

А. В. Погорелов

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЫСОТЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА
НА ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

Временная изменчивость толщины снежного покрова непосредственным образом связана с изменениями снежности на территории Западного Кавказа.

Вопросам динамики снежности зим и их типизации в различных районах страны посвящены работы О. А. Дроздова /3/, Г. Д. Рихтера /12/, Н. Н. Галахова /1/, И. М. Осокина /8/ и др. Снежность и типизация зим для территории Большого Кавказа рассмотрены М. Ч. Залихановым и Л. А. Акаевой /4/, для территории Закавказья — В. Ш. Цома и Н. Н. Туркадзе /14/, Л. К. Папиашвили /9, 10/. Некоторые аспекты динамики снежности Кавказа затронуты А. Д. Олейниковым и Н. А. Володиной /7/, Е. С. Трошкиной и др. /13/.

В отношении типизации зим и оценки их снежности существует ряд подходов, достаточно полно освещенных А. Д. Олейниковым /6/. Действительно, оценка снежности может производиться с разных позиций (лавиноведения, снеговедения), при этом понятие "снежность" трактуется по-разному.

В общепринятой в гляциологии трактовке снежность рассматривается как высота снежного покрова с определенной длительностью его залегания.

Как справедливо указывается исследователями, снежность является функцией по меньшей мере трех основных независимых составляющих: количества выпадающих осадков, температурного и ветрового режимов. Кроме того, для одного и того же пункта наблюдений в течение зимнего сезона тип зимы (снежность) постоянно меняется /4/.

Сложившимся в снеговедении горных территорий подходом снежность зимы характеризуется по результатам прямых измерений толщины снега /6/, а основным показателем многолетних колебаний снежности служит динамика наибольшей за зиму высоты снежного покрова /9, 11/.

Следуя этому анализировались многолетние изменения наибольших из среднедекадных высот снежного покрова, полученных по данным гидрометеосети Западного Кавказа.

Высота снежного покрова в зависимости от метеорологических условий зимы подвержена постоянным пространственно-временным колебаниям. Известно, что в горах метеорологические поля имеют сложную структуру и однородные метеорологические условия ограничиваются площадью 15-50 км² /6/. Вследствие этого изменения высоты снеж-

ного покрова от года к году для станций, расположенных в различных точках рассматриваемого региона, не имеют четкой синхронности. На рис. I представлены изменения наибольшей из среднедекадных высот снежного покрова для станций Гузерипль (а), Архыз (б), Красная Поляна (в), Ачишхо (г).

Отсутствие видимой синхронности в изменениях снежности связано с разнообразием условий формирования снежного покрова внутри территории Западного Кавказа. Северный и южный макросклоны испытывают в отдельные зимы воздействие независимо развивающихся синоптических процессов. Поэтому многоснежная (малоснежная) зима на южном склоне не обязательно должна соответствовать многоснежной (малоснежной) зиме на северном склоне. Иногда наблюдается полное несоответствие, примером чему может служить зима 1982–83 г., аномально многоснежная для южного и малоснежная для северного склонов Западного Кавказа.

Кроме горизонтального, существует и вертикальное различие в сезонном ходе метеозаказов. Показатели снежности в пунктах наблюдений, расположенных на различных абсолютных высотах, могут быть малосвязанными между собой. Подобная дифференциация делает зачастую невозможным в условиях региона использование корреляции характеристик снега между точками, отстоящими друг от друга на 30–40 км и находящимися на неодинаковых гипсометрических уровнях.

В качестве дополнительной характеристики, имеющей непосредственное отношение к снежности зимы, была использована сумма осадков за декабрь – апрель.

Отклонение от среднемноголетних значений высоты снежного покрова и суммы осадков (декабрь – апрель) за период 1936–1983 гг. по некоторым станциям дано в табл. I.

Таблица I

Отклонения высоты снежного покрова и суммы осадков за холодный период ($\pm \Delta$ число зим) от средней многолетней за 1936–1983 гг.

Пункт наблюдений	Толщина снега, см			Сумма осадков, мм	
	+ Δ	- Δ	0	+ Δ	- Δ
Гузерипль	22	24	1	19	28
Архыз	17	27	3	19	28
Красная Поляна	20	26	1	21	26
Ачишхо	23	24	-	22	25

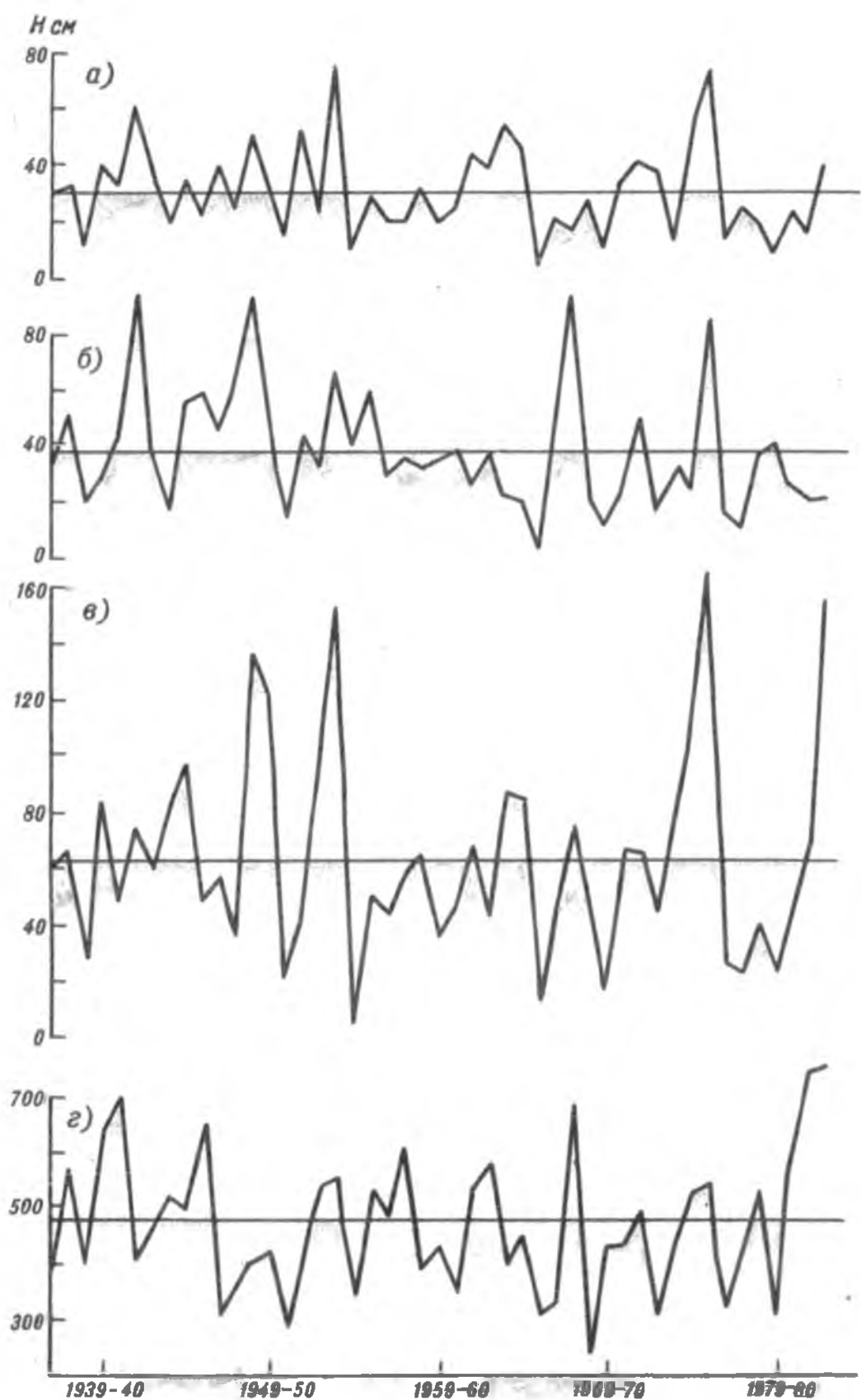


Рис. I. Колебания наибольшей из среднедекадных высот снежного покрова.

Число зим с отрицательными отклонениями от средней многолетней за данный период преобладает как для высоты снежного покрова, так и для сумм осадков. Само по себе сопоставление отклонений противоположных знаков не может указывать на тенденцию временной изменчивости процесса.

С целью определения наличия и направленности временной изменчивости высоты снежного покрова и увлажненности в зимний период на территории Западного Кавказа было проведено испытание на тренд по методике, изложенной в работе П.П.Денисова /2/.

Результаты испытания на тренд ряда станций представлены в табл.2.

Таблица 2

Оценка наличия тенденций в изменениях высоты снежного покрова и суммы осадков холодного периода (декабрь-апрель) за 1936-1983 гг.

Пункт наблюдений	Высота снежного покрова			Сумма осадков		
	P	У	Φ(у)	P	У	Φ(у)
Гузерибль	-0,121	-1,20	0,770	-0,053	-0,52	0,397
Архыз	-0,243	-2,41	0,984	0,027	-0,27	0,213
Клухорский перевал	-0,065	-0,46	0,354			
Бермамыт	-0,462	-3,91	0,999			
Красная Поляна	-0,058	-0,58	0,438	-0,008	-0,08	0,064
Ачишко	-0,025	-0,25	0,197	0,082	0,82	0,588

П р и м е ч а н и я. P - статистика тренда, У - нормированное значение статистики P, Φ(у) - доверительная вероятность наличия тренда.

Анализ полученных результатов позволяет прийти к выводу, что для всех исследуемых станций во временной изменчивости наибольшей из среднедекадных высот снежного покрова имеет место нисходящий тренд, т.е. многолетние изменения характеризуются отрицательной тенденцией. Наличие тренда определяется значением доверительной вероятности Φ(у). Наибольшие значения Φ(у) имеют станции Бермамыт, Архыз, Гузерибль, расположенные на северном склоне. Для станций южного склона (Красная Поляна, Ачишко) доверительная вероятность наличия тренда незначительная. Это свидетельствует о слабовыраженной тенденции многолетних изменений высоты снежного покрова за данный период.

Установление нисходящей направленности в ходе колебаний снежности на территории Западного Кавказа хорошо согласуется с результатами, полученными Л.К.Папинашвили для районов, примыкающих к рассматриваемому региону. Так, в работе /9/ отмечается, что тенденция изменения во времени наибольшей из среднедекадных высот снежного покрова для отрезка времени 80 лет и более характеризуется отрицательным наклоном на склонах Западного Кавказа (Гагрский хребет, Шови).

Рассмотрение многолетних изменений сумм осадков (декабрь-апрель) позволяет сопоставить изменчивость хода увлажнения с тенденцией снежности. Доверительная вероятность наличия тренда в ходе зимней увлажненности для исследуемых станций характеризуется незначительными значениями (см.табл.2), т.е. тенденция выражена слабо. Причем если для станций Гузерипль и Красная Поляна знак многолетней изменчивости отрицательный, то для Архыза и Ачишко - положительный. Таким образом, сезонная увлажненность и снежность станций Ачишко и Архыз за один и тот же отрезок времени характеризуется разнонаправленными и слабовыраженными тенденциями.

Это является подтверждением вывода А.Д.Олейникова о том, что на территории Западного Кавказа для станций, расположенных ниже 2000 м, многоснежная (с позиции снеговедения) зима не равнозначна зиме с обильными осадками /6/. В данном случае ход сопоставляемых процессов анализируется в многолетнем разрезе.

Была произведена также оценка интенсивности изменения снежности зим и увлажнения в холодный период (декабрь-апрель) за 1936-1983 гг. Интенсивность изменения процесса, а именно снежности, определяется путем нахождения уравнения линии регрессии

$$h = \bar{h} + b(t - \bar{t}),$$

где \bar{h} - средняя за расчетный период максимальная толщина снежного покрова, \bar{t} - средний год в данном календарном году, b - коэффициент уравнения регрессии, t - искомый год в данном ряду. Аналогичным образом находились уравнения регрессии при оценке хода увлажненности. Полученные результаты приведены в табл.3.

Представление об общей интенсивности и знаке изменения снежности зим дает коэффициент b . Так, для станций Гузерипль и Ачишко наибольшая из среднедекадных высот снежного покрова ежегодно согласно уравнениям регрессии уменьшалась на 1,77 и 0,36 см соответственно. При сравнении относительных значений интенсивности изменения высоты снежного покрова для разных станций следует учитывать их зависимость от абсолютных значений средних максимальных

толщин снега.

Структура многолетних изменений снежности и увлажненности исследовалась методом построения нормированных разностных интегральных кривых. Метод позволяет определить цикличность и синхронность колебания процессов, найти оптимальный период осреднения.

Таблица 3
Оценка интенсивности изменения снежности зим и увлажнения в холодный период (декабрь-апрель) за 1936-1983 гг.

Пункт наблюдений	Высота снежного покрова	Сумма осадков, мм
Гузерипись	$h = 30,3 - 1,77(t - 1960)$	$Q = 474,4 - 1,46(t - 1960)$
Архыз	$h = 38,1 - 0,64(t - 1960)$	$Q = 353,6 + 0,17(t - 1960)$
Клухорский перевал	$h = 148,1 - 0,84(t - 1969,5)$	
Бермамыт	$h = 25,0 - 1,08(t - 1964)$	
Красная Поляна	$h = 63,4 - 0,01(t - 1960)$	$Q = 921,9 - 0,76(t - 1960)$
Ачишко	$h = 475,5 - 0,36(t - 1960)$	$Q = 1517,3 + 2,09(t - 1960)$

Анализ совмещенных разностных интегральных кривых высоты снежного покрова, построенных по данным станций Красная Поляна (1), Архыз (2), Ачишко (3), Гузерипись (4) (рис.2), указывает на их слабую связь друг с другом. О причине этого писалось выше. Вместе с тем в отдельные годы наблюдается совмещение пиков (1975-76 г. и другие) и в целом фаз цикличности, по данным рассматриваемых станций. Таким образом, можно говорить об локальном изменении снежности внутри региона. Однако видимой асинхронности фаз цикличности по данным станций, располагающихся по разные стороны Главного хребта, не обнаруживается. Ход разностных интегральных кривых, построенных по суммам осадков для станций Красная Поляна (1), Архыз (2), Ачишко (3), Гузерипись (4), имеет хорошо выраженную согласованность (рис.3). Как правило, рассматриваемые изменения увлажненности являются синфазными. Несмотря на разнообразие физико-географических условий, в которых находятся станции, отмечается общее совмещение фаз хода увлажненности. Это объясняется относительной однородностью метеорологических условий увлажнения

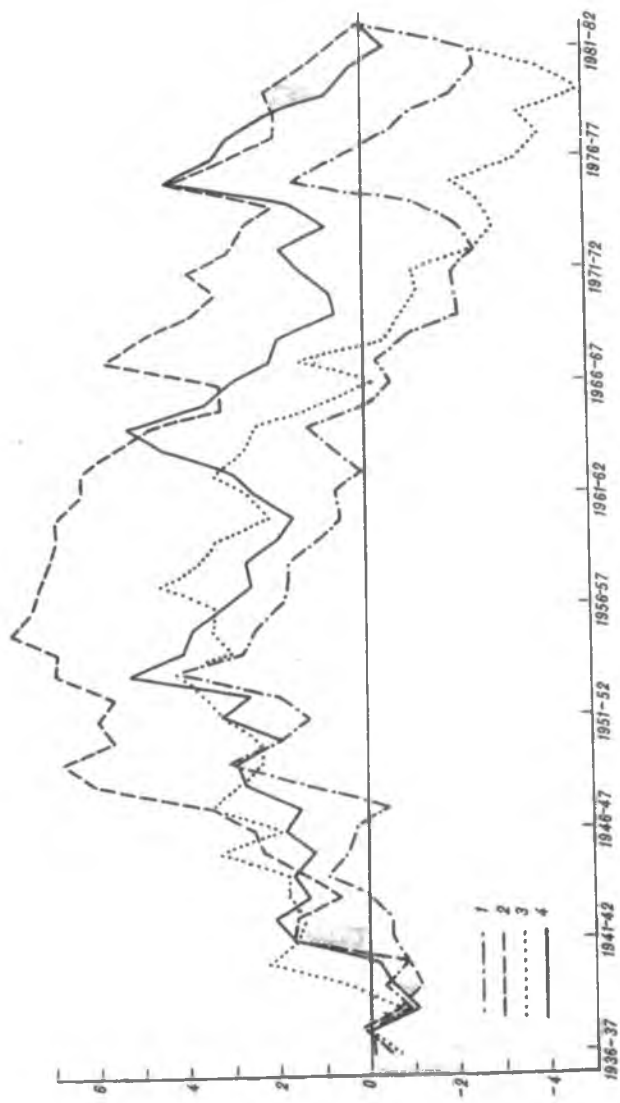


Рис. 2. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов высоты снежного покрова.

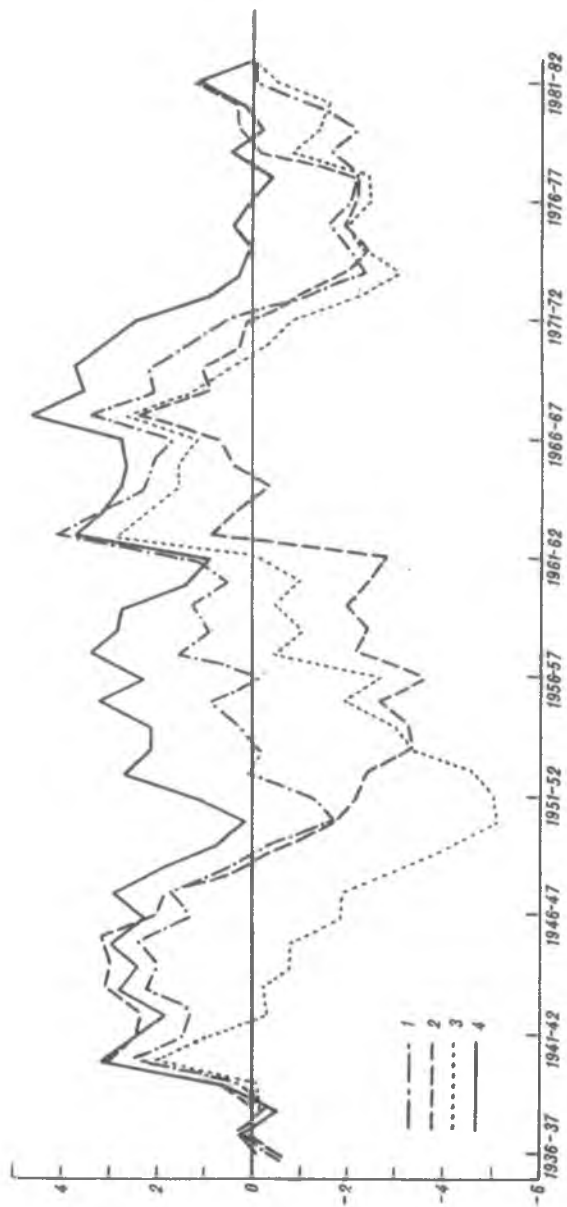


Рис. 3. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов сумм осадков (декабрь-апрель).

на территории Западного Кавказа в холодный период, когда образование внутримассовых осадков ослаблено.

Л.К. Папинашвили для Закавказья указывает на проявление 5- и 11-летних циклов снежности. Длительность квазицикла для этой же территории составляет 16-14 лет /9/. По мнению автора, это вызвано тем, что в многолетних колебаниях осадков холодного полугодия существует 11-летний цикл.

Выводы Л.К. Папинашвили о длительности цикла увлажненности соответствуют результатам, полученным на материале исследуемых станций. Как видно из рис. 2, 3, на обоих графиках преобладают циклы с периодичностью 11-12 лет, длительность которых в некоторых случаях может изменяться на 1-2 года в сторону уменьшения или увеличения. Наиболее отчетливо 11-летняя цикличность в изменениях снежности и увлажненности прослеживается для станции Гузерипль.

Недостаточная длина рядов наблюдений и ограниченное количество высокогорных станций не позволяют провести по возможности полный анализ временной изменчивости высоты снежного покрова на территории Западного Кавказа. Имеющиеся материалы дают основания предполагать относительную региональную однородность данной изменчивости.

Применительно к исследованию временного хода высоты снежного покрова в снеговедении используется методика расчета вероятностных характеристик колебания высоты снежного покрова по данным наблюдений по постоянным рейкам длиннорядных станций /5/. Расчет вероятностных характеристик производится при помощи построения эмпирических интегральных кривых распределения. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых обеспеченности была применена кривая трехпараметрического гамма-распределения.

Параметры кривой обеспеченности (среднее многолетнее значение $h_{\text{ср}}$, коэффициент вариации C_v и коэффициент асимметрии C_s) устанавливались по имеющимся рядам максимальных среднедекадных высот снежного покрова.

Как видно из табл. 4, значения C_v анализируемых рядов для станций изменяются от 0,26 (Ачишко) до 1,14 (Мархотский перевал) и имеют прямую зависимость от абсолютных значений высоты снежного покрова и условий снегонакопления. Наибольших значений изменчивость рассматриваемой величины достигает при малых высотах снежного покрова и интенсивном ветровом режиме, как, например, на станции Мархотский перевал, известной сильными зимними ветрами.

Коэффициент асимметрии C_s колеблется в пределах 0,19-2,63. В соответствии с этим наблюдаемые значения соотношения C_s / C_v

Вероятностные характеристики распределения наибольших среднедекадных высот снежного покрова по данным постоянных рек

Таблица 4

Пункт наблюдений	Чис- ло лет	h _{max}	h _{max} фр	h _{max} фр	C _v	C _s	C _s /C _v	Обеспеченность (%) h _{сп}												
								1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Хамышки	43	59	23	4	0,58	0,91	1,57	62	48	41	33	28	24	21	18	15	11	8	5	2
В. Тубы	39	99	39	1	0,58	0,50	0,86	97	80	70	58	55	43	37	31	24	13	11	6	2
Кша	35	70	28	5	0,59	0,99	1,68	81	59	50	41	34	29	25	21	17	14	9	7	3
Солох-аул	30	82	26	1	0,82	1,16	1,41	116	67	56	43	34	27	21	14	11	7	3	2	0
Пелух	24	192	109	33	0,39	1,18	0,46	213	182	166	147	132	120	107	96	85	71	53	42	23
Давоская	26	38	16	3	0,57	0,97	1,7	49	33	28	23	20	17	15	12	10	8	6	4	2
Черкесск	43	30	12	2	0,59	0,95	1,61	33	25	22	18	15	13	11	9	8	6	4	3	2
Кеш	44	102	36	3	0,72	0,94	1,31	111	85	72	57	47	38	30	25	19	13	7	4	1
Каменноостский	44	45	20	1	1,06	0,69	1,15	52	42	37	30	26	20	18	15	12	9	6	3	1
Мархотский перевал	38	63	11	1	1,14	2,63	2,31	59	36	26	17	12	9	7	5	3	2	1	0	0
Горячий ключ	45	96	23	0	0,94	1,67	1,73	96	68	52	38	29	22	17	12	9	5	2	1	0
Гойтх	47	120	43	4	0,66	0,92	1,39	126	97	82	66	55	46	38	31	24	18	11	6	2
Бурное	39	44	17	2	0,59	0,77	1,31	45	36	31	25	21	18	16	13	11	8	5	3	1
Гузериль	47	74	30	3	0,54	0,76	1,41	76	60	52	24	37	32	28	23	20	16	11	7	4
Ачишко	45	751	481	235	0,26	0,19	0,73	825	694	646	564	531	506	478	455	412	373	322	282	215
Красная Поляна	46	166	64	4	0,6	1,03	1,72	180	137	116	93	79	67	57	48	40	31	21	15	7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Зеленчукская	36	32	12	1	0,72	0,91	1,26	37	28	24	19	16	13	9	8	6	4	2	1	1
Карачаевск	27	21	10	2	0,47	0,36	0,77	22	18	16	14	12	11	10	8	7	6	3	3	1
Калиновое озеро	30	118	45	5	0,62	0,72	1,16	122	97	84	68	58	49	41	34	27	20	12	6	2
Шалджатмаз	33	61	13	1	0,78	1,83	2,35	49	33	26	20	16	13	10	8	7	5	3	2	1
Архыз	46	65	38	2	0,56	1,06	1,8	107	81	68	50	42	36	31	26	22	19	13	9	5
Теберда	27	42	21	1	0,53	0,36	0,74	49	41	36	31	27	23	20	17	14	11	7	4	2
Учкулан	27	29	7	1	0,79	1,76	2,23	27	18	14	10	8	7	5	4	4	3	2	1	1
Клухорский	26	262	148	66	0,32	0,85	2,66	228	235	211	184	167	151	142	131	120	108	93	83	66
перевал																				
Майкоп	44	51	18	3	0,58	1,29	2,22	52	38	31	26	22	19	16	14	12	9	7	5	3
Псебай	33	59	16	1	0,74	1,71	2,31	57	39	31	24	19	16	13	11	9	7	4	3	1
Черниговский	37	88	29	6	0,69	1,33	1,93	94	68	56	44	36	30	25	20	16	12	8	5	2
Апшеронский	37	78	24	2	0,70	1,64	2,34	81	57	46	35	29	24	20	17	14	11	7	5	3
Ахметовская	42	42	14	1	0,75	0,86	1,19	50	38	32	29	19	15	11	8	5	3	1	0	0
Бермамут	42	78	23	3	0,79	1,35	1,71	82	59	48	36	29	23	19	15	11	8	4	2	1

значительно меняются (табл.4). При определении ординат кривых трехпараметрического гамма-распределения использовались расчетные отношения C_s / C_v и соответствующие кривые ($C_s = C_v$, $C_s = 1,5C_v$ и т.д.).

С интегральных кривых были сняты значения различной обеспеченности (табл.4). Расчет показал, с какой обеспеченностью наблюдается та или иная высота снежного покрова различных станций региона.

ВЫВОДЫ

1. Многолетние изменения снежности по данным ряда станций на территории Западного Кавказа характеризуются отрицательными тенденциями. Относительная интенсивность изменения снежности зим за период 1936–1983 гг. колеблется в пределах 0,01–1,77 см/год.

2. Временная изменчивость сезонной увлажненности (декабрь–апрель) за тот же период имеет разнонаправленные и слабовыраженные тенденции.

3. Исследование структуры многолетних изменений снежности и увлажненности методом построения разностных интегральных кривых позволило выявить цикличность в ходе данных процессов. Периодичность циклов составляет 11–12 лет с отклонениями в 1–2 года в ту или иную сторону.

4. Изменения суммы осадков (декабрь–апрель) на территории Западного Кавказа, по данным исследуемых станций, как правило, синфазные. Ход многолетних изменений сложности внутри региона согласно построенным разностным интегральным кривым имеет более независимый характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г а л а х о в Н.Н. Выделение типов зим по высоте и динамике снежного покрова на большей части территории СССР. – В кн.: Роль снежного покрова в природных процессах. М., Изд-во АН СССР, 1961, с.11–26.

2. Д е н и с о в П.П. Методика оценки тенденций в ходе речного стока. – Метеорология и гидрология, 1975, № 4, с.101–105.

3. Д р о з д о в О.А. Снежный покров в Татарской республике. – Казань, 1934. – 167 с.

4. З а л и х а н о в М.Ч., А к а е в а Л.А. Снежность зим Большого Кавказа. – Материалы гляциол.исследований. Хроника, об-суждения, 1974, вып.23, с.168–174.

5. К о п а н е в И.Д. Снежный покров на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 181 с.

6. О л е й н и к о в А.Д. Применение существующих методов типизации зим для целей лавиноведения на примере Западного Кавказа. - Материалы гляциолог.исследов. Хроника, обсуждения, 1982, вып.45, с.70-76.

7. О л е й н и к о в А.Д., В о л о д и ч е в а Н.А. Динамика лавинной деятельности на Кавказе в связи с изменением климата в XX столетии. - Льды и климат: реконструкция и прогноз. Восьмой всесоюзный гляциологический симпозиум. Таллин, 29 мая - 1 июня 1984 г. Тезисы докладов. М., 1984, с.31-32.

8. О с о к и н И.М. География снежного покрова горных районов Восточного Забайкалья. - Чита: Обл.изд., 1967. - 191 с.

9. П а п и н а ш в и л и Л.К. Изменчивость высоты снежного покрова на территории Закавказья. - Тр.ЗакНИИ, 1980, вып.74(80), с.72-79.

10. П а п и н а ш в и л и Л.К. Многолетние колебания снежности на территории Грузии. - Тр.ЗакНИИ, 1974, вып.58(64), с.356-364.

11. Р е в я к и н В.С. и др. Снежный покров Алтае-Саянской области. - Материалы гляциолог.исследов. Хроника, обсуждения, 1979, вып.35, с.109-120.

12. Р и х т е р Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. - Тр.ИГ АН СССР, 1948, вып.40. - 169 с.

13. Т р о ш к и н а Е.С., К о н д а к о в а Н.Л., Н е ж и н с к и й В.А. Анализ динамики снежности и лавинного режима Кавказа. - Льды и климат: реконструкция и прогноз. Восьмой всесоюзный гляциологический симпозиум. Таллин, 29 мая - 1 июня, 1984 г. Тезисы докладов. М., 1984, с.33.

14. Ц о м а я В.Ш., Т у р к а д з е Н.Н. Типизация зим по их снежности в условиях Грузии. - Тр.ЗакНИИ, 1966, вып.20, с.65-74.