



РУКОВОДСТВО

2011

Supported by:



Federal Ministry for the
Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

based on a decision of the Parliament
of the Federal Republic of Germany



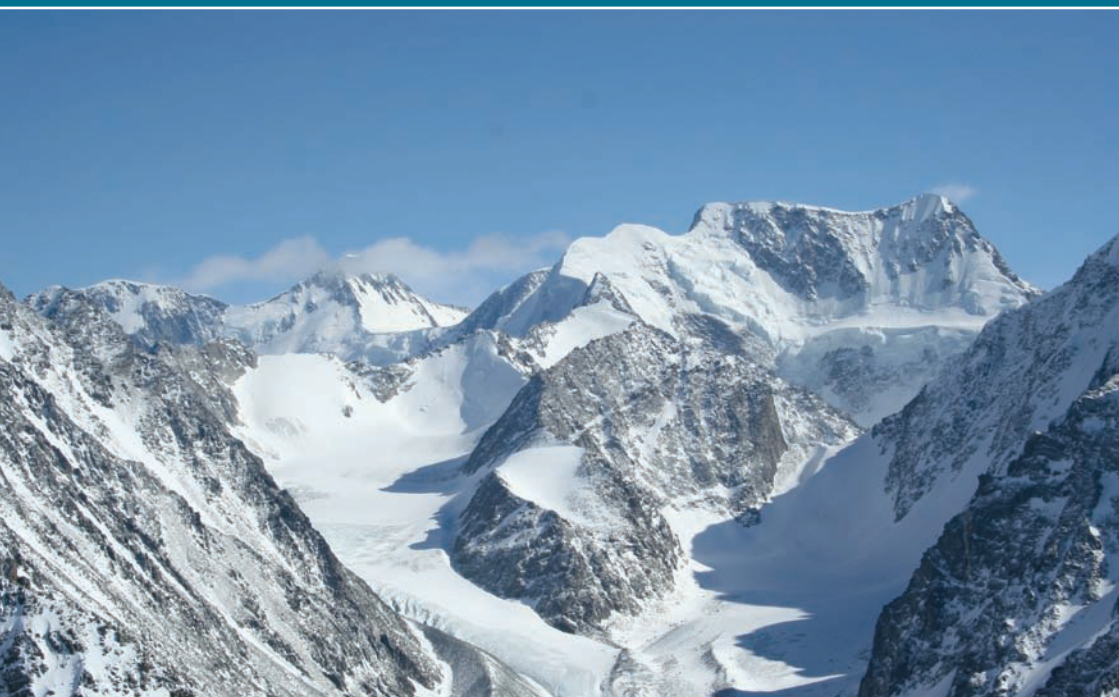
GERMANY'S
CLIMATE
INITIATIVE



РУКОВОДСТВО

по мониторингу составляющих водного баланса высокогорных водосборных бассейнов Алтае-Саянского экорегиона в условиях изменения климата

Составители: В.П.Галахов, С.Ю.Самойлова



Проект ПРООН / ГЭФ / МКИ
СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ
АЛТАЕ-САЯНСКОГО ЭКОРЕГИОНА

РУКОВОДСТВО

**по мониторингу составляющих водного баланса
высокогорных водосборных бассейнов
Алтае-Саянского экорегиона
в условиях изменения климата**

Составители: В.П.Галахов, С.Ю.Самойлова

WWF России

Москва • 2011

Составители:

Галахов В.П., Самойлова С.Ю.

Рецензенты:

Т.А. Виноградова, к.г.н., доцент кафедры гидрологии суши СПбГУ

Г.В. Пряхина, к.г.н., доцент кафедры гидрологии суши СПбГУ

Н.Н. Михайлов, к.г.н., доцент Национального исследовательского университета «Белгородский государственный университет»

Руководство по мониторингу составляющих водного баланса высокогорных водосборных бассейнов Алтае-Саянского экорегиона в условиях изменения климата / *Галахов В.П., Самойлова С.Ю.*; Всемирный фонд дикой природы (WWF России). Проект ПРООН/ГЭФ/МКИ «Сохранение биоразнообразия в российской части Алтае-Саянского экорегиона» – М., 2011. – 36 с.

Руководство предназначено для постановки наблюдений и практических расчетов составляющих водного баланса в горно-ледниковых бассейнах Алтае-Саянского экорегиона. Во введении обосновываются причины организации мониторинговых наблюдений за составляющими водного баланса в горно-ледниковых бассейнах. Приводятся уравнения водного баланса высокогорных бассейнов и водного баланса ледника. На примере экспериментальных наблюдений периода Международного гидрологического десятилетия (МГД) в верховьях бассейна р. Мульты (Алтай, Западно-Катунский центр оледенения) показаны практические приемы наблюдений и расчетов составляющих водного и ледового балансов в горно-ледниковом бассейне.

Предназначено для практического использования сотрудниками ООПТ.

Авторы благодарят *Д.Л. Луговую* (WWF России) и *Т.В. Яшину* (Проект ПРООН/ГЭФ/МКИ «Сохранение биоразнообразия в российской части Алтае-Саянского экорегиона») за активную поддержку в подготовке данного издания.

Редактор: *Е.А. Воронкова*

Дизайн, верстка: *А.Ю. Филиппов*

Фотографии на обложке: на первой странице – © *Михаил Пальцын*

на последней странице – © *Виктория Элиас* / WWF России

Издание осуществлено при финансовой поддержке проекта ПРООН/ГЭФ/МКИ «Сохранение биоразнообразия в российской части Алтае-Саянского экорегиона».

Программа Развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) является глобальной сетью ООН в области развития, выступающей за позитивные изменения в жизни людей путем предоставления доступа к источникам знаний, опыта и ресурсов.

Мнение авторов публикации не обязательно отражает точку зрения, заявляемую в ПРООН, в учреждениях системы ООН и организациях, сотрудниками которых являются авторы.

Издание является некоммерческим и распространяется бесплатно.

Тираж: 100 экз.

© UNDP 2011

© WWF 2011

Все права защищены

Содержание

Введение	4
1. Водный баланс высокогорных бассейнов	7
1.1. Осадки	7
1.2. Поверхностный сток	14
1.3. Изменение запасов жидкой воды в бассейне	14
1.4. Разность между испарением и конденсацией	15
1.5. Расчет составляющих водного баланса (по материалам наблюдений в бассейне реки Томички)	15
2. Годовой баланс массы ледника	17
2.1. Приближенный способ	17
2.2. Точный способ (экспериментальные данные)	18
3. Основы техники безопасности при проведении полевых работ	28
4. Список литературы	36

Введение

В условиях глобального потепления последних полутора столетий особое значение приобретает мониторинг водного баланса в горно-ледниковых бассейнах. За последние 40 лет (начало инструментальных наблюдений на ледниках Алтая), поверхность, например, ледника Томич, опустилась на 20 м. В 2000 г. максимальная его толщина достигала 60 м (радиолокационная съемка). Очевидно при дальнейшем глобальном потеплении к середине столетия ледник может превратиться в отдельные снежно-ледовые образования, потеряв свою целостность. Если учесть, что нивально-гляциальная зона в высокогорных бассейнах может формировать до 50% поверхностного стока, то слежение за составляющими водного баланса в горно-ледниковых бассейнах приобретает важное научное и практическое значение.

Мониторинг – наблюдение, оценка и прогноз состояния окружающей среды в связи с хозяйственной деятельностью человека. Различают:

- глобальный биосферный мониторинг;
- региональный геосистемный или природохозяйственный мониторинг;
- локальный биоэкологический или санитарно-гигиенический мониторинг.

Особо охраняемые природные территории – участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны (Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»).

В соответствии с ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» на государственные природные заповедники возлагаются задачи по организации долгосрочного мониторинга состояния окружающей природной среды охраняемой территории, в том числе в рамках программы «Летопись природы»

Особое место среди объектов мониторинга занимают *высокогорные горно-ледниковые бассейны*. Характерным отличием этих бассейнов от горных является наличие в них многолетних снежно-ледовых образований: ледников и снежников. Накапливая вещество (снег и лед) в благоприятные для них периоды (похолодание или увлажнение), они отдают это вещество в виде талого стока в неблагоприятные периоды (потепление или иссушение). Продолжительность подобных периодов может весьма существенно варьировать во времени: от десятка до нескольких сотен лет. Все зависит от конкретного климатического ритма. Порой может возникнуть ложное представление, что подобные бассейны имеют другой гидрологический фон нежели те, в которых нет снежно-ледовых образований. Собственно поэтому сейчас, когда климат меняется, необходимо следить за составляющими водного и ледового балансов в высокогорных бассейнах. Водно-балансовые наблюдения должны включать в себя наблюдения за составляющими водного баланса речного бассейна (летние и зимние осадки в различных высотных зонах, речной сток в замыкающем створе) и наблюдения за тем количеством воды, которое могут составлять многолетние запасы льда в бассейне (потери или аккумуляция вещества ледниками бассейна).

Впервые водно-балансовые наблюдения в высокогорных экосистемах Алтае-Саянского региона начали проводиться в период Международного гидрологического десятилетия (МГД, 1966–1975 гг.) системой гидрометеослужбы. В качестве опорных бассейнов были выбраны верховья бассейна р. Мульты и верховья р. Аккем. Томский государственный университет проводил наблюдения за отдельными составляющими водного и ледового балансов в верховьях р. Актру. После окончания МГД эти наблюдения (в бассейне р. Актру) были продолжены под эгидой Международной гидрологической программы (МГП). Одновременно с МГП слежение за ледниками проводилось в рамках программы наблюдений за колебаниями ледников. Для выполнения этих двух программ в Советском Союзе были отобраны 7 горно-ледниковых бассейнов в различных регионах. В Алтае-Саянском регионе в качестве опорного (репрезентативного) горно-ледникового бассейна был выбран бассейн верховьев р. Актру. После окончания МГП (1984) материалы за составляющими водного и ледового балансов, а также за колебаниями ледников в бассейне были опубликованы (*Ледники Актру (Алтай)*. Л., 1987). После развала Советского Союза наблюдения за колебаниями ледников были свернуты.

Водно-балансовые наблюдения в высокогорных экосистемах требуют значительных материальных и физических затрат в силу определенной недоступности (удаленности) и, как правило, отсутствия дорожной сети (тем более в условиях ООПТ). Положительным моментом в данном случае является то, что гидрометеорологические параметры (например, термический режим, увлажнение) формируются под воздействием крупных воздушных образований: циклонов и антициклонов, поэтому общий фон изменения гидрометеорологических параметров внутри одного года для отдельной горной страны (а скорее для отдельного горного региона) будет однотипным. Естественно, что в каждом высокогорном бассейне имеются свои региональные отличия и особенности общего фона гидрометеорологических параметров. Таким образом, для оценки длиннопериодических изменений, как гидрометеорологических параметров, так и составляющих водного баланса, не требуется много объектов наблюдения.

1 Водный баланс высокогорных бассейнов

Горно-ледниковый бассейн – это такой речной бассейн, в котором не менее 30 % площади водосбора занимают ледники и многолетние снежники.

Уравнение водного баланса горно-ледниковых бассейнов в общем виде выглядит следующим образом:

$$R = X \pm E \pm \text{тб} \pm \Delta I,$$

где R – сток; X – атмосферные осадки, E – разность между испарением и конденсаций; тб – изменение запасов жидкой воды в бассейне; ΔI – годовой баланс массы ледника.

Рассмотрим методы оценки величин отдельных составляющих водного баланса горно-ледниковых бассейнов.

1.1. Осадки

Материалы водно-балансовых наблюдений в бассейнах Мульты (рис. 1) и Актру показали, что годовые величины осадков зависят в основном от абсолютной высоты, увеличиваясь при повышении местности. Ориентация бортов долины, или экспозиции, (правый борт, левый борт) слабо влияет на распределение осадков за календарный сезон или год. Поэтому определение увлажнения в бассейне необходимо проводить по оси долины на различных высотных уровнях. Для регистрации осадков за месяц и более, в России используется суммарный осадкомер (М-70, рис. 2).

Как правило, в экспериментальных бассейнах в районе гидрологического створа (либо в другом подходящем месте) проводятся наблюдения за метеоэлементами: температурой воздуха, осадками, скоростью ветра и пр. (например, с помощью автоматической метеостанции). Эти наблюдения необходимы для их экстраполяции на весь водосборный бассейн. Для оценки ошибки измерения осадков с помощью суммарных осадкомеров и для сравнения в районе метеоплощадки также устанавливается суммарный осадкомер.

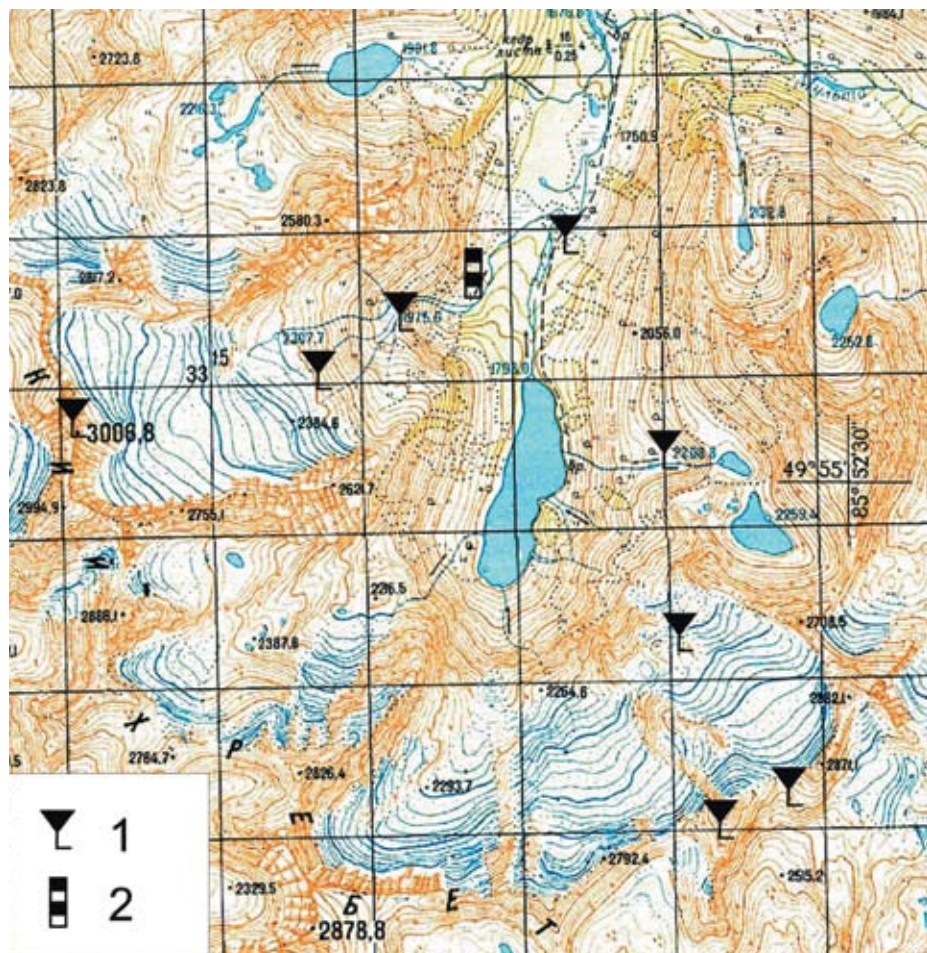


Рис. 1. Схема установки суммарных осадкомеров в верховьях реки Мульты в период МГД (1966–1975): 1 – осадкомер; 2 – водомерный пост



Рис. 2. Общий вид суммарного осадкомера (М – 70), установленного под языком ледника Томич

Суммарные осадкомеры устанавливаются на пологих площадках по оси долины с высотным интервалом 200–300 м. Положение осадкомера (географические координаты и абсолютная высота) определяются с помощью геодезической GPS. Ножки суммарного осадкомера либо закапываются в грунт, либо заваливаются камнями. Связано это с тем, что горно-долинные ветры, порывы которых могут достигать нескольких десятков метров в секунду, могут повалить слабо закрепленные приборы. Высота приемного отверстия осадкомера должна находиться на 200 см выше средней максимальной высоты снежного покрова в точке установки. Перед началом наблюдений в суммарный осадкомер заливается 150–200 г. машинного масла для того, чтобы предотвратить испарение из прибора. Измерение осадков проводится, как правило, в конце – начале месяца. Наблюдения за осадками в теплый период проводятся либо ежемесячно, либо за более длительные периоды в соответствии с принятой программой. Зимой, как правило, они охватывают период от начала снегонакопления в бассейне по конец марта – начало апреля. В дальнейшем наблюдения проводятся чаще. Если осадкомеры расположены за лавиноопасными склонами, то наблюдения по ним проводятся в конце апреля – начале мая после схода весенних лавин.

Само наблюдение заключается в следующем. Проводится визуальный осмотр осадкомерных конусов: есть ли в них повреждения и не просачивается ли из них вода. Если повреждения обнаружены, то после измерения осадков конус снимается с осадкомера и места повреждений запаиваются (для этого необходима паяльная лампа, олово, паяльник, флюс и куски оцинкованного листового железа). После осмотра верхний конус приподнимается и изымаются накопившиеся осадки. Измерение проводится либо мерным сосудом, либо стеклянной банкой (служашей тарой). Необходимо помнить, что площадь приемного отверстия суммарного осадкомера составляет 500 см², поэтому каждые пол-литра воды соответствуют слою в 10 мм осадков.

После изъятия осадков в осадкомер добавляется масло, и он плотно закрывается. Материалы наблюдений заносятся в дневник. Суммарный осадкомер М-70 способен принять 60 л воды, или 1200 мм осадков.

Все материалы также фиксируются в полевом дневнике по следующей форме для каждого суммарного осадкомера.

Ведомость наблюдений за суммарным количеством осадков

Тип осадкомера: М-70

Дата установки осадкомера: июнь 1969 г.

Местоположение осадкомера: верховья бассейна реки Мульты, правый берег, устье реки Томички, примерно 3 км выше устья реки Поперечно

Абсолютная высота: 1750 м

Координаты: _____

Период накопления осадков	Сумма осадков, мм	Примечание
Год:		

Величина поступления осадков на водосбор определяется исходя из зависимости величины осадков от абсолютной высоты (рис. 3). Аналогичную зависимость можно построить в соответствии с материалами наблюдений за конкретный балансный год. Зная распределение площади водосбора по высоте (например, через каждые 200 м) и изменение величины осадков в зависимости от высоты, можно вычислить средний для водосбора слой выпавших осадков за балансный год (конкретный пример расчета среднего для водосбора слоя осадков приводится в разделе «Расчет составляющих водного баланса (по материалам наблюдений в бассейне реки Томички)» (см. табл. 1).

Для контроля аккумулярованных зимних осадков рядом с осадкомером выполняется снегомерная съемка. На горизонтальной площадке определяется по 20 точкам высота сезонного снежного покрова (расстояние между точками 10–20 м). Маршрут снегомерной съемки может представлять собой вытянутую линию, либо треугольник, либо крест. Для определения *плотности снега* отрывается шурф и по трем его сторонам берутся пробы на плотность с помощью весового плотномера ВС-43. Все материалы также фиксируются в полевом дневнике по следующей форме для каждой снегомерной площадки.

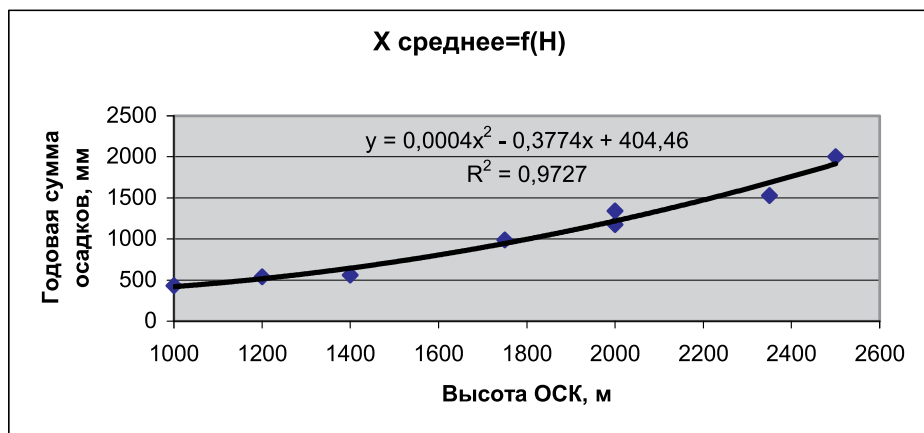


Рис. 3. Зависимость величины годовой суммы осадков за балансовый год (среднее за период наблюдений с 1970 по 1974г.) от абсолютной высоты установки осадкомера М-70 в бассейне р. Мульты

Умножая среднюю высоту снежного покрова на снегопункте на его среднюю плотность, определяем *водозапас* (количество осадков в твердом виде) снежного покрова. (Например: средняя толщина снега равна 85 см, средняя плотность – 0, 24 г/см³. Тогда водозапас будет равен 20,4 см, или 204 мм, в слое воды.) Результат вычислений сравнивается с величиной, полученной по суммарным осадкомерам. В случае значительных расхождений (например, на приемном отверстии суммарного осадкомера образовалась снежная «шапка», которая в дальнейшем не была протолкнута в осадкомер, а сброшена на землю), слой выпавших осадков за холодный период принимается равным величине, полученной по снегосъемке.

Ведомость наблюдений за снежным покровом на снегопункте

Снегопункт: № _____

Местоположение: верховья бассейна реки Мульты, правый берег, устье реки Томички, примерно 3 км выше устья реки Поперечной в районе суммарного осадкомера

Абсолютная высота: 1750 м

Координаты: _____

Характеристика залегания снежного покрова: поверхность ровная, сверху 10 см свежего снега.

Высота снежного покрова

Дата наблюдения: 25 марта 1973 г. (высота снежного покрова)			
№ точки	Высота, см	№ точки	Высота, см
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	
Среднее			
Максимальное			
Минимальное			

Плотность снежного покрова

Западная стенка шурфа	Глубина погружения плотномера, см	Вес, делениях	Плотность, г/см ³
Северная стенка шурфа			
Восточная стенка шурфа			
Средняя плотность в шурфе			

1.2. Поверхностный сток

Оценка расходной составляющей (объема поверхностного стока) в горно-ледниковом бассейне проводится на водомерном посту. Он оборудуется в соответствии с указаниями Росгидромета – Наставление гидрометеорологическим станциям и постам (Вып. 2). В этом же документе определяется и состав наблюдений, и их обработка. В качестве полевого пособия необходимо использовать пособие П.А. Торопова и Б.А. Терентьева «Гидрометеорологический мониторинг в экосистемах ООПТ Алтае-Саянского экорегиона».

Наблюдения за поверхностным стоком в горно-ледниковых бассейнах проводятся с начала апреля (начало снеготаяния) по конец октября (конец теплого периода, начало аккумуляции в бассейне). Материалы наблюдений показывают, что к концу сентября на ледниках начинает накапливаться сезонный снег. Таяние прекращается, и поступление воды на водосбор происходит вследствие выпадения жидких осадков в нижней части бассейна и отдачи накопившейся воды как ледником, так и рыхлыми породами бассейна. Однако, поскольку в горно-ледниковых бассейнах присутствует многолетняя мерзлота, активный слой рыхлых пород (оттаявший слой, способный аккумулировать и впоследствии отдавать воду) по толщине невелик: от 1 до 2 м. Сброс воды из-за значительных уклонов происходит сравнительно быстро (не более месяца).

1.3. Изменение запасов жидкой воды в бассейне

Непосредственные наблюдения в горно-ледниковых бассейнах Горного Алтая показали, что аккумулярованная активным слоем пород (оттаявшим слоем почвогрунтов) вода довольно быстро (максимум – в течение нескольких месяцев) истощается, и реки с ледниковым питанием пересыхают. В практике расчетов за гидрологический год эту составляющую водного баланса принимают равной нулю.

Если горный бассейн обладает значительными запасами воды (например, это не горно-ледниковый бассейн, а горный бассейн с оледенением), объем запасов жидкой воды в нем оценивают как объем стока за период с начала устойчивого снегонакопления (поздняя осень) по начало снеготаяния (примерно апрель). В этом случае объем стока оценивается по данным наблюдений на водомерном посту.

1.4. Разность между испарением и конденсацией

Ввиду сложности наблюдений величину испарения в горно-ледниковых и горных бассейнах оценивают как остаточный член – т. е. разницу между приходной (осадки и потеря вещества ледником) и расходной (сток) частями вещества в бассейне.

1.5. Расчет составляющих водного баланса (по материалам наблюдений в бассейне реки Томички)

В качестве примера расчета составляющих водного баланса рассмотрим водный баланс бассейна р. Томички (верховья р. Мульты) за период экспериментальных наблюдений. Для оценки приходной составляющей (осадки), кроме зависимости осадков от абсолютной высоты за период расчетов (см. рис. 3), необходимо знать распределение площади водосбора бассейна по абсолютной высоте (табл. 1). Осадки в высотном интервале рассчитываются по уравнению (см. рис. 3) для середины высотного интервала. Например, для высотного интервала 170 – 1900 м величина осадков будет равна:

$$X = 0,0004(1800)^2 - 0,3774(1800) + 404,5 = \\ = 1296 - 679,3 + 404,5 = 1021,2 \text{ мм}$$

Таблица 1

Расчет приходной составляющей водного баланса реки Томички за период экспериментальных наблюдений

Высотный интервал, м	Площадь водосбора, км ²	Величина осадков в высотном интервале, мм	Объем осадков в высотном интервале, мм x км ²
1700–1900	0,24	1021	245,0
1900–2100	0,48	1259	604,3
2100–2300	0,81	1510	1223,1
2300–2500	1,07	1803	1929,2
2500–2700	0,99	2127	2105,7
2700–2900	0,18	2484	447,1
Сумма	3,77		6554,4

Если разделить объем осадков на площадь водосбора, то получим слой выпавших осадков (в миллиметрах) в среднем для всего водосбора:

$$6554,4 : 3,77 = 1738,7 \text{ мм}$$

В соответствии с наблюдениям, средняя высота снеговой границы на леднике Томич равнялась 2600 м. Тогда средний баланс ледника Томич (в соответствии с уравнением на рис. 4) будет равен $-72,4 \text{ г/см}^2$. Если эту величину перевести в миллиметры слоя, то она будет равна -724 мм . Но эта величина приведена к площади ледника Томич ($1,59 \text{ км}^2$), а не площади водосбора р. Томички. Для приведения величины баланса ледника к площади водосбора нам необходимо величину баланса умножить на площадь ледника и разделить на площадь водосбора:

$$(-724 \times 1,59) : 3,77 = -305,3 \text{ м.}$$

Знак минус говорит о том, что баланс ледника отрицательный, т. е. он за период наблюдений отдал в сток часть своего вещества, которое было аккумулировано ранее. В уравнении водного баланса эта величина будет со знаком плюс (вещество из ледника ушло в сток).

Наблюдения за стоком в теплый период (с июня по конец августа) показали, что средний слой стока р. Томички составляет 1995 мм. Запишем полученные величины в виде таблицы (табл.2).

Таблица 2

Составляющие водного баланса бассейна р. Томички за 1969 – 1973 гг. (мм)

<i>R</i>	<i>X</i>	<i>E</i>	<i>тб</i>	ΔI
1995	1739	- 49	0	+ 305

Полученные величины показывают, что большая часть стока – 1739 м (85,1 %) формируется за счет выпадения осадков (как твердых, так и жидких). Потеря вещества ледником составила 305 мм (14,9 %). Испарение с водосбора по сравнению с влагопоступлением весьма незначительно: 49 мм (2,4 %). Подавляющая часть воды, поступающей на водосбор, реализуется в виде поверхностного стока 1995 мм (97,6 %). Как видно из рассчитанных составляющих водного баланса, если бы бассейн был просто горным, а не горно-ледниковым, то сток был бы равен 1690 мм (1995–305).

2 Годовой баланс массы ледника

Это наиболее трудоемкая для определения составляющая водного баланса. Для ее оценки можно использовать приближенный способ (в случае, если есть материалы предыдущих балансовых наблюдений) либо определить эту величину непосредственными измерениями.

2.1. Приближенный способ

Оценка результирующей величины ледового баланса ледника (Δl) по косвенным данным

На основе материалов предыдущих наблюдений, для экспертных оценок, можно воспользоваться зависимостью баланса ледника от высоты сезонной снеговой границы (рис. 4).

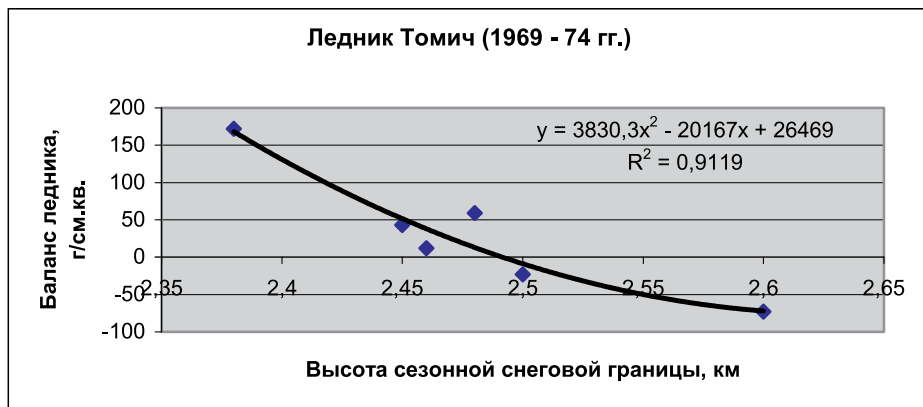


Рис. 4. Зависимость ледового баланса ледника Томич от высоты сезонной снеговой границы, полученная на основе материалов непосредственных наблюдений

Для оценки высоты сезонной снеговой границы не имеет смысла применять геодезическую GPS, вполне достаточно GPS-навигатора, который определяет абсолютную высоту с погрешностью 10 – 15 м. Наблюдения лучше проводить в середине августа (в конце периода таяния). Измерения следует проводить через несколько дней после летних снегопадов (если таковые были), поскольку они не позволяют

точно различить сезонную снеговую границу). Нескольких солнечных дней вполне достаточно, чтобы сезонный снег на языке ледника стаял, и можно было достаточно уверенно определить положение сезонной снеговой границы. На леднике с соблюдением правил техники безопасности, прокладывается маршрут непосредственно по сезонной снеговой границе. Примерно через каждые 50 – 75 м определяется абсолютная высота. По возможности следует пройти вдоль всей длины снеговой границы (от одной стенки кара до другой). Среднее из этих измерений даст высоту, по которой и можно определить ледовый баланс ледника (см. рис. 4). Естественно, это не точные наблюдения, но, по крайней мере, мы сможем говорить о том, был ли баланс положительным, отрицательным или близким к нулю.

2.2. Точный способ

(экспериментальные наблюдения)

Водный баланс ледника – это итог гидрологических процессов в леднике, включающих только жидкую фазу воды. Уравнение водного баланса ледника выглядит следующим образом:

$$C_a + X_{\text{жс}} \pm E - R - S = m_{\text{л}},$$

где, C_a – вода, образующаяся в результате таяния снега, фирна и льда на леднике, внутри него и под ним; $X_{\text{жс}}$ – жидкие осадки, выпавшие на ледник; E – испарение и конденсация на леднике; R – сток с ледника; S – талая вода, повторно замерзшая в толще фирна и льда; $m_{\text{л}}$ – изменение запасов жидкой воды в леднике.

Примечание. При расчетах водного баланса ледника в горных бассейнах вода, образующаяся в результате таяния снега, фирна и льда внутри ледника и под ним считается ничтожно малой (не более ошибки прямых наблюдений) по сравнению с таянием на леднике и поэтому не учитывается.

Ледовый баланс ледника – это соотношение прихода и расхода массы снега и льда на леднике за определенное время (чаще всего за балансовый год). На леднике в качестве баланса измеряется изменение массы (выраженное водным эквивалентом или в единицах массы на единицу площади) относительно летней поверхности предыдущего года. Нарастание массы от летней поверхности до максимума снегонакопления, наступающего в конце зимы, называется *зимним балансом массы*, а уменьшение массы от максимума снегонакопления до конца таяния, когда формиру-

ется новая летняя поверхность, называется *летним балансом массы*. И аккумуляция (накопление вещества), и абляция (потеря вещества) могут происходить в течение всего года. Сумма всех значений аккумуляции за балансовый год представляет собой годовую аккумуляцию, а сумма всех значений абляции – годовую абляцию. Алгебраическая сумма годовой аккумуляции и годовой абляции дает годовой баланс массы ледника. *Уравнение ледового баланса ледника* записывается следующим образом:

$$X_s \pm D \pm E \pm U - A_i + s + F_i + f = \Delta I,$$

где, X_s – твердые осадки, $\pm D$ – баланс метелевого снега, $\pm E$ – разница конденсации испарения, $\pm U$ – 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 на леднике.

Величину ($X_s \pm D \pm E \pm U$) за период накопления вещества (снега) на леднике называют *аккумуляцией* и измеряют в конце холодного периода. Величину ($A_i + s$) за период потери вещества (снег, фирн и лед) называют *абляцией* и измеряют с начала по конец теплого периода. Величину ($F_i + f$) называют *внутренним питанием* и рассчитывают по изменению плотности в слоях сезонного снега и фирна перед началом таяния текущего балансового года и в конце текущего балансового года.

В качестве примера достаточно подробных наблюдений за составляющими ледового баланса приведем материалы наблюдений на леднике Малый Актру (Северо-Чуйский хребет) в 1978 г. (рис. 5).

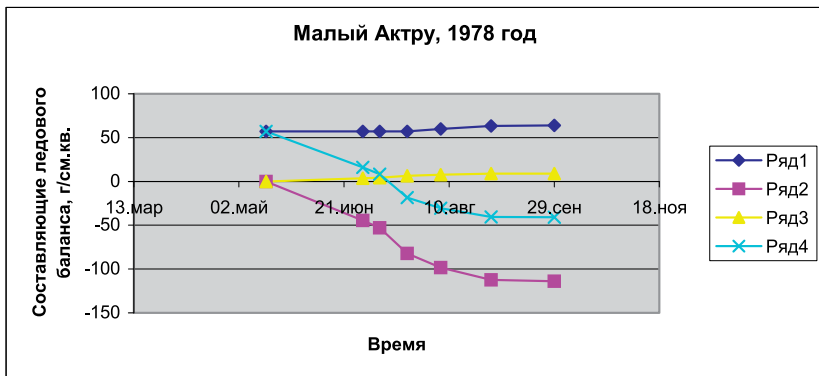


Рис. 5. Составляющие ледового баланса ледника Малый Актру в теплый период 1978 г. Ряд 1 – аккумуляция, ряд 2 – абляция, ряд 3 – внутреннее питание (процессы льдообразования в толще фирна), ряд 4 – баланс ледника.

Все последующие работы требуют специального обучения и специальной подготовки с точки зрения техники безопасности.

Оценка всех составляющих ледового баланса в соответствии с уравнением требуется для мониторинга непосредственно ледника. Для оценки составляющих водного баланса бассейна нам необходимо знать результирующую величину – ΔI . Для этого нужно оценить величину (объем, приведенный к площади ледника) сезонного снежного покрова в конце периода таяния (середина – конец августа расчетного балансового года) – приход вещества на ледник. О расходе вещества будет свидетельствовать то, насколько поверхность ледника стала ниже сезонной снеговой линии (где в конце периода таяния появляется лед). Ранее (в период отсутствия геодезических GPS) эти величины определялись непосредственными наблюдениями. Ниже приводим методику полевых работ непосредственного определения приходной и расходной составляющих ледового баланса ледника в период МГД.

Остаток сезонного снежного покрова в конце периода абляции определялся снегомерной съемкой. Выше сезонной снеговой границы разбивались снегомерные маршруты (исходя из соображений техники безопасности), на которых определялась толщина снежного покрова и его плотность. Для оценки толщины использовались *снежные щупы*, представляющие собой длинный (до 3–4 м) дюралевый шест с делениями, с помощью которого через 50–75 м на снегомерном маршруте определялась высота сезонного снежного покрова. Проверка определения толщины снежного покрова проводилась вблизи ледниковых трещин, где границу сезонного снежного покрова и фирна можно наблюдать визуально и сравнивать ее положение с данными наблюдений. Для того чтобы определить плотность сезонного снежного покрова, в нем отрывались 2 – 3 шурфа.

Потеря вещества ледником (стаивание многолетнего льда) определялась с помощью забуривания на языке ледника (в конце предыдущего балансового года) около 10 так называемых абляционных реек. *Абляционные рейки* представляют из себя полиэтиленовые трубы диаметром 3 – 5 см и длиной 1,5 – 2 м, которые соединяются в несколько звеньев. Длина каждой отдельной рейки зависит от кон-

кретного места забуривания (ближе к концу языка ледника, где стаивание может быть значительным, или ближе к фирновой линии, где стаивание составляет до 1,5 – 2 м). Максимальное стаивание льда за балансовый год на леднике Томич (Западно-Катунский центр оледенения, абсолютная высота 2400 м) составляет не более 5 м. На конце языка ледника Малый Актру (горный узел Биш-Иирду, абсолютная высота 2250 м) максимальное стаивание по материалам наблюдений составляет 9 м. Забуривание можно производить либо механическим буром вручную, либо с помощью бура, рабочим веществом которого является перегретый пар. Плотность глетчерного льда для перевода потерь из толщины в водный эквивалент следует принимать равной 0,9 г/см³.

Разница между остатком сезонного снежного покрова на леднике в конце балансового года и стаиванием льда дает *результатирующую величину ледового баланса*. Необходимо помнить, что в гляциологии величина остатка сезонного снежного покрова носит название «фирновый остаток ($b_{\text{фр}}$)», измеряется в г/см² или мм, приведенных ко всей площади ледника (1 г/см² = 10 мм). Стаивание льда в течение теплого сезона (A_i) также выражается в г/см² или мм, приведенных ко всей площади ледника. Таким образом:

$$\Delta I = b_{\text{фр}} - A_i$$

В настоящее время оценка составляющих ледового баланса ледника и их результирующей проводится на основе топографических съемок поверхности ледника. *Топографическая съемка* поверхности ледников и многолетних снежников проводится с помощью геодезических GPS. Например, Leica SR-20 или Epoch 10 (рис. 6, 7). Стоимость этих приборов составляет около 230 тыс. руб. Точность определения в плане – 5–8 см, по высоте – 10 см. На 1 дм² плана масштаба 1: 5 000 (1см = 50 м) необходимо определение 30 точек с плановым и высотным положением (см. Справочник геодезиста. М.: Недра, 1985. Кн. 2. С. 206 – 213). Естественно, что в условиях пересеченной местности (резкие перегибы рельефа, ледопады и пр.) количество точек должно быть увеличено, в условиях ровного рельефа оно может быть снижено. Правила техники безопасности запрещают проводить геодезическую съемку на крутых лавиноопасных склонах, «простреливающихся» камнями, ледопадами, а также зоны трещин. При выборе объектов мониторинга это необходимо учитывать.



фото О.В. Останина

Рис. 6. Базовая станция GPS под языком ледника Томич



Фото О. В. Останина

Рис. 7. Маршрутная группа при съемке поверхности ледника Томич

Поскольку съемка ледников или многолетних снежников – трудоемкая работа (как по времени, так и по физическим усилиям) и проводится она в районах с пониженными температурами воздуха, следует учитывать, что время работы штатных аккумуляторов в геодезических GPS будет на 30–40 % меньше. Например, съемка в 2009 г. правого кара ледника Томич (площадь около 0,8 км²) показала, что вместо 7 – 8 ч. аккумулятор работал 4,5 – 5 ч. (на что обращается внимание в «Руководстве»). На съемку 75 % поверхности правого кара ледника Томич было затрачено около 9 ч. Необходимо отметить также следующие особенности использования GPS в условиях высокогорий. Во-первых, при их запуске инициализация в условиях ущелистого рельефа в среднем составляет 30 – 40 мин, так как необходим устойчивый сигнал от четырех и более спутников. Во-вторых, в условиях труднодоступных высокогорий серьезную проблему представляет необходимость подзарядки или замены элементов питания, после которой необходимо проводить новую инициализацию.

Каждый день после завершения съемки информацию из GPS следует переносить в компактный ноутбук и обрабатывать полученные материалы с использованием соответствующего программного обеспечения. Ни в коем случае нельзя проводить первичную обработку исходного материала в базовом лагере, поскольку в случае неудачи придется возвращаться на объект исследований. Всегда следует контролировать материалы съемки и дополнительно записывать их на компактные носители, например «флешку».

На *рисунках 8 и 9* представлены две карты съемки ледника Томич, проведенных в 2010 г. с помощью геодезической GPS Epoch 10.

Чтобы оценить характеристики ледника или многолетнего снежника за конкретный балансовый год топографическую съемку необходимо проводить перед балансовым годом (примерно конец августа предыдущего балансового года с отбивкой границы сезонного снега и глетчерного льда на полученной карте) и в конце балансового года (примерно конец августа балансового года, также с отбивкой границы сезонного снега и глетчерного льда). Обработка этого материала позволит вычислить *фирновый остаток* (приход вещества в конце балансового года) и *абляцию глетчерного льда* (расход вещества в конце балансового года). Если задача мониторинга состоит не в определении балансовых характеристик за конкретный год, а в том, чтобы определить изменения объема льда за более длительные промежутки

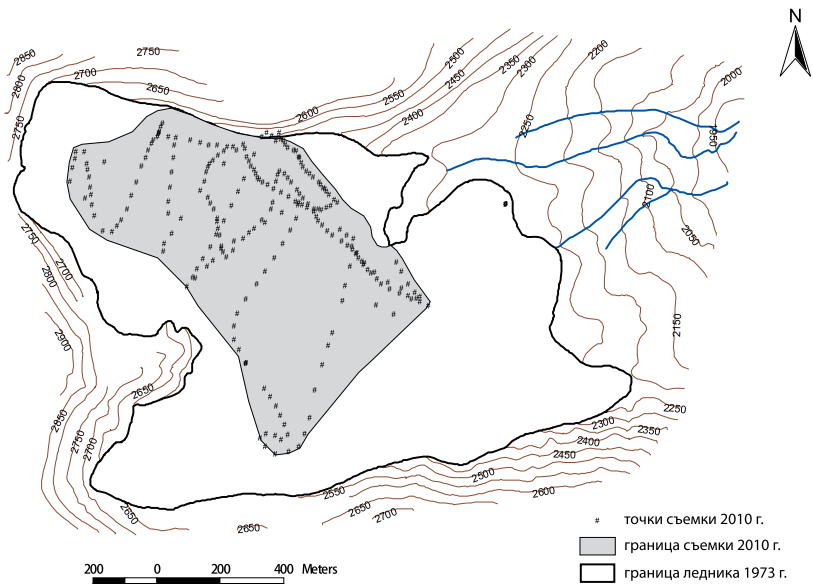


Рис. 8. Точки топографической съемки ледника Томич в 2010 г.

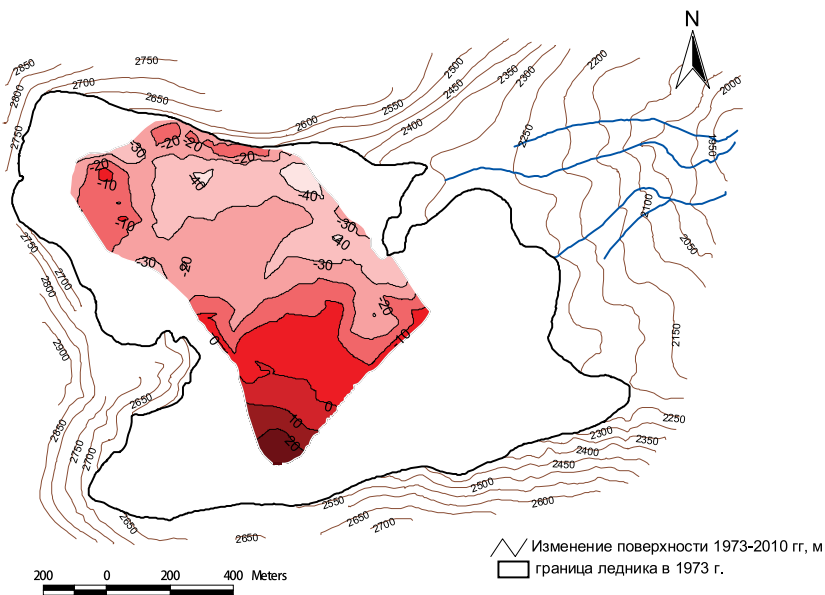


Рис. 9. Изменение высоты поверхности ледника Томич по результатам топографических съемок 1973–2010 гг.

времени (5 – 10 лет), повторную топографическую съемку следует проводить не каждый год, а через более длительные промежутки времени (5 – 10 лет).

С помощью топографических съемок определяется, увеличилась поверхность ледника (например, в фирновом бассейне) или уменьшилась (например, в зоне абляции на языке ледника). Для этого карта предыдущего балансового года накладывается на карту расчетного года. Однако для оценки водозапаса сезонного снега необходимо определить плотность сезонного снежного покрова, чтобы, умножив ее на среднюю высоту сезонного снега, получить фирновый остаток или в г/см^2 или в мм.

Плотность сезонного снега определяется в шурфах, отрываемых в сезонном снеге. Она измеряется весовым снегомером ВС-43, применяемым в практике Росгидромета России. Можно использовать и другой способ. Ножовкой по дереву выпиливается куб снега со стороны не менее 20 см. Затем линейкой (рулеткой) измеряются стороны куба. Сам куб взвешивается (в полиэтиленовом мешке) на весах (наиболее просто – взвешивать на бытовых пружинных весах). Можно растопить этот куб на солнце и измерить объем талой воды (где каждый дециметр воды будет соответствовать 1 кг веса). Разделив вес на объем, находят плотность в г/см^3 . В конце периода аккумуляции (конец августа) шурфы отрываются в фирновом бассейне выше сезонной снеговой линии (как минимум два, на достаточном удалении друг от друга).

Для проверки полученных наложением карт величин толщины снежного покрова можно расчленить толщу в нескольких точках. Положение точек фиксируется GPS. Расчленение толщи проводится у ледниковых трещин во время геодезических работ. Один исследователь опускает в трещину мерную ленту рулетки (на конце рулетки закрепляется небольшой груз) до уровня границы сезонного снежного покрова данного года и фирна или глетчерного льда предыдущих лет. Второй исследователь определяет толщину снежной толщи. Результаты наблюдений записываются в полевой дневник.

На леднике в зависимости от высотно-морфологических зон должно быть зафиксировано 5 – 7 точек расчленения. Плотность глетчерного льда для перевода потерь из толщины в водный эквивалент следует принимать равной $0,9 \text{ г/см}^3$.

В качестве примера рассмотрим определение величины ледового баланса на леднике Томич. В конце периода таяния 1969 г. средняя

толщина фирнового остатка равнялась 144 см. Плотность сезонного снежного покрова – 0,59 г/см³. Фирновый остаток равен

$$b_{\text{ф}} = (144 \times 0,59)(0,94/1,59) = 50,2 \text{ г/см}^2,$$

где второй множитель показывает отношение площади сезонного снежного покрова к общей площади ледника.

Средняя толщина стаявшего льда равнялась 199 см. Принимаем плотность льда равной 0,9 г/см³, площадь языка ледника (площадь глетчерного льда) равной 0,65 км². Тогда:

$$A_i = (199 \times 0,9)(0,65/1,59) = 73,2 \text{ г/см}^2.$$

Собственно ледовый баланс равен:

$$\Delta I = 50,2 - 73,2 = -23 \text{ г/см}^2.$$

3 Основы техники безопасности при проведении полевых работ

Одной из основополагающих задач при проведении полевых работ на высокогорных территориях является обеспечение безопасности работ. Общие правила безопасности следующие:

- работы выполняются не индивидуально, а группой, что обеспечит взаимопомощь участников;
- темп движения и остановки должны соответствовать уровню подготовленности и возможностям участников, условиям местности и погоды;
- необходимо соблюдать правильный режим нагрузок, отдыха, питания, питьевой режим, принимать меры, обеспечивающие хорошую терморегуляцию организма;
- нельзя сокращать путь за счет безопасности;
- при ухудшении состояния группы и ее экипировки нужно своевременно вернуться в ближайший лагерь или населенный пункт по наиболее легкому и безопасному пути;
- не рекомендуется передвигаться в темное время суток. Ночью можно идти с фонарем только по наиболее безопасному маршруту и лишь в случае крайней необходимости.

Природа гор имеет свои особенности, которые обязательно следует учитывать для предотвращения несчастных случаев при выполнении работ.

Горный рельеф. Выбор маршрута передвижения зависит от характера склона – насколько он опасен: есть ли на нем осыпи, выходы скальных пород, трещины и отвесы и какова его крутизна. Крутой склон опасен не только тем, что с него легко сорваться, – при плохой видимости трудно определить степень крутизны. Необходимо хорошо знать маршрут и быть внимательным при движении, чтобы не попасть на непреодолимые отвесы.

Горные реки. Опасность переправ через горные реки обусловлена быстрым течением, низкой температурой воды, неровностями дна, крутизной берегов. Уровень воды в реке может меняться в зави-

симости от погодных условий. Как правило, наименьший он ночью и утром, наивысший – в середине дня и в начале вечера. Способ переправы через реку (вброд, над водой или по камням) выбирается исходя из характера участка реки, технического оснащения и подготовленности группы. Наиболее безопасное место переправы – участок реки, где сила потока минимальная, т. е. где русло самое широкое, а глубина потока наименьшая. Обычно это место разделения реки на несколько рукавов. Хорошо, если на реке есть островки. В этом случае можно организовать не только отдых участников, но и эффективную разведку дальнейшего пути движения. Иногда можно переправиться вброд без страховки. Наиболее удобными способами в этом случае будут: одиночный переход реки с опорой на шест, которым упираются в дно против течения; шеренгой-лицом к течению, обнявшись за плечи или талию, причем сверху по течению становится наиболее физически сильный участник; по двое – лицом друг к другу, положив руки на плечи товарища и передвигаясь приставным шагом боком к течению.

Когда брод представляет определенную опасность, переправляются с помощью двух веревок, соблюдая все меры предосторожности. Первым переходит реку наиболее опытный участник на страховке основной веревкой, прикрепленной карабином у грудной обвязки на спине. Переправившись на другой берег, он закрепляет там основную веревку за дерево или выступ. Затем сооружаются перила для переправы остальных участников. При переправе вброд по перилам участник пристегивается карабином к страховочной веревке спереди. При этом следует держаться двумя руками за натянутые перила, идти приставным шагом, ниже по течению относительно перил. Последний отвязывает перильную веревку, прикрепляется к ней и к вспомогательной веревке и, опираясь на шест, переправляется.

Травянистые склоны. Находясь на таких склонах, следует учитывать возможность камнепада, который опасен своей бесшумностью. Он может быть вызван природными явлениями, а также людьми, идущими впереди. Поэтому необходимо наблюдать за верхними склонами. На крутых и мокрых травянистых склонах легко сорваться. При движении следует идти ближе друг к другу и быть готовым при необходимости удержать других участников группы. Нельзя хвататься за траву и использовать ее для опоры. По крутым травянистым склонам спуск и подъем осуществляются зигзагами, след в след, с короткими интервалами. Самому удержаться на травянистом склоне можно с по-

мощью ледоруба или альпенштока. В опасных местах лучше организовать страховку веревкой.

Осыпи и морены. Мелкие осыпи опасны тем, что с них осыпаются и сползают большой массой камни. Поэтому идти следует быстро, плотной группой, избегая движения друг над другом. На крупных осыпях надо избегать движения под крупными блоками, которые могут неожиданно опрокинуться. По осыпи вверх надо идти наискось, выбирая для постановки ноги удобные камни. О каждой непрочно лежащей опоре направляющий должен предупреждать тех, кто идет за ним. При спуске группой по осыпи надо остерегаться того, чтобы один человек находился над другим. Движение по морене аналогично движению по осыпям. Здесь возможны камнепады и легко сорваться. Поэтому при подъеме и спуске путь надо выбирать по промоинам, ложам рек и ручьев.

Скальные участки. Движение по скалам требует применения правила «трех точек опоры», т. е. надо двигаться так, чтобы на более или менее сложных участках во время перемещения одной конечности другие не отрывались от опор. На легких скалах руки обычно только поддерживают равновесие и активно работают лишь там, где нет удобной и надежной опоры для ног. Туловище надо по возможности держать вертикально, а руки и ноги разводить не менее чем на ширину плеч. На выступы следует опираться внутренними рантами ботинок. Двигаться надо плавно, без рывков – так легче сохранить равновесие и сэкономить силы.

Ледник. При движении по поверхности ледника, свободной от снега, основные опасности возникают при преодолении трещин. При движении (даже на крутых склонах) применяется принцип двух точек опоры (нога – нога, нога – ледоруб). На закрытом леднике трещины скрыты снежным покровом, поэтому в таких условиях особенно важно соблюдать правила страховки. Страховка осуществляется с помощью альпенштока, ледоруба и веревок (основной и вспомогательной). Передвигаться следует только в связке. Каждый участник прикрепляется к веревке с помощью карабина и страховочной обвязки. Двигаться нужно так, чтобы веревка между участниками была почти внатяжку. Лучше связываться по три человека, тогда в случае падения одного в трещину двое других всегда сумеют оказать необходимую помощь. Расстояние между людьми в связке от 8 до 15 м. На *рисунке 10* представлены варианты подготовки веревки к одновременной страховке при движении в связке по закрытому леднику.

Если веревка делится на три части, ее свободные концы маркируют и убирают под клапан рюкзака. Для создания большего трения веревки о края трещины и уменьшения рывка на партнера по связке рекомендуется завязать узлы на страховочной веревке.

Каждому участнику следует завязать узлом проводника на расстоянии немногим больше полуметра от себя небольшую петлю. Если кто-либо сорвется, идущий рядом, задержав его, может продеть ледоруб в петлю и, закрепив веревку, отвязаться от нее и оказать помощь.

Идти следует медленно, осторожно, след в след, по пути, проверенному первым, который перед каждым шагом прощупывает (зондирует) ледорубом или альпенштоком поверхность ледника.

По внешнему виду снежного покрова нелегко бывает определить закрытые трещины, но иногда их можно обнаружить благодаря неглубоким, продолговатым впадинам, образовавшимся от оседания, провисания снега на месте трещины, и по желтоватому, более темному снегу над ней. Обнаружив трещину, идущий первым устанавливает ее границы, и если трещина не слишком велика, осторожно, без рывков перешагивает ее. Если же трещина широкая, нужно определить ее направление. Для этого первому нужно пройти вдоль края трещины в поисках более узкого места, остальные его страхуют. Но лучше всего вернуться назад по своим следам и постараться пройти в другом месте. Ни в коем случае не следует идти вдоль закрытых трещин одновременно всей связкой!

Для передвижения по леднику используется специальная обувь. Участки мягкого льда небольшой крутизны на открытых от снега ледниках преодолеваются в отриконенных ботинках или в обуви на резиновой подошве с глубоким рифлением. Ноги надо на лед нужно ставить всей ступней. Более крутые участки открытого ледника можно проходить в «кошках» и с вырубанием ледорубом ступеней на склоне. «Кошки» ставят на лед с легким ударом одновременно всеми основными зубьями.

По некрутым склонам (25–30°) лучше всего подниматься прямо вверх. Ступни ставятся параллельно. Ледоруб на темляке, его держат за середину рукоятки, головкой назад, клювиком вниз или используют как опору. С увеличением крутизны склона и жесткости снега переходят на зигзаг, меняя время от времени направление движения. Ледоруб берут в обе руки в положение «на изготовку» – штычок всегда должен смотреть в сторону склона. При увеличении крутизны склона и глубины снега ледоруб можно использовать для опоры, вгоняя его в снег при каждом шаге или паре шагов.

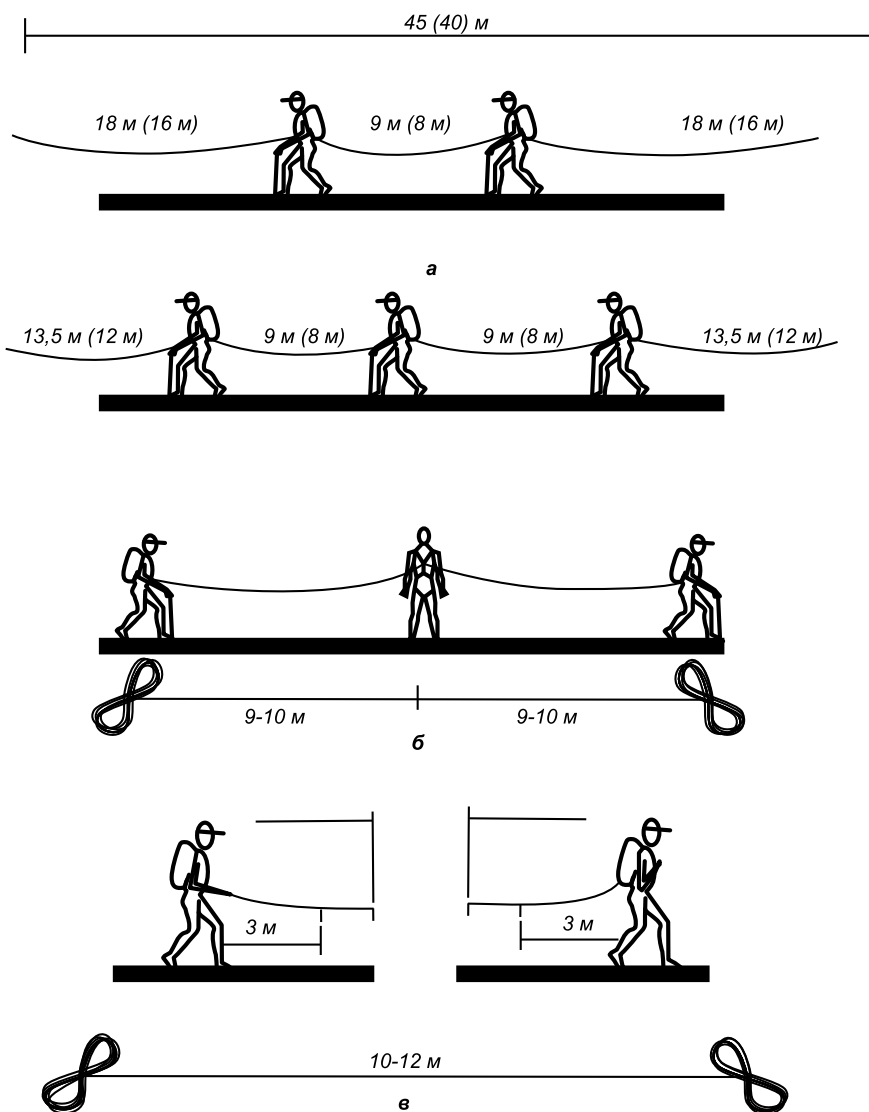


Рис. 10. Варианты подготовки связочной веревки для движения по закрытому леднику: а) для связки двойки и тройки при длине веревки 40 и 45 м; б) то же, но с аварийной системой и резервом веревки; в) то же, но с промежуточными узлами на связочной веревке (Школа..., 1989)

При потере устойчивости, проскальзывании и падении на склоне необходимо немедленно принять меры по самозадержанию, пока скорость скольжения еще невелика. Следует быстро перевернуться на живот. Можно тормозить клювом ледоруба, помогать торможению рантами ботинок. Если на ногах кошки, тормозить ногами не рекомендуется: зацепившиеся зубья могут развернуть падающего вниз головой. Ноги с кошками надо приподнять.

На рисунках 11–12 представлены основные типы узлов, используемые при движении в связке.

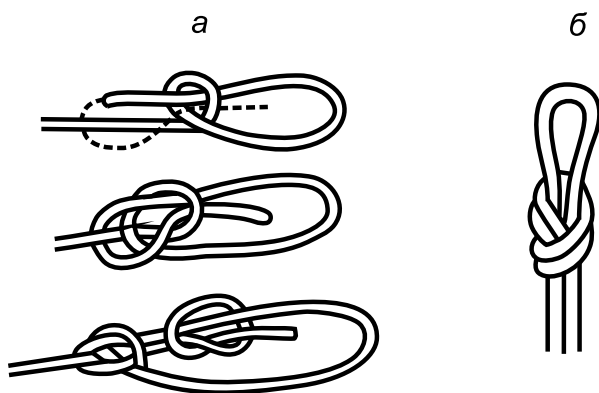


Рис. 11. Основные узлы: а) «булинь»; б) «проводника»

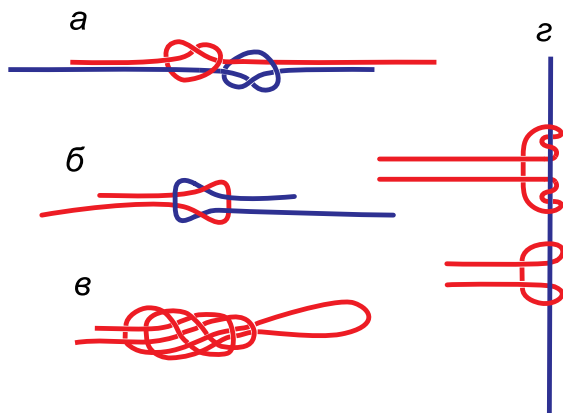


Рис. 12. Вспомогательные узлы: а) ткацкий; б) прямой; в) «восьмерка»; г) схватывающий

Кроме того, используются *вспомогательные узлы*. Для связывания двух веревок одинаковой толщины употребляются узлы ткацкий (рис. 12, а) и прямой, или морской (рис. 12, б). На концах связанных веревок делаются «восьмерки» – узлы, препятствующие проскальзыванию веревок при сильной нагрузке на основной узел (рис. 12, в). Важную роль играет «схватывающий» узел (рис. 12, г). Он вяжется более тонкой (вспомогательной) веревкой на более толстой. В момент резкого натяжения вспомогательной веревки узел затягивается, а будучи ослаблен, легко передвигается по основной веревке. Схватывающий узел употребляется для соединения грудной обвязки с основной веревкой, для фиксирования тонкой веревки на более толстой и т. п.

Склоны вершин и гребней. Главные опасности здесь – ледовые обвалы, лавины и камнепады. Опасность *обвала* всяческого ледника или фирна можно определить по скоплениям битого льда на леднике ниже склона. Такие участки следует обходить. Опасность схода *лавины* вероятна на склонах крутизной более 150. Причина возникновения лавины – нарушение равновесия снежных масс. Если после снегопадов скапливается много снега или накапливается переметенный снег в лавиносборах, существует опасность схода влажных лавин. Поэтому после снегопада желательно выходить на маршрут не ранее, чем через 2–3 суток и избегать движения по лавиносборам. Наиболее коварны так называемые снежные доски – ветровые образования, часто из переметенного снега, образующиеся, как правило, на подветренных склонах, часто в совокупности со снежными карнизами. При перекристаллизации снега любое нагружение снежной доски может привести к отрыву громадного по площади участка снежного склона. По возможности путь следует выбирать так, чтобы не пересекать лавиноопасные склоны. При необходимости пересечь склон двигаться нужно поодиночке, с разрывом 100–200 м, стараясь не подрезать снежный склон следами. Лыжи лучше снять или по крайней мере расстегнуть крепления, пояс рюкзака расстегнуть.

Опасность *камнепада* – поражения падающими камнями – возникает, как правило, на подходе к скалам. Причина камнепада – разрушение горных пород. Вероятность камнепада зависит от того, какими породами сложен склон, от форм рельефа, изменения состояний воды на нем, погодных условий. Малопрочны осадочные породы и крупнозернистые граниты. Наиболее опасные формы рельефа – кары, желоба, кулуары (пути камнепадов). Признаки частых камнепадов –

отколы пород на склонах, царапины и выбоины от ударов камней и их скопление внизу, на пологих участках.

Особенности высокогорного климата. Все опасности, связанные с рельефом гор, зависят от погоды, и увеличиваются при ее ухудшении.

Дождь и снег значительно усложняют движение, особенно по скалам, увеличивают опасность камнепадов и лавин. Намокание ведет к потере работоспособности, переохлаждению, заболеваниям. При возникновении неблагоприятных погодных условий важно принять правильное решение – продолжить маршрут или возвращаться. Первое возможно при хорошем знании маршрута и наличии дополнительного обмундирования, снаряжения, запаса продуктов, горючего и т. д.

Главная опасность *тумана* – затруднение или невозможность ориентирования, визуального определения высоты, крутизны склона, расстояния. Пока имеется видимость, необходимо определить свое местонахождение и засечь по компасу направление на известные ориентиры. При потере ориентировки следует остановиться и переждать его либо вернуться по своим следам к определенному ориентиру.

Гроза приносит понижение температуры и осадки, но главная ее опасность – поражение *молнией*. Наиболее велика опасность поражения молнией на вершинах, гребнях и других возвышающихся элементах рельефа; у отдельно стоящих деревьев. Перед начинающейся грозой следует покинуть такие места и расположиться в понижении рельефа. При этом нужно избегать водостоков на рельефе по желобам, расщелинам, кулуарам, так как даже мелкие впадины и трещины становятся проводниками атмосферного электричества. По этой же причине нельзя прислоняться к стене и прятаться под нависаниями. Металлическое снаряжение следует расположить на удалении от людей, отстегнуть мокрую веревку, сесть с ногами на сухой рюкзак, электронное оборудование отключить, антенны свернуть.

В условиях высокогорий очень высока интенсивность *солнечной радиации*. Если не принять меры предосторожности, возможны ожоги кожи, слизистой, глаз (горная слепота), а также солнечный удар. На леднике интенсивность воздействия радиации увеличивается за счет отражения от поверхности снега и льда. Меры предохранения от солнечной радиации: правильный режим движения и питьевой режим, соответствующие одежда и головные уборы, солнцезащитный крем, который наносится на открытые участки кожи. Обязательно носить специальные светозащитные очки.

Список литературы

Быков В. Д. Гидрометрия / В. Д. Быков, А. В. Васильев. Л.: Гидрометеиздат, 1977.

Винокуров В. К. Безопасность в альпинизме / В. К. Винокуров, А. С. Левин, И. А. Мартынов. М.: Физкультура и спорт, 1983.

Галахов В. П. Ледники Актру (Алтай) / В. П. Галахов, Ю. К. Нарожный, С. А. Никитин, П. А. Окишев, В. В. Севастьянов, Л. М. Севастьянова, Л. Н. Шантыкова, В. И. Шуров. Л.: Гидрометеиздат, 1987.

Ганопольский В. И. Туризм и спортивное ориентирование.: учеб. для институтов и техникумов физической культуры / В. И. Ганопольский, Е. Я. Безносиков, В. Г., Булатов. М.: Физкультура и спорт, 1987. - 240 с.

Гляциологический словарь / под ред. В. М. Котлякова. Л.: Гидрометеиздат, 1984.

Методы расчета водных балансов. международное руководство по исследованиям и практике / под ред. А. А. Соколова и Т. Г. Чапмена. Л.: Гидрометеиздат, 1976.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Л.: Гидрометеиздат, 1975. Вып. 2. Ч. 2. .

Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ (с изменениями от 30 декабря 2001 г., 22 августа, 29 декабря 2004 г., 9 мая 2005 г., 4 декабря 2006 г. 23 марта, 10 мая 2007 г., 14, 23 июля, 3, 30 декабря 2008 г., 27 декабря 2009 г. <http://base.garant.ru/10107990/>

Репрезентативные и экспериментальные бассейны: международное руководство по исследованиям и практике / под ред. К. Тобса, В. Урываева. Л.: Гидрометеиздат, 1971.

Руководство по снегомерным работам в горах. Л.: Гидрометеорологическое издательство. 1958.

Снег: справочник / под ред. Д. М. Грея, Д. Х. Майла. Л.: Гидрометеиздат, 1986.

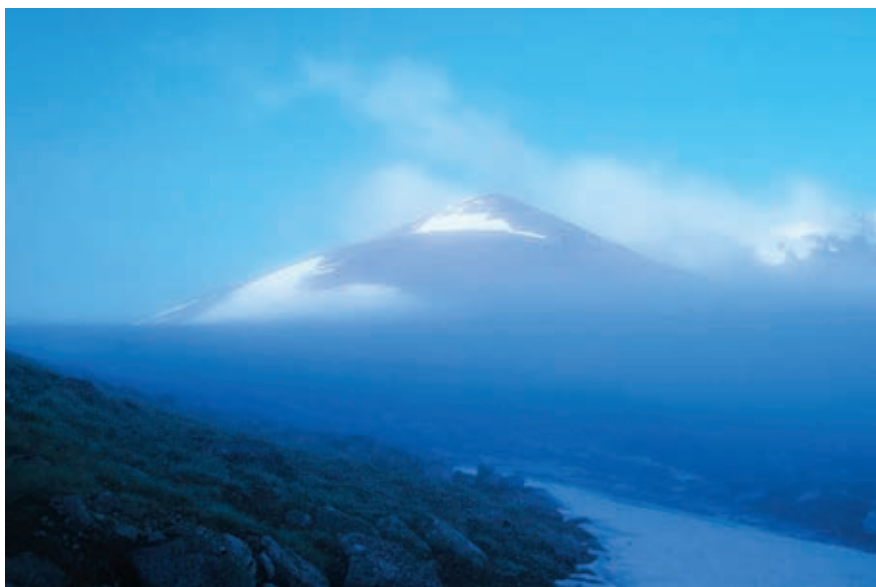
Совместные исследования балансов льда, воды и тепла в репрезентативных ледниковых бассейнах / под ред. В. М. Котлякова // Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. Вып. 21. М.: Наука, 1973. С. 206 – 211.

Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. Л.: Гидрометеорологическое издательство. 1971.

Торопов П. А. Гидрометеорологический мониторинг в экосистемах ООПТ Алтае-Саянского экорегиона / П. А. Торопов, Б. А. Терентьев. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF России), 2011.

Школа альпинизма: учеб. пособие / сост. П. П. Захаров, Т. В. Степенко М.: Физкультура и спорт, 1989.

Kaser, G., A. Fountain & P. Jansson. 2003. A manual for monitoring the mass balance of mountain glaciers. IHP – V1. Technical Documents in Hydrology. № 59. UNESCO, Paris.



**Проект ПРООН/ГЭФ/МКИ
«Сохранение биоразнообразия в российской части
Алтае-Саянского экорегиона»**

660062, г. Красноярск, ул. Крупской 42, офис 514

Тел./факс: (391) 247-91-12

<http://www.altai-sayan.com>



Миссия WWF

Остановить деградацию естественной среды планеты для достижения гармонии человека и природы.

www.wwf.ru

Всемирный фонд дикой природы (WWF):

109240 Москва, а/я 3, ул. Никопоямская, д. 19, стр. 3; тел: +7 (495) 727 09 39; факс: +7 (495) 727 09 38
russia@wwf.ru