

ГИДРОЛОГИЯ

А. И. ЗАК

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛОВОДЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
 ЗОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕГА В ГОРАХ АРМЕНИИ

На территории Армянской ССР ежегодно проводятся мероприятия по подготовке оросительных систем к пропуску паводков и по обеспечению сохранности мостов и других гидротехнических сооружений от повреждения паводковыми водами, поэтому расчет снега, накопившегося в зимний период, имеет немаловажное значение.

Основными природными факторами, обуславливающими величину и режим речного стока, являются климатические и, в первую очередь, атмосферные осадки и температура воздуха, которые в условиях Армении тесно связаны с рельефом местности.

Горные системы, расположение хребтов и их ориентация к направлениям течений воздушных масс, большая относительная разность высотных отметок, достигающая 3700 м, создают весьма сложную картину распределения осадков в горах Армении.

Как отмечает А. Б. Багдасарян [1] распределение атмосферных осадков на территории Армении колеблется от 200 до 800 и более мм в год.

Распределение годовых сумм осадков по республике представляет приблизительно следующую картину:

Годовая сумма осадков в мм	Площадь в % от всей территории
200—300	6
300—400	9
400—500	23
500—600	35
600—700	16
700—800	9
800—и более	2

Количество осадков увеличивается с высотой местности, а температура воздуха понижается. От такого распределения осадков и температуры воздуха зависит и характер мощности снежного покрова и продолжительность залегания снега.

В горах с увеличением высоты места над уровнем моря, увеличивается высота снежного покрова и продолжительность его залегания. Наименьшие высоты наблюдаются в долине Аракса и на побе-

режье оз. Севан (до 20 см) с продолжительностью в 2—2½ месяца. На плато с высотой 1500—2500 м от 50 до 100 см с продолжительностью 4—4,5 месяца. На высотах 3000 м снежный покров достигает 2 м, а продолжительность—8—9 месяцев. Выше 4000 м снег лежит круглый год.

Изменения продолжительности в днях устойчивого снежного покрова от высоты местности над уровнем моря хорошо выражены на графике (рис. 1), построенного на основании табл. 1. Этот график

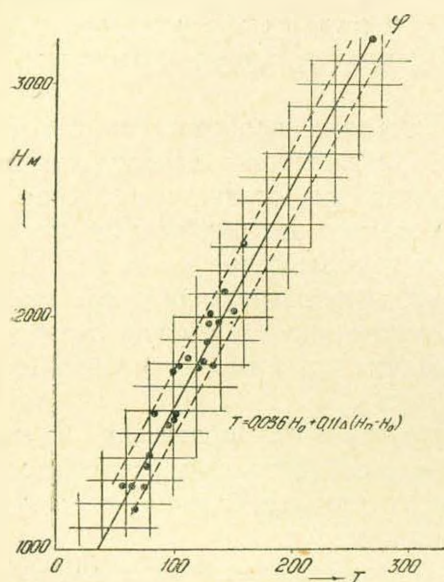


Рис. 1. Зависимость продолжительности в днях устойчивого снежного покрова от высоты местности над уровнем моря в метрах.

в самых верхних зонах, а затем уже в декабре-феврале и в более низких зонах.

Подобное аккумулятирование осадков от верхних зон к нижним, является следствием температурного режима, выражающегося постепенным снижением температуры, по времени, с верхних зон к нижним, начиная с октября и далее. Начиная же приблизительно с апреля месяца, температурный режим меняется, идет повышение температуры с нижних зон к верхним и в связи с этим происходит сравнительно быстрое расходование аккумулятированных осадков с нижних зон к верхним. Этот процесс и является одним из важных моментов, обуславливающим весеннее половодье в Армянской ССР.

Размер весеннего половодья, обусловленного снеговым питанием, зависит от количества снега, накопившегося за зимний период, от распределения его по зонам, а также от температурных условий весны.

В случаях раннего и медленного повышения температуры, даже большое накопление снега в горных районах, в отношении размеров

показывает, что с увеличением высоты места над уровнем моря в основном закономерно увеличивается продолжительность в днях устойчивого снежного покрова.

Максимальное снегонакопление в верхних частях гор имеет место преимущественно во второй половине марта и в первой половине апреля, а на средних высотах хребтов—в первой половине марта. Плотность снежного покрова распределяется по территории весьма неравномерно, однако общая закономерность ее изменения такая же как и снежного покрова. Итак, горные массивы Армении служат аккумуляторами осадков за довольно длительный период года, примерно с октября по апрель.

За этот период времени происходит накопление снега, сначала

Таблица 1

Метеорологические станции	Высота над уровнем моря в м	Число дней со снежным покровом	Бассейн реки
Аштарак	1155	63	Касах
Арагац, ж. д.	1254	65	Ахурян
Дилижан	1255	57	Агстев
Арзни, курорт	1262	74	Раздан
Кировакан	1353	77	Памбак
Степанаван	1400	76	Дзорагет
Ленинкан	1529	94	Ахурян
Куйбышев	1558	102	Дзорагет
Налбанд	1569	106	Памбак
Шахназар	1573	83	Дзорагет
Артик	1765	98	Ахурян
Неркин Ахта	1766	133	Раздан
Джаджур	1796	120	Ахурян
Лермонтово	1798	103	Агстев
Фонтан	1799	124	Раздан
Лусахбюр	1825	111	Памбак
Апаран	1891	128	Касах
Севан	1937	131	Раздан
Кошабулаг	1967	136	Касах
Базарчай	2014	131	Воротан
Шурабад	2027	151	Ахурян
Семеновка	2104	143	Раздан
Яных	2325	159	Оз. Севан
Арагац, высокогорный	3229	269	Касах

весеннего половодья не представляет опасности, так как снеговой покров постепенно сходит.

В случаях же аномально холодного весеннего периода, когда низкие температуры в горных районах (ниже нуля) удерживаются очень долго, до середины апреля и дальше, накопившийся за зимний период снег в горных районах, даже сравнительно в небольшом количестве, в отношении размеров весеннего половодья представляет большую опасность, ибо в условиях Армении к этому периоду наступает резкое повышение температуры.

Весьма благоприятным моментом в отношении размеров весеннего половодья, даже при значительном накоплении снега в горных районах, нужно считать чередование сравнительно кратковременного (3—4 дня) потепления, с кратковременным похолоданием—так называемое „ступеньчатое таяние“.

Таким образом, зональное распределение снега в горных районах Армении имеет большое значение в отношении размеров весеннего половодья, но есть зоны, которые имеют мало значения или даже совершенно никакого влияния не оказывают на размеры весеннего половодья. Такими зонами являются так называемые нижние зоны до 1400 или 1500 м высоты; снег, находящийся на этих зонах, в условиях Армении сходит очень рано, к концу зимы или же ранней весной.

Начало весеннего половодья обуславливается главным образом снегонакоплением за зимний период в зонах выше 1500 м, которые

последовательно и постепенно вступают и принимают участие в нарастании весеннего половодья. Однако снег, сосредоточенный на высоте 2600 м и выше, уже не оказывает особого влияния на размеры весеннего половодья, он (снег) даже не может поддерживать высокого стояния уровней рек в период прохождения паводковой волны от таяния снега с нижележащих зон. В этом случае имеют значение сравнительно небольшая площадь, какую занимает снег выше этих зон и особый температурный режим на этих зонах.

Следует иметь в виду, что залегание снежного покрова в горах обычно бывает крайне неравномерное, и наблюдения, которые проводятся на метеорологических станциях и постах системы гидрометслужбы с помощью снегомерных рек, оказываются совершенно недостаточными для правильного учета запасов снега в горах. С этой целью ежегодно проводятся снегомерные съемки в бассейнах горных рек Армении, где разбиты специальные постоянные снегомерные площадки, размером 40×60 м и проложены снегомерные маршруты. Число промеров высоты снежного покрова на площадке равно 20, а плотности снега—5. Снегомерные съемки между снегопунктами проводятся по маршруту.

Практикой установлено, что выпавший снег в редких случаях залегает продолжительное время спокойно. При первом же ветре рыхлый снег поднимается в воздух, переносится ветром и откладывается на новом месте.

Наблюдениями А. А. Кунгурцева [5] установлено, что перенос рыхлого снега начинается при скоростях ветра над самой поверхностью в 2,4 м/сек, а в исключительных случаях даже при скоростях 1,3 м/сек (соответственные скорости на высоте 2 м над поверхностью снежного покрова будут 4 и 2 м/сек).

Перенос уже оторванных от остальной массы снежинок в этих случаях будет происходить и при более низких скоростях ветра.

В бассейнах горных рек Армении имеются также различные условия, при которых ветер передвигает частицы снега (рельеф местности, негладкость поверхности, температура и влажность воздуха, облесенность бассейна).

Таким образом, для освещения действительного хода накопления снега в бассейне горной реки для расчета размеров весеннего половодья, его следует рассматривать не как элемент освещающий действительный *ход явления на данной высоте местности*, а как интегральную характеристику для всего водосбора в целом.

Поэтому в качестве высоты, отвечающей среднему значению запасов воды в снеге, накопившегося в бассейне горной реки, естественно принять среднюю высоту водосбора, а не высоту данной местности.

При вычислении средней высоты бассейна, принималась активная площадь бассейна реки, заключенная между высотными зонами от

1500 до 2600 м над уровнем моря, оказывающая существенное влияние на формирование весеннего половодья.

Выявление искомым зависимостей производилось по данным материалов маршрутных снегомерных съемок в горах; при этом были выбраны наиболее полноценные маршрутные снегомерные съемки, относящиеся к периоду с 1946 по 1957 гг.

Определение средних высот бассейнов производилось по карте масштаба 1 : 100.000. Средние высоты бассейнов вычислялись по формуле Б. Д. Зайкова.

Средняя высота снежного покрова, в виде запаса воды в снеге для всего бассейна, определялась по формуле: $W = \frac{\Sigma Q}{\Sigma f}$ мм, где ΣQ — суммарный объем снежного покрова в миллионах кубических метров до замыкающей данной высотной зоны, определенный по маршрутной снегомерной съемке в бассейне реки; Σf — суммарное значение площади водосбора в кв. км, выше замыкающей высотной зоны.

Так как бассейн каждой реки был расчленен на ряд частей, ограниченных высотными зонами через интервалы 200 м высоты местности, среднее значение высоты снежного покрова для всего бассейна было получено также по формуле:

$$M_i = \frac{(M_1 f_1) + \dots + (M_n f_n)}{f_1 + \dots + f_n},$$

где M_1 и f_1 — соответственно средняя высота снежного покрова и площадь в пределах 1-района, заключенной между двумя высотными зонами; M_n и f_n — то же в пределах n -го района.

Определение средней высоты снежного покрова производилось за каждый год, а затем ежегодные значения их, по высотным зонам, суммировались.

Средняя высота снежного покрова за многолетие, в виде запаса воды в снеге, определялась по формуле:

$$M_0 = \frac{\sum_1^n M_i}{n},$$

где M_0 — средняя высота снежного покрова за многолетие до замыкающей высотной зоны, считая от высоты 1500 м над уровнем моря и выше; $\sum_1^n M_i$ — сумма ежегодных значений средней высоты снежного покрова; n — число лет наблюдений.

В табл. 2 в качестве примера приведен подсчет по бассейну р. Дзоратет за зиму 1956—1957 гг.

Результаты подсчета средних высот бассейнов и экстремальных значений запасов воды в снеге, сведены в табл. 3.

Таблица 2

Высотные зоны $H(м)$	Площадь по зонам $км^2$	Суммар- ная пло- щадь, ΣF $км^2$	Средняя высота бассейна $H_{ср}(м)$	Измерен. за- паса воды в снеге по дан- ным снего- съемки $мм$ (W_n)	Объем снега Q $млн. м^3$	Суммар- ное значение объема ΣQ $млн. м^3$	$W_{м.м}$ вычис- ленный
2600—2400	81	81	2500	74	6,0	6,0	74
2400—2200	116	197	2382	70	9,1	15,1	76
2200—2000	123	320	2273	59	7,2	22,3	69
2000—1800	160	480	2149	67	10,7	33,0	68
1800—1600	310	790	1973	46	14,3	47,3	59
1600—1400	104	894	1928	57	5,9	59,2	65

Для выявления искомых зависимостей были выбраны 5 бассейнов рек, по которым имеются более полноценные и обладающие сравнительно длительными рядами наблюдений за снегом. По этим бассейнам в табл. 3 приведены материалы снегомерных съемок в горах за период 10 лет для р. Касах и Дзорагет; 11 лет для р. Раздан и Ахурыян; 7 лет для р. Арпа.

В условиях горных рек Армении длительность производства маршрутных снегомерных съемок в горах вообще небольшая, тем не менее были получены региональные обобщающие зависимости между снегозапасами и средней высотой бассейна.

Анализируя табл. 3 усматриваем, что характер распределения снегозапасов в основном подчинен вертикальной зональности территории. По мере возрастания высоты местности запасы снега в горах возрастают закономерно.

Распределение снегозапасов в бассейнах рек показано ниже.

Наибольшие снегозапасы за рассматриваемый период были зафиксированы в бассейнах рек Арпа и Ахурыян (278,6—276,6), наименьшие—из наибольших снегозапасов, в бассейне р. Дзорагет (111,9).

По средним многолетним снегозапасам эта закономерность, приблизительно, также сохраняется. Пользуясь выводами наибольших, средних и наименьших значений запасов воды в снеге, объемов снегозапасов и результатами определения средней высоты бассейна, были установлены зависимости между этими характеристиками, которые приведены на рис. 2 и 3. Как видно из графиков зависимостей $W_{м.м} = f(H_{ср})$ или $\Sigma Q_{млн. м^3} = f(H_{ср})$, точки расположились вполне согласованно, что указывает на наличие линейной зависимости между снегозапасами в бассейнах горных рек и средней высотой бассейна (рис. 1, 2, 3).

Если обозначить зависимости наибольших, средних и наименьших значений запасов воды в снеге и объемов снегозапасов, соответственно, через баллы +2,0 и—2, и провести интерполяционные связи с значениями баллов—1 и +1, то можно установить следующие характеристики снегозапасов, отвечающие этим зависимостям:

Балл	Снегозапас
+2	наибольший
+1	большой

0 средний
 —1 небольшой
 —2 наименьший

Таблица 3

Средняя высота бас- сейна реки $H_{\text{ср}}$	ΣQ млн. м ³			W мм		
	наболь- ший	средний	намень- ший	наболь- ший	средний	намень- ший

Б а с с е й н р. Д з о р а г е т

	1956 г.		1951 г.	1956 г.		1951 г.
2500	17,1	8,4	2,6	211	106	32
3282	40,3	19,4	8,4	204	98	42
2273	60,0	29,5	15,1	188	92	47
2149	72,3	39,9	20,2	151	83	40
1973	105,2	57,7	28,5	133	72	36
1928	111,9	62,7	31,6	125	70	35

Б а с с е й н р. А х у р я н

	1956 г.		1951 г.	1956 г.		1951 г.
2500	72,6	32,5	23,0	378	171	120
2371	199,7	86,3	59,2	367	159	109
2311	262,9	115,0	81,6	353	154	109
2280	273,3	118,5	85,2	351	153	109
2261	276,6	121,4	86,4	349	153	109

	1952 г.		1951 г.	1952 г.		1951 г.
2500	30,7	19,2	9,3	417	273	129
2340	115,4	18,4	47,9	320	221	133
2290	156,8	110,6	65,6	308	218	129
2212	187,6	131,0	79,3	299	210	126
1173	200,5	155,9	86,1	300	227	111
2093	209,3	182,0	—	280	236	—

	1954 г.		1948 г.	1954 г.		1955 г.
2500	39,1	27,5	19,2	240	171	134
2380	99,6	67,5	45,8	251	163	125
2272	152,7	107,6	76,2	235	165	112
2151	208,9	153,6	118,9	217	159	82
2082	239,9	189,9	144,7	211	168	—
2055	244,8	200,3	—	206	168	—

	1954 г.		1951 г.	1954 г.		1951 г.
2500	77,0	49,4	26,8	370	238	128
2397	159,5	103,8	54,6	366	238	125
2341	202,5	132,3	65,3	333	218	108
2215	248,1	154,2	68,7	292	181	81
2176	278,6	201,7	69,8	246	175	62
1985	—	—	71,7	212	163	52

Таблица 4

Река	Снегозапасы в млн. м ³			
	наибольший	средний	наименьший	амплитуда
Дзорагет . .	111,9	62,7	31,6	80,3
Ахурян . . .	276,6	121,4	86,4	190,2
Касах . . .	209,3	182,0	86,1	123,2
Раздан . . .	244,8	200,3	144,7	100,1
Арпа . . .	278,6	201,7	71,7	206,9

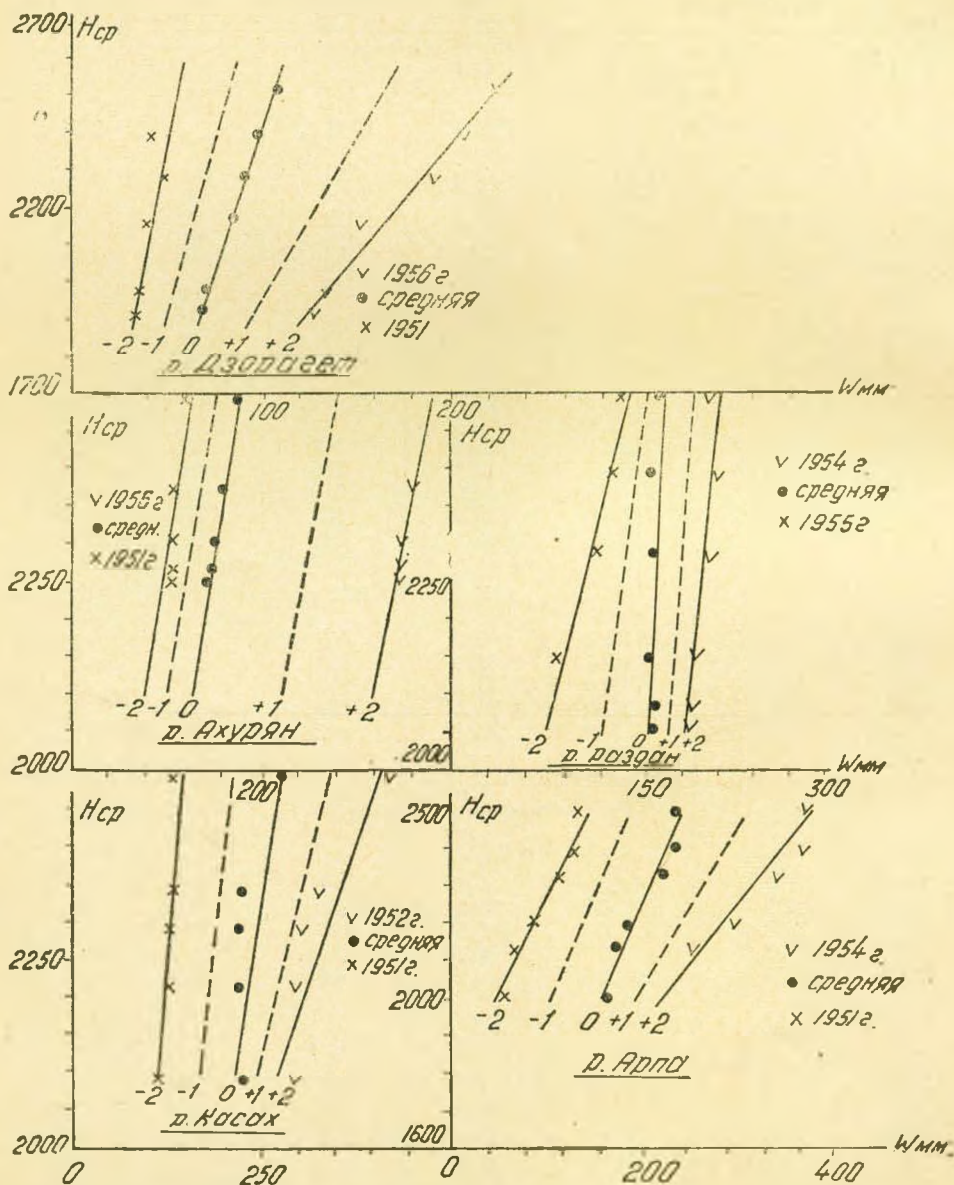


Рис. 2. Зависимость между запасами воды в снеге и средней высотой бассейна.

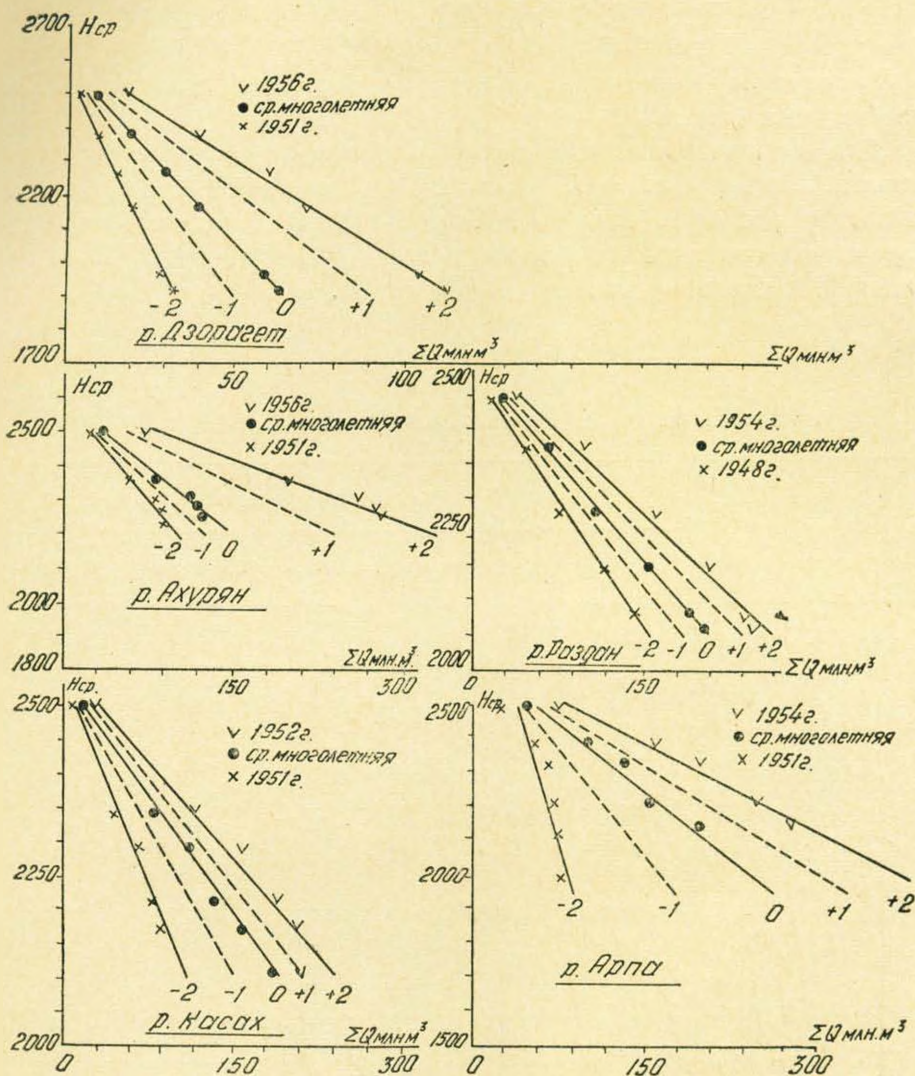


Рис. 3. Зависимость между объемом снегозапасов в бассейне и средней высотой бассейна.

Такая типизация позволяет установить характеристику снегозапасов в бассейне горной реки к моменту начала снеготаяния, т. е. определить снегозапасы текущего года по сравнению с прошлыми годами.

На основании зависимостей $\Sigma Q = f(H_{cp})$, рис. 3, построенных по средним значениям снегозапасов, составлены уравнения, которые для рассматриваемых рек имеют вид:

$$\begin{aligned} \text{р. Дзорагет} & - \Sigma Q = -0,09 (H_n - H_0) + 83 \\ \text{р. Ахуриян} & - \Sigma Q = -0,38 (H_n - H_0) + 299 \\ \text{р. Касах} & - \Sigma Q = -0,43 (H_n - H_0) + 232 \end{aligned}$$

р. Раздан $-\Sigma Q = -0,35 (H_n - H_0) + 232$

р. Арпа $-\Sigma Q = -0,40 (H_n - H_0) + 440$,

где H_n искомая величина, а H_0 начало ординат средней высоты бассейна реки (рис. 3).

Для того, чтобы оценить величины объемов снегозапасов, наблюдавшихся в отдельные годы, по сравнению со средней за ряд лет, необходимо рассчитать модульные коэффициенты „ K “, путем определения отношения каждого объема снегозапасов, отдельного года наблюдений, к среднему объему за ряд лет, т. е.

$$K = \frac{\Sigma}{\Sigma Q_{cp}}$$

Результаты этих определений представлены в табл. 5.

Таблица 5

Годы	Модульные коэффициенты				
	р. Дзорагет	р. Ахурян	р. Касах	р. Раздан	р. Арпа
1947	0,70	—	—	—	—
1948	—	0,91	1,07	—	—
1949	0,78	0,96	—	—	—
1950	0,46	1,01	—	0,81	—
1951	0,51	0,71	—	0,80	0,35
1952	1,08	0,81	1,14	1,14	1,22
1953	0,97	0,96	0,84	0,93	1,16
1954	1,38	0,92	1,07	1,22	0,96
1955	1,35	0,60	—	—	—
1956	1,78	2,28	—	—	—
1957	0,93	0,83	0,85	—	—
—	6(60%)	8(80%)	2(40%)	3(60%)	2(50%)
+	4(40%)	2(20%)	3(20%)	2(40%)	2(50%)
П	10	10	5	5	4

Из табл. 5 следует, что по р. Дзорагет и р. Ахурян за 10 лет, в 60%—80% случаях объемы снегозапасов были меньше среднего объема. По другим рекам объемы снегозапасов за годы наблюдений приблизительно такого же порядка, что и средний объем за ряд лет.

Оценка объемов снегозапасов в бассейнах рассматриваемых рек может быть выражена также в виде модуля снегозапасов по среднему за ряд лет наблюдений.

Модуль снегозапасов можно определить по формуле:

$$M_c = \frac{\Sigma Q \cdot 1000}{F} \text{ литров в } 1 \text{ км}^2.$$

Модуль „ M_c “ удобен тем, что он, выражая снегозапасы в литрах на 1 км², дает представление о снегозапасах данного бассейна реки в сравнении с снегозапасами других рек.

Ниже в табл. 6, приведены результаты подсчета значений модуля снегозапасов.

В результате произведенного подсчета, по средним снегозапасам за ряд лет, оказалось, что бассейн р. Касах, по сравнению с другими реками, характеризуется наибольшими снегозапасами, равными 234

Таблица 6

Река	Площадь бассейна км^2	Средний объем снегозапасов в млн. м ³	Модуль снегозапасов в литрах с 1 км^2
Дзорагет .	894	62	70
Ахурян . .	794	121	152
Касах . . .	776	182	234
Раздан . .	1189	200	168
Арпа . . .	1372	201	147

литра на 1 км^2 , бассейн реки Дзорагет — наименьшим значением снегозапасов, равным 70 литра на 1 км^2 .

В общем для всех рассматриваемых бассейнов рек характерно среднее значение снегозапасов, равное 154 литров на 1 км^2 .

Управление гидрометеорологической
службы Армянской ССР

Поступило 19 I 1959

Ա. Ի. ԶԱԿ

ԳԱՐՆԱՆԱՅԻՆ ՎԱՐԱՐՄԱՆ ԿԱԶՄԱՎՈՐՎԵԼԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԵՏԵՐՈՒՄ ԿԱՆՎԱԾ ՁՅԱՆ ԶՈՆԱԼ ԲԱՇԽՈՒՄԻՑ

Ա. մ փ ո փ ու մ

Հայաստանի լեռներում տեղանքի բարձրության մեծացման հետ մեկտեղ (հաշված ծովի մակերևույթից) մեծանում է նաև ձյան ծածկույթի բարձրությունը և ձյան կուտակման տեղակայանքությունը:

Լեռների վերնամասերում ձյան մաքսիմալ կուտակումը տեղի է ունենում մեծ մասամբ մարտի երկրորդ և ապրիլի առաջին կեսերին, իսկ լեռնաշղթաների միջին բարձրություններում՝ մարտի առաջին կեսին:

Ձյանցին սնումով պարմանավորված գարնանային վարարման չափը կախված է ձմռան ընթացքում կուտակված ձյան քանակից, նրա գոնալ բաշխումից, ինչպես նաև գարնան ջերմաստիճանային պայմաններից:

Հոդվածում մանրամասնորեն քննարկվում են դեպքերի ավագանների լեռնային շրջաններում ձյան կուտակման պայմանները՝ լեռներում երթուղային ձնաչափիչ նկարահանումների նյութերի հիման վրա, և, ձյան կուտակման 10-ամյա տվյալների անալիզից հետևելով, կազմված են ձյան մեջ ջրի պաշարների և գետի ավազանի միջին բարձրությունից ձյան կուտակման ծավալների կապերը:

Լեռներում կատարված երթուղային ձնաչափ նկարահանումների տվյալներով 1947 թ. մինչև 1957 թ. ընկած ժամանակաշրջանի համար հեղինակի

կողմից կազմված են հաճախարումներ, որոնք թույլ են տալիս գետերի ավազաններում ձյան կուտակման միջին ծավալների նախահաշվարկ, ինչպես նաև առանձին տարվա ձյան կուտակման գնահատում կատարել:

ЛИТЕРАТУРА

1. Багдасарян А. Б., Климат Армянской ССР. Ереван, 1958.
2. Зак А. И., Сток рек Армении в связи с вертикальной зональностью и методика прогноза стока. УГМС Армянской ССР, Ереван, 1954.
3. Сб. материалов наблюдений над снежным покровом в горах Кавказа. Гидрометиздат, 1958.
4. Ежегодники по снегомерным съемкам в горах Армении.
5. Кунгурцев А. А., Перенос и отложение снега. „Сб. вопросы использования снега и борьба снега со снежными заносами и лавинами“. Изд. АН СССР, М., 1956