

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

Т Р У Д Ы
КАЗАХСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

В Ы П У С К 11



ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
ЛЕНИНГРАД • 1959

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ РЕЖИМА СЕЗОННОЙ СНЕГОВОЙ ЛИНИИ

Исследование сезонной снеговой линии в горах необходимо для решения ряда практических вопросов. Данные о высоте расположения снеговой линии позволяют определять площади покрытия и освобождения от снега, а в ряде районов это важно для расчета и прогноза расходов воды [9]. Колебание снеговой линии является одним из показателей динамики снеготаяния и снегонакопления, что необходимо в первую очередь для расчета подачи воды на водосбор и определения характеристик снегонакопления. С расположением снеговой линии также связано и развитие облачности. Например, в горах Заилийского Алатау обнаружено, что в то время, когда над обнаженными от снега участками имеет место большое развитие облачности, над покрытой снегом территорией вертикальная мощность облачности незначительна. В связи с этим значительные дожди, по исследованию С. П. Кавецкого, могут выпадать в зоне, расположенной ниже границы снега [11]. Такая закономерность имеет значение для оценки селеопасности. Изучение снеговой линии важно и для целей обслуживания животноводства. Все это указывает на необходимость систематических наблюдений за сходом и установлением снежного покрова в горах, а также на целесообразность глубокого изучения этого вопроса.

Снеговой линии, связанной с оледенением, посвящено много интересных работ [1, 4, 6, 12, 18, 19, 20, 21, 24]. Однако сезонной снеговой линии, несмотря на ее влажность, уделяется мало внимания. В научно-исследовательских институтах специально этой проблемой не занимались. Таким вопросом обычно занимались гидрологи, климатологи и метеорологи лишь по личной инициативе [2, 3, 8, 23, 25]. Д. Святский [23] писал: «Мои же попытки побудить дирекцию Алма-Атинской геофизической обсерватории к производству подобного рода наблюдений оказались бесплодными, и я решил заняться подобными наблюдениями сам». В подготавливаемом ТГО к изданию Наставлении по производству снегосъемок в горах указываются некоторые способы фиксации сезонной снеговой линии [7].

Прежде чем приступить к анализу сезонной снеговой линии, дадим ее определение. Известно, что определение вообще снеговой линии указывалось во многих работах. Однако точной формулировки не было, и лишь в настоящее время наиболее правильное, по мнению автора, определение дано М. В. Троновым [24]. «Снеговая линия, или граница, есть граница сезонного (летнего) стаивания снега на поверхностях ледников». Из этого следует, что снеговая линия, связанная с ледниками, относится исключительно к верхней зоне, ниже которой располагается сезонная. Поэтому определение сезонной снеговой линии сформулируем следующим образом. *Сезонная снеговая линия есть граница сезонного (весенне-летнего) стаивания снега на склонах гор.* В период своего максимального подъема она совпадает со снеговой линией, связанной с оледенением.

Под режимом сезонной снеговой линии подразумевается изменение ее положения во времени, которое зависит от метеорологических факторов. Поэтому с выявлением режима дается его анализ.

Настоящая статья является итогом работы автора по рассматриваемому вопросу. Материалами для нее послужили систематическое картирование снеговой линии северного склона Зайлийского Алатау, организованное автором, накопленные данные гидрометеостанций за достаточно длинный ряд, а также наблюдения, проведенные по заданию КазНИГМИ Алма-Атинской селестовой станции в бассейне р. М. Алматинки.

Наблюдения за снеговой линией по ориентирам

Подобные работы выполняются с октября 1955 г. по настоящее время. Местом наблюдений является озонметрическая площадка, расположенная на территории КазНИГМИ. Отсюда на расстоянии 20—30 км хорошо видна вся панорама исследуемого склона. Поэтому неслучайно еще в 1939 г. Святский говорил: «Трудно указать другое, более удобное место для наблюдений за движением границы горных снегов в Алатау, чем г. Алма-Ата». Основными ориентирами для этих целей служат: Веригина гора, Каменское плато, водораздел рр. Б. и М. Алматинок, Мохнатая сопка, Сухой хребет, нижняя и верхняя границы елового леса, Алматинский пик, пик Абая, перевал Талгарский (р. Чимбулак) и граница альпийской зоны (табл. 1).

Ориентеры для наблюдений за снеговой линией

Таблица 1

Ориентир	Абсолютная отметка (м)	Ориентир	Абсолютная отметка (м)
КазНИГМИ	848	Зона снегов и ледников	3150
Веригина гора	1100	Алматинский пик	3684
Каменское плато	1300	Пик Абая	3948
Водораздел рр. Б. и М. Алматинок	3450	Перевал Талгарский (р. Чимбулак)	3130
Мохнатая сопка	2280	Перевал Талгар	4262
Сухой хребет	2500	Пик Комсомола	4303
Большое Алматинское озеро	2500	Пик Талгар	5017
Нижняя граница елового леса	1750	Ледник Туюк-Су	3450
Верхняя граница елового леса	2700	Озеро Иссык	1760
Курорт Алма-Арасан	2060	Средняя граница альпийской зоны	2850

Данные наблюдений за высотой снеговой линии северного склона Зайлийского Алатау за 1956 г.

Таблица 2

Дата	Высота (м)	Дата	Высота (м)	Дата	Высота (м)	Дата	Высота (м)
29 III	840	31 V	2600	8 VIII	3700	13 X	3700
1 IV	1300	4 VI	3100	12 VIII	3800	16 X	3700
2 IV	1400	7 VI	3200	19 VIII	3800	19 X	3800
3 IV	800	12 VI	3300	27 VIII	3900	20 X	1100
4 IV	1050	13 VI	3000	4 IX	3900	21 X	1300
6 IV	1200	15 VI	2900	8 IX	3900	22 X	1500
9 IV	1400	19 VI	3200	9 IX	3600	23 X	1600
12 IV	1500	25 VI	3200	10 IX	3700	25 X	1400
14 IV	1600	26 VI	3300	12 IX	3700	27 X	1000
18 IV	1700	27 VI	3200	14 IX	3700	29 X	1200
28 IV	1900	29 VI	3200	20 IX	3900	30 X	1300
3 V	2000	2 VII	3300	26 IX	3900	2 XI	1400
9 V	2300	7 VII	3400	27 IX	1300	3 XI	1400
11 V	2600	9 VII	3500	28 IX	2600	9 XI	1500
14 V	2900	16 VII	3600	30 IX	2600	12 XI	1600
15 V	2600	25 VII	3700	1 X	2700	13 XI	900
16 V	3000	31 VII	3700	2 X	3000	14 XI	1000
17 V	3400	1 VIII	3700	3 X	3200	17 XI	1000
19 V	2900	2 VIII	3700	5 X	3400	20 XI	1200
21 V	2600	3 VIII	3600	6 X	3500	24 XI	1500
23 V	2700	5 VIII	3660	8 X	3600	25 XI	1700
30 V	3000	6 VIII	3660	9 X	3600	26 XI	1300
						27 XI	1400

Наблюдения обычно проводились ежедневно в часы наилучшей видимости. При этом наблюдатель пользовался биноклем. Точность отсчета по ориентирам повышается, если работа выполняется одним и тем же человеком. На расстоянии 20—30 км от гор, в секторе видимости, за снеговую линию возможно принять лишь осредненное ее положение. Наблюдения записывались в специальной тетради, на основании которой составлены, например, табл. 2 и 3.

Таблица 3

Данные наблюдений за высотой снеговой линии в бассейне р. М. Алматинки за 1956 г.

Число	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1	1100	1850	2350	2800	3530	3950	3400
2	10-0	1890	2400	2810	3600	3950	3400
3	900	1935	2450	2820	3580	4000	2700
4	1000	1970	2470	2830	3570	4000	2900
5	1040	1990	2550	2840	3540	4000	3100
6	1130	2040	2600	2850	3530	4030	3 50
7	1140	1935	2600	2850	3520	4050	3200
8	1150	1960	2400	2860	3530	4050	3280
9	1180	2050	2500	2870	3580	4050	3350
10	1200	2120	2700	2880	3550	4050	3350
11	1250	2300	2700	2885	3520	4050	3350
12	1385	2600	2700	3100	3520	4030	3350
13	1600	2690	2740	3 00	3520	40 0	3400
14	1650	2700	2760	3 00	3550	4030	3400
15	1690	2700	2760	3100	3550	4080	3400
16	1548	2740	2760	3150	3600	4080	3400
17	1590	2800	2760	3150	3600	4080	3450
18	1600	2800	2600	3200	3600	4080	3450
19	16 0	2800	2650	3250	3630	4080	3450
20	1620	2300	2600	3300	3650	4 00	2400
21	1650	2100	2650	3350	3650	4 00	2600
22	1660	2150	2700	3400	3700	4100	2900
23	16 0	2250	2710	3400	3700	4100	3000
24	1690	2300	2720	3450	3730	4000	3 00
25	1698	2350	2750	3480	3750	4000	3150
26	1730	2370	2750	3500	3750	3 00	
27	1750	2400	2760	3530	3800	3800	
28	1750	2450	2760	3550	3850	3800	
29	1780	2600	2770	3550	3850	3800	
30	1820	2750	2775	3580	3900	3400	
31		2600		3580	3930		

Примерно таким же путем фиксировалась снеговая линия и в бассейне р. М. Алматинки. Отличие заключалось лишь в том, что она в первом случае отмечалась с одного пункта, а во втором (по мере ее поднятия) — с разных. Сначала наблюдения велись у гидроствора дамбы, потом у селестоктовой станции, а затем поочередно на станциях Усть-Горельник, Верхний Горельник и Мын-Джилки. При этом каждый из наблюдателей пользовался крупномасштабной картой. Систематические наблюдения ведутся здесь с 1955 г., а эпизодические были в 1941, 1949 и 1950 гг. [15].

Картирование снеговой линии с самолета

В 1953 и 1954 гг. облет горных районов Казахстана производился комплексной группой разных специалистов КазНИГМИ. Наряду с другими вопросами в программу входило картирование сезонной снеговой линии. Недостаток таких

полетов заключался в том, что они были разовые и не могли дать представления о динамике изучаемого явления.

В 1956 г. облеты северного склона Заилийского Алатау специалистами гидропрогнозистами проводились систематически по специальной программе. Основная цель авиаполетов состояла в том, чтобы нанести на гипсометрическую карту (масштаба 1 : 100 000) нижнюю границу сезонного снежного покрова и залегание снежников.

Перед вылетом обстоятельно знакомились с гипсометрией района исследований. При этом особое внимание уделялось предполагаемому маршруту полета. Картирование проводилось сначала с самолета ПО-2, а затем с ЯК-12. В момент нахождения самолета в горизонтальной плоскости снеговой линии выполнялась ее фиксация на карте по высотомеру. Поскольку во время полета имела место болтанка, то учитывалось показание высотомера при двух положениях самолета. В целях контроля картирования полет проводился дважды (туда и обратно) двумя специалистами. На основании опыта можно сказать, что чем больше «потолок» самолета, тем ближе он подходит к снеговой границе, тем точнее будут сведения. Поэтому для данной цели более целесообразно пользоваться самолетом АН-2. При полете наряду с ранее указанными ориентирами использовались и другие (табл. 1). Полеты были обычно ежемесячно: 20-го числа и в последний день месяца.

Анализируя данные, полученные путем картирования с самолета и наблюдений с озонметрической площадки КазНИГМИ по ориентирам, следует сказать, что положение снеговой линии в обоих случаях почти совпадает.

Из литературы известно о двух тыхах снеготаяния [27]. В условиях северного склона Заилийского Алатау нижний тых обычно располагается на расстоянии 200—300 м от верхнего. При этом наличие снежников, а следовательно, и двух тыхов снеготаяния наблюдается в мае и июне, а иногда, например в бассейне р. Талгар, в июле. В августе и сентябре, как правило, снежники не сохраняются. Мощность их относительно небольшая, что подтверждается данными В. Л. Шульца [28].

Поскольку в наблюдениях с самолета и с постоянной площадки существенной разницы нет, то в условиях данного района для указанных целей пользоваться самолетом нет необходимости. Применение самолета целесообразно в том случае, если местные условия не позволяют производить наблюдения с постоянной площадки или когда картирование с самолета производится с помощью специальных инструментов. Авиаполеты в данном случае полезны только для общего ознакомления с местностью и для приближенной оценки распределения снегозапасов.

Режим снеговой линии и его анализ

Из определения сезонной снеговой линии следует, что она не может быть постоянна в пространстве и времени. Весной под влиянием притока теплых воздушных масс, обуславливающего повышение температуры воздуха и солнечной радиации, происходит таяние сезонных снегов. Запасы воды в снежном покрове для разных высот неодинаковы, а ландшафтные условия каждой зоны отличаются своими специфическими особенностями. Поэтому положение сезонной снеговой линии изменяется во времени как по вертикали, так и вдоль склона. Колебания по вертикали можно охарактеризовать графиком изменения ее за каждый день с момента подъема и до конца спада. Причем подъем относительно плавный, а спад довольно резкий, что подтверждается зависимостями, приведенными на рис. 1. Если на равнине граница снежного покрова представляет плавную кривую, то в горах, сочетаясь с рельефом местности, она зигзагообразна. Такое изображение в горах, приведенное в работе [15], указывает на последовательное включение зон при снеготаянии в восходящем порядке. Различие в датах освобождения высотных зон от снега соответственно сказывается на формировании талого стока. Этим и объясняется в основном резкое колебание

расходов и уровней воды на реках изучаемого склона. Исходя из климатических условий, следует сказать, что снеговая линия в западной части склона должна подниматься несколько раньше, а опускаться позже, чем в восточной.

Известно, что температура воздуха является одним из существенных компонентов теплового баланса снеготаяния. Поэтому необходимо выявить влияние температурного режима на ход снеговой линии. С увеличением суммы положительных средних суточных температур воздуха снеговая линия располагается выше. Для плавности кривой, изображающей связь между абсолютной высотой снеговой линии H и притоком тепла, положительная температура взята в виде интегральной суммы (рис. 1)

$$H = f\left(\int \Sigma t_{+ \text{ср. сут.}}\right).$$

Такие зависимости выявлены как для всего северного склона Заилийского Алатау, так и для бассейна р. М. Алматинки. При этом за начало интегриро-

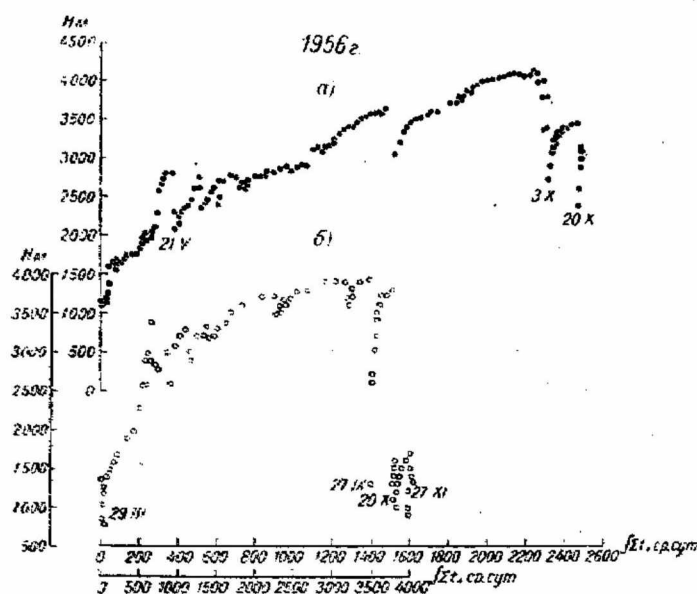


Рис. 1. Зависимость положения сезонной снеговой линии (по данным специальных наблюдений) на северном склоне Заилийского Алатау (а) и в бассейне р. М. Алматинки (б) за 1956 г. от интегральной суммы положительных среднесуточных температур воздуха за период снеготаяния по ст. Алма-Ата, город.

вания для склона принят день 29/III, когда положение снеговой линии соответствовало высоте пункта наблюдений, а для бассейна р. М. Алматинки — день 1/IV. Температура в первом случае бралась по ст. Алма-Ата, город, а во втором — по ст. Медо (табл. 4 и 5). Как видно из графика (рис. 1), связи получились довольно тесными, что свидетельствует о значительном влиянии температуры воздуха на подъем снеговой линии и указывает на достаточную точность наблюдений.

Для анализа влияния среднесуточных температур воздуха и выпадающих атмосферных осадков на изменение снеговой линии был использован соемещенный график гидрометеорологических элементов, на который наносились ежедневные высоты снеговой линии как по северному склону Заилийского Алатау, так и по бассейну р. М. Алматинки за 1956 г. При этом температура и осадки брались на разных высотах по станциям Алма-Ата, город, Медо и Мын-Джилки. Сведения о величине осадков и их характеристике представлены табл. 6 и 7, которые

составлены на основании ТМ-1 по данным срочных наблюдений. Из табл. 7 видно, что с увеличением высоты вероятность выпадения твердых осадков больше, следовательно, в весенне-летний период появляется и наибольшая возможность временного опускания снеговой линии. Наряду с этим совмещенный график показывает синхронность в колебании снеговой линии северного склона Заилийского Алатау и бассейна р. М. Алматинки. Снеговая линия в первом случае располагается выше, чем во втором. Это обуславливается относительной затененностью Алматинского ущелья, где производились наблюдения. Следует заметить, что на колебание снеговой линии осадки оказывают большее влияние при опускании линии, чем при ее подъеме. Последнее объясняется тем, что выпавший снег за весенне-летний период быстро тает, а за осенний — в основном сохраняется. Жидкие осадки также оказывают на расположение снеговой линии меньшее влияние в первом случае, чем во втором. В осенний период холодный фронт по высоте часто наступает одновременно, что способствует и резкому опусканию снеговой линии. На совмещенном графике, который из-за краткости здесь не приводится, можно проследить и влияние хода температур на изменение высоты снеговой линии.

$\sum t_{+}$ ср. сут. по ст. Алма-Ата, город за 1956 г.

Таблица 4

Дата	$\sum t_{+}$ ср. сут.	Дата	$\sum t_{+}$ ср. сут.	Дата	$\sum t_{+}$ ср. сут.
29 III	4	25 VI	1354	30 IX	3515
1 IV	22	26 VI	1370	1 X	3520
2 IV	37	27 VI	1388	2 X	3529
3 IV	42	29 VI	1434	3 X	3543
4 IV	43	2 VII	1498	5 X	3566
6 IV	54	7 VII	1624	6 X	3578
9 IV	80	9 VII	1677	8 X	3604
12 IV	123	16 VII	1873	9 X	3611
14 IV	158	25 VII	2119	13 X	3656
18 IV	210	31 VII	2272	16 X	3704
28 IV	344	1 VIII	2298	19 X	3763
3 V	427	2 VIII	2318	20 X	3776
9 V	501	3 VIII	2337	21 X	3782
11 V	532	5 VIII	2377	22 X	3786
14 V	582	6 VIII	2399	23 X	3795
15 V	598	8 VIII	2446	25 X	3812
16 V	618	12 VIII	2540	27 X	3820
17 V	638	19 VIII	2717	29 X	3822
19 V	676	27 VIII	2899	30 X	3826
21 V	709	4 IX	3050	2 XI	3851
23 V	740	8 IX	3144	3 XI	3861
30 V	875	9 IX	3165	9 XI	3917
31 V	895	10 IX	3185	12 XI	3952
4 VI	971	12 IX	3224	13 XI	3963
7 VI	1023	14 IX	3261	14 XI	3968
12 VI	1115	20 IX	3384	17 XI	3972
13 VI	1132	26 IX	3481	20 XI	3982
15 VI	1175	27 IX	3495	24 XI	4011
19 VI	1246	28 IX	3498	25 XI	4014
				26 XI	4014
				27 XI	4019

Колебание снеговой линии исследовалось автором и по данным наблюдений гидрометеостанций, расположенных на изучаемом склоне. Для этого взяты гидрометеостанции с различными абсолютными высотами, по которым имелся наиболее продолжительный ряд наблюдений. К ним относятся станции: Илий-

ское (453 м), Чилик (605 м), Иссык (1088 м), Алма-Ата, АМСГ (674 м), Алма-Ата, город (848 м), Подгорное (1264 м), Медео (1530 м), Сары-Джас (1944 м), Усть-Горельник (1936 м), Верхний Горельник (2254 м), Большое Алматинское озеро (2511 м) и Мыш-Джилки (3036 м). При анализе этих данных различались устойчивый и окончательный сход или установление снежного покрова.

Таблица 5

$\sum \Sigma_{+гр. сут.}$ по ст. Медео за 1956 г.

Число	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1	8	209	523	874	1454	1939	2297
2	8	216	535	883	1466	1950	2308
3	3	223	547	905	1478	1962	2312
4	4	231	557	923	1492	1970	2318
5	6	244	570	941	1506	1993	2327
6	8	249	579	959	1523	2015	2336
7	10	252	583	970	1539	2032	2342
8	14	257	599	999	1556	2047	2345
9	18	267	610	1019	1575	2059	2348
10	26	277	622	1037	1588	2071	2360
11	36	290	636	1057	1604	2084	2370
12	44	300	645	1079	1625	2096	2380
13	55	308	657	1099	1642	2112	2390
14	68	317	673	1118	1659	2128	2401
15	76	328	685	1133	1677	2143	2415
16	78	341	698	1158	1698	2156	2428
17	80	354	710	1173	1716	2174	2442
18	83	365	720	1196	1732	2188	2456
19	87	374	728	1213	1750	2202	2463
20	93	392	736	1231	1767	2218	2462
21	100	399	747	1251	1783	2226	2468
22	109	399	760	1273	1801	2233	2476
23	118	409	773	1295	1818	2249	2483
24	127	419	782	1316	1831	2260	2485
25	135	430	792	1334	1845	2270	2486
26	146	443	805	1350	1860	2280	
27	158	461	819	1364	1875	2279	
28	170	474	834	1381	1884	2283	
29	185	483	848	1401	1896	2286	
30	193	502	861	1423	1911		
31		513		1441	1926		

Устойчивым сходом, по Б. П. Алисову, называется такой снеговой покров, который или не сходил в течение зимы, или залегал с перерывами не более 2—3 дней. Нами принималась первая дата отсутствия снега весной с перерывом 2 дня и более до даты выпадения нового (временного) снега [17]. А за дату устойчивого установления снега условно принята дата, после которой отсутствие снега возможно не более 2 дней. По данным указанных станций для каждого года (с 1937 по 1956 г.) построены графики, на которых на оси абсцисс откладывались даты устойчивого схода и установления снежного покрова, а на оси ординат — высоты станций. Затем по точкам проводилась осредненная кривая, которая характеризует среднее изменение снеговой линии по высоте склона. В этом случае все неточности определения дат устойчивого схода и установления снежного покрова сглаживаются. За «потолок» кривой с 10/VIII по 10/IX взята высота фирновой линии в Заилийском Алатау. Определением положения последней в бассейне р. М. Алматинки занимался Н. Н. Пальгов [18, 19]. По данным десятилетнего ряда, средняя высота ее 3709 м абс. Фирновая линия в бассейне р. Б. Алматинки находится на высоте

3750 м абс. Для всего склона, по рекомендации Г. К. Макаревича, высота ее принята 3800 м, что подтверждается и исследованиями Н. Н. Пальгова [19]. Подобные графики указаны в работе В. Л. Шульца для Средней Азии [27]. Построенные кривые для склона также наглядно показывают характер подъема и опускания снеговой линии (рис. 2 а). Они позволили за любой год получить высоты снеговой линии на конец каждого месяца (с марта по декабрь). Расчет-

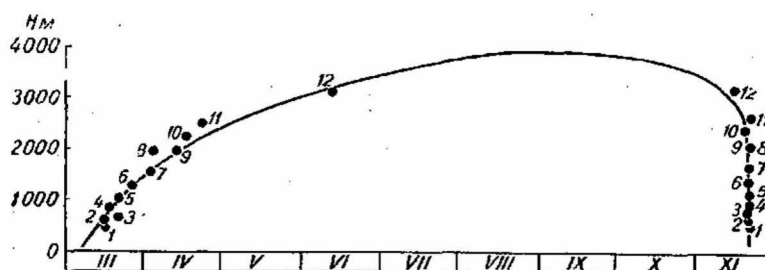


Рис. 2 а. Зависимость дат схода и установления снежного покрова от высоты местности (по данным гидрометеостанций) за характерный 1954 г.

ные данные помещены в табл. 8, на основании которой составлен график (рис. 2 б). На рисунке видно положение снеговой линии на конец каждого месяца для отдельных лет и отклонение ее от нормы. Таким образом, этот график наглядно характеризует режим снеговой линии за многолетний период.

Температура воздуха, о чем было сказано ранее, является важным фактором, влияющим на изменение границы снежного покрова. При этом кривые

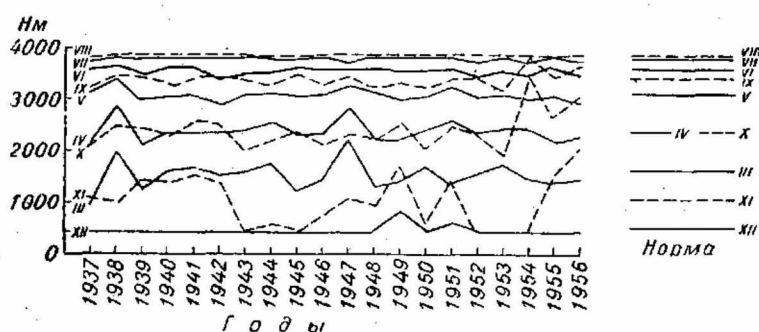


Рис. 2 б. Изменение сезонной снеговой линии по месяцам с 1937 по 1956 г.

связи температуры от высоты снеговой линии по своему виду могут быть неодинаковы. Для этого рассмотрим зависимости $H = f\left(\int \Sigma t_{\text{ср. мес}}\right)$, $H = f(\Sigma t_{\text{ср. сут}})$ и $H = f\left(\int \Sigma t_{\text{ср. сут}}\right)$.

Здесь H — высота сезонной снеговой линии на конец месяца (табл. 8), $\int \Sigma t_{\text{ср. мес}}$ — интегральная сумма средних месячных температур воздуха по ст. Алма-Ата, город, начиная с марта и до момента опускания снеговой линии, $\int \Sigma t_{\text{ср. сут}}$ и $\Sigma t_{\text{ср. сут}}$ — интегральная и обычная суммы средних суточных температур воздуха по той же станции (табл. 9). Указанные связи построены как для нормы (с 1937 по 1956 г.), так и за характерные 1941 и 1943 гг. Зависи-

Сведения об осадках по станциям

Станция	Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Мын-Джилки, H = 3036 м	Апрель	0,2	0,9	4,5		0,0		3,8	0,3				0,8	
	Май	8,9	2,5	2,8	4,3	0,2	28,6	29,5		4,0	2,3		30,9	20,6
	Июнь	28,3		1,8		0,8	11,1	28,3	4,3	4,1	0,0	0,5	16,9	
	Июль				0,2	1,7								0,0
	Август	41,0	8,6	3,6	0,2					0,3	0,9			3,0
	Сентябрь					0,1	3,0	1,8	13,8	3,3		3,4		
	Октябрь			4,5	0,1									
	Ноябрь													
Медое, H = 1530 м	Апрель		19,8	13,0				0,2					2,7	
	Май	6,6	10,9	1,1	23,0	3,4	37,4	15,8		0,5	0,2		12,9	7,4
	Июнь	11,0		1,4			15,5	26,5	0,5	3,1	2,5	3,6	30,0	
	Июль								0,0	0,0				
	Август	32,5	12,0	2,2	0,2					1,1				0,1
	Сентябрь						0,1		10,3	7,7		0,1		
	Октябрь			4,3										2,8
	Ноябрь													
Алма-Ата, город, H = 847 м	Апрель		24,6	10,1										
	Май		1,2	0,1	8,2	0,4	12,4	5,3					3,3	3,8
	Июнь	2,5		0,0			5,3			1,6		1,2	11,8	
	Июль								0,0					
	Август	12,1												
	Сентябрь								3,4	0,0				
	Октябрь			0,7										
	Ноябрь													3,2

мости интегральной суммы температур воздуха от высоты снеговой линии по своему виду напоминают рис. 1. Связь $H = f(\Sigma t_{+ \text{ ср. сут.}})$ как для нормы, так за отдельные годы изображается петлеобразными кривыми. С увеличением $\Sigma t_{+ \text{ ср. сут.}}$ возрастает и H . Однако такая закономерность наблюдается до тех пор, пока сезонная снеговая линия не достигнет своего наибольшего значения (3800 м), после чего ежемесячная $\Sigma t_{+ \text{ ср. сут.}}$ уменьшается. При этом в первом случае кривая идет слева направо, а во втором — справа налево.

Сход снежного покрова в условиях, например, равнинного Казахстана определяется в основном одним фактором — температурой воздуха, а в горах наряду с этим оказывают влияние и другие компоненты. Кроме того, зависимость даты схода снега от температуры воздуха на равнине обычно прямая, в горах она может быть обратной. Например, для $H = 3036$ м абс. (ст. Мын-Джилки) выявлена зависимость $T = f(\Sigma t_{+})$, где T — дата устойчивого схода снежного покрова по ст. Мын-Джилки, Σt_{+} — сумма положительных среднесуточных температур воздуха с даты установления до даты схода снежного покрова (рис. 3 а)

$$\Sigma t_{+} = \Sigma t' + \Sigma t'',$$

где $\Sigma t'$ — сумма положительных среднесуточных температур воздуха с даты установления снежного покрова до даты устойчивого перехода среднесуточных температур через 0° , $\Sigma t''$ — сумма положительных среднесуточных температур с даты устойчивого перехода их через 0° до даты схода снежного покрова. Расчеты за многолетний период показали, что $\Sigma t'$ относительно небольшая, но за некоторые годы, например 1941, 1945 и 1954, она может достигать 18—26°.

Таблица 6

с различной абсолютной высотой за 1956 г.

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
4,2	12,6	30,3	8,2		0,0				2,6	3,5	0,5	8,2				2,9	
0,0	26,2	7,6	3,0	6,5	27,4	14,6	24,5	0,6	20,2	7,0						14,0	35,1
8,8			2,8	1,0	3,6	8,8	0,2		10,2	13,9	0,1	9,8					6,2
	0,5	0,0							5,2	1,3							
3,4	0,9				0,3	8,5				0,3	1,0	1,2	7,0				
												2,8	0,6			5,7	
												0,0	3,8	4,8			
	29,1	37,6	14,1		0,1				0,9	4,4	0,4	6,2				8,7	
2,0			5,3	14,6	21,0	19,4	30,7		15,6	5,6			0,0	0,2		4,2	34,5
	14,4	2,5	27,1	11,5	9,2	12,0			1,9	18,8							
1,7			0,5	0,7					0,7	2,5	7,1	1,0					1,2
0,0	1,0	0,0															
1,7	0,6					15,4				1,0	8,6	4,1	8,6				
										0,3	0,2	0,1	4,2	3,5		7,6	
	32,7	41,3	6,0													1,0	
			1,4	4,3	17,2	14,2	12,7		1,9	0,6				0,2		2,4	6,9
	4,8	0,1	17,3	11,1	2,7	1,7			0,0	19,4							
				0,8				0,0		0,4	1,6	2,5	0,2				0,2
	0,1																
0,9	0,0					17,6				2,0	9,9	2,6	11,1				
										1,2	0,9	3,7	5,2	3,0		4,1	

Поэтому для расчета схода снежного покрова принималась во внимание и $\Sigma t'$.

С увеличением Σt_* дата схода снега T наступает позже. Казалось бы, наоборот, чем больше приток тепла, обуславливающий повышение температуры, тем быстрее стает снег. Однако это справедливо при всех прочих равных условиях. Для доказательства связи построен график (рис. 3 б), на котором на оси

абсцисс отложены осадки $\sum_{T_0}^T X$ с даты установления T_0 до даты схода снега,

а на оси ординат — дата схода снега T ,

$$\sum_{T_0}^T X = X_{\text{т}} + X_{\text{ж}},$$

где $X_{\text{т}}$ — твердые осадки, $X_{\text{ж}}$ — жидкие осадки за осенний и весенний периоды.

В целях расчета процента $X_{\text{ж}}$ от $\sum_{T_0}^T X$ для характерных дат схода снега по стан-

циям с разной абсолютной высотой составлена табл. 10. Количество жидких осадков, указанное в таблице, бралось из ТМ-1 по продолжительности выпадения. Если продолжительность выпадения их за данный день была больше, чем твердых, то условно считали, что в это время выпадали только жидкие осадки. В том случае, когда продолжительность выпадения жидких и твердых осадков была одинакова, выпавшее количество осадков делили поровну: одну половину относили к жидким, а другую к твердым.

Таблица 7

Станция:	Мын - Джилки, H=3036 м абс			Медео, H=1530 м абс			Алма-Ата (город) H=847 м абс																											
	Число Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Число Месяц	IV	*	9*	*		*		*					*																					
	V	*	*	*		*		*					*																					
	VI	*	*	*		*		*					*																					
	VII	*	*	*		*		*					*																					
	VIII	*	*	*		*		*					*																					
	IX	*	*	*		*		*					*																					
	X	*	*	*		*		*					*																					
	XI	*	*	*		*		*					*																					
	IV	*	9*	*		*		*					*																					
	V	*	*	*		*		*					*																					
	VI	*	*	*		*		*					*																					
	VII	*	*	*		*		*					*																					
	VIII	*	*	*		*		*					*																					
	IX	*	*	*		*		*					*																					
	X	*	*	*		*		*					*																					
	XI	*	*	*		*		*					*																					
	IV	*	9*	*		*		*					*																					
	V	*	*	*		*		*					*																					
	VI	*	*	*		*		*					*																					
	VII	*	*	*		*		*					*																					
	VIII	*	*	*		*		*					*																					
	IX	*	*	*		*		*					*																					
	X	*	*	*		*		*					*																					
	XI	*	*	*		*		*					*																					
	IV	*	9*	*		*		*					*																					
	V	*	*	*		*		*					*																					
	VI	*	*	*		*		*					*																					
	VII	*	*	*		*		*					*																					
	VIII	*	*	*		*		*					*																					
	IX	*	*	*		*		*					*																					
	X	*	*	*		*		*					*																					
XI	*	*	*		*		*					*																						
IV	*	9*	*		*		*					*																						
V	*	*	*		*		*					*																						
VI	*	*	*		*		*					*																						
VII	*	*	*		*		*					*																						
VIII	*	*	*		*		*					*																						
IX	*	*	*		*		*					*																						
X	*	*	*		*		*					*																						
XI	*	*	*		*		*					*																						
IV	*	9*	*		*		*					*																						
V	*	*	*		*		*					*																						
VI	*	*	*		*		*					*																						
VII	*	*	*		*		*					*																						
VIII	*	*	*		*		*					*																						
IX	*	*	*		*		*					*																						
X	*	*	*		*		*					*																						
XI	*	*	*		*		*					*																						
IV	*	9*	*		*		*					*																						
V	*	*	*		*		*					*																						
VI	*	*	*		*		*					*																						
VII	*	*	*		*		*					*																						
VIII	*	*	*		*		*					*																						
IX	*	*	*		*		*					*																						
X	*	*	*		*		*					*																						
XI	*	*	*		*		*					*																						
IV	*	9*	*		*		*					*																						
V	*	*	*		*		*					*																						
VI	*	*	*		*		*					*																						
VII	*	*	*		*		*					*																						
VIII	*	*	*		*		*					*																						
IX	*	*	*		*		*					*																						
X	*	*	*		*		*					*																						
XI	*	*	*		*		*					*																						
IV	*	9*	*		*		*					*																						
V	*	*	*		*		*					*																						
VI	*	*	*		*		*					*																						
VII	*	*	*		*		*					*																						
VIII	*	*	*		*		*					*																						
IX	*	*	*		*		*					*																						
X	*	*	*		*		*					*																						
XI	*	*	*		*		*					*																						
IV	*	9*	*		*		*					*																						
V	*	*	*		*		*					*																						
VI	*	*	*		*		*					*																						
VII	*	*	*		*		*					*																						
VIII	*	*	*		*		*					*																						
IX	*	*	*		*		*					*																						
X	*	*	*		*		*					*																						
XI	*	*	*		*		*					*																						
IV	*	9*	*		*		*					*																						
V	*	*	*		*		*					*																						
VI	*	*	*		*		*					*																						
VII	*	*	*		*		*					*																						
VIII	*	*	*		*		*					*																						

Из табл. 10 видно, что жидкие осадки выпадают в период снеготаяния. Исключением является 1949 г., когда по ст. Чилик они были и в начале зимы (2,3 мм). Жидкие осадки, как правило, выпадают в небольшом количестве,

но за некоторые годы (1941, 1956) величина их может достигать 24—26% от $\frac{T}{T_0} X$.

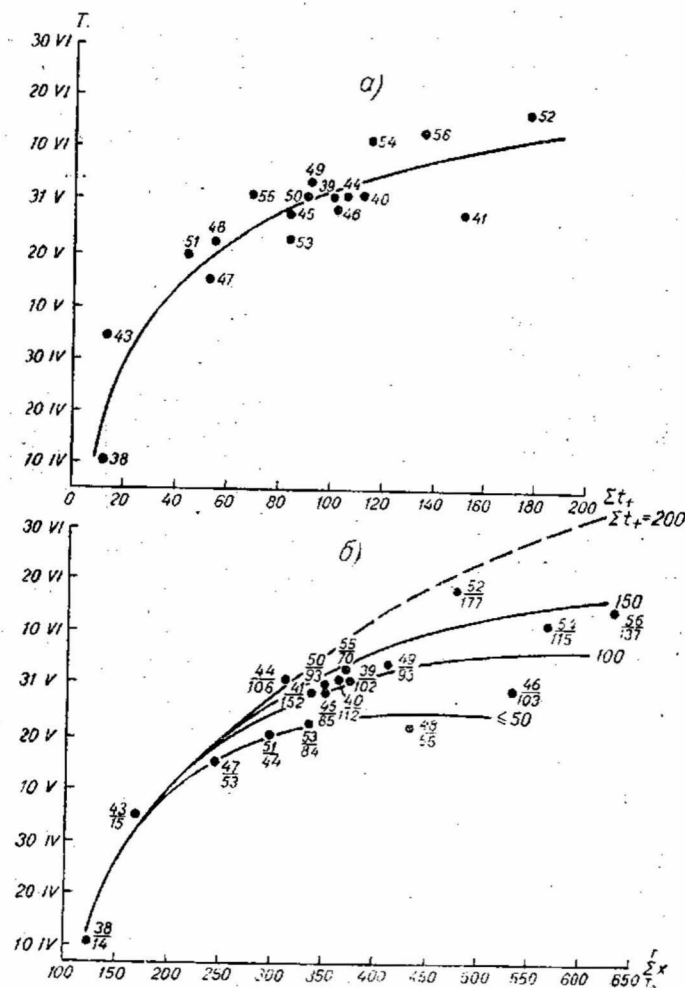


Рис. 3. Зависимость дат устойчивого схода снежного покрова по ст. Мын-Джилки (3036 м абс.):
а — от суммы положительных среднесуточных температур воздуха, б — от суммарных осадков с даты устойчивого установления снежного покрова до даты схода снега.

Поэтому в наших расчетах они также приняты во внимание. Зависимость

$T = f\left(\sum_{T_0}^T X\right)$ показывает, что с увеличением $\sum_{T_0}^T X$ дата схода снега наступает

позже, что не требует особых доказательств. Поскольку указанная связь подобна зависимости, данной на рис. 3 а, она вполне объяснима.

Рассмотренные качественные и некоторые количественные связи показывают, что дата схода снежного покрова определяется как осадками, так и температурой воздуха, поэтому по ст. Мын-Джилки на графике (рис. 3 б) изображена зави-

симость $T = f\left(\sum_{T_0}^T X, \Sigma t_+\right)$, которая получилась довольно тесной — все годы вошли в пределы допустимых ошибок. Из рисунка видно, что при одной и той же величине $\sum_{T_0}^T X$ с уменьшением Σt_+ дата схода снега наступает раньше, а при одинаковом значении Σt_+ с увеличением осадков дата схода снежного покрова наступает позже. Первое положение требует доказательства.

Таблица 8

Расчетные высоты снеговой линии северного склона Заилийского Алатау
на конец месяца (метры)

Год	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1937	950	2200	3150	3600	3780	3900	3230	2200	1090	440
1938	2000	2900	3400	3670	3300	3000	3130	2480	1000	440
1939	1250	2170	3300	3500	3730	3300	3400	2470	1480	440
1940	1600	2350	3050	3600	3300	3300	3280	2230	1380	440
1941	1630	2350	3050	3600	3780	3000	3400	2530	1500	440
1942	1530	2330	2920	3400	3750	3300	3400	2500	1400	440
1943	1560	2330	3100	3500	3800	3300	3330	2000	440	440
1944	1750	2520	3100	3500	3750	3800	3270	2150	580	440
1945	1260	2300	3070	3530	3770	3000	3460	2340	440	440
1946	1450	2320	3000	3520	3780	3000	3300	2100	750	440
1947	2200	2300	3250	3520	3700	3300	3350	2300	1100	440
1948	1300	2250	3100	3550	3780	3300	3260	2200	900	440
1949	1400	2200	2950	3500	3730	3800	3300	2500	1700	800
1950	1660	2400	3000	3550	3780	3300	3200	2000	600	440
1951	1350	2550	3200	3550	3750	3300	3300	2400	1400	600
1952	1500	2330	3000	3400	3700	3300	3400	2300	440	440
1953	1670	2400	3050	3500	3750	3000	3100	1850	440	440
1954	1400	2350	2950	3400	3700	3800	3720	3300	440	440
1955	1300	2150	3000	3550	3300	3300	3400	2600	1520	440
1956	1400	2200	2900	3400	3700	3800	3600	3000	2000	440
Средн.	1530	2372	3067	3517	3762	3800	3356	2375	1030	466
Наиб.	2200	2900	3400	3670	3300	3800	3720	3300	2000	800
Наим.	950	2150	2900	3400	3700	3300	3100	1850	440	440

Измерительные приборы (дождемеры, осадкомеры) со временем усовершенствуются, однако точность их остается пока еще низкой, поэтому осадки по дождемеру или осадкомеру значительно отличаются от снегозапасов. При этом возможны два случая: несовершенные измерительные приборы и методы снегосъемок и совершенные приборы и методы снегосъемок. Обычно в первом варианте $S > X$, а во втором $X > S$, где X — твердые осадки, а S — снегозапасы.

В настоящее время имеются работы, в которых убедительно показано, что действительно запасы воды по снегосъемкам больше измеренных твердых осадков. Недостаток этих исследований заключается в том, что подобные вопросы для бассейнов горных рек не нашли своего отражения. При идеально точных приборах (измеряющих твердые осадки) и методах снегосъемок можно судить, сколько за зимний период вообще выпадало твердых осадков и сколько снега сохранилось до начала половодья. В результате особых погодных условий

(оттепелей, сильных ветров и т. д.) величина снегозапасов в бассейне реки к началу половодья будет, как правило, меньше количества выпавших осадков. Разница $X - S = P$ пойдет или на образование поверхностного стока, или на инфильтрацию, или на пополнение снегозапасов соседних бассейнов рек. Поэтому в данном случае количество выпавших твердых атмосферных осадков должно быть больше снегозапасов, которые сохранились к началу половодья, т. е. $X > S$. Максимальные же запасы воды в снеге будут более близки к осадкам, но величина их и в этом случае остается меньше.

Таблица 9

Расчетные данные для построения зависимостей
 $H = f(\int \Sigma t_{+cp. \text{ мес.}})$, $H = f(\int \Sigma t_{+cp. \text{ сут.}})$ и $H = f(\Sigma t_{+cp. \text{ сут.}})$

Месяц	Норма				1941 г.				1943 г.			
	абсолютная высота (м)	$\int \Sigma t_{+cp. \text{ мес.}}$	$\Sigma t_{+cp. \text{ сут.}}$	$\int \Sigma t_{+cp. \text{ сут.}}$	абсолютная высота (м)	$\int \Sigma t_{+cp. \text{ мес.}}$	$\Sigma t_{+cp. \text{ сут.}}$	$\int \Sigma t_{+cp. \text{ сут.}}$	абсолютная высота (м)	$\int \Sigma t_{+cp. \text{ мес.}}$	$\Sigma t_{+cp. \text{ сут.}}$	$\int \Sigma t_{+cp. \text{ сут.}}$
Март	1590	2	106	106	1630	5	185	185	1560	0	31	31
Апрель	2372	13	328	434	2350	18	372	557	2300	11	318	349
Май	3067	29	523	956	3050	36	555	1112	3000	29	561	900
Июнь	3517	50	621	1578	3600	60	720	1832	3500	49	606	1516
Июль	3762	74	743	2321	3780	82	701	2532	3800	75	806	2322
Август	3800	96	696	3017	3500	105	719	3252	3800	99	732	3053
Сентябрь	3356	113	507	3524	3400	123	516	3763	3330	116	516	3569
Октябрь	2375	123	331	3851	2530	135	378	4146	2000	125	276	3445
Ноябрь	1030	123	86	3941	1500	137	134	4280	440	122	14	360
Декабрь	466	118	22	3963	440	136	26	4306	440	118	23	3882

Таблица 10

Соотношение жидких и суммарных осадков за период от установления до схода
снежного покрова

Год	$X_{ж}$ мм	X_{Σ} мм	$\frac{\Sigma X}{T_0}$ мм	$\frac{X_{ж}}{\Sigma X} 100\%$	Характеристика T
Ст. Чилик, $H = 605$ м					
1937	—	67	67	—	Поздняя
1949	(2,3)	9	12	20	Ранняя
1955	2	64	65	3	Средняя
Ст. Усть-Горельник, $H = 1936$ м					
1947	5	139	143	4	Ранняя
1955	18	235	254	7	Поздняя
1956	74	200	274	27	Средняя
Ст. Мын-Джилки, $H = 3036$ м					
1938	—	127	127	—	Ранняя
1941	110	346	456	24	Средняя
1952	69	412	471	15	Поздняя

Примечание. Цифры в скобках означают, что осадки выпали в начале зимы.

График (рис. 3 б) вполне объясним, если рассмотреть за ряд лет специфику погодных условий. При одинаковом количестве осадков, но вследствие различной погоды снегозапасы будут отличаться друг от друга. Это можно подтвердить

числом дней за зимний период с наличием циклонов и антициклонов. Косвенной характеристикой последних служат дни с ясной и пасмурной погодой. Первые являются показателем преимущественно антициклональной погоды, а вторые — циклональной. Рассмотрим попарно следующие годы: 1948 и 1952, 1941 и 1953.

Для этого данные об общей облачности, Σt_+ , $\sum_{T_0}^T X$ и T проанализируем в комплексе (табл. 11).

Таблица 11

Год	$\sum_{T_0}^T X$	$S_{3001-3500}$	Σt_+	T	Общая облачность (дни)		
					ясно	пасмурно	облачно
1941	340	450	152	29 V	27	81	143
1946	535	262	103	30 V	30	82	105
1948	433	158	56	23 V	51	57	97
1952	479	344	177	18 VI	38	80	114
1953	338	197	84	24 V	27	74	101

Из таблицы следует, что преимущественно с антициклональной погодой характеризуются 1948 г. по сравнению с 1952 г. и 1953 г. по сравнению с 1941 г.

Наилучшей интегральной характеристикой, отражающей погодные условия, являются измеренные снеготопы. Последние бывают более реальными при снеготопках маршрутных и по крестам, чем по треугольнику. Поскольку ряд наблюдений по крестам небольшой, а маршрутные снеготопки проводились до 1952 г., то для анализа были использованы снеготопы на высоте 3001—3500 м абс. ($S_{3001-3500}$), полученные расчетным путем по формуле, о которой подробно будет сказано ниже.

Расчитанные снеготопы (табл. 12) подтверждают сделанный вывод о погоде с наличием циклонов или антициклонов. Таким образом, при одном и том же

значении $\sum_{T_0}^T X$ снеготопы бывают различные. Сумма положительных темпе-

ратур требуется для тех лет больше, где снеготопы выше, т. е. в годы с преимущественно циклональной погодой. Вследствие указанных причин может быть и другой случай. Например, в 1946 г. осадков за холодный период было больше, чем в 1952 г., а запасов воды в снеге меньше. Поэтому в 1952 г. для полного стаявания потребовалось тепла больше, чем в 1946 г., и несмотря

на меньшую величину $\sum_{T_0}^T X$, в первом случае дата схода наступила позже, чем

во втором. Отсюда следует, что зависимость (рис. 3 б) не является случайной.

Зависимость T от $\sum_{T_0}^T X$ и Σt_+ можно изобразить в виде $T = f\left(\sum_{T_0}^T X, \Sigma t_+\right)$.

Но в этом случае она не раскрывает особенностей влияния отдельных компонентов на сход снежного покрова, поэтому нами построен ранее указанный график-абака.

Тесная связь даты схода снежного покрова получается от температуры не только с учетом осадков, но и с учетом, например, дефицита влажности воздуха. Известно, что дефицит влажности в основном зависит от температуры и абсолютной влажности воздуха. Поэтому ход дефицита влажности в течение года следует приблизительно ходу этих элементов. В течение летнего времени, когда температура воздуха наиболее высокая, дефицит влажности достигает

своего максимального значения (от 2 мм на севере до 30 мм в Кара-Кумах). Осенью, весной и в особенности зимой он снижается до минимальных значений [26]. При увеличении осадков с даты установления до даты схода снежного покрова дефицит влажности в основном возрастает. Это объясняется тем, что с увеличением осадков, выпадающих зимой при отрицательной температуре, воздух иссушается больше, чем при малом их количестве. Последнее для ст. Мын-Джилки подтверждается зависимостью

$$\sum_{T_0}^T X = f(\Sigma d),$$

где Σd — сумма среднесуточных величин дефицита влажности за тот же период, что и $\sum_{T_0}^T X$ (табл. 12). На графике, где изображена такая связь, от линии регрессии отклонился 1941 г. В этом году осадков было 340 мм, что несколько меньше

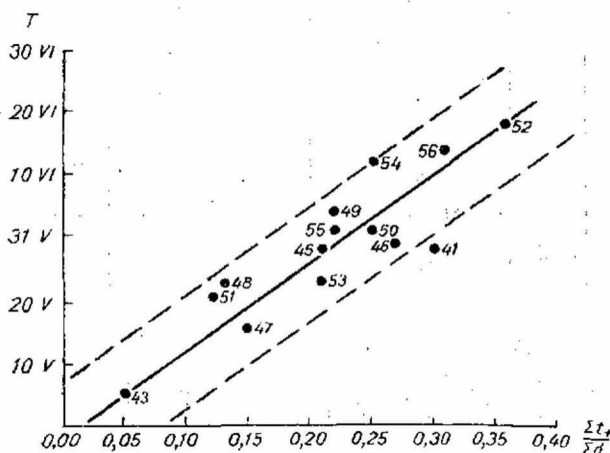


Рис. 4 а. График связи дат устойчивого схода снежного покрова по ст. Мын-Джилки (3036 м абс.) от сумм положительных среднесуточных температур воздуха и дефицита влажности с даты установления до даты схода снежного покрова.

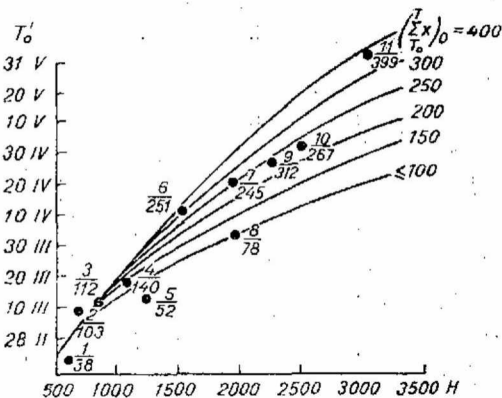


Рис. 4 б. График связи средних многолетних дат схода снежного покрова в зависимости от нормы осадков за холодный период и высоты местности.

нормы (399 мм), но зато число дней с осадками (141) намного больше, чем, например, в 1948 г. (87) или в 1953 г. (109). При этом в 1941 г. самое большое количество дней из сравниваемых лет было с осадками больше месячной нормы или равно ей (51 против 33 в 1948 г. или 39 в 1953 г.). Отсюда следует, что на иссушение воздуха зимой оказывает влияние и число дней с осадками. С увеличением Σd дата схода снега наступает позже. Поэтому зависимость T от Σt_+ и Σd следовало бы представить в виде $T = f(\Sigma t_+ \Sigma d)$. Однако для получения линейной зависимости это выражение целесообразно написать в виде $T = f\left(\frac{\Sigma t_+}{\Sigma d}\right)$.

При этом физическая сущность не нарушается, теснота связи не ухудшается, но сама зависимость становится линейной (рис. 4 а), что очень важно при экстраполяции.

Наряду с указанными элементами дополнительно исследовался вопрос влияния облачности на сход снежного покрова. При этом наилучшая связь, например для ст. Мын-Джилки, получается $T = f(N_+)$, где N_+ — число дней с общей облачностью, когда наблюдалась положительная среднесуточная температура воздуха (табл. 12). Зависимость довольно тесная и по своему виду напоминает график на рис. 3 а. Установлено, что с увеличением N_+ в основном

возрастает $\sum_{T_0}^T X$. Поэтому связь T с N_+ вполне объяснима. В данном случае N_+ ,

как и в предыдущем Σd , является косвенной характеристикой осадков. Осадки есть причина, влияющая на сход снега, а соответствующее число дней с общей облачностью и дефицит влажности являются следствием. Таким образом, выполненный анализ указывает на то, что при отсутствии данных об осадках за холодный период зависимость для расчета T выявить можно.

Таблица 12

Данные для построения зависимостей

$$T = f(\Sigma t_{+}), T = f(\Sigma t_{-}), T = f\left(\frac{\Sigma X}{T_0}\right), T = f\left(\frac{\Sigma t_{+}}{\Sigma d}\right) \text{ и } T = f(N_{+})$$

	Год									
	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947
Σt_{+}	14	101	112	152	—	15	706	85	103	53
$\frac{T}{T_0} \Sigma X$	127	374	367	340	—	168	310	353	535	244
Σd	—	—	—	509	—	298	—	403	381	348
$\frac{\Sigma t_{+}}{\Sigma d}$	—	—	—	0,30	—	0,05	—	0,21	0,27	0,15
T	11 IV	1 VI	1 VI	29 V	—	5 V	1 VI	29 V	30 V	16 V
N_{+}	6	20	19	34	19	9	19	15	17	14

	Год									
	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	
Σt_{+}	56	93	93	44	177	84	115	70	137	
$\frac{T}{T_0} \Sigma X$	433	412	350	296	479	338	570	367	637	
Σd	432	423	376	372	489	402	450	317	439	
$\frac{\Sigma t_{+}}{\Sigma d}$	0,13	0,22	0,25	0,12	0,36	0,21	0,25	0,22	0,31	
T	23 V	4 VI	1 VI	21 V	18 VI	24 V	12 VI	1 VI	14 VI	
N_{+}	15	24	16	9	32	13	33	11	27	

Графики, подобные зависимостям рис. 3, построены для разных высот по ряду станций. Интересно отметить, что с высотой связи улучшаются. Наилучшая зависимость, о чем было ранее указано, получается для ст. Мын-Джилки (рис. 4 б). Поскольку с высотой количество твердых осадков увеличивается [15], то всякое действие ряда факторов на уменьшение величин, а также их вариации сказываются в меньшей мере для больших значений, чем для малых. Вообще же этот вопрос заслуживает специального исследования как в горах Заилийского Алатау, так и в других горных районах.

Для любой высоты (в норме) дата схода снежного покрова T_0 с ошибкой в среднем не более 4 дней определяется при помощи выражения

$$T_0 = f\left[\left(\frac{\Sigma X}{T_0}\right)_0, H\right]$$

где $\left(\sum_{T_0}^T X\right)_0$ — норма осадков в миллиметрах, H — абсолютная высота в метрах (табл. 13).

Поскольку между высотой местности и температурой воздуха имеется тесная связь, на указанном графике косвенно учитывается и температура.

Таблица 13.

Нормы осадков за холодный период и даты схода снега

	Чилик	Алма-Ата, АМСГ	Алма-Ата, город	Иссык	Полгорное	Медео	Усть-Горельник	Сары-Джас	В. Горельник	Б. Алматинское озеро	Мын-Джилки	Годы
$\left(\sum_{T_0}^T X\right)_0$	38	103	112	140	52	251	245	78	312	267	399	1941—1956, исключая 1942 и 1947
T_0	24 II	10 III	11 III	19 III	15 III	11 IV	20 IV	4 IV	25 IV	2 V	31 V	То же

Расчет положения снеговой линии как при подъеме, так и при спаде можно производить и по графикам (рис. 5). Кроме того, высоту, на которой будет располагаться снеговая линия, при опускании (в осенний период) приближенно можно рассчитывать по способу, ранее предложенному автором [16].

Положение сезонной снеговой линии обычно принимают за тыл снеготаяния, а положение нулевой изотермы — за фронт. В данном случае за фронт снеготаяния принята средняя изотерма 13-часовой и среднесуточной температуры воздуха. Интервал во времени между фронтом и тылом для весенне-летнего периода в пределах 500—3000 м колеблется в среднем от 7 до 36 дней, а за осенний период, когда положение тыла и фронта меняется в обратном порядке, — от 6 до 10 дней. При этом за весенний период эта разница с возрастом высоты увеличивается, а за осенний уменьшается. Последняя на высоте 3500 м равняется нулю, т. е. даты перехода температуры воздуха через 0° и устойчивого установления снежного покрова совпадают. Это объясняется тем, что в весенне-летний период для освобождения местности от снега требуется значительная сумма температуры, а для начального его таяния достаточно перехода последней через 0°. Поэтому нулевая изотерма поднимается резко, а снеговая линия — более медленно. Осенью снеговая линия опускается довольно быстро, что видно из рис. 2а. На основании 20 графиков (подобно рис. 2а), характеризующих снеговую линию, рассчитаны градиенты при ее подъеме (табл. 14). Средний многолетний градиент равен для подъема 5, а для опускания 3. Рассчитанные градиенты также подтверждают, что подъем снеговой линии более плавный и продолжительный, чем опускание.

В свою очередь колебание снеговой линии оказывает влияние на изменение расходов воды в реках. Для подтверждения сказанного был построен график, на котором изображено колебание среднесуточных расходов воды р. М. Алматинки в створах г. Алма-Аты, селестоковая станция, ущелье Ворота, Мын-Джилки и р. Или у проектируемого створа Капчагайской ГЭС, а также изменение снеговой линии как северного склона Заилийского Алатау, так и бассейна р. М. Алматинки. Из графика следует, что с повышением положения снеговой линии расходы воды на реках увеличиваются. Но такая закономерность (при сопоставлении хода снеговой линии с расходами воды р. Или) наблюдается до высоты 3500 м (первая декада июля), а при сопоставлении с расходами воды р. М. Алматинки у г. Алма-Аты — до высоты 2700 м (30 июня). Затем указанная закономерность нарушается, запаздывая с высотой. Последнее позволяет ска-

зять, что на формирование расходов воды р. М. Алматинки сезонные снега с высотой оказывают большее влияние. Несоответствие высот снеговой линии и расходов воды в замыкающих створах объясняется тем, что запасы воды в снежном покрове начинают резко уменьшаться. В осенний период связь высот снеговой линии (при опускании) с расходами воды отсутствует, так как в это время реки данного района главным образом питаются за счет грунтовых вод.

Изучая сезонную снеговую линию северного склона Зайлийского Алатау, полагаем, что основные снегозапасы находятся в зоне выше 2000 м. Поэтому запасы воды нижней зоны на формирование стока, например, р. Или, особенно за наиболее многоводный период, не оказывают существенного влияния. Для объяснения последнего произведен следующий расчет. Зная высоту снеговой линии на конец марта и апреля (табл. 8), с помощью гипсографической кривой бассейна р. Или у проектируемого створа Капчагайской ГЭС определяем площадь, освободившуюся от снега. Для экстремных лет (1941 и 1943 гг.) значения положения снеговой линии H в марте и апреле, а также площади ϕ , свободные от снега, приводим в табл. 15. Приращение объема воды ΔW за счет таяния снега как за март, так и за апрель определяем по разности суммарного расхода и грунтовой составляющей (расход воды за февраль). Наряду с этим рассчитываем объем воды W за апрель — сентябрь в годы с максимальной и минимальной водностью.

Таблица 15

Год	31 III			$W \cdot 10^9 \text{ м}^3$	$\frac{\Delta W}{W} \cdot 100 \%$	30 IV			$\frac{\Delta W}{W} \cdot 100 \%$
	$H \text{ м}$	$\phi \%$	$\Delta W \cdot 10^9 \text{ м}^3$			$H \text{ м}$	$\phi \%$	$\Delta W \cdot 10^9 \text{ м}^3$	
1941	1630	50	0,035	13,76	0,25	2350	71	0,55	4,0
1943	1560	46	0,248	6,90	5,2	2380	72	0,30	4,3

На основании табл. 15 можно сделать вывод, что в году с максимальной водностью (1941 г.) снеговая линия в марте находилась сравнительно высоко и оголенная площадь от снега составляла половину всей площади водосбора. Однако талый сток в марте был незначительный и составлял 0,25% всего объема воды за наиболее многоводный период (апрель — сентябрь). В апреле этого года при высоком положении снеговой линии оголенная площадь хотя и была большая (71%), но величина талого стока составляла лишь 4% сопоставляемого объема воды. Талый сток за указанные месяцы был также небольшим и в минимальном по водности 1943 г. Все это указывает на то, что снеговой покров в зоне снеготаяния за март и апрель залегает сравнительно тонким слоем, причем в результате солнечной радиации часть снега сходит до паводка. Поэтому снегозапасы нижней зоны еще более уменьшаются. Используя данные маршрутных снегосъемок и определяя удельный вес [13, 14] каждой принятой зоны, получаем расчетное значение снегозапасов

$$S_p = 0,4S_{2001-2500} + 0,6S_{3001-3500},$$

где $S_{2001-2500}$ и $S_{3001-3500}$ — снегозапасы по маршрутам в зонах 2001—2500 и 3001—3500 м абс. Эта формула успешно применена для предсказания стока за апрель — сентябрь р. Или у створа Капчагайской ГЭС.

Прогноз сезонной снеговой линии

Под прогнозом этого явления понимается предсказание дат, когда снеговая линия будет располагаться на какой-либо абсолютной высоте. Предсказание режима снеговой линии имеет еще большее значение, чем его расчет. Выявлен-

ные зависимости (рис. 3 и 4) могут быть использованы с этой целью, если будут предсказаны осадки, дефицит влажности, температура и т. д. Поскольку точность прогноза этих элементов невысокая, то применение указанных ранее зависимостей для таких целей ограничено. Из практики гидрологических прогнозов известно, что оправдываемость предвычисляемого уровня или расхода воды обычно бывает выше в том случае, когда прогноз составляется по связи с учетом предшествующей обстановки, а не прогноза погоды. Попытка непосредственного учета осадков, температуры воздуха и других метеорологических элементов приводит к построению многоступенчатых схем прогноза, при которых неизбежно перемножение вероятностей [5]. Поэтому неслучайна и низкая обеспеченность гидрологического прогноза. В связи с этим вполне справедливы слова Л. А. Вительса: «При современном состоянии методики долгосрочных прогнозов погоды, не гарантирующей достаточно высокой обеспеченности ни прогнозов циркуляции, ни тем более элементов погоды, совершенно нерационально строить гидрологические прогнозы, основанные на прогнозах погоды. Более перспективным является иной путь, при котором характеристики гидрологического режима увязываются непосредственно с предшествующими условиями атмосферной циркуляции».

В основу предлагаемого способа прогноза сезонной снеговой линии положена связь дат устойчивого схода снега на разных высотах от предшествующих погодных условий. Из всех сезонов года, как показал Д. А. Дрогайцев, предзимье имеет наибольшее прогностическое значение, так как в нем зарождаются крупные метеорологические и гидрологические аномалии наступающего года. Этому же мнению придерживаются и другие ученые (Мейнардус, В. Ю. Визе). За предзимье Дрогайцев принимает период с октября по декабрь [10]. Поскольку исследования сезонной снеговой линии, о чем было ранее указано, находятся еще на низком уровне, то методически будет более правильно начинать разработку этих прогнозов с меньшей заблаговременностью, когда исследователю будут косвенно известны метеорологические условия, более близкие к дате предвычисляемого явления. После детального анализа изучения таких процессов можно перейти к разработке методов предсказания с большей заблаговременностью. Таким образом, предшествующая обстановка может быть отдаленной (предзимье) и более близкой. Последней в горных условиях является сочетание ряда погодных условий, которые определяют сход снега на высоте, расположенной ниже прогнозируемого положения снеговой линии

$$T_{H_n} = f(P_{H_n-i}),$$

где T_{H_n} — прогнозируемая дата, при которой снеговая линия будет располагаться на высоте H_n , P_{H_n-i} — комплекс погодных условий, определяющий сход снега на высоте H_n-i .

На равнине, в Центральном и Западном Казахстане сход снежного покрова зависит в основном от термических условий снеготаяния [17]. Поэтому для района Мартукской МТС Актюбинской области и ряда гидрометеостанций Карагандинской области удалось предсказывать сход снежного покрова по дате накопления определенной суммы положительных среднесуточных или максимальных температур воздуха. Однако в условиях северного склона Заилийского Алатау, например для ст. Мын-Джилки, сход снежного покрова зависит не только от температуры, но и от осадков, а ниже 3000 м существенно влияют, очевидно, и другие факторы. Поэтому в настоящий момент выявить все составляющие комплекса погодных условий P_{H_n-i} и оценить их удельную значимость пока не представляется возможным. Последнее является предметом дальнейших исследований. В связи с этим за критерий такого комплекса на высоте, расположенной ниже прогнозируемой снеговой линии, принята дата T_{H_n-i} , соответствующая положению снеговой линии H_n-i . T_{H_n-i} является инте-

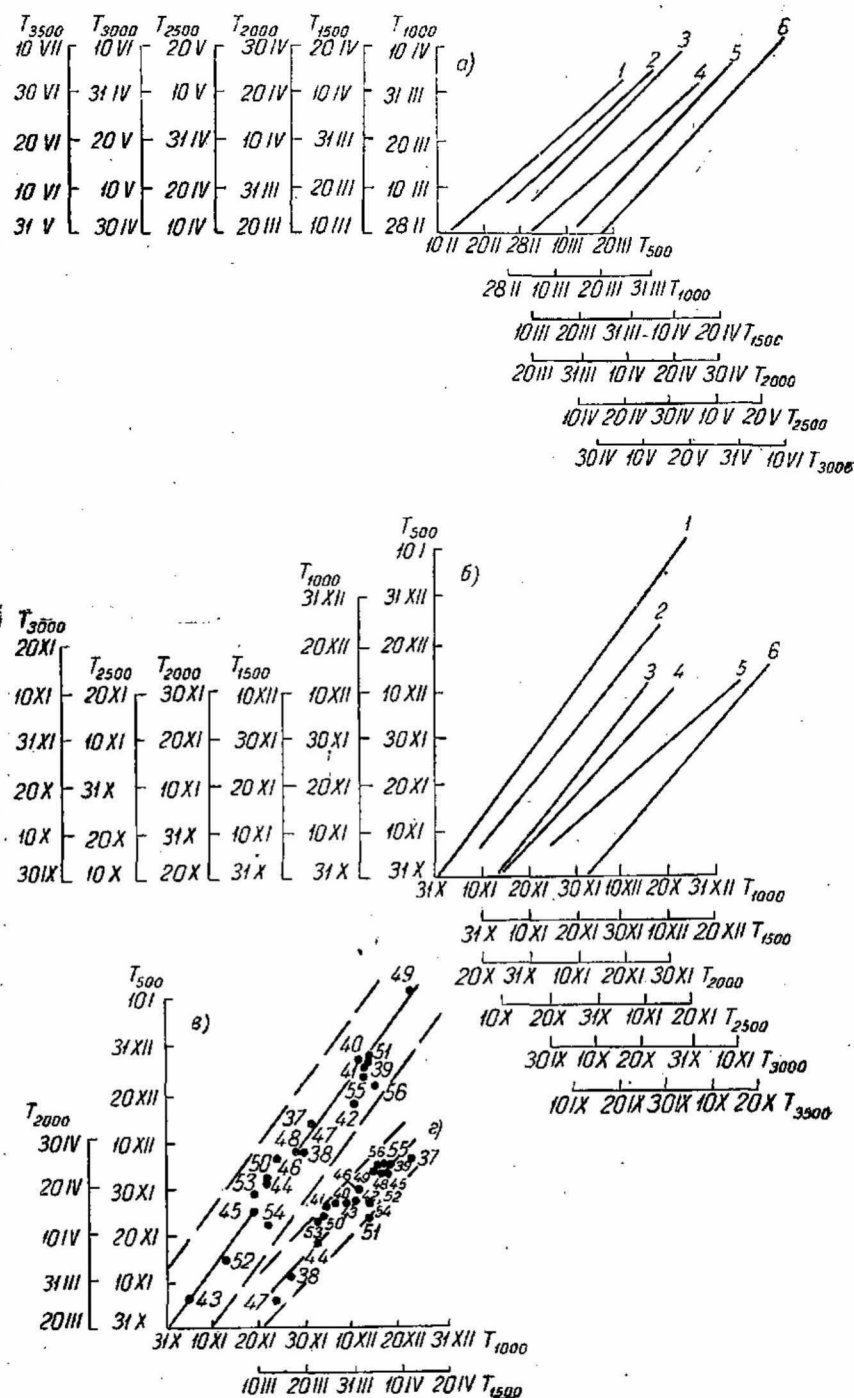


Рис. 5. Расчетный график для прогноза положения сезонной снеговой линии при подъеме (а) и опускании (б).

Графики, характеризующие тесноту прогностических зависимостей, при опускании (в) и подъеме сезонной снеговой линии (г).

Усл. обозначения для а:

1 — $T_{1000} = f(T_{500})$, 2 — $T_{1500} = f(T_{1000})$, 3 — $T_{2000} = f(T_{1500})$, 4 — $T_{2500} = f(T_{2000})$, 5 — $T_{3000} = f(T_{2500})$, 6 — $T_{3500} = f(T_{3000})$.

Усл. обозначения для б:

1 — $T_{500} = f(T_{1000})$, 2 — $T_{1000} = f(T_{1500})$, 3 — $T_{1500} = f(T_{2000})$, 4 — $T_{2000} = f(T_{2500})$, 5 — $T_{2500} = f(T_{3000})$, 6 — $T_{3000} = f(T_{3500})$.

графальной характеристикой сочетания всех причин, обуславливающих полное стайвание снега. Тогда прогноз можно составлять, согласно выражению $T_{H_n} = f(T_{H_n-i})$.

При этом следует обратить внимание на i , ее значение определяется, исходя из знания физико-географических условий исследуемого района и других требований. Для данного склона эта величина колеблется в пределах 100—1000 м. Исходя из практических соображений, принимаем $i = 500$ м. Прогностические зависимости построены (по данным табл. 14) при подъеме для высот 500—1000, 1000—1500, 1500—2000, 2500—3000, 3000—3500 м, а при опускании — для 3500—3000, 3000—2500, 2500—2000, 2000—1500, 1500—1000, 1000—500 м.

О тесной связи при подъеме и опускании снеговой линии можно судить по рис. 5в, г. Для удобства использования все выявленные зависимости объединяем в два графика (рис. 5а, б). На осях абсцисс откладываем даты (T_{500} , T_{1000} , T_{1500} и т. д.), по которым прогнозируем, а на осях ординат — прогнозируемые даты (T_{1000} , T_{1500} , T_{2000} и т. д.). Об эффективности метода прогноза можно судить по данным табл. 16.

Таблица 16
Расчетные данные об эффективности метода прогноза снеговой линии

Зависимость	Обеспеченность метода (%)	Природная обеспеченность (%)	Заблаговременность (дни)				
			наибольшая	средняя	наименьшая		наиболее вероятная
					дни	число случаев	
Подъем снеговой линии							
$T_{1000} = f(T_{500})$	100	45	21	14	8	1	10—13
$T_{1500} = f(T_{1000})$	100	55	21	15	10	1	12—13
$T_{2000} = f(T_{1500})$	100	60	21	16	10	1	16—19
$T_{2500} = f(T_{2000})$	100	75	22	18	12	1	20—21
$T_{3000} = f(T_{2500})$	100	80	28	22	17	1	19—22
$T_{3500} = f(T_{3000})$	95	70	43	32	25	3	25—26 31—32
Опускание снеговой линии							
$T_{500} = f(T_{1000})$	100	55	19	10	0	1	12—13
$T_{1000} = f(T_{1500})$	100	45	17	10	1	1	11—12
$T_{1500} = f(T_{2000})$	95	40	18	11	1	1	11—12
$T_{2000} = f(T_{2500})$	95	60	18	12	2	1	12—13
$T_{2500} = f(T_{3000})$	100	65	21	14	5	1	15—16
$T_{3000} = f(T_{3500})$	100	90	23	17	7	1	19—20

Примечание. При опускании снеговой линии природная обеспеченность дат установления на высоте 3500 м абс. составляет 85%.

Прогноз положения снеговой линии составляется по следующей схеме:

1. Получение информации о сходе снега по станциям, расположенным в пределах высот, по которым необходимо предсказывать положение снеговой линии.

2. Нанесение полученных данных на график (рис. 2а) и проведение на необходимом участке осредненной кривой. При этом за наибольший подъем снеговой линии (с 10/VIII по 10/IX) принимается высота, равная 3800 м.

3. Определение даты схода снежного покрова T_{H_n-i} по осредненной кривой на высоте, необходимой для прогноза T_{H_n} .

4. Зная T_{H_n-i} и пользуясь графиком (рис. 5а, б), можно предсказать дату, когда при подъеме или опускании снеговая линия будет находиться на желаемой высоте.

Заключение

В условиях, когда хорошо видна панорама изучаемого склона с какого-либо постоянного пункта, нет надобности производить картирование сезонной снеговой линии с самолета без применения при этом специальных приборов. В других же районах целесообразно использовать самолет, только в этом случае последний надо брать с большим «потолком». Практически точность данных наблюдений по ориентирам (с помощью бинокля, а иногда и гипсометрической карты) вполне приемлема, особенно когда такая работа выполняется с постоянных пунктов одним и тем же наблюдателем. При наличии сведений гидрометеостанций, чтобы избежать грубых ошибок, даты схода или установления снежного покрова целесообразно определять по осредненной кривой.

Режим сезонной снеговой линии северного склона Заилийского Алатау характеризуется более плавным и продолжительным подъемом (особенно в зоне выше 2000 м) и резким с небольшой продолжительностью опусканием. Наиболее плавным колебанием снеговой линии за многолетний период характеризуется декабрь, июнь и июль, а наиболее резким — март, апрель и ноябрь. Исследуемая линия, сочетаясь с рельефом горной местности, изображается в плане зигзагообразной кривой.

Интервал во времени между снеговой линией (тылом снеготаяния) и положением нулевой изотермы (фронтом снеготаяния) для весенне-летнего периода в пределах высоты 500—3000 м колеблется от 7 до 36 дней, а за осенний период — от 6 до 10 дней. При этом в первом случае такая разница с возрастанием высоты увеличивается, а во втором уменьшается до нуля (на высоте 3500 м).

С возрастанием высоты снеговой линии расходы воды в реках в основном увеличиваются. Но такая закономерность наблюдается до определенного момента, после которого из-за резкого уменьшения снеготаяния нарушается. Исследования режима снеговой линии позволили рассчитать характеристики снеготаяния для предсказания стока р. Или у створа проектируемой Капчагайской ГЭС.

Основными факторами, влияющими на колебание снеговой линии, являются осадки и температура воздуха. При этом величины жидких осадков (с даты установления до даты схода снега) положительных температур за период оттепелей относительно невелики. При отсутствии данных об осадках за холодный период для расчета дат схода снежного покрова можно использовать абсолютную влажность воздуха, дефицит влажности, число дней с общей облачностью и т. д.

Для расчета положения сезонной снеговой линии лучшими являются графики, изображенные на рис. 3—5. Зависимости, данные на рис. 3б, 4б, могут быть использованы для расчета количества осадков с даты установления до даты схода снежного покрова. Сезонную снеговую линию можно не только рассчитывать, но и прогнозировать. В основу методики прогноза положена интегральная характеристика ближайшей предшествующей обстановки.

Начатые исследования необходимо продолжать по пути выявления других факторов колебания снеговой линии, особенно в зоне до 3000 м. В связи с этим весьма важно в горах Заилийского Алатау начать исследование процесса формирования снежного покрова, который вообще изучен слабо [22]. В целях дальнейшего развития метода прогноза полезно сделать попытку использовать наиболее отдаленную предшествующую обстановку (предзимье). Анализируя исследуемое явление, следует сказать, что в горах необходимы на сети Гидрометеослужбы специальные наблюдения за колебанием сезонной снеговой линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Курс климатологии, ч. I, II, Л., 1952.
2. Аполлов Б. А. Учение о реках. Изд. МГУ, 1952.
3. Важинов А. Н. К расчету высоты сезонной снеговой линии на горном водосборе. Метеорология и гидрология, № 4, 1956.

4. В а р д а н я н ц Л. А. Метеорологический фактор в развитии оледенения. Изв. ВГО, т. 67, вып. 4, 1935.
5. В и т е л ь с Л. А. О построении долгосрочного гидрологического прогноза на синоптической основе. Тезисы докладов III Всесоюзного гидрологического съезда. Секция расчетов и прогнозов стока, 1957.
6. В о е й к о в А. И. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду и способы исследования. СПб, 1889.
7. Г о р д о н С. М. Применение теодолита для определения высоты сезонной снеговой линии в горах. Метеорология и гидрология, № 4, 1956.
8. Д м и т р и е в а Н. Г. Опыт определения границы снеготаяния в горах. Труды ЦИП, вып. 27 (54), 1951.
9. Д м и т р и е в а Н. Г. Снегозапасы и талый сток в бассейнах горных рек. Снег и талые воды. М., 1956.
10. Д р о г а й ц е в Д. А. Прогнозы годового стока рек. Тезисы докладов III Всесоюзного гидрологического съезда. Секция расчетов и прогнозов стока. Л., 1957.
11. К а в е ц к и й С. П. Некоторые итоги и перспективы решения проблемы прогноза, расчета и мер борьбы с катастрофическими паводками в горных районах. Тезисы докладов III Всесоюзного гидрологического съезда. Секция общей гидрологии. Л., 1957.
12. К о в а л е в с к и й Г. В. Зависимость между снеговой линией и вертикальными пределами растеневодства. Метеорология и гидрология, № 1, 1938.
13. К о р о в и н В. И. Прогноз весеннего паводка горных рек при отсутствии снегосъемок и высокогорных станций. Труды КазНИГМИ, вып. 2, 1954.
14. К о р о в и н В. И. О некоторых приемах прогноза водности рек и озер Казахской ССР. Труды КазНИГМИ, вып. 9, 1957.
15. К о р о в и н В. И. Методика прогноза объема воды за период вегетации на горных реках Казахстана. Вестник АН КазССР, № 1, Алма-Ата, 1955.
16. К о р о в и н В. И. О способах расчета запасов влаги и об оценке водности бассейнов рек при отсутствии гидрометрических наблюдений. Вестник АН КазССР, Алма-Ата, 1956.
17. К о р о в и н В. И. О прогнозе схода снегового покрова и его расчете. Земледелие, 11. Изд. Министерства сельского хозяйства СССР, 1954.
18. П а л ь г о в Н. Н. Малоалматинские ледники хребта Заилийский Алатау. Труды сектора географии. Вопросы географии Казахстана, вып. 1, Алма-Ата, 1956.
19. П а л ь г о в Н. Н. Закономерности в географии и режиме ледников Заилийского Алатау. Вестник АН КазССР, вып. 10, Алма-Ата, 1956.
20. Р е й н г а р д А. Л. Снеговая граница в Западном Кавказе между Эльбрусом и Марухом. Изв. Кавк. отд. РГО, т. XXIV, вып. 3, 1916.
21. Р е й н г а р д А. Л. Снеговая линия в Среднем Кавказе в верховьях Улуха, Ардона и Риона. Изв. Кавк. отд. РГО, вып. 2, 3, 1917.
22. Р и х т е р Г. Д. Использование снега в народном хозяйстве и задачи его изучения. Вопросы изучения снега и использования его в народном хозяйстве. Изд. АН СССР, М., 1955.
23. С в я т с к и й Д. Движение снеговой границы в северных склонах Заилийского Алатау в 1935—1938 гг. Изв. ВГО, № 5, 1939.
24. Т р о н о в М. В. Вопросы связи между климатом и оледенением. Изд. Томского ун-та, Томск, 1956.
25. Х а р ш а н Ш. А. К вопросу анализа и расчета стока половодья в горных бассейнах. Труды ЦИП, вып. 39 (66), 1955.
26. Ч е б о т а р е в Н. П. Сток и гидрологические расчеты. Гидрометеосиздат. М., 1939.
27. Ш у л ь ц В. Л. Определение площади возможного одновременного снеготаяния в водосборах рек Средней Азии. Метеорология и гидрология, № 4, 1948.
28. Ш у л ь ц В. Л. Таяние снежников в горах Средней Азии. Изд. АН УзССР, Ташкент, 1956.

Таблица 14
Расчет градиентов подъема и опускания сезонной снеговой линии за период 1937—1956 гг.

Абсолютная высота (м)	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	Равная дата T_p	ΔT_p	Средняя дата T_c	ΔT_c	Поздняя дата T_n	ΔT_n
500	21 III	21 II	5 III	20 II	11 II	9 III	23 II	28 II	13 III	1 III	24 II	9 III	24 II	22 II	15 III	5 III	21 II	14 III	9 III	28 II	11 II	4	2 III	2 III	21 III	2
600	23 III	23 II	9 III	23 II	15 II	11 III	25 II	25 II	15 III	4 III	27 II	11 III	27 II	25 II	17 III	8 III	24 II	16 III	10 III	6 III	15 II	4	4 III	4 III	23 III	3
700	25 III	25 II	11 III	25 II	17 II	13 III	27 II	27 II	17 III	6 III	29 II	13 III	29 II	27 II	19 III	10 III	26 II	18 III	12 III	7 III	19 II	5	5 III	5 III	25 III	3
800	27 III	27 II	13 III	27 II	19 II	15 III	29 II	29 II	19 III	8 III	31 II	15 III	31 II	29 II	21 III	12 III	28 II	20 III	14 III	9 III	23 II	6	6 III	6 III	27 III	3
900	30 III	30 II	16 III	30 II	22 II	18 III	31 II	31 II	22 III	11 III	3 III	18 III	3 III	30 II	22 III	14 III	31 II	23 III	17 III	12 III	28 II	7	7 III	7 III	30 III	3
1000	3 IV	4 III	18 III	3 IV	23 II	20 III	3 IV	4 IV	19 III	14 III	7 III	21 III	7 III	3 IV	24 III	16 III	3 IV	26 III	20 III	14 III	6 III	8	8 III	8 III	1 IV	3
1100	8 IV	8 III	23 III	8 III	27 II	25 III	8 IV	1 IV	22 III	17 III	10 III	24 III	10 III	8 IV	28 III	20 III	8 IV	30 III	24 III	18 III	11 II	9	9 III	9 III	3 IV	3
1200	12 IV	12 III	28 III	12 III	31 II	29 III	12 IV	1 IV	26 III	21 III	14 III	28 III	14 III	12 IV	31 III	23 III	12 IV	33 III	27 III	21 III	13	10	10 III	10 III	6 IV	3
1300	15 IV	15 III	31 III	15 III	3 IV	31 III	15 IV	1 IV	29 III	24 III	17 III	31 III	17 III	15 IV	3 IV	26 III	15 IV	35 III	29 III	23 III	14	11	11 III	11 III	9 IV	3
1400	18 IV	18 III	3 IV	18 III	7 IV	3 IV	18 IV	1 IV	32 III	27 III	20 III	3 IV	20 III	18 IV	7 IV	29 III	18 IV	38 III	32 III	26 III	15	12	12 III	12 III	12 IV	3
1500	20 IV	20 III	7 IV	20 III	9 IV	8 IV	20 IV	1 IV	34 III	29 III	22 III	7 IV	22 III	20 IV	9 IV	31 III	20 IV	40 III	34 III	28 III	16	13	13 III	13 III	15 IV	3
1600	22 IV	22 III	9 IV	22 III	11 IV	10 IV	22 IV	1 IV	36 III	31 III	24 III	9 IV	24 III	22 IV	11 IV	33 III	22 IV	42 III	36 III	30 III	17	14	14 III	14 III	18 IV	3
1700	25 IV	25 III	12 IV	25 III	14 IV	13 IV	25 IV	1 IV	38 III	34 III	27 III	12 IV	27 III	25 IV	14 IV	35 III	25 IV	44 III	38 III	33 III	18	15	15 III	15 III	21 IV	3
1800	28 IV	28 III	15 IV	28 III	17 IV	16 IV	28 IV	1 IV	40 III	37 III	30 III	15 IV	30 III	28 IV	17 IV	37 III	28 IV	46 III	40 III	36 III	19	16	16 III	16 III	24 IV	3
1900	31 IV	31 III	18 IV	31 III	20 IV	19 IV	31 IV	1 IV	42 III	39 III	33 III	18 IV	33 III	31 IV	20 IV	39 III	31 IV	48 III	42 III	38 III	20	17	17 III	17 III	27 IV	3
2000	3 IV	3 IV	21 IV	3 IV	23 IV	22 IV	3 IV	2 IV	44 III	41 III	36 III	21 IV	36 III	3 IV	23 IV	41 III	3 IV	50 III	44 III	40 III	21	18	18 III	18 III	30 IV	3
2100	6 IV	6 IV	24 IV	6 IV	26 IV	25 IV	6 IV	2 IV	46 III	43 III	38 III	24 IV	38 III	6 IV	26 IV	43 III	6 IV	52 III	46 III	42 III	22	19	19 III	19 III	3 IV	4
2200	9 IV	9 IV	27 IV	9 IV	29 IV	28 IV	9 IV	2 IV	48 III	45 III	40 III	27 IV	40 III	9 IV	29 IV	45 III	9 IV	54 III	48 III	44 III	23	20	20 III	20 III	6 IV	4
2300	12 IV	12 IV	30 IV	12 IV	32 IV	31 IV	12 IV	2 IV	50 III	47 III	42 III	30 IV	42 III	12 IV	32 IV	47 III	12 IV	56 III	50 III	46 III	24	21	21 III	21 III	9 IV	4
2400	15 IV	15 IV	33 IV	15 IV	35 IV	34 IV	15 IV	2 IV	52 III	49 III	44 III	33 IV	44 III	15 IV	35 IV	49 III	15 IV	58 III	52 III	48 III	25	22	22 III	22 III	12 IV	4
2500	18 IV	18 IV	36 IV	18 IV	38 IV	37 IV	18 IV	2 IV	54 III	51 III	46 III	36 IV	46 III	18 IV	38 IV	51 III	18 IV	60 III	54 III	50 III	26	23	23 III	23 III	15 IV	4
2600	21 IV	21 IV	39 IV	21 IV	41 IV	40 IV	21 IV	2 IV	56 III	53 III	48 III	39 IV	48 III	21 IV	41 IV	53 III	21 IV	62 III	56 III	52 III	27	24	24 III	24 III	18 IV	4
2700	24 IV	24 IV	42 IV	24 IV	44 IV	43 IV	24 IV	2 IV	58 III	55 III	50 III	42 IV	50 III	24 IV	44 IV	55 III	24 IV	64 III	58 III	54 III	28	25	25 III	25 III	21 IV	4
2800	28 IV	28 IV	45 IV	28 IV	47 IV	46 IV	28 IV	2 IV	60 III	57 III	52 III	45 IV	52 III	28 IV	47 IV	57 III	28 IV	66 III	60 III	56 III	29	26	26 III	26 III	24 IV	4
2900	31 IV	31 IV	48 IV	31 IV	50 IV	49 IV	31 IV	2 IV	62 III	59 III	54 III	48 IV	54 III	31 IV	50 IV	59 III	31 IV	68 III	62 III	58 III	30	27	27 III	27 III	27 IV	4
3000	3 IV	3 IV	51 IV	3 IV	53 IV	52 IV	3 IV	2 IV	64 III	61 III	56 III	51 IV	56 III	3 IV	53 IV	61 III	3 IV	70 III	64 III	60 III	31	28	28 III	28 III	30 IV	4
3100	6 IV	6 IV	54 IV	6 IV	56 IV	55 IV	6 IV	2 IV	66 III	63 III	58 III	54 IV	58 III	6 IV	56 IV	63 III	6 IV	72 III	66 III	62 III	32	29	29 III	29 III	33 IV	4
3200	9 IV	9 IV	57 IV	9 IV	59 IV	58 IV	9 IV	2 IV	68 III	65 III	60 III	57 IV	60 III	9 IV	59 IV	65 III	9 IV	74 III	68 III	64 III	33	30	30 III	30 III	36 IV	4
3300	12 IV	12 IV	60 IV	12 IV	62 IV	61 IV	12 IV	2 IV	70 III	67 III	62 III	60 IV	62 III	12 IV	62 IV	67 III	12 IV	76 III	70 III	66 III	34	31	31 III	31 III	39 IV	4
3400	15 IV	15 IV	63 IV	15 IV	65 IV	64 IV	15 IV	2 IV	72 III	69 III	64 III	63 IV	64 III	15 IV	65 IV	69 III	15 IV	78 III	72 III	68 III	35	32	32 III	32 III	42 IV	4
3500	18 IV	18 IV	66 IV	18 IV	68 IV	67 IV	18 IV	2 IV	74 III	71 III	66 III	66 IV	66 III	18 IV	68 IV	71 III	18 IV	80 III	74 III	70 III	36	33	33 III	33 III	45 IV	4
3600	21 IV	21 IV	69 IV	21 IV	71 IV	70 IV	21 IV	2 IV	76 III	73 III	68 III	69 IV	68 III	21 IV	71 IV	73 III	21 IV	82 III	76 III	72 III	37	34	34 III	34 III	48 IV	4
3700	24 IV	24 IV	72 IV	24 IV	74 IV	73 IV	24 IV	2 IV	78 III	75 III	70 III	72 IV	70 III	24 IV	74 IV	75 III	24 IV	84 III	78 III	74 III	38	35	35 III	35 III	51 IV	4
3800	28 IV	28 IV	75 IV	28 IV	77 IV	76 IV	28 IV	2 IV	80 III	77 III	72 III	75 IV	72 III	28 IV	77 IV	77 III	28 IV	86 III	80 III	76 III	39	36	36 III	36 III	54 IV	4

Подъем снеговой линии

Опускание снеговой линии

Среднее

Среднее