерева длиной 80 см, возможно комлевый отросток, половина ствола с сердцевинной, около 40-80 колец на спице, цвет серо-коричнево-кофейного оттенка. Следы ледниковой и водно-ледниковой обработки.

Интерпретация: возраст дерева указывает на продолжительный теплый период, на значительное отступление ледника, превышающее современное, однако, его гибель произошла именно в результате наступания ледника и захоронения древесины в морене. Место захоронения – донная морена, прилегающая к языку ледника.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4610±80 лет (5518±150)

Номер образца: СОАН-7387

Дата взятия образца: 29.08.2008.

Место взятия образца: Аналогично предыдущему образцу, левая часть фронта морены, предположительно стадии Актру, место прорыва рекой фронта морены, около 30 м до левого берега реки. Точка с координатами 49.871530 с.ш., 86.724650 в.д., высота 1975 м.

Тип образца: Комлевая часть дерева, зажата между глыбами породы вершиной вниз, опрелая и мягкая, диаметр у комля не более 15 см, диаметр ствола около 10 см, длина фрагмента 50 см. На спице заметна ассиметрия роста дерева, сторона, вероятнее всего обращенная к леднику, относится к противоположной стороне как 1 к 3. На датирование взята по возможности внешняя часть ствола, что может составлять до трети собственного возраста.

Интерпретация: Ассиметрия роста с большой уверенностью позволяет предположить местное происхождение дерева и его гибель в результате наступания ледника. Не исключено, что дерево могло появиться в один из теплых периодов стадии Актру и погибнуть, например, в начале – середине XIX-го века. Подвижки глыб породы могут быть вызваны и оседанием морены и деятельностью реки.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 115±40 лет (283±55 – 32,5 % или 138±80 – 60,2 %)

Номер образца: СОАН-7388

Дата взятия образца: 29.08.2008.

Место взятия образца: Пойма реки Менсу вблизи точки с координатами 49.867000 с.ш., 86.722390 в.д., высота 1995 м.

Тип образца: фрагмент ствола дерева, комлевая часть, место сращения с другим аналогичным стволом, 90 – 10 – 15 см, несколько десятков годичных колец, найден среди песка и валунов поймы, на датирование взят спил, таким образом, возраст укажет на среднее время жизни деревьев.

Интерпретация: аналогична подобным образцам в долине реки Менсу.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4800±80 лет (5803±165)

СООБЩЕНИЕ № 1768

Направляю Вам результаты радиоуглеродного датирования 10 проб органических остатков из ледниковых отложений Алтая. Определение остаточной активности углерода выполнено на QUANTULUS 1220. Для расчета возраста использован период полураспада ^{14}C равный 5570 лет. Для того, чтобы перейти на период полураспада равный 5730 лет, необходимо к дате ввести коэффициент 1,03. Возраст рассчитан от 1950 года.

Номер образца: СОАН-7824

Дата взятия образца: 10.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Карагай, правый берег р. Карагай, 6,4 км СВ села Карагай, заболоченный правый берег реки. Высота 1142 м.

Тип образца: торф темно-коричневый, мерзлый.

Характер залегания: мерзлый торф, залегающий под 28-см слоем минерализованного торфа, образец отобран из верхних 3-4 см слоя мерзлого торфа. Глубина залегания 28-32 см.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 370±0 (381 ± 20)

Номер образца: СОАН-7825

Дата взятия образца: 06.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Мульта, левый берег р. Мульта (300 м от берега реки), 700 м ЗЮЗ устья реки Поперечная. Точка с координатами 49°56'21,8" с.ш., 85°51'05,5" в.д, высота 1700 м.

Тип образца: торф черного цвета (минерализованный).

Характер залегания: Минерализованный торф, залегающий под 135-см слоем минерализованного торфа, образец отобран из нижнего 5-см слоя озерно-болотных отложений. Глубина залегания 132-137 см.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 4160±150 (4875±475)

Номер образца: СОАН-7826

Дата взятия образца: 06.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Мульта, левый берег р. Мульта (300 м от берега реки), 700 м ЗЮЗ устья реки Поперечная. Точка с координатами 49°56'21,8" с.ш., 85°51'05,5" в.д, высота 1700 м. (образец отобран в 5-7 м севернее от образца СОАН-7825).

Тип образца: торф черного цвета (минерализованный).

Характер залегания: Минерализованный торф, залегающий под 135-см слоем минерализованного торфа, образец отобран из нижнего 5-см слоя озерно-болотных отложений. Глубина залегания 132-137 см.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 3890±90 (4525±325)

Номер образца: СОАН-7827

Дата взятия образца: 16.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, правый берег безымянного левобережного притока, 10,5 км к ЮЮЗ устья реки Кульда, 1500 м выше по течению старого заброшенного лагеря геологов, участок срединной морены в днище долины, верхняя часть. Высота 1931 м.

Тип образца: верхняя часть старого, засохшего, угнетенного кедра (стланиковая форма, возраст 313 лет, определение Н.Малышевой).

Характер залегания: на поверхности срединной морены предположительно стадии Фернау.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 135±50 (140±150)

Номер образца: СОАН-7828

Дата взятия образца: 16.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег безымянного левобережного притока, 11 км к ЮЮЗ устья реки Кульда, 2000 м выше по течению старого заброшенного лагеря геологов, заболоченный левый берег реки. Высота 1941 м. Обширный левобережный участок с озерно-болотными отложениями в 10 м от реки в котором был вырыт шурф глубиной 60 см. Образец отобран из нижней части верхнего слоя торфа, с глубины 13-18 см.

Характер залегания: сверху 18 см торфа черного цвета с современной корневой системой, ниже слой озерного песка (серый) с белесым оттенком, ниже песка на глубине 44-45 см залегает слой торфа, ниже слой озерного песка (серый) также с белесым оттенком, подстилаемый грубозернистым песком с не окатанными камнями. На глубине 60 см сплошные камни, очевидно донная морена.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 125±40 (260±30 – 40 % или 80±80 – 56 %)

Номер образца: СОАН-7829

Дата взятия образца: 16.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег безымянного левобережного притока, 11 км к ЮЮЗ устья реки Кульда, 2000 м выше по течению старого заброшенного лагеря геологов, заболоченный левый берег реки. Высота 1941 м. Обширный левобережный участок с озерно-болотными отложениями в 10 м от реки в котором был вырыт шурф глубиной 60 см. Образец отобран из нижнего прослоя торфа, с глубины 44-45 см.

Характер залегания: сверху 18 см торфа черного цвета с современной корневой системой, ниже слой озерного песка (серый) с белесым оттенком,

ниже песка на глубине 44-45 см залегает слой торфа, ниже слой озерного песка (серый) также с белесым оттенком, подстилаемый грубозернистым песком с не окатанными камнями. На глубине 60 см сплошные камни, очевидно донная морена.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 270±45 (278±50)

Номер образца: СОАН-7830

Дата взятия образца: 16.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег безымянного левобережного притока, 9 км к ЮЮЗ устья реки Кульда, 500 м ниже по течению старого заброшенного лагеря геологов, заболоченный левый берег реки. Высота 1742 м. Небольшой (50х30 м) пониженный левобережный участок с озерно-болотными отложениями в 50-70 м от реки в котором, был вырыт шурф глубиной 120 см. Образец отобран из нижней части верхнего прослоя торфа, с глубины 44-48 см.

Характер залегания: сверху 45-50 см торфа черного цвета с современной корневой системой; ниже слой озерного ила (серый) с белесым оттенком; ниже ила на глубине 52-55 см залегает слой торфа; ниже слой озерного ила (серый) также с белесым оттенком; ниже ила на глубине 78-83 см залегает следующая прослойка торфа; ниже грубозернистый песок с тонкими прослойками озерного ила; ниже песка на глубине 105-108 см залегает самый нижний слой торфа, подстилаемый грубозернистым песком с отдельными не окатанными камнями. На глубине 120 см сплошные камни, очевидно донная морена.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 785±95 (809±95)

Номер образца: СОАН-7831

Дата взятия образца: 16.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег безымянного левобережного притока, 9 км к ЮЮЗ устья реки Кульда, 500 м ниже по течению старого заброшенного лагеря геологов, заболоченный левый берег реки. Высота 1742 м. Небольшой (50х30 м) пониженный левобережный участок с озерно-болотными отложениями в 50-70 м от реки в котором, был вырыт шурф глубиной 120 см. Образец отобран из прослоя торфа, с глубины 52-55 см.

Характер залегания: сверху 45-50 см торфа черного цвета с современной корневой системой; ниже слой озерного ила (серый) с белесым оттенком; ниже ила на глубине 52-55 см залегает слой торфа; ниже слой озерного ила (серый) также с белесым оттенком; ниже ила на глубине 78-83 см залегает следующая прослойка торфа; ниже грубозернистый песок с тонкими прослойками озерного ила; ниже песка на глубине 105-108 см залегает самый нижний слой торфа, подстилаемый грубозернистым песком с отдельными не окатанными камнями. На глубине 120 см сплошные камни, очевидно донная морена.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 1040±45 (1071±85)

Номер образца: СОАН-7832

Дата взятия образца: 16.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег безымянного левобережного притока, 9 км к ЮЮЗ устья реки Кульда, 500 м ниже по течению старого заброшенного лагеря геологов, заболоченный левый берег реки. Высота 1742 м. Небольшой (50х30 м) пониженный левобережный участок с озерно-болотными отложениями в 50-70 м от реки в котором, был вырыт шурф глубиной 120 см. Образец отобран из прослоя торфа, с глубины 78-83 см.

Характер залегания: сверху 45-50 см торфа черного цвета с современной корневой системой; ниже слой озерного ила (серый) с белесым оттенком; ниже ила на глубине 52-55 см залегает слой торфа; ниже слой озерного ила (серый) также с белесым оттенком; ниже ила на глубине 78-83 см залегает следующая прослойка торфа; ниже грубозернистый песок с тонкими прослойками озерного ила; ниже песка на глубине 105-108 см залегает самый нижний слой торфа, подстилаемый грубозернистым песком с отдельными не окатанными камнями. На глубине 120 см сплошные камни, очевидно донная морена.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 1545±55 (1591±130)

Номер образца: СОАН-7833

Дата взятия образца: 16.07.2009

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег безымянного левобережного притока, 9 км к ЮЮЗ устья реки Кульда, 500 м ниже по течению старого заброшенного лагеря геологов, заболоченный левый берег реки. Высота 1742 м. Небольшой (50х30 м) пониженный левобережный участок с озерно-болотными отложениями в 50-70 м от реки в котором, был вырыт шурф глубиной 120 см. Образец отобран из прослоя торфа, с глубины 105-108 см.

Характер залегания: сверху 45-50 см торфа черного цвета с современной корневой системой; ниже слой озерного ила (серый) с белесым оттенком; ниже ила на глубине 52-55 см залегает слой торфа; ниже слой озерного ила (серый) также с белесым оттенком; ниже ила на глубине 78-83 см залегает следующая прослойка торфа; ниже грубозернистый песок с тонкими прослойками озерного ила; ниже песка на глубине 105-108 см залегает самый нижний слой торфа, подстилаемый грубозернистым песком с отдельными не окатанными камнями. На глубине 120 см сплошные камни, очевидно донная морена.

Радиоуглеродный (абсолютный) возраст: 1890±45 (1947±95).

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ им. В.С. СОБОЛЕВА
Лаборатория геологии и палеоклиматологии кайнозоя

СООБЩЕНИЕ № 1829

Направляю Вам результаты радиоуглеродного датирования 8 проб органических остатков из ледниковых отложений Алтая. Определение остаточной активности углерода выполнено на QUANTULUS 1220. Для расчета возраста использован период полураспада ^{14}C равный 5570 лет. Для того, чтобы перейти на период полураспада равный 5730 лет, необходимо к дате ввести коэффициент 1,03. Возраст рассчитан от 1950 года.

Номер образца: СОАН-8221

Дата взятия образца: 10.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег нижнего течения, в 2,5 км ССВ устья р. Коксочка, обширное сфагновое болото на левом берегу реки, диаметром около 1 км. Высота=1209 м. В болоте вырыт шурф глубиной 210 см.

Характер залегания: сверху 170 см - торф светло-коричневый, ниже слой озерного ила (черного с синим оттенком). Образец отобран из самого нижнего слоя торфа, с глубины 160-170 см. Торф светло-коричневого цвета.

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 4095±85 (4630±210)

Номер образца: СОАН-8222

Дата взятия образца: 10.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, левый берег нижнего течения, в 2,5 км ССВ устья р. Коксочка, обширное сфагновое болото на левом берегу реки, диаметром около 1 км. Высота=1209 м. В болоте вырыт шурф глубиной 210 см.

Характер залегания: сверху 170 см - торф светло-коричневый, ниже слой озерного ила (черного с синим оттенком). Образец отобран на границе черного и синего илов, с глубины 200-210 см. Озерные илы.

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 4670±105 (5325±325)

Номер образца: СОАН-8223

Дата взятия образца: 13.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 9 км 3 горы Белок Чемчедай. Высота 2193 м. Заболоченный разнотравно-злаковый луг во второй ступени (сверху) цирка истока Хайдуна, в нем вырыт шурф глубиной 45 см.

Характер залегания: Сверху 22-25 см торфа темно-коричневого цвета, ниже слой илистых отложений. Образец отобран из самого нижнего слоя торфа, с глубины 20-25 см. Торф темно-коричневого цвета.

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 240±30 (290±30)

Номер образца: СОАН-8224

Дата взятия образца: 13.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 9 км 3 горы Белок Чемчедай. Высота 2193 м. Заболоченный разнотравно-злаковый луг во второй ступени (сверху) цирка истока Хайдуна, в нем вырыт шурф глубиной 45 см.

Характер залегания: Сверху 22-25 см торфа темно-коричневого цвета, ниже слой илистых отложений. Образец отобран из самой нижней части шурфа, с глубины 42-45 см. Илистые отложения с включениями органики.

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 270±45 (375±105)

Номер образца: СОАН-8225

Дата взятия образца: 16.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 6,4 км 3 горы Белок Чемчедай. Высота 1752 м. Мохово-пушицево-осоковое болото внутри морены Исторической стадии, в котором был вырыт шурф глубиной 68 см.

Характер залегания: Сверху 67 см торфа темно-коричневого цвета переходящего постепенно в органоминеральную массу, ниже слой галечниково-илистых отложений. Образец отобран из самого нижнего слоя шурфа, с глубины 60-68 см. Органоминеральная масса

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 2250±65 (2230±130)

Номер образца: СОАН-8226

Дата взятия образца: 16.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 5 км 3 горы Белок Чемчедай. Высота 1782 м. Переходное мохово-осоковое болото перед мореной второй фазы Исторической стадии, в котором был вырыт шурф глубиной 145 см.

Характер залегания: Сверху 115 см торфа темно-коричневого цвета с прослойками ила, переходящего постепенно в органоминеральную массу, ниже слой илистых отложений, подстилается галькой и щебнем. Образец отобран из криотурбированного слоя шурфа, с глубины 80-85 см. Органоминеральная масса.

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 1770±45 (1690±130)

Номер образца: СОАН-8227

Дата взятия образца: 16.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 5 км 3 горы Белок Чемчедай. Высота 1782 м. Переходное мохово-осоковое болото перед мореной второй фазы Исторической стадии, в котором был вырыт шурф глубиной 145 см.

Характер залегания: Сверху 115 см торфа темно-коричневого цвета с прослойками ила, переходящего постепенно в органоминеральную массу, ниже слой илистых отложений, подстилаемый галькой и щебнем. Образец отобран из нижнего слоя шурфа, с глубины 140-145 см. Органоминеральная масса.

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 2200±40 (2230±110)

Номер образца: СОАН-8228

Дата взятия образца: 16.08.2010.

Место взятия образца: Республика Алтай, бассейн реки Хайдун, верхний участок реки, левый берег, 5 км 3 горы Белок Чемчедай. Высота 1782 м. Переходное мохово-осоковое болото перед мореной второй фазы Исторической стадии, в котором был вырыт шурф глубиной 145 см.

Характер залегания: Сверху 115 см торфа темно-коричневого цвета с прослойками ила, переходящего постепенно в органоминеральную массу, ниже слой илистых отложений, подстилаемый галькой и щебнем. Образец отобран из нижнего слоя шурфа, с глубины 140-145 см. Древесина кустарника (веточки, лежащие на гальке и щебне).

Радиоуглеродный (абсолютный возраст): 2280±65 (2265±145)

Подписано в печать 09.11.2012

Бумага офсетная. Усл. п. л. 6,8.

Заказ 658. Тираж 150 экз.

Отпечатано в типографии ООО «АЗБУКА»

г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98а

тел. 62-91-03, 62-77-25

E-mail: azbuka@dsmail.ru