

P183992

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

Г. Д. РИХТЕР

**СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ,
ЕГО ФОРМИРОВАНИЕ
И СВОЙСТВА**

*

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1945

Г. Д. РИХТЕР

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ,
ЕГО ФОРМИРОВАНИЕ
И СВОЙСТВА

*

ОТ АВТОРА

«Если вам сказали бы, что физикам и химикам известен материал, легко получаемый в чистом виде и имеющийся на земной поверхности в количестве несколько большем, чем 2—3 мг, и что ни теплота плавления, не говоря уже об упругости пара, о диэлектрической постоянной, электропроводности, магнитной проницаемости, двупреломлении и т. д. — ни одно свойство неизвестно, то вы, вероятно, с усмешкой посмотрели бы на говорящего и, может быть, из любопытства и из сожаления к нему удостоили бы его вопросом: «что же это за материал?» Материал этот — снег, который имеется на поверхности земного шара в миллиардах тонн», — так писал в одной из своих популярных работ в 1936 г. известный русский геофизик, специалист по физике льда и снега проф. Б. П. Вейнберг.

Примерно в том же, если не в худшем, положении находятся наши знания свойств снежного покрова. Объясняется это чрезвычайной трудностью изучения исключительно изменчивого и непостоянного в своих свойствах снега. Вместе с тем, снег и снежный покров, лежащий в умеренных и полярных зонах в течение долгих месяцев, играют громадную роль как в природе, так и во всех отраслях народного хозяйства.

Не меньшее значение имеет снежный покров и в военном деле. Одевая сплошным покровом поля, луга, болота, озера и реки, снег делает непроходимые летом места проходимыми, коренным образом меняет сеть путей сообщения и условия маскировки. С одной стороны, он затрудняет большинство инженерных работ, с другой — он сам является новым строительным материалом, позволяющим возводить временные зимние оборонные сооружения. Снежный покров значительно понижает подвижность всех родов войск, но вместе с тем дает возможность применять быстроходные аэросани и быстро передвигаться пехоте на лыжах. Сглаживая неровности земли, покрывая мощным слоем открытые болота и озера, снежный покров создает большое количество новых посадочных площадок для авиации, придавая ей большую маневрен-

ность. Снег заставляет изменять тактику боя и нередко является решающим фактором в исходе боевых операций.

Блестящие зимние операции трех лет войны на наших фронтах, в результате которых громадные территории СССР, временно оккупированные фашистами, были освобождены героической Красной Армией, показали, что «Красная Армия имеет большой опыт войны в зимних условиях, наши войска значительно лучше приспособлены к военным действиям в стужу, в снегах, чем войска противника» (передовая газ. «Правда» от 2/XII—1942 г.). Для того чтобы еще лучше использовать свойства снега и снежного покрова и обратить их против врага, необходимо знать и изучать эти свойства.

Познакомить с основными свойствами снежного покрова и тем самым облегчить задачу использования снега при военных операциях военными инженерами и командирами нашей доблестной Красной Армии и является основной задачей настоящей книги.

Автор

1. ФОРМИРОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

ОБРАЗОВАНИЕ СНЕГА И СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Для того чтобы разобраться во всем многообразии физических свойств снежного покрова, необходимо прежде всего ознакомиться с процессами его формирования.

Как известно, температура воздуха обычно понижается от поверхности земли вверх, и в высоких слоях атмосферы, уже на высоте 1—2 км в умеренных широтах и 4—5 км в экваториальных, в течение круглого года господствуют отрицательные температуры. По мере дальнейшего поднятия температура воздуха в свободной атмосфере достигает очень низких величин, и над экватором на высоте 17—18 км в течение круглого года держатся морозы в 83—87°. Некоторое представление о вертикальном распределении температуры воздуха можно получить из табл. 1.

Таблица 1

Средняя температура воздуха на различных высотах (по Кеппену)

Линденберг и Гамбург 53° с. ш. и 10—14° в. д.				Батавия 6° 2 ю. ш. и 106° 8 в. д.			
Вы- сота в км	Год	Январь	Июль	Вы- сота в км	Год	Январь	Июль
14	—53.4	—57.9	—49.2	18	—84.3	—87.3	—85.3
12	—54.5	—60.1	—51.2	17	—83.1	—85.3	—83.2
11	—54.2	—60.5	—50.9	15	—74.1	—74.4	—76.8
10	—51.4	—57.1	—47.0	14	—67.7	—68.1	—70.7
9	—45.8	—51.5	—40.0	12	—50.9	—51.9	—54.8
7	—32.2	—37.4	—25.1	10	—34.1	—34.4	—38.2
5	—18.1	—22.8	—11.3	9	—26.2	—27.1	—29.3
3	— 6.0	—10.5	0.2	7	—12.7	—13.5	—14.6
2	— 0.9	— 5.6	5.1	5	— 1.5	— 1.6	— 2.4
1	4.0	— 2.0	11.3	3	9.5	9.0	9.2
				2	15.0	14.8	14.3
				1	20.6	20.2	20.0

Водяные пары, поднимающиеся вместе с нагретым у земной поверхности воздухом, попадая в зоны с отрицательными температурами, превращаются в ледяные кристаллы. Поэтому высокие облака обычно состоят не из капелек тумана, как более низкие, а из мельчайших ледяных кристалликов. Эти тончайшие кристаллики («алмазная пыль») в течение долгого времени плавают в воздухе. Постепенно опускаясь вниз, они лишь в редких случаях достигают земли в неизмененном виде. Так, например, в Восточной Сибири, где зимой у поверхности земли держатся очень низкие температуры, нередко происходит такое выпадение «алмазной пыли», производящее впечатление, что ледяные иглы выпадают из ясного неба. Чаще же всего при выпадении ледяные кристаллики или расплавляются, превращаясь в мельчайшие капельки тумана (если попадают в слои воздуха с положительными температурами), или образуют по граням новыми кристаллами и приобретают разнообразнейшие формы снежинок. Таким образом, в зависимости от температуры приземных слоев воздуха, влага из воздуха выпадает или в жидком виде (дождь) или в твердом (снег, крупа). В некоторых случаях капли воды, попадая в слои воздуха с отрицательными температурами, замерзают в воздухе и выпадают в виде бесформенных кусочков льда (ледяной дождь, град). Иногда жидкие и твердые атмосферные осадки выпадают одновременно, образуя смешанный тип осадков.

Выпадающие на землю снежинки, накапливаясь слой за слоем, образуют снежный покров. Итак, образование снежинок происходит в атмосфере повсеместно, и над экватором, и над полюсами; снежный же покров образуется лишь в тех участках земного шара, где температура приземных слоев воздуха сохраняется в течение более или менее продолжительного времени ниже точки плавления льда (0°C).

В тех областях земного шара, где снег, выпадающий в течение холодного времени года, не успевает растаять за теплый период, происходит непрерывное из года в год накопление снежных масс и снежный покров держится постоянно. К таким местам с постоянным снежным покровом относятся приполярные пространства, а также вершины высоких гор.

В тех местах, где температура нижних слоев воздуха постоянно превышает 0° , снежный покров образоваться не может. К таким областям, лишенным снежного покрова, относятся приэкваториальный и тропические пояса земли, за исключением высоких гор. В умеренных широтах снег выпадает лишь в холодное время года, стаявая ежегодно летом. Эти пояса можно назвать областями с временным снежным покровом. Продолжительность снежного по-

крова в этих поясах колеблется в больших пределах в зависимости от климатических условий.

Подобные же, но вертикальные зоны залегания снежного покрова наблюдаются и в горах. Высотные границы этих зон находятся в зависимости от высоты гор, количества зимних осадков и влажности воздуха, а также распределения ветров и других метеорологических факторов.

Большая часть обитаемой суши, в том числе и вся территория СССР, относится к областям с переменным снежным покровом.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТРУКТУРУ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Разнообразие физико-механических свойств снежного покрова зависит как от условий его образования, так и от происходящих в снежном покрове изменений. Изменчивость снежного покрова в пространстве и времени чрезвычайно затрудняет его изучение и создает большие трудности в разработке более или менее исчерпывающей его классификации.

Структура и физико-механические свойства снежного покрова зависят от следующих основных условий:

а) характера и формы выпадающих ледяных кристаллов (снежинок), зависящих от метеорологической обстановки в момент образования снега;

б) степени деформации снежинок во время выпадения;

в) изменения снежного покрова в связи с оседанием инея и изморози и испарением;

г) от уплотнения снежного покрова за счет: 1) силы тяжести, 2) подтаивания снега с последующим замерзанием, 3) перекристаллизации снега и фирнизации, 4) механического воздействия ветра и метелей;

д) изменения снега под воздействием жидких осадков;

е) включения в снежный покров механических примесей (минеральных частиц и пр.);

ж) характера подстилающей снег поверхности почвы, ее состояния под снегом (промерзания и пр.) и температурного режима внутри снежного покрова.

Разнообразные сочетания перечисленных основных условий в различных местностях и в различные периоды зимы определяют многообразие физических свойств снежного покрова. Так, снежный покров северных стран с устойчивыми низкими температурами и частыми метелями по своим физико-механическим свойствам сильно отличается от снежного покрова более южных широт с частыми оттепелями и возвратами холодов.

ХАРАКТЕР И ФОРМА ВЫПАДАЮЩИХ СНЕЖНЫХ ОСАДКОВ

В зависимости от состояния атмосферы и условий погоды твердые осадки выпадают в самых разнообразных формах. Согласно предложению Бержерона [5], можно выделить следующие типы твердых осадков, формирующих снежный покров.

1. Снег (Schnee, Snow, Neige) — осадки в виде снежинок — кристаллов льда разнообразной формы (см. ниже).

2. Снежная крупа (Reifgraupeln, Granular snow, Neige roulée) — белые непрозрачные зерна от 1 до 5 мм в диаметре, снегоподобной структуры. Очень хрупки и легко сжимаемы. Падая на твердую поверхность, они подпрыгивают и при этом легко разламываются. Снежная крупа обычно выпадает при температурах, близких к 0° , и большей частью перед или одновременно с обычным снегом.

3. Ледяная крупа (Frostgraupeln, Soft hail, Grésil) — полупрозрачные круглые, иногда конусообразные зерна около 2—5 мм в диаметре. Мало хрупки и не сжимаемы. Падая на твердую поверхность, они обычно не разламываются. Выпадают они также при температурах, близких к 0° , часто вместе с дождем. Часто они представляют зерна снежной крупы, покрытые тонким слоем льда.

4. Ледяной дождь (Eiskörnchen, Grains of ice) — прозрачные твердые зерна около 1—4 мм в диаметре. Падая на твердую поверхность, они высоко подпрыгивают, но не разламываются. Образуются из капель дождя, падающих сквозь холодный приземный слой воздуха и при этом замерзающих.

5. Снежные зерна (Griesel) — мелкие (менее 1 мм в диаметре) зернышки, подобные снежной крупе. Падая на твердую поверхность, они не подпрыгивают и не разламываются. Выпадают они обычно из тумана в небольших количествах.

6. Ледяные иглы (Eisnadeln, Ice needles, Aiguilles de glace) — очень мелкие ледяные кристаллики в виде иголок или чешуек, кажущихся взвешенными в воздухе. Особенно хорошо они заметны, когда блестят на солнце и могут быть причиной вертикальных светящихся столбов или других явлений галло. Чаще всего встречаются в устойчивую зимнюю погоду при сильных морозах. Особенно часто наблюдаются в Арктике, Центральной Сибири, а также в высоких слоях атмосферы.

7. Мокрый снег (Regenschnee, Sleet) — осадки в виде тающего снега или снега с дождем.

8. Иней (Rime, Gelée blanche) — ледяные кристаллики, оседающие из влажного воздуха на переохлажденную (ниже 0°) поверхность, обычно ночью при ясном безоблачном небе и сильном излучении тепла с поверхности. Очень часто оседает на снежной поверхности.

9. Изморозь (Rauhreif, Hoarfrost, Givre) — ледяные кристаллы, образующиеся обычно при туманной погоде с температурой ниже 0° . Изморозь оседает преимущественно на вертикальных поверхностях и на тонких веточках, проволоке, остриях и углах предметов. При ветрах изморозь легко осыпается и переходит в снежный покров. По наблюдениям Мальмгрена [98] наибольшее количество изморози образуется при температуре -28° до -29° и при пересыщении воздуха влагой. При более низких температурах количество изморози уменьшается.

10. Твердый налет (Rauh frost, Hoarfrost, Givre) — ледяные массы, оседающие таким же образом, как и изморозь, но образующиеся при морозящем тумане или переохлажденной мороси. Структура аналогична ледяной крупе.

11. Гололед (Glatteis, Glazed frost, Verglas) — прозрачные слои льда, осаждающиеся как на вертикальных, так и на горизонтальных поверхностях при переохлажденном дожде или изморози.

12. Град — представляет собой также вид твердых атмосферных осадков, выпадает исключительно в жаркое время года и участия в формировании снежного покрова не принимает.

Среди всех видов твердых осадков снег представлен наиболее разнообразными формами. Красота и изящество форм снежинок уже давно привлекли внимание как ученых, так и любителей, собравших обширные коллекции зарисовок и фотографий разнообразнейших форм снежных кристаллов.

Кажущееся бесконечное разнообразие форм снежинок может быть сведено к сравнительно небольшому числу видов. Классификация снежинок, составленная Арнольдом — Алябьевым [3] главным образом по данным Гельмана и Щукевича, приводится в табл. 2.

Обычно при снегопадах наблюдается одновременное выпадение снежинок различных форм (2—3), однообразие же форм является сравнительно редким исключением. По наблюдениям Арнольда — Алябьева и Щукевича в Слуцке и Ленинграде чаще всего выпадают снежинки в виде звездочек (табл. 3).

В районах с другими климатическими условиями соотношение различных форм снежинок несколько иное. Так, например в центральных частях Сибири и на Северной Земле, по наблюдениям многих исследователей, в течение зимних месяцев преобладают осадки в виде мельчайшей «снежной пыли» или «ледяных иголочек». К сожалению, точные наблюдения с подсчетами, как это было произведено в Слуцке и Ленинграде, в других местах не производились.

Полной и непосредственной связи между формой и величи-

Классификация снежинок

Таблица 2

Пластинчатые			Стержневидные		Сочетания
Звезды шестилучевые, трехлучевые, двенадцатилучевые	Пластинки шестигранные и неравногранные	Сочетания звезд и пластинок	Призмы	Иглы (пирамиды)	Призмы с пластинками
1а — простые звезды	2а — правильные шестиугольники	3а — звезды с центральной шестиугольной пластинкой	4а — прямые шестигранные призмы (голоэдрические)	5а — иглы, заостренные с одного конца	6а — призмы с пластинками на одном или обоих концах в виде заполненных правильных шестиугольников типа 2а
1б — ветвистые звезды	2б — правильные шестиугольники с выступающими на углах добавочными лучами. Иногда имеют большими наростами или целыми пластинками	3б — звезды, оканчивающиеся уширенными пластинками на лучах. Иногда имеют в центре небольшой шестиугольник	4б — шестигранные призмы, на одном конце прямые, на другом заостренные, переходящие в пирамиду (гемиморфные)	5б — иглы, заостренные с обоих концов	6б — призмы с пластинками на одном или обоих концах в виде шестиугольника типа 2б
1в — ветвистые звезды с развитым заполнением промежуточного пространства	2в — правильные звездообразные пластинчатые широкие наросты на центральном заполненном шестиугольнике 2г — заполненные шестиугольники с чередующимися неровными гранями (в виде треугольников с отсеченными углами)	3в — звезды с широкими ровными лучами, сформированными из пластинок; иногда имеют в центре небольшой шестиугольник	4в — сростки призм 4а и 4б между собой	5в — иглы плоские (тупые) с обеих сторон	6в — призмы со звездами на одном или обоих концах

Таблица 3

Процентное отношение различных форм снежинок к общему числу наблюдавшихся форм

Виды снежинок	По наблюдениям в Случке		По наблюдению в Ленинграде
	Зимы 1934/35 и 1935/36 гг.	Зима 1936/37 г.	
Звезды	37.5	39.4	32
Пластинки . . .	22.2	18.2	21
Сочетания звезд и пластинок	23.6	22.7	27
Призмы	1.4	7.6	16
Иглы	13.9	10.6	
Сочетания призм и пла- стинок	1.4	1.5	4

ной снежинок и наземными условиями погоды не наблюдается. Происходит это оттого, что снег часто формируется в высоких слоях атмосферы, где метеорологические условия нередко сильно отличаются от приземных. Однако все же можно отличить некоторую зависимость форм и величины снежинок от температуры воздуха во время снегопада. Многочисленными наблюдениями в различных местах земного шара установлено, что чем выше температура воздуха, тем в общем размеры выпадающих снежинок крупнее (табл. 4).

Таблица 4

Размеры снежинок в зависимости от температуры воздуха при снегопаде

По Добровольскому (Антарктика)			По Вестману (Шпицберген)	
Температура в °С		Диаметр снежинок в мм	Температура в °С	Средняя пло- щадь в мм
от	до			
+1.0	— 2.5	1.6	— 3.0	0.811
— 2.5	— 5.0	1.6	— 6.0	0.256
— 5.1	— 7.5	1.7	— 15.0	0.102
— 7.6	— 10.0	1.4	— 18.0	0.084
— 10.1	— 12.0	1.3	— 21.0	0.056
— 12.1	— 15.0	1.0	— 24.0	0.034
	Ниже — 15.0	0.7	— 30.0	0.028
			— 33.0	0.016
			— 36.0	0.017

Кроме изменения размеров снежинок, с повышением температуры воздуха также изменяется и их форма. При положи-

тельных температурах воздуха чаще всего снег выпадает вместе с дождем, иногда же в виде ледяной «крупы», т. е. непрозрачных белых шариков различных размеров, образовавшихся в результате намерзания на снежинку водяных оболочек по мере ее падения.

При температурах воздуха, близких к 0° , выпадают чаще всего сложноразветвленные звездочки, иногда слипающиеся во время падения в крупные хлопья. Нередко выпадает также снежная крупа.

При более низких температурах обычно выпадают стерженьки и, наконец, при очень низких температурах чаще всего выпадают мелкие пластинки или иглы, представляющие собой как бы замерзшие частички тумана. Диаметр таких пластинок не превосходит нескольких микронов.

По данным Добровольского [94], при различных температурах встречаются следующие формы снежинок (табл. 5).

Таблица 5

Формы снежинок при различных температурах (в $^{\circ}\text{C}$)

Температура в $^{\circ}\text{C}$		Игольчатые	Стержневидные	Пластинчатые
от	до			
+ 1.0	— 2.5	37	26	37
— 2.6	— 5.0	21	23	56
— 5.1	— 10.0	14	28	58
— 10.1	— 15.0	2	22	76
	Ниже — 15.0	11	—	89

Размеры снежинок различной формы приведены в табл. 6.

Таблица 6

Размеры снежинок различной формы (в мм) (по Вестману)

Форма снежинок		Средняя	Максимальная	Минимальная
Звезды	{ диаметр	2.30	6.00	0.12
	{ толщина			
Пластинки	{ диаметр	0.08	—	—
Призмы	{ диаметр основания	0.33	1.29	0.05
	{ (базиса)	0.14	0.30	0.06
	{ высота	0.34	0.82	0.08
Призмы с пирамидами	{ диаметр основания	0.15	0.40	0.03
	{ высота призмы	0.23	0.48	0.06
	{ высота пирамиды	0.12	0.24	0.04
Иглы	{ длина	0.72	2.32	0.18
	{ диаметр наибольший	0.07	0.19	0.02

Из данных таблицы можно видеть, что размеры снежинок определенной формы изменяются в довольно значительных пределах.

Средний вес звездочки, по Вестману, 0.1 мг, средний вес пластинки 0.007 мг. По данным инж. Долгова [18], средний вес снежинок 1.13 мг.

Наблюдениями установлено, что различные формы снежинок выпадают из различных типов облаков. По данным Райта и Пристли, низкие разорванные дождевые облака дают большие, хрупкие пластинчатые формы с разветвлениями, высокие перистые и перистослоистые облака — пластинчатые и стержневидные формы и промежуточные типы облаков — менее разветвленные пластинчатые формы с плотными гексагональными центрами.

В зависимости от формы снежинок находятся и многие физико-механические свойства снежного покрова. Сильно разветвленные звездочки образуют весьма рыхлый и легкий снежный покров, более простые формы снежинок дают более плотный снег. Снежный покров из крупы обычно отличается весьма малой связностью, очень рассыпчат и легко перемещается при ветрах, образуя барханы, дюны и заструги.

Более подробные данные по этому вопросу приведены в разделе о классификации снега.

ДЕФОРМАЦИЯ СНЕЖИНОК ПРИ ВЫПАДЕНИИ

Образовавшаяся в высоких слоях атмосферы снежинка, прежде чем достигнуть земли, проходит значительную толщу воздуха с различными температурными условиями и условиями влажности в различных слоях. Попадая в слои воздуха, более теплые и содержащие водяной пар с большей упругостью, снежинка начинает обрастать по граням новыми кристаллами и приобретает более сложную форму. Если снежинка попадает в слои воздуха с положительной температурой, тонкие иглы ее оплавляются, и она приобретает более простую форму. Наконец, при благоприятных к тому условиях снежинка может частично или полностью испариться. Во время падения при отсутствии ветра и температурах, близких к 0° , снежинки, сталкиваясь в воздухе, слепляются, образуя иногда крупные хлопья. При ветре снежинки крошатся на элементарные иголочки и выпадают на землю в виде мелких обломков. В безветренную погоду или при слабом ветре снежинки в виде пластинок или плоских звездочек укладываются горизонтально слой на слой, образуя пушистый подвижный снег.

Во время снегопада при ветре («верхняя метель») хрупкие тонкие ледяные кристаллы, сталкиваясь в воздухе, обламываются и измельчаются, укладываясь более плотно в под-

ветренных местах и образуя плотные сугробы. Выпавший снег в редких случаях залегает продолжительное время спокойно. При первом же ветре рыхлый снег поднимается в воздух, проносится ветром и отлагается в другом месте. В зависимости от характера снега необходима различная сила ветра, для того чтобы привести его в движение. Рыхлый свежавыпавший снег приходит в движение уже при скоростях ветра в 4—4.5 м/сек, слежавшийся же снег требует для своего передвижения значительно больших скоростей. При движении крупные снежинки обычно перекатываются по снежной поверхности, более же мелкие переносятся по воздуху вместе с ветром, образуя «нижнюю метель», или «поземок». Снег, выпадающий при верхней метели и поземке, отличается как по размерам, так и по формам снежинок.

Средний вес одной снежинки при метели определен Бончковским [7] в 0.0031 г с минимумом в 0.0001 г (снежная пыль). При верховой метели средний вес достигал 0.0035 г, при поземке же — только 0.0025 г. При верховой метели формы снежинок бывают очень разнообразными; при поземке почти исключительно встречаются бесформенные комочки или иглы.

ИЗМЕНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В СВЯЗИ С ОСЕДАНИЕМ ИНЕЯ И ИЗМОРОЗИ И ИСПАРЕНИЕМ

Наращение мощности снежного покрова и пополнение запаса снега идет не только за счет снегопадов, но и за счет оседания на снежный покров из воздуха инея и изморози. Особенно значительное накопление снега за счет изморози происходит в горных районах и в полярных странах. Так, по данным Лютницкого [45], на Кавказе, у Мархотского перевала горы и леса покрываются изморозью в течение одной ночи настолько, что, осыпаясь на землю, изморозь образует покров в горных лугах в 4—5 см, а в лесу до 10 см. Изморозь, оседающая на снег, делает его поверхность мало скользкой и рыхлой.

Более низкая температура на поверхности снежного покрова в периоды потепления воздуха создает благоприятные условия для конденсации паров воды из воздуха на холодную снежную поверхность. При подходящих метеорологических условиях вместе с тем наблюдается иногда довольно значительная убыль снега за счет испарения. Величина испарения находится в прямой зависимости от рыхлости снега. Особенно сильное испарение наблюдается в горах при теплых и сухих ветрах — фенах, достигающих иногда значительной силы.

Снег при сильном испарении становится рыхлым и крупичатым у поверхности. Величина испарения и конденсации на поверхности снежного покрова весьма сильно меняется не только в зависимости от метеорологической обстановки, но и других

физико-географических условий. В равнинах в среднегодовом выводе, повидимому, испарение с поверхности преобладает над конденсацией. По данным Рудовица [64], с января по середину апреля 1918 г. метеорологическая станция Лесного института в Ленинграде установила следующий баланс влаги в лесу (табл. 7).

Таблица 7

Испарение и конденсация снежного покрова (по Рудовицу)

Март	7—13 час.	13—17 час.	17—7 час.	Сумма
Испарение (—)	124.9	79.6	14.3	218.8
Конденсация (+) . . .	6.6	29.3	38.1	74.0
Разность	—118.3	—50.3	+23.8	—144.8
Апрель (с 1 по 14)	7—13 час.	13—17 час.	17—7 час.	Сумма
Испарение (—)	24.1	28.7	20.5	73.3
Конденсация (+) . . .	27.1	40.7	29.0	96.8
Разность	+ 3.0	+12.0	+ 8.5	+23.5

Из приведенных данных видно, что в марте конденсация происходит только ночью. В апреле же, когда с повышением температуры возрастает и содержание паров в атмосфере, испарение значительно понижается. И в то же время заметно повышается конденсация, благодаря чему, в общем итоге, в течение всех суток конденсация превалирует над испарением. Поздней весной, по мнению автора, при энергичном таянии снега больше конденсируется влаги, чем испаряется. В горах, благодаря большим разностям в упругости паров в воздухе и снеге, конденсация преобладает над испарением. По мнению Гимберга [96], в горных местностях Лапландии почти половина всей мощности снега образуется за счет изморози, а следовательно, конденсации из воздуха. Лишь при пасмурной погоде и меньших разностях температур, а также в условиях фена наблюдается превышение испарения над конденсацией.

УПЛОТНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Свежевыпавший снег обычно ложится рыхлым слоем. По мере же лежания он постепенно уплотняется под влиянием собственного веса и различных метеорологических факторов. Под влиянием собственного веса снег как бы спрессовывается; отдельные снежинки укладываются плотнее и воздушные про-

межутки между ними уменьшаются, в результате чего снег увеличивает свою плотность. При равномерной температуре в результате такого слеживания плотность постепенно увеличивается с глубиной.

Таблица 8

Пробы с глубины в см	Плотность 27/1 1902 г.	Пробы с глубины в см	Плотность 27/1 1902 г.
0—5	0.06	25—30	0.24
5—10	0.12	30—35	0.24
10—15	0.17	35—40	0.28
15—20	0.17	40—45	0.30
20—25	0.20		

Уплотнение и «слеживание» сухого снега под влиянием силы тяжести, по Вейнбергу [10], зависят от следующих причин: 1) увеличения давления на внутренние слои при новых снегопадах, 2) излома снежинок, 3) соскальзывания снежинок в промежутки, 4) деформации отдельных частиц снежинок от давления, 5) смерзания снежинок в местах соприкосновения, 6) выдавливания воздуха из промежутков между частицами, 7) сжимания воздуха в замкнутых пустотах.

Уплотнение снега в снежном покрове происходит непрерывно, однако интенсивность уплотнения в большой степени зависит от температуры воздуха и снега. Уплотнение снежного покрова особенно быстро происходит при оттепелях.

Уплотнение мокрого снега при таянии происходит: 1) от сближения центров кристаллов снега при энергичном обтаивании острых ребер и углов снежинок и 2) от сжимающего действия поверхностного натяжения пленочек воды, обволакивающих кристаллы. Благодаря указанным выше процессам кристаллы принимают округлую форму и сливаются в крупные зерна, достигающие иногда 15 мм в диаметре. Увеличение одних зерен происходит за счет таяния других (фирнизация снега).

Наращение плотности снега при таянии идет до того момента, когда снег пропитается водой, после чего плотность быстро уменьшается. Это уменьшение плотности связано с изменением структуры снега (ноздреватый снег) и более легкой фильтрацией воды. Во время таяния можно наблюдать понижение плотности мокрого снега утром и повышение ее к вечеру, что связано со стеканием воды за ночь.

Длительные и сильные оттепели среди зимы могут привести к полному сходу снежного покрова. Оттепель меньшей интенсивности приводит к подтаиванию поверхностных частей снежного покрова, оседанию и уплотнению его. Чем реже бывают оттепели, тем рыхлее и однороднее снежный покров.

Значительное влияние на уплотнение снежного покрова оказывают ветер и метели. От давления ветра снежинки в покрове обламываются и укладываются плотнее. Несущиеся по ветру снежинки с большой силой бомбардируют снежную поверхность, обращенную к ветру, что приводит к еще большему уплотнению снега. Наконец, мелкие обломки раскрошенных ветром снежинок при метели забивают все воздушные промежутки в снежном покрове. В результате всех этих процессов, при сильных ветрах, на поверхности снежного покрова получается очень плотная корка, носящая название «ветрового наста», или «ветровой доски».

Более подробно процессы уплотнения снежного покрова рассматриваются в разделе о плотности снега.

ИЗМЕНЕНИЕ СНЕГА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЖИДКИХ ОСАДКОВ

Выпадающий зимою дождь существенно меняет свойства снежной поверхности. В случае выпадения мелкого и частого дождя при температурах, близких к 0° , на поверхности снега образуется тонкая ледяная корочка (гололед). Уплотненный снег, покрытый ледяной коркой, становится излишне скользким, что сказывается неблагоприятно на передвижении всех видов транспорта, включая и лыжные части. Ледяная корка резко изменяет условия газопроницаемости снежного покрова, что приводит, например, к выпреванию и массовой гибели озимых культур.

Выпадающие крупные капли дождя выбивают в снеге глубокие каналы, стенки которых обледеневают, и снег при этом становится пористым и рассыпчатым.

ВКЛЮЧЕНИЕ В СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Снежинки при падении увлекают за собой из воздуха плавающие в нем пылевые частицы. Попадая в снежный покров, эти частицы остаются в снежном покрове до момента окончательного таяния и высыхания земли. Пыль иногда выпадает в таком количестве, что снег приобретает различную окраску. Загрязнение снежного покрова пылью приводит к значительному ускорению таяния, так как загрязненный снег поглощает примерно вдвое больше тепла, чем снег чистый.

В первый период зимы, когда таяние происходит лишь частично и главным образом под влиянием солнечных лучей, нагревающиеся скорее частицы пыли погружаются в толщу снега и делают его поверхность ноздреватой и более рыхлой. Весной, когда таяние идет главным образом за счет тепла, принесенного воздухом, происходит более быстрое протаивание незагрязненных частей, в то время как загрязненные части несколько выступают над поверхностью снега.

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА ПОДСТИЛАЮЩЕЙ СНЕГ ПОВЕРХНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВНУТРИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Вследствие малой теплопроводности снега, при достаточной его толщине почвогрунты часто находятся в незамерзшем состоянии; в то же время в верхних слоях снежного покрова при морозах наблюдаются низкие температуры. Такое распределение температур приводит к тому, что водяные пары, содержащиеся в снежном покрове и талой почве, перемещаются из нижних слоев в верхние, где и конденсируются. В результате такого перемещения на поверхности снежного покрова образуется плотный наст, а у поверхности земли снег приобретает зернистую структуру фирнового снега. Если под снегом находится промерзший грунт с низкими температурами, во время оттепелей и весной водяные пары перемещаются из верхних слоев в глубокие. В этом случае в припочвенных горизонтах происходят уплотнение и фирнизация снега, а иногда и образование ледяной корки на поверхности почвы.

Замедленная передача тепла в снежном покрове приводит к тому, что при резких колебаниях температур воздуха разница в температурах различных слоев снега достигает нередко значительной величины. Это обстоятельство приводит к сложным процессам внутриснегового перемещения влаги и образованию на различных глубинах корочек более плотного снега или даже льда, изменению крупности зерна в снеге и вообще к значительному изменению структуры снега.

Так как в период накопления снежного покрова все перечисленные выше факторы действуют, в зависимости от метеорологической обстановки, с разной интенсивностью и продолжительностью, снежный покров приобретает весьма сложное слоистое строение. Зная процессы формирования снежного покрова и физические свойства снега, отлагающегося при различных условиях, можно по разрезу снежного сугроба восстановить характер метеорологической обстановки в период снегонакопления: определить количество, интенсивность и характер оттепелей, силу и направление ветров при метелях и т. п. Структура снега дает возможность читать погоду прошлого, как геологические обнажения позволяют геологу восстановить геологическую историю изучаемой местности.

II. ПЛОТНОСТЬ СНЕГА

Плотностью снега называется отношение объема воды, полученной из снега, к взятому для этого объему снега. Плотность снега — один из наиболее важных показателей физико-механических свойств снежного покрова, так как с ним непо-

средственно связаны все другие его свойства. Плотность снега является также и одним из важных показателей возможности использования снега в практических целях (для транспорта, в строительстве и пр.).

Плотность снега в снежном покрове колеблется в больших пределах (от 0.01 до 0.7). Она отличается большой неустойчивостью как в пространстве, так и во времени, что зависит от очень многих причин.

Плотность свежеснежавшего снега зависит от формы снежных кристаллов, температуры и влажности воздуха, силы ветра во время снегопада и многих других факторов. Приводим данные о плотности различных видов свежеснежавшего снега (табл. 9).

Таблица 9

Плотность различных видов свежеснежавшего снега

Характер снега	Плотность	Источник
Свежий снег	0.14	Небольсин [54]
Метелевый снег	0.22	
Рыхлый свежеснежавший	0.06—0.08	Шепелевский [82]
» свежий хлопьями	0.04—0.07	
» » средн. снежинками	0.08—0.12	
» « крупинками	0.13	
» » мелкими крупинками	0.08—0.16	
Свежеснежавший с дождем	0.16—0.27	Кнопф [41]
» мокрый	0.13	
Свежеснежавший снег	0.035—0.161	

Плотность свежеснежавшего снега находится в прямой зависимости от температуры воздуха при снегопаде. При прочих равных условиях, чем выше температура воздуха, тем больше плотность выпадающего снега, что можно видеть из определений Шипчинского [85] — табл. 10.

Таблица 10

Плотность свежеснежавшего снега в зависимости от температуры (по Шипчинскому)

Среднесуточная температура воздуха в °С	Плотность свежеснежавшего снега
0.8	0.12
0.6	0.11
—2.3	0.10
—5.4	0.02
—8.1	0.05

Близкие к этим данные мы находим и у Оболенского [60] (табл. 11).

Таблица 11

Плотность свежесыпавшего снега в зависимости от температуры (по Оболенскому)

Температура воздуха при снегопаде в °С	Плотность свежесыпавшего снега		
	средняя	наибольшая	наименьшая
Ниже — 10.0°	0.075	0.233	0.012
От — 10.0 до — 5.1	0.087	0.295	0.011
» — 5.0 » — 2.1	0.104	0.258	0.035
» — 2.1 » — 0.1	0.128	0.455	0.043
» — 0.0 » + 2.0	0.183	0.529	0.069
Выше + 2.0	0.196	0.588	0.158

Наибольшая плотность свежесыпавшего снега наблюдается в осенние месяцы; затем плотность постепенно уменьшается, достигая минимума в январе, и вновь увеличивается к весне. Ход плотности таким образом совпадает с ходом температуры воздуха.

В еще большей зависимости, чем от температуры, плотность снега находится от силы ветра, что можно видеть из данных табл. 12.

Таблица 12

Плотность свежесыпавшего снега в зависимости от ветра

Условия снегопада	Плотность свежесыпавшего снега		
	по Зелигману	по Розентау	по Шепелевскому в Арктике
В тихую погоду	0.05—0.065	0.04—0.07	—
При легком ветре	0.065—0.08	0.04—0.13	—
» среднем »	0.18	0.12—0.18	0.14—0.17
» сильном »	0.28	0.15—0.23	0.18—0.22
Уплотненный бурей	Свыше 0.35	—	0.30—0.39

Плотность снега зависит от степени разрушения ветром ледяных кристаллов. По наблюдениям Визе (в Арктике), плотность снега сильно изуродованных кристалликов-звезд равна 0.15, плотность снега, в котором кристаллы еще ясно различимы, равна 0.21—0.22, где кристаллы попадают редко — 0.22—0.27 и где кристаллы не сохранились (снег перетерт) — 0.26—0.42.

Поскольку плотность свежесыпавшего снега зависит от метеорологических условий во время снегопада, в различных рай-

онах средняя плотность его будет различна. Так, в Арктике и на юго-востоке Европейской части СССР, где снегопады обычно сопровождаются сильными метелями и буранами, плотность свежевыпавшего снега будет выше, чем на юге и западе. В Восточной Сибири с устойчивыми зимними морозами и незначительными ветрами снег сохраняет в течение зимы весьма малую плотность.

Снежный покров в течение всей зимы непрерывно уплотняется, в результате чего к весне вся толща снежного покрова достигает наибольшей плотности.

По данным Вейнберга [9], плотность снежного покрова в среднем увеличивается в течение каждого месяца на 10—12%, что видно из табл. 13.

Таблица 13

Средняя плотность снега в различные периоды (по Вейнбергу)

Время наблюдения	Свердловск	Боровое лесничество	Шмитовка	Саратов	Валуйки	Сыктывкар	В среднем в % к плотности 15/XII
15/XII	0.20	0.18	0.20	0.23	0.22	0.20	100
15/I	0.22	0.20	0.22	0.25	0.24	0.22	112
15/II	—	0.22	0.25	0.28	0.27	0.25	127
15/III	0.27	0.25	0.28	0.30	0.29	0.26	138
15/IV	—	—	—	—	—	0.37	185

Особенно энергично уплотнение снежного покрова происходит во время оттепелей и таяния, когда плотность значительно изменяется даже в течение суток.

По данным Евфимова [22], плотность верхнего слоя (в 5 см) изменялась в течение суток в период таяния следующим образом (табл. 14).

Таблица 14

Изменение плотности слоя снега в течение суток (по Евфимову)

	5/IV	7/IV	9/IV
Утро . . .	0.302	0.321	0.360
Вечер . . .	0.330	0.351	0.388

Процесс уплотнения происходит непрерывно как при оттепелях, так и при морозах; только в морозные периоды уплотнение протекает медленнее, чем в оттепели.

В противоположность свежевыпавшему снегу плотность снежного покрова непрерывно нарастает от осени к весне, что видно из данных проф. Оболенского [60] — табл. 15.

Таблица 15

*Средняя плотность снежного покрова в Лесном
(1895—1925 гг.)*

Месяц	Снежный покров				Свежевыпавший снег			
	декады			Средне- месячн.	декады			Средне- месячн.
	I	II	III		I	II	III	
Октябрь	0.130	0.130	0.143	0.135	0.130	0.127	0.123	0.127
Ноябрь	0.138	0.139	0.147	0.141	0.107	0.098	0.099	0.101
Декабрь	0.165	0.199	0.193	0.184	0.103	0.090	0.083	0.092
Январь	0.189	0.203	0.200	0.198	0.083	0.079	0.082	0.081
Февраль	0.212	0.210	0.222	0.214	0.087	0.087	0.092	0.088
Март	0.234	0.253	0.281	0.257	0.099	0.105	0.112	0.106
Апрель	0.301	0.324	0.340	0.322	0.114	0.124	—	0.119
Май	0.340	—	—	0.340	—	—	—	—

Кроме чисто механических причин слёживания и оседания снега, вызванных в основном силой тяжести, в снежном покрове непрерывно протекают весьма сложные процессы, приводящие к изменению структуры снега — его «старению». В результате длительного лежания снег не только изменяет свою плотность, но и приобретает совершенно иную крупнозернистую или крупнокристаллическую структуру.

Процессы изменения снега еще недостаточно изучены. До недавнего времени главную роль в изменении снега приписывали режеляции (повторному замерзанию) снежинок. Как известно из опытов, температура плавления льда понижается с увеличением давления (на $0^{\circ}.0075$ при увеличении давления на 1 атмосферу). В местах соприкосновения снежных кристаллов в снежном покрове под влиянием нагрузки верхних слоев снега происходит плавление части льда, выжимание воды в те места, где давление меньше, и повторное замерзание ее в этих местах. Простой расчет показывает, что в естественных условиях едва ли можно ожидать давлений, достаточных для плавления снежинок при отрицательных температурах. Таким образом, объяснить происходящие изменения снежного покрова только явлением режеляции едва ли можно.

Кроме режеляции, изменения снега, происходящие в покрове, могут быть объяснены явлениями рекристаллизации, т. е. ростом одних кристаллов за счет других вследствие перескакивания атомов с одной кристаллической решетки на

другую. Это явление, как показали детальные исследования, может протекать при очень низких температурах.

Весьма простым и остроумным методом Крагельский [42] доказал, что режеляция в снеге не имеет большого значения, главную же роль в уплотнении снега играет рекристаллизация.

Изменения в снежном покрове могут идти также и другими путями.

Воздух, заполняющий промежутки между частичками снега, содержит некоторое количество водяных паров. Как известно, давление паров воды (упругость пара) находится в зависимости от температуры воздуха. Благодаря разнице в температурах различных слоев снега пары воды перемещаются из слоев, имеющих более высокую температуру (а следовательно, содержащую большую упругость пара), в слои с меньшей температурой. Часть льда, переходя в парообразное состояние, минуя жидкую фазу, перемещается в другие слои снега с меньшей упругостью пара и там конденсируется и переходит вновь в кристаллическое состояние. Этот процесс испарения льда носит название «сублимации». При помощи сублимации снег в слоях с относительно высокой температурой приобретает крупчатое строение. Отдельные зерна льда, лишенные связи между собой, образуют рассыпчатый снег, сыпучий, как песок.

Такой рыхлый рассыпчатый снег обычно образуется в нижних слоях снежного покрова, лежащих часто на непромерзшей земле, где температура держится даже при сильных морозах близкой к 0° .

Снежный покров по степени плотности может быть разделен на следующие пять групп: 1) очень рыхлый с плотностью 0.01—0.1, 2) рыхлый 0.1—0.25, 3) средней плотности 0.25—0.35, 4) плотный 0.35—0.45, 5) очень плотный свыше 0.45.

При плотности в 0.32—0.35 снег выдерживает пешехода без лыж, при плотности около 0.35—0.38 нога едва оставляет след, а при плотности свыше 0.40 снег выдерживает лошадь, и нога человека уже не оставляет следа.

Колеса конной повозки уже не проваливаются при плотности свыше 0.30—0.35, тяжелые же автомашины требуют плотности не менее 0.5.

Приводим величины удельного давления для различных видов транспорта [по Новикову, 59] — в кг/см²:

Аэросани Цаги	0.04
Лыжи канадские и Ski	0.05
» raquette	0.1
Полз саней, весом от 2 до 3 т ,	0.55—0.83
Под колесом грузовика ГАЗ АА	3.3
» » » ЗИС-3	5.3
» » » Я-5	5.6

По данным Тумеля [73], на снег плотностью от 0.4 до 0.6 при температуре ниже -5° может быть допущена нагрузка соответственно от 0.5 до 3.0 кг/см². При низких температурах, в снеге такой значительной плотности, колеи не образуется, при оттепелях же появляются глубокие колеи, затрудняющие движение.

При строительстве зимних аэродромов и снежных дорог часто приходится прибегать к искусственному увеличению прочности снежного покрова. Для этого применяются различные орудия (гладилки, катки, утюги и пр.). Как показали наблюдения, механическая прочность снежного покрова и его несущая способность не всегда соответствуют его плотности. Соотношения между плотностью и прочностью снежного покрова значительно меняются в зависимости от температуры и структуры снега. В общем можно принять, что прочность более или менее соответствует плотности лишь при низких температурах, при повышении же температуры до 0° соотношения меняются, так как появляющаяся при таянии снега вода, увеличивая объемный вес (плотность), делает снег более рыхлым и менее связным в своих частях. Так, например, насыщенный во время снеготаяния водой весенний снег имеет очень высокую плотность (объемный вес), но обладает исключительно низкой прочностью и несущей способностью.

Под действием нагрузки прочность снега увеличивается наиболее интенсивно в начальный период нагружения, в дальнейшем же увеличение прочности замедляется. Так, по данным Крагельского, через несколько минут после того, как снеговой покров был подвергнут давлению в 0.16 кг/см², прочность его составила 0.71 кг/см². После действия на снег нагрузки прочность его некоторое время продолжает увеличиваться, если нагрузка и будет снята.

Так как процессы рекристаллизации, играющие главную роль в увеличении прочности снега, протекают наиболее энергично в том случае, если снежинки разрушены, то для более скорого и полного увеличения прочности снега рекомендуется снег повторно рыхлить (боронить) и укатывать. Этим же обстоятельством, повидимому, объясняется высокая прочность снега в метелевых сугробах, так как снежинки при метелях раскрошиваются и наметаются в размельченном виде.

Как показали опыты, величина напряжения на какой-либо глубине при нагрузке (согласно формуле Феппеля) изменяется прямо пропорционально общей нагрузке и обратно пропорционально квадрату глубины. Таким образом, для создания одного и того же напряжения в слое в 2 раза более толстом необходимо нагрузку увеличить в 4 раза, тяговые же усилия орудий возрастают пропорционально нагрузке. Из этой формулы вытекает, что уплотнять снег целесообразно по мере его

выпадения слоями незначительной толщины, воздействуя на него повторно [42].

Для транспорта, кроме плотности, большое значение имеют также структура снега и другие его свойства (величина зерна, влажность, рассыпчатость и др.).

Средняя плотность снежного покрова довольно сильно колеблется в течение зимы. После каждого снегопада средняя плотность резко уменьшается; после метели, оттепели или дождя она увеличивается. Временное быстрое уменьшение плотности за счет свежеснежавшего рыхлого снега восстанавливается при последующей осадке снега. В дальнейшем, до следующего снегопада или оттепели, плотность сохраняется более или менее постоянной. Чередование рыхлых слоев снега с плотными придает снегу слоистое строение, и таким образом плотность каждого слоя обусловлена его прошлым, условиями его образования. В зависимости от состояния погоды снег может быть более или менее однородным в своей толще. Обычно в тех местностях, где погода зимой более устойчива (Сибирь, северо-восток Европейской части СССР), снежный покров в своей толще более однороден; в местностях же, где среди зимы бывают частые оттепели, снегопады и зимние дожди (западные и юго-западные районы Европейской части СССР), структура снежного покрова становится весьма сложной, и слои повышенной плотности чередуются со слоями малой плотности.

СНЕЖНЫЙ НАСТ И КОРКИ

Плотность снега, как было указано выше, обычно увеличивается с глубиной, однако нередко под влиянием оттепелей и ветров с метелями на поверхности снежного покрова образуется слой снега повышенной плотности, а в исключительных случаях и корка льда. Этот уплотненный поверхностный слой снега носит название наста. Характер наста оказывает весьма большое влияние на проходимость снега. Образование наста может происходить под влиянием солнечного нагрева, оттепелей, сменяющихся морозами, ветров, выпадающих жидких атмосферных осадков и пр. Наст различается как по мощности, так и по своим физико-механическим свойствам. Все разнообразие поверхностных снежных образований можно свести к немногим основным типам, характеристика которых дана в табл. 16, составленной по Зелигману [101], Евфимову [22] и собственным наблюдениям.

Корки и насты встречаются как на поверхности (поверхностные), так и на некоторой глубине (погребенные), засыпанные более молодым снегом.

Плотность наста колеблется в пределах 0.35—0.55. Ледяные корки достигают плотности льда (0.9).

Снежные насты и корки

Тип наста или корки	Характеристика	Условия образования	Условия проходимости
Солнечная корка	Тонкая не прозрачная белая и матовая ледяная корка, связывающая поверхность снега; толщина ее несколько миллиметров. Состоит из оплавленных зерен	Образуется в ясные морозные дни при оплавлении поверхностных слоев снега солнечными лучами, чаще всего образуется ранней весной	Легко пробивается лыжей и не препятствует движению, скользкость небольшая
Обволакивающая корка	Очень тонкий слой прозрачного льда, лежащий поверх твердого снега, но отделенный от него воздушным пространством. Очень хрупкая корочка	Образуется в ясную и тихую погоду при резких колебаниях температур днем и ночью	Прекрасная поверхность для лыж. Придает скользкость снегу по лыжнице и не дает соскальзывать лыже при поворотах
Перфорированная корочка	Солнечная корка, испещренная мелкими отверстиями. Очень хрупкая и ломкая	Образуется в результате испарения снега под воздействием солнечных лучей	Хорошая поверхность для лыж
Бороздчатый снег (чешуйчатый)	Поверхность снега покрыта ледяными чешуйками, разделенными бороздками. Чешуйки располагаются наклонно и при поднятой стороной обращены к солнцу (на юг)	Образуется весной при таянии снега	Направление чешуек может служить для ориентировки при передвижении. Хорошая лыжная поверхность
Дождевая корка	Тонкая прозрачная ледяная корка, на поверхности часто видны бороздки	Образуется на поверхности снега в результате выпадения на нее дождя	Очень скользкая и при достаточной толщине препятствующая лыжному передвижению. Опасна для передвижения на лошади, так как ледяная корка ранит ноги, проваливающиеся в рыхлый снег

Тип наста или корки	Характеристика	Условия образования	Условия приходимости
Темпера- турная корка	Плотная белая корка из мелких ледяных кристаллов	Образуется при замерзании оттепавшего в оттепель слоя снега. Возможно, что образование корки происходит за счет возгонки паров воды из глубоких горизонтов снежного покрова	Обычно выдерживает лыжника, но замедляет и затрудняет движение из-за излишней скользкости. Также опасна для конницы. Замедляет движение колесного транспорта
Ветровой наст	Небольшой слой плотного снега (до 3 см толщины), мало скользкий. Матово-белый	Уплотненный ветром снег	Благоприятен для передвижения лыжных частей. Для конницы и колесного транспорта мало благоприятен
Ветровые бороздки	Напоминает борозчатый снег, но бороздки ориентированы по направлению ветров. С наветренной стороны под поверхностной коркой видны пустоты	Образуется при метелях за счет развевания поверхности наста	Мало скользкий. Не препятствует движению на лыжах
Ветровая доска	Более мощный слой ветрового наста (мощность свыше 3 см) сильно меняет свою мощность и плотность в зависимости от экспозиции по отношению к ветрам. Чаше всего покрывает сугробы и образует карнизы над уступами рельефа	Наметенный и уплотненный ветром, при низовых метелях, снег на наветренных склонах	Очень плотная поверхность, выдерживающая пешехода и санный лыжный транспорт

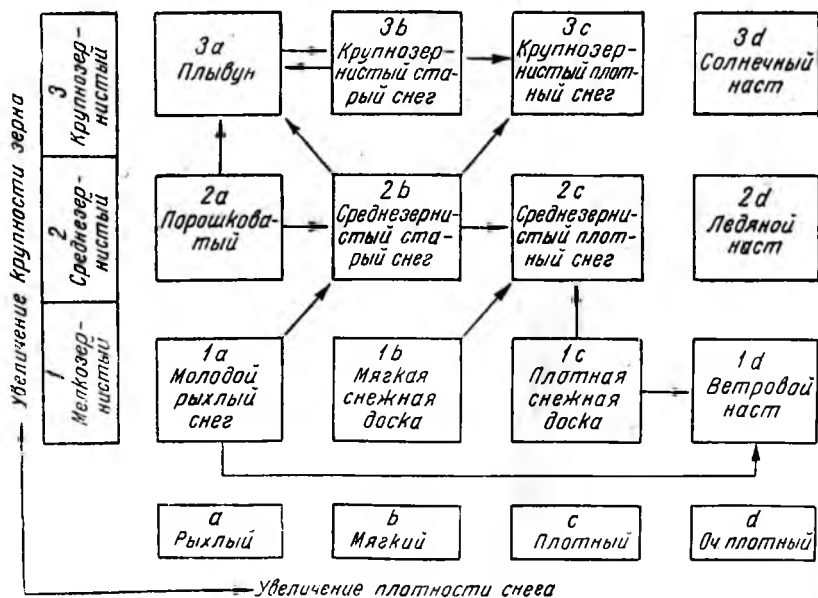
III. КЛАССИФИКАЦИЯ СНЕГА

Процессы формирования снежного покрова и последующие его изменения под воздействием различных состояний погоды приводят к тому, что в различных участках снег приобретает весьма разнообразный вид и физико-механические свойства.

Имеется довольно много попыток классификации снега по его физико-механическим свойствам. Большая часть работ относится к снегам горных областей, где снег изучался в связи с снежными лавинами и горно-лыжным спортом; классификацией снега равнинных областей занимались значительно меньше. Снег горных областей имеет некоторые специфические свойства, однако классификация горных снегов может быть применена и для равнинных областей. Наиболее полные классификации снежного покрова были разработаны Паульке и Зелигманом и переработаны применительно к условиям горных районов нашего севера (Хибинам) Молочковым [46]. Для равнинных областей СССР в русской литературе существует классификация снега Евфимова [21]. Так как все перечисленные классификации построены по единому принципу и в общем близки между собой, ниже приводится классификация,

Таблица 17

Классификация сухого снега по плотности и крупности зерна
(по Н. Bader)



составленная на основе существующих, с дополнительными характеристиками, взятыми из других источников и собственных наблюдений. Разумеется, что все разнообразные виды снега не могут уложиться в простую и несложную схему; существует значительное количество различных промежуточных видов между выделенными чистыми типами. Классификация снега представлена в приложении.

В последние годы швейцарский ученый Бадер [89] предложил классификацию снега, построенную с учетом двух основных признаков: крупности зерна и плотности снега. Эта стройная классификация дается ниже в форме наглядного и простого графика-схемы (табл. 17).

IV. СНЕГООТЛОЖЕНИЕ

ПЕРЕВЕВАНИЕ СНЕГА

Рыхлый свежавывавший и еще не слежавшийся снег весьма легко подвергается переносу ветрами. В зависимости от состояния снежного покрова сметание снега начинается при скоростях ветра от 4 до 10 м/сек, в исключительных же случаях от 2 м/сек. По данным Хргиана [74], перенос снега начинается при скорости ветра 4—4.5 м/сек и очень быстро возрастает с увеличением скорости. При этом, кроме свежавывавшего снега, при достаточной силе ветра разрушаются и переносятся пласты и более плотного осевшего снега.

Под действием ветра более крупные снежинки и комочки снега перекачиваются по поверхности снежного покрова, более же мелкие поднимаются ветром и проносятся по воздуху. Наблюдения над снегом во время метелей показали, что подавляющая масса снега при низовой метели («поземке») переносится на высоте до 10 см от поверхности.)

Изумов [25] приводит средние данные о переносе снега на различных высотах — см. табл. 18.

Общее количество перенесенного через щель шириной в 1 см и высотой в 2 м снега в сутки определилось от 252 до 40 000 г, что дает среднюю величину для зимы 1928/29 г. в 7239 г/сутки. Несколько меньшие цифры были получены Зеленым [23] на горной станции Юкспор в Хибинах (Мурманская обл.) в 1938/39 г.

Суммарный перенос снега метелями у поверхности составил: зима 1937/38 г. (октябрь — апрель) — 216.9 кг; зима 1938/39 г. (ноябрь — май) — 152.5 кг.

Максимальный перенос снега наблюдался при скорости

Перенос снега на различных высотах (по Изюмову)

1928 г., среднее из 5 наблюдений		1929 г., среднее из 30 наблюдений	
высота над поверхностью снега в см	процент перенесенного снега	высота над поверхностью снега в см	процент перенесенного снега
200	0.4	200—100	1.0
150	0.5	100—50	1.2
100	0.5	50—30	1.2
75	0.6	30—20	1.4
50	0.8	20—10	6.0
30	1.5	10—0	89.3
20	2.0		
4	93.9		

ветра в 21 м/сек и достигал 25.8 г/см² в 1 минуту. Перенесенный на другое место и отложенный в виде сугроба снег быстро лишается способности к дальнейшему передвижению благодаря приобретенной высокой плотности.

Снегопад при ветре образует метель. Среди метелей различают верховые, когда ветер несет падающий снег, снег же, выпавший ранее, лежит без движения, и низовые, или поземок, когда ветер переносит снег, уже ранее выпавший. Если верховая и низовая метели сопровождаются сильными ветрами (20—40 м/сек), то они обычно называются бурями.

Метели и поземки наблюдаются во все зимние месяцы и по всей территории, покрываемой снегом, однако в различных местностях в зависимости от метеорологической обстановки, условий рельефа и растительного покрова метели достигают различной силы и различной повторяемости.

Наиболее часты и сильны метели в тундровой и степной полосе, где они нередко достигают силы бурана. Значительно меньшей силы метели достигают в лесных районах.

Косвенным показателем неодинаковой роли метелей в различных районах является цифра расхода на снегоборьбу по станциям железных дорог. Анкетные данные, обработанные Никифоровым [58], дают наибольшие расходы на снегоборьбу на 1 версту станционных путей в суровую зиму: по железным дорогам юго-востока (Сарепта) 2250 руб., юга (Харьков) 1800 руб., центра (Москва) 470 руб., севера (Чусовская) 450 руб.

Главные расходы на северных железных дорогах падают на уборку снега, образованного снегопадами, на южных же и юго-восточных железных дорогах, кроме уборки снега, вы-

павшего и наметенного метелями, приходится производить расходы на защиту полотна от заносов (снегоборьбу). Статистическая обработка материалов о метелях показывает [7], что метели чаще всего имеют место при скорости ветра от 6 до 9 м/сек. Минимум скорости, при которой отмечается метель, около 2 м/сек. При скоростях более 9 м/сек количество метелей резко снижается, что может быть объяснено или значительным уплотнением снега ветрами, или меньшей турбулентностью сильных ветров.

Чаще всего метели наблюдаются в западных и южных районах Европейской части СССР при температурах от -2 до -4° , в северных же, центральных и юго-восточных — при более низких температурах (от -6 до -10°). Повсюду с понижением или повышением температуры по сравнению с указанными количество метелей резко снижается. Объяснение этому можно видеть в том, что при более высоких температурах усиливается сцепление снежных частиц благодаря влажности снега и увеличивается его плотность; при более низких температурах снежинки плотнее смерзаются и труднее развеваются. Кроме того, при низких температурах скорости ветра обычно также падают. Большое значение имеет также влажность воздуха и снега. Большая часть метелей происходит при влажности воздуха около 86—92%.

В Европейской части СССР, кроме крайнего севера, максимум метелей повсюду падает на январь, затем идут февраль и декабрь, март и ноябрь; октябрь, апрель и май имеют небольшое число метелей.

Метели, во время которых переносятся с места на место громадные массы снега, засыпают дороги и нарушают движение не только конного и автомобильного, но и железнодорожного транспорта. Борьба со снежными заносами особенно энергично велась и ведется на железнодорожном транспорте; там же в основном сосредоточены и научно-исследовательские работы по изучению методов снегоборьбы.

Заносимость железнодорожных путей связана с комбинацией целого ряда факторов, из которых наибольшее значение имеют метеорологические (количество осадков, сила ветра, температура воздуха и пр.). Поэтому для расчетов заносимости ряд исследователей предложил коэффициенты «снежности» или «суровости» погоды [6, 72]. По Толстову коэффициент снежности k равен 0 в дни с положительными температурами, но при силе ветра до 10 м/сек и при количестве осадков менее 2 мм. При этих условиях заносы не наблюдаются. В табл. 19 приведены значения коэффициента k .

Коэффициент применяется для зимних месяцев с декабря по март. Для января и февраля k увеличивается в 1.5 раза, а для ноября и апреля уменьшается в 2 раза.

Таблица 19

Зависимость коэффициента k от количества осадков и скорости ветра

Коэффициент k	Количество осадков в мм	Скорость ветра в м/сек
0.5	<2	>10
1.0		<5
1.5		5—10
2.0		10—19
4.0		>20
	>2	

При статистической обработке материалов о степени заносимости железных дорог метелями принимают следующие градации:

1. Сильная заносимость — на участке железных дорог вследствие заносов часто происходят нарушения движения и повреждение устройств. Эти участки особенно опасны и требуют усиленных расходов на снегоборьбу.

2. Средняя заносимость — сильные снегозаносы встречаются лишь в отдельные годы.

3. Слабая заносимость — снегозаносы очень редки и не нарушают движения.

Наиболее подвержены снежным заносам железнодорожные линии степной полосы, в особенности районы с более пересеченным рельефом (Донбасс и др.).

Железные дороги средней заносимости располагаются преимущественно в полосе лесостепей и южной части лесной полосы, где леса встречаются лишь отдельными участками и преобладают открытые пространства, а также в районах с частыми оттепелями.

Слабо заносятся железные дороги лесной зоны, где сила ветров меньше, а также в тех частях других зон, где снежный покров незначителен по мощности и продолжительности залегания.

В табл. 20 дается перечень железных дорог по степени заносимости [50].

СНЕГОНАКОПЛЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РЕЛЬЕФА И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Под влиянием ветров и метелей снег почти непрерывно перемещается с места на место, исчезая с одних участков и скапливаясь в виде сугробов на других. Такая подвижность снежного покрова чрезвычайно осложняет пользование им, но вместе с тем позволяет посредством простейших мероприятий регулировать снегонакопление.

Различные степени заносимости на ряде железных дорог

Сильная заносимость	Средняя заносимость	Слабая заносимость
Юго-восточные — почти полностью Южные — в большей части Донецкие — в большей части Рязано-Уральская — в большей части Самаро-Златоустовская — в большей части (кроме вост. районов) Московско-Курская — в южной половине Московско-Казанская — в южной половине Сызрано-Вяземская — в отдельных участках Московско-Киево-Воронежская — в отдельных участках Кировская — северный участок	Юго-западные — почти полностью Западные — почти полностью Московско-Киево-Воронежская Пермская — почти полностью Сызрано-Вяземская — западный участок Донецкая — западный участок Кировская — южный участок Нижегородская — Котельническая линия	Северные — почти полностью Моск.-Балт.-Белор. — почти полностью Октябрьская — почти полностью Моск.-Казанская — северные линии Северо-Кавказские — центр. и южные линии Закавказские — кроме горных участков

Во многих отношениях снежный покров напоминает сыпучие пески пустынь, однако полной аналогии перевевания снега и песков нет. Песчаные накопления способны непрерывно передвигаться, пока растительность не укрепит их своими корнями. (При образовании снежных накоплений (сугробов) снег обычно настолько уплотняется, что дальнейшее его перевевание приостанавливается. Сформировавшееся снежное накопление в виде сугроба, карниза и пр., за очень редкими исключениями, уже остается до того момента, пока не стает. Подвергается развеванию почти исключительно еще не переотложенный снежный покров.

Распределение снежного покрова в значительной степени зависит от характера рельефа и характера растительности.)

Как общее правило можно указать, что (чем больше расчленен рельеф, тем неравномернее распределяется снежный покров.

На нерасчлененных равнинах снег лежит относительно ровным слоем и тает более или менее равномерно. Распределение снега в таких местах зависит главным образом от характера растительности, о чем будет сказано ниже. В равнинах,

расчлененных долинами, оврагами и балками, уже значительная часть снега сносится с водоразделов в овраги или долины. По наблюдениям Нефедова [57], на Кузнецком опытном поле (Саратовская область) около 20% всего снега сдувается с полей в овраги. Поля при таянии весной обнажаются значительно ранее оврагов; отдельные же сугробы лежат в овраге весьма долго, а в более северных районах (Мурманская обл., Архангельская обл.) на крутых склонах долин снег в сугробах не растаивает в некоторые годы даже в течение всего лета. Наиболее пестрое распределение снега в результате перевеивания его ветрами образуется в горах с очень сложным рельефом и в открытых тундровых пространствах Крайнего Севера, где ветры достигают большой силы и снег вследствие господствующих низких температур находится в рыхлом и сухом состоянии. Здесь повсюду, на ряду с участками, лишенными снежного покрова, можно наблюдать громадные скопления снега в углублениях рельефа, достигающие мощности многих метров.

При перераспределении снежного покрова решающее значение имеет экспозиция форм рельефа по отношению к направлению господствующих в зимние месяцы ветров. Обычно наименьшей мощности покров наблюдается на вершинах небольших возвышенностей и на крутых склонах, обращенных к ветру (наветренных). Средней мощности снег встречается на ровных пространствах плоских водоразделов или же на ровных пространствах между возвышенностями. Наибольшей мощности снег достигает на подветренных склонах возвышенностей и в отрицательных формах рельефа. В местах, где ветры в течение зимы выдерживают устойчиво свое направление, такое распределение снега выражено особенно хорошо. В местах, где направление зимних ветров непостоянно, такой правильности в распределении мощности снега по элементам рельефа не замечается. Чем чаще и резче переломы в рельефе, обуславливающие завихрения воздушных струй при ветре, тем большую пестроту в мощности имеет снежный покров.

На более или менее однородных склонах направление и скорость ветра почти одинаковы [17].

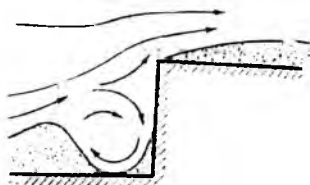
Рассмотрим распределение снега на некоторых элементарных формах рельефа.

1. Отвесная стенка (обрыв), обращенная к ветру (наветренная). Вследствие завихрения ветра у основания стенки получается жолоб выдувания. Снег из жолоба выбрасывается навстречу ветру, образуя сугроб. Над краем обрыва мощность снега уменьшается благодаря сдуванию (фиг. 1).

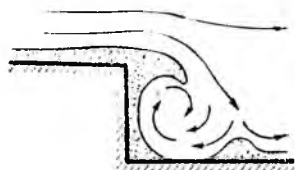
2. Отвесная стенка (обрыв), обращенная от ветра (заветренная). У края обрыва образуется клювовидный снежный козырек, иногда изогнутый книзу. У основания обрыва образуется также сугроб, наметенный вихрями у подножия обрыва.

На небольшом расстоянии от обрыва жолобообразный выдуй, за которым вновь сугроб, наметенный снегом с обрыва (фиг. 2).

3. Ров, огражденный обрывистыми склонами (окоп, крутосклонный овраг). Распределение снега аналогично комбинации



Фиг. 1. Схема снегонакопления у отвесной стенки, обращенной к ветру



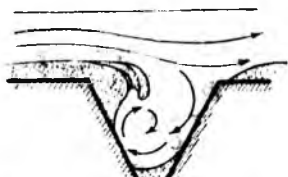
Фиг. 2. Схема снегонакопления у отвесной стенки, обращенной от ветра

двух первых случаев (фиг. 3). В случае переноса большого количества снега и неглубокого рва клювовидный карниз может перекрыть весь ров, и в таком случае происходит образование снежного моста или полный занос рва снегом.

4. Ров, огражденный более отлогими склонами (железнодорожная выемка, долина ручья, речки и пр.) — фиг. 4. Характер распределения наноса близок к случаю 3, но заносимость



Фиг. 3. Схема снегонакопления у рва, огражденного отвесными склонами

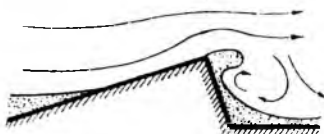


Фиг. 4. Схема снегонакопления у рва, огражденного отлогими склонами

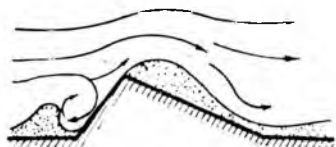
таких форм рельефа значительно меньшая, чем с отвесными склонами. На заветренной стороне образуется сугроб с козырьком-завитком, подветренный склон лишен снега. Нарастание сугроба в заветренном склоне может привести ров к полному заносу. Ранее и чаще всего заносятся неглубокие рвы. С определенной глубины выемки могут считаться незаносимыми, что зависит не столько от того, что нехватает снега для полного заноса, сколько от возникающих в глубоких выемках завихрений, выбрасывающих снег из выемки и вызывающих пронос снега над ними. Для различных районов глубина незаносимых выемок различна. По данным наблюдений на выемках железных дорог юго-востока Европейской части СССР, выемки с полукторными откосами считаются незаносимыми, начиная

с 9—12 м глубины [87]. По другим железным дорогам выемки с нормальными откосами (полуторными) считаются незаносимыми при глубине: Октябрьская — свыше 4 м, Московско-Виндаво-Рыбинская, Московско-Брестская, Харьковско-Николаевская — свыше 6 м, Московско-Курская — свыше 8 м, Юго-западные, Московско-Киево-Воронежская — свыше 10 м, Южные — от 10 до 17 м, Тамбов — Саратов — от 12 до 13 м.

На Донбасской железной дороге крутые выемки (при отношении основания к высоте 1:10) не заносятся при глубинах от 6 до 7 м. Подробнее об этом см. специальные работы Долгова [18] и Карейши [35, 36].



Фиг. 5. Схема снегонакопления у узкой гряды с пологими склонами, обращенными к ветру, и крутым заветренным



Фиг. 6. Схема снегонакопления у узкой гряды с крутыми склонами, обращенными к ветру, и пологим заветренным

Для ограждения заносов мелких выемок в железнодорожной практике применяются кавальеры из земли, вынутой из выемки, увеличивающие их высоту.

Рвы и выемки, вытянутые по направлению господствующих при метелях ветров, наименее опасны, вытянутые под углом к господствующим ветрам до 15° — не опасны, под углом от 15 до 30° — мало опасны, свыше 30° — опасны, свыше 75° — наиболее опасны. Снежные заносы на железных дорогах в пересеченных оврагами и лесных местностях обычно не образуются, редко встречаются в речных долинах и чаще — на водоразделах и на широких ровных местах.

5. Узкие гряды с пологим склоном, обращенным к ветру и крутым заветренным (фиг. 5). Пологий склон не заносится; у вершины в сторону заветренного крутого склона образуется клювовидный карниз, основание крутого склона занесено снегом.

6. Узкая гряда с крутым склоном, обращенным к ветру, и пологим заветренным (фиг. 6). Перед крутым склоном за жолобом выдувания образуется сугроб с острым ребром. На пологом склоне — нарастающий к основанию снежный покров.

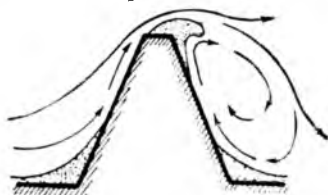
7. Равносклонная невысокая гряда (железнодорожная насыпь) — фиг. 7. Отложения образуются лишь у основания гряды. На вершине снег сдувается. Высота гряды (насыпи на железной дороге) в 1—2 м гарантирует вершину от заносов.

8. То же, но высокая (фиг. 8). Распределение снега такое же, но на вершине образуется сугроб.

9. Небольшая отдельная возвышенность (холм, бугор, стог и пр.) — фиг. 9. На подветренной стороне за небольшим



Фиг. 7. Схема снегонакопления у равносклонной невысокой гряды

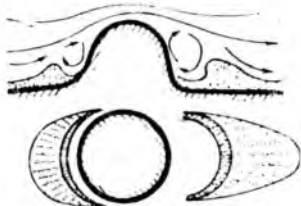


Фиг. 8. Схема снегонакопления у равносклонной высокой гряды

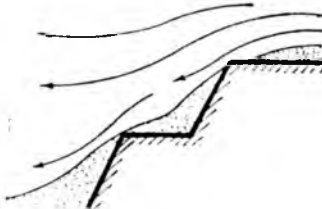
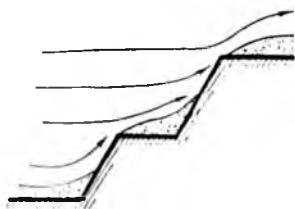
жолобом выдувания откладывается плоский языкообразный сугроб шириной, равной основанию холма с крутым склоном, обращенным к холму и постепенно утоньшающимся в противоположную сторону. В наветренной стороне при достаточной крутизне образуется жолоб выдувания.

10. Террасообразные уступы на склоне долин (фиг. 10 и 11). Снежный покров сглаживает резкие перегибы склонов, выравнивая склон. На более резких перегибах снег сдувается.

Высокие насыпи и глубокие выемки, как было указано выше, не опасны в отношении заносов. До недавнего времени считалось, что наиболее опасными в отношении заносов участками являются мелкие выемки и «нулевые места», т. е. такие участки пути,



Фиг. 9. Схема снегонакопления у отдельной небольшой возвышенности



Фиг. 10 и 11. Схема снегонакопления на террасообразных уступах

где железнодорожное полотно находится на уровне окружающей местности. В результате специальных наблюдений и теоретических исследований этого вопроса Хргиан [75], Казаченко и Лященко [27] пришли к выводу, что «нулевые места» и малые выемки самоочищаются от снега и не требуют снегозащитных мероприятий.

На автомобильных и автогужевых дорогах на основании наблюдений принято считать в среднем [24]:

1) сильнозаносящими: а) выемки глубиной от 0 до 6 м и б) насыпи высотой до 0.6 м;

2) слабозаносящими: а) выемки глубиной от 6 до 8.5 м, б) насыпи высотой от 0.6 до 1 м;

3) незаносящими (относительно): а) выемки глубиной свыше 8.5 м и б) насыпи высотой свыше 1 м.

Данные эти, однако, очень приблизительны, так как снегозаносямость зависит от целого ряда местных особенностей.

В условиях равнинного рельефа распределение мощности снежного покрова определяется характером растительности. Многочисленные наблюдения, произведенные в различных районах, вполне согласно говорят за то, что наибольшее количество снега задерживается в мелких кустарниках, у опушек леса и в молодых лесах. В открытом поле и на пашне снег, как правило, в значительной мере сметен и имеет меньшую мощность.

По нашим наблюдениям под Москвой средняя мощность снега в марте равнялась (в см):

	1937 г.	1938 г.		1937 г.	1938 г.
На пашне и луге	20	38	В лесу	39	50
На опушке леса	41	—	В кустарнике	45	56

Снег на полях и открытых пространствах обычно бывает сильно уплотнен, а в лесу лежит рыхлым слоем. Несмотря на меньшую мощность снежного покрова, в поле обычно запас воды в снеге значительно больше, чем в лесу. Объясняется это тем, что кроны деревьев задерживают значительную часть выпадающего снега, который испаряется, не достигнув земли. Чем гуще кроны деревьев и гуще древостой, тем большее количество снега задерживается на ветвях. Так, по Нестерову [56], в подмосковных лесах задерживается в кронах деревьев и не достигает земли в березовом лесу 4—5% всего снега, в сосновом 20—35%, в ельниках 50—55%. Особенно большое количество снега задерживается на ветвях при выпадении снега с температурой, близкой к 0°. Липкий снег, облепляя ветви деревьев, нередко настолько перегружает кроны деревьев, что стволы их ломаются. Так, осенью 1903 г. в пределах Черниговской области в результате мокрого снегопада были сломлены сосны в 60—70 лет, молодые же насаждения представляли кучи хлама [13].

В открытых местах на участках с сохранившимся травостоем снег скапливается в большом количестве, в то время как на участках со скошенной или вытравленной скотом травой снег почти отсутствует и заменяется лишь ледяной коркой; участки с нескошенной травой или с оставленными на зиму

стеблями кукурузы, подсолнечника, гаюляна представляют собой сплошной сугроб. Такой же сугроб представляют и густые кустарники, разбросанные среди полей.

Зависимость распределения снежного покрова от характера растительности позволила построить систему простых мероприятий в сельском хозяйстве для удержания снега, а следовательно, и влаги на полях (оставление на полях стеблей растений, установка снопов для задержания снега и т. п.). Эти мероприятия позволяют накапливать снег в тех местах, где влаги нехватает (на сухих водоразделах и пр.), т. е. регулировать снегонакопление.

МЕТОДЫ СНЕГООБОРБЫ И СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ

В условиях военных действий распределение толщины снежного покрова приобретает особенное значение.

Прежде всего толщина снежного покрова сильно отражается на скорости движения всех видов транспорта и подвижности войск, а при известных пределах делает невозможным применение отдельных видов транспорта. Данные [52, 69, 88] о влиянии различной мощности сухого снега средней плотности (около 0.25) на условия передвижения видны из табл. 21.

Таблица 21

Мощность снежного покрова в см	Условия передвижения вне дорог
До 10	Не составляет препятствия движению как пехоты, так и всех видов транспорта
Свыше 10	Устанавливается санный путь. Самолеты сменяют колеса на лыжи. Возможно применение лыжных частей
» 20	Значительное замедление движения пехоты без лыж
» 30	Движение пехоты стесняется до 2—3 км/час. Предел движения автомашин; конница передвигается с трудом и, как правило, ведет боевые действия в пешем строю, артиллерия на колесах теряет маневренность, тяжелые и средние танки еще движутся без потери скорости, но малые танки преодолевают с трудом
» 40	Предел движения по целине гусеничных тракторов и танкеток. Скорость танков не превышает 10—14 км/час
» 50	Практический предел действия танков без дополнительных приспособлений. Скорость танков 6—10 км/час. Предел использования в марше конницы и пехоты, кроме лыжных частей
» 60	Скорость танков 5—6 км/час
» 70	Скорость танков до 5 км/час
» 80	Скорость танков до 3 км/час. Предел действия танков при плотном снеге
» 100	Предел действия танков при рыхлом снеге

Приведенные данные очень приблизительны и условны, так как в них не учтены ни свойства снега (его плотность, твердость, влажность, скользкость, рассыпчатость, зернистость и пр.), ни применяющиеся типы транспорта (различные типы автомашин, тракторов, танков и пр.), ни характер уклона пути, ни ряд других условий, определяющих скорость передвижения.

Все это чрезвычайно усложняет указанную зависимость условий передвижения от толщины снежного покрова. Так, например, толщина рыхлого снега в 1 м не препятствует движению железнодорожных поездов, в то время как толщина в 15 см очень плотного снега уже останавливает движение паровоза. Ледяная корка на поверхности снега, независимо от толщины последнего, чрезвычайно затрудняет передвижение пехоты и заставляет отказаться от применения конной тяги, так как лошади режут об нее ноги и выходят из строя.

Все же приведенные данные о проходимости снега различной толщины могут служить как оправдывающие, требующие внесения поправочного коэффициента на свойства снега, уклоны, тип транспорта и пр.

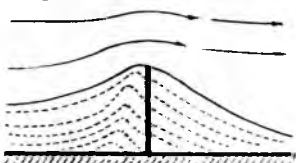
Неравномерное распределение снега создает для транспорта дополнительные препятствия в виде сугробов снега, образующихся у опушек леса, в кустарниках, около заборов, на окраинах населенных пунктов и т. п. Снег нивелирует неровности рельефа, засыпая ямы и мелкие овражки, создавая также скрытые препятствия. При устройстве позиций и различного рода фортификационных сооружений приходится учитывать, что снег засыпает окопы, огневые точки, наблюдательные пункты, препятствия и другие оборонительные сооружения. Минные поля, занесенные снегом, в значительной степени обезвреживаются. Чтобы восстановить нарушенную систему огня и заграждений, приходится нередко переделывать старые или создавать совершенно новые сооружения. Снежные заносы создают большую дополнительную работу по очистке от снега окопов и ходов сообщений. Вместе с тем, учитывая законы снегонакопления и зная преобладающее направление зимних ветров, а также условия рельефа и растительности, можно в значительной мере избежать заносимости оборонительных сооружений.

Используя большую подвижность снега, можно путем несложных мероприятий создать искусственные снежные преграды или в виде полос повышенной толщины снежного покрова или в виде снежных валов, составляющих препятствие для передвижения неприятеля. Во многих случаях вместо снегонакопления приходится изыскивать способы снегоборьбы. Особенно много этими вопросами занимались транспортные организации в связи с заносами железных дорог и грунтовых путей сообщения. Имеется огромная литература по этим вопросам. Способы сне-

гоборьбы в основном построены на принципе задержания снега в стороне от пути различными преградами (заборы, щиты, живые изгороди и пр.) и недопущении его отложений на дороге. В практике нашли применение разнообразные типы снегозащитных приспособлений, анализ действия которых имеется в специальных работах Долгова [18], Карейши [35, 36], Дубинского [20], ДОРНИИ [24] и др.

Наиболее распространены и проверены следующие приспособления.

1. Сплошные досчатые вертикальные щиты (заборы) имеют малое применение, так как они быстро «отрабатываются» и,



Фиг. 12. Схема снегонакопления у сплошного забора



Фиг. 13. Схема снегонакопления у наклонного щита

кроме того, тяжелы и плохо сопротивляются ветру. Сплошной щит вначале собирает перед собой (с наветренной стороны) снег в виде отлогого ската. Между сугробом и щитом образуется жолоб выдувания, достигающий в ширину около половины высоты щита; при положении забора под углом 45° к направлению ветра жолоба у забора не образуется. В зависимости от силы ветра скат сугроба колеблется в пределах $1/5 - 1/12$. Когда сугроб достигает высоты щита, жолоб засыпается снегом и начинается накопление снега у заветренной стороны щита (фиг. 12). После того как сугроб достигнет высоты забора и в заветренной стороне снег может свободно перекатываться через сугроб, действие щита прекращается.



Фиг. 14. Схема снегонакопления у ветроотражательного щита

2. Сплошные наклонные щиты (заборы). При наклонном (по ветру) положении щита снег с наветренной стороны образует плоский и отлогий сугроб, достигающий половины высоты щита и несколько выше. Жолоба выдувания в этом случае не образуется. С подветренной стороны гребень сугроба находится под вершиной забора, у самого же основания забора снег не ложится (фиг. 13).

3. Приподнятые ветроотражательные сплошные щиты не образуют сугроба, но содействуют удалению снега из-под него (фиг. 14). Ветер, отраженный щитом, направляется под острым углом в выемку и выдувает из нее почти весь снег, не давая ему осаживаться. Это — щиты выдувания.

4. Сквозные щиты — наиболее распространенные типы щитов — состоят из деревянных планок с просветами. Сквозные щиты более устойчивы и собирают большие отлогие сугробы по обе стороны щита. В наветренной стороне щита накапливается широкий и плоский сугроб. Вблизи щита снегонакопления не происходит. В заветренной стороне щита происходит наибольшее снегонакопление, причем сугроб обычно имеет клювовидный гребень. Когда гребень в заветренной стороне достигнет $\frac{3}{4}$ или полной высоты щита, начинается заполнение выемки у щита, и снег будет переходить через препятствие (фиг. 15).

Разница в действии сквозных щитов с горизонтальными или вертикальными планками почти неуловима. По некоторым на-



Фиг. 15. Схема снегонакопления у сквозного забора (щита)



Фиг. 16. Схема снегонакопления при перестановке щитов

блюдениям щиты с вертикальными планками вызывают, правда, несколько большее накопление снега и большую его плотность. Главное значение в щите имеет ширина просветов между планками. Чем шире просветы и чем свободнее проходит ветер сквозь щит, тем меньшими становятся передние отложения, но зато тем шире и больше становятся отложения задние. При более сильных ветрах задние отложения увеличиваются как по объему, так и по ширине, а передние становятся более короткими и крутыми. Наивыгоднейшей шириной просветов считаются: для юга — занимающие площадь 25% щита, для Сибири — 40 и 50%. Когда щит уже перестает оказывать накапливающее действие, его перестанавливают на вершину сугрба.

Путем повторной перестановки щита на вершину вала можно достичь образования высокого и узкого снежного вала с крутыми склонами (фиг. 16). Вал шириной в 5—6 м при высоте 1.5—2 м служит надежным ограждением против танков.

Валы меньшей ширины могут быть использованы в качестве снежных брустверов. Ширина бруствера из рыхлого снега должна быть не менее 3 м, из плотного же не менее 2 м.

Насколько быстро идет снегонакопление у щитов, можно видеть из наблюдений действия щитов во время сильной бури. Нормальный, применяемый на железной дороге щит высотой и шириной в 1.5 м с общей площадью просветов, равной половине щита, собирает в течение часа до 1.75 м³ снега.

Переставляя щит не на вершину вала, а на передний или задний его склон, можно достичь более равномерного накопления снега на большой площади. Снег, собранный щитами в сугроб, отличается высокой плотностью. По данным Дубинского [20], при средней плотности снега в поле 0.285, плотность снега вблизи щита достигает следующих размеров:

В 15 м перед щитом	0.290
» 0.28 м перед щитом в жолобе	0.360
» 1.6 » за щитом	0.400
» 4.26 » » »	0.360
» 5.75 » » » (под гребнем)	0.360
» 7.46 » » » » »	0.354

Так как при плотности выше 0.35 снег уже выдерживает тяжесть человека, то сугробы на всем протяжении проходимы для пешехода.

В железнодорожной практике, кроме переносных и постоянных заборов и щитов, широкое применение получили снежные стенки и валы, а также живые изгороди из различных пород деревьев. В существующей по этому вопросу обширной литературе имеется подробная характеристика действия различных пород деревьев, способ посадки и т. п. [16, 17, 18, 20, 24, 25, 35, 36, 72, 87].

В особо опасных в отношении снегозаносов участках и особенно в горных районах, где встречаются частые снежные обвалы и лавины, устраиваются над дорогами крытые галереи или туннели, а также различные противолавинные сооружения (лавинорезы, направляющие лавины стенки и пр.).

Свободные формы снегонакопления. В результате перемещения снега поверхность его лишь недолгое время после снегопада остается ровной. Первый же ветер обычно перерабатывает поверхность, создавая различные поверхностные образования — это свободные формы снегонакопления. Все свободные формы снегонакопления по форме и способу своего образования могут быть разделены на две основные группы: поперечные и продольные по отношению к ветру. Поперечные формы образуются обычно при ветрах средней силы и значительном количестве участвующего в движении рыхлого снега. Продольные формы образуются при сильном порывистом ветре, когда воздушные струи ветра имеют различные скорости при небольшой массе перемещаемого снега. К типу поперечных образований относятся снежные волны (заструги) и снежная рябь; к продольным — снежные барханы и языковые накопления. Конечно, между этими основными формами существует большое количество промежуточных форм.

Снежные волны, или «заструги», наиболее распространенная форма снежной поверхности. Обычно снежные волны

образуются при низких температурах воздуха из сухого порошкообразного или зернистого снега. Чаще всего такие волны образуются при выпадении свежего сухого снега на плотной поверхности снежного наста или на ледяном покрове рек и озер. Волны из снега обычно довольно резко выделяются своим чисто белым цветом на сероватом фоне подстилающего их наста или льда. По сравнению с песчаными дюнами скорость движения снежных волн в 10 раз более (около 5 см/мин). Обычно снежные волны имеют менее резкие, как бы приплюснутые формы, извилистое расположение и извилистый профиль гребня. По наблюдениям Корниша, длина волн колебалась от 5 до 10 м при высоте 18 см. Снежными волнами на обширных равнинах широко пользуются в качестве ориентира в пути. Зная направление создавшего волны ветра, можно в пути пользоваться расположением волн как компасом.

Снежная рябь образуется обычно при менее сильных ветрах, из менее сухого и летучего снега, имеющего обычно среднезернистую структуру. Снежная рябь создает частую, но мелкую волнистость. Длина волны 20—80 см, высота 20—25 см. Нередко волны снежной ряби имеют острый гребень.

Снежные барханы — более редкое образование, чем волны и рябь. Обычно образуются на гладкой, очень плотной поверхности наста или льда при небольшом количестве свежеснежавшего крупчатого или зернистого снега. Снежный бархан имеет форму полумесяца, обращенного рогами по направлению ветра с крутым наветренным и пологим наветренным склоном. От песчаных барханов отличается более уплощенной формой и значительно большей подвижностью.

Языковые наносы, так же как и барханы, образуются на плотном основании продольными струями воздуха, но отличаются от последних отсутствием тылового крутого склона и овальной формой. Представляют собою небольшой сугроб овальной формы с длинной осью, ориентированной по ветру, и пологими, падающими во все стороны склонами. Передвигаются медленнее барханов. Толчком к образованию такой формы наносов обычно служит какое-либо небольшое препятствие (пучок торчащей из-под снега травы, комочек снега и пр.).

Снежные катыши. Весьма своеобразная форма отложения, иногда образующаяся при очень сильном ветре, влажном, липком снеге и температурах воздуха выше 0°. Катыши имеют форму цилиндра или конуса, но иногда и шара, величиной до 50—100 см. Представляют собою снежный ком, катящийся ветром по снегу, в результате чего слои снега, прилипающие к кому, облепляют его, увеличивая его размеры. Чаще такие катыши образуются на наклонных поверхностях. За комом виден след его движения в виде жолоба в снегу.

Своеобразные формы принимает снег, выпадающий в тихую

и теплую погоду, на возвышающихся предметах в виде шапок (на пнях), карнизов, гирлянд и т. п. Эти образования способствуют маскировке бойцов в лесу или на вырубках.

Около деревьев, пней, кустиков и даже небольших травинки обычно образуется в заветренной стороне треугольный нанос в виде ветровой тени, вытянутый по направлению ветра. Эти ветровые наносы, так же как и заструги, могут служить для ориентировки в редком лесу или в поле вместо компаса.

V. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СНЕГА

Снежный покров, состоящий из снежинок и ледяных кристаллов и большого количества заключенного между ледяными кристаллами воздуха, отличается весьма плохой теплопроводностью. Снег плохо пропускает тепло из почвы и холод из атмосферы. Теплопроводность снега зависит от его плотности, т. е. от структуры, и воздухосодержания. Рыхлый снег, содержащий большое количество воздуха между частицами снега, более плохой проводник тепла, чем плотный. По исследованиям Абельса [1], коэффициент теплопроводности снега пропорционален квадрату его плотности, а именно $k = 0.0067 d^2$ кал./см² сек., где d — плотность снега (в системе CGS).

Пользуясь формулой Абельса, можно вычислить теплопроводность снега при различных плотностях (табл. 22).

Т а б л и ц а 22

Коэффициент теплопроводности снега при различных плотностях

Плотность снега	$t = 1^\circ\text{C}$ (мин/см)	$r = 1^\circ\text{C}$ (сутки/см)
0.05	0.0010	1.44
0.10	0.0040	5.76
0.15	0.0091	13.10
0.20	0.0162	23.30
0.25	0.0254	36.56
0.30	0.0365	52.50
0.35	0.0497	71.50
0.40	0.0650	93.60
0.45	0.0822	118.20
0.50	0.1015	146.20
0.90 (лед)	0.3289	473.00

Бликие данные для теплопроводности снега получил Янсон [97], предложивший для вычисления коэффициента теплопроводности следующую формулу:

$$k = 0.00005 + 0.0019d + 0.006d^4.$$

Теплопроводность снега также зависит и от его влажности. По Нидердорферу теплопроводность снега оказалась: свежего 0.0003, промерзшего 0.0004, мокрого 0.0008.

По сравнению со снегом (плотностью 0.35) чистый лед имеет теплопроводность, равную 122% проводимости снега.

Плохая теплопроводность снега обуславливает чрезвычайно медленный теплообмен между почвой, покрытой снегом, и атмосферой. Под рыхлой толщей снега, несмотря на значительные морозы, почва остается незамерзшей, и растения легко перезимовывают. Предохраняющее влияние снега сказывается даже при толщине слоя рыхлого снега в 1 см; при толщине слоя в 20 см короткие морозы сквозь снег почти не оказывают влияния на температуру почвы, нужны продолжительные морозы, чтобы почва под этим слоем снега промерзла. При резком охлаждении поверхности снега наибольшие разности в температуре наблюдаются в поверхностном слое до глубины 5 см, где они достигают, по данным Тольского, 2.12° на 1 см углубления. В более глубоких горизонтах температурный градиент резко уменьшается, что можно видеть из табл. 23.

Т а б л и ц а 23

Изменение температуры в снежном покрове

Глубина в см	На 1 см глубины в $^{\circ}\text{C}$
0—5	2.12
5—9	0.55
9—24	0.35
24—34	0.28
34—44	0.16

При дневном нагревании в поверхностном горизонте 0—5 см градиент значительно меньше, чем при охлаждении, всего 0.64° . В более глубоких горизонтах он того же порядка, что и при охлаждении, а именно: на глубине 5—9 см — 0.62° ; на глубине 24 см — 0.22° и т. д. Суточные колебания температур проникают в толщу снега лишь на 25 см, глубже температура в течение суток мало изменяется.

Наибольшие суточные амплитуды температур наблюдаются на поверхности — 29.8° , на глубине 5 см — 16.0° , 9 см — 11.3° , 24 см — 2.7° , 44 см — 0.8° .

Изменения температуры снега вследствие плохой теплопроводности следуют за изменениями температуры воздуха со значительным запозданием.

Плохая теплопроводность снега приводит к следующему.

1. Малая теплопроводность снега определяет малую глубину промерзания почвогрунтов под снегом. В местах скопления мощных снегов всегда можно ожидать или полное отсутствие мерзлого слоя зимой или же незначительную его мощность, в то время как лишенные снега участки обычно зимой глубоко промерзают. Это обстоятельство необходимо принимать во внимание при всякого рода земляных военно-инженерных и иных работах.

2. Пользуясь методами снегозадержания и снегоборьбы, можно в любом участке при помощи снега создать условия малой промерзаемости грунта или, если это понадобится, увеличить толщину промерзшего слоя грунта. Иначе говоря, с помощью снега мы имеем возможность регулировать глубину промерзания почво-грунтов.

3. Снег — хорошая защита от холода. Этим пользуются охотники, устраивая ночлег в снежном сугробе. Пещеры, вырытые в сугробах у крутых склонов оврагов или каких-либо препятствий, могут обеспечить температуры порядка $-2, -4^{\circ}$ при больших морозах на воздухе.

В эскимосских хижинах «иглу», сложенных из снежных кирпичей, поддерживается внутри сравнительно высокая температура. По сообщению одного из полярных путешественников, при температуре воздуха до 52° ниже нуля внутри «иглу» было настолько тепло, что ему пришлось снять с себя верхнюю одежду.

Жилища и помещения, сложенные из снега, обладают изо-термичностью, т. е. в них поддерживается равномерная температура.

Снежные жилища могут не только защитить от сильных зимних ветров и буранов, но позволяют кострами или печками поддерживать в них положительную температуру. Опыт показывает, что в утепленных снежных хижинах таяние происходит лишь в незначительном слое по стенкам и потолку хижины, толстые же снежные стены сохраняют при морозах низкие температуры.

4. Вследствие плохой теплопроводности снежный покров оказывает большое влияние и на льдообразование в водоемах (озерах, реках и др.). Так, по данным Сперанского [71], на Онежском озере при ясной и тихой погоде и средней температуре воздуха -10° за сутки образуется корка льда около

56 мм. Снег, наметенный на свежий лед, даже в количестве 5 мм, при прочих равных условиях понижает толщину образовавшейся корки до 40 мм. Участки водоемов, лишенные снежного покрова, имеют толщину льда значительно большую, чем участки с мощными снежными покровами.

Быдин [8] вывел следующую формулу нарастания льда в зависимости от толщины снега:

$$E_{\tau} = \frac{3.68}{1+2e} \sqrt{\Sigma t}$$

и для среднемесячных значений толщины:

$$E_{\text{ср}} = \frac{20}{1+2e} \sqrt{\Sigma t_1},$$

где e — толщина снега,

E — толщина льда,

Σt — сумма среднесуточных температур воздуха от начала ледостава,

Σt_1 — сумма среднемесячных температур воздуха от начала ледостава.

При помощи снега таким образом можно регулировать и толщину льда на водоемах. Расчищая, например, снег на месте переправы через водоем, можно достичь значительно большей толщины льда, не прибегая к трудоемкому намораживанию поливами. Создавая искусственно накопление снега на отдельных участках, можно создать слабые участки в ледяном покрове, непроходимые для тяжелого транспорта. Грузоподъемность льда в водоемах в значительной мере зависит от характера льда и температуры воздуха во время переправы.) В качестве первого приближения можно все же указать ориентировочные нормы толщины льда, достаточные для переправы (табл. 24).

В среднем можно считать [88], что толщина льда на переправах должна достигать:

для малых танков	30 см
» средних »	60 »
» тяжелых »	70—100 см

РАДИАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Снежный покров обладает исключительной отражательной способностью. По наблюдениям Калитина [30], в районе геофизической обсерватории в г. Слуцке Ленинградской области из всего количества поступающей на снежную поверхность солнечной энергии отражается в мировое пространство от 80 до 89%. В арктических областях, где снежный покров отличается исключительной чистотой, отражение солнечных лучей

Грузоподъемность ледяного покрова реки по Смирнову [69]

Г р у з	Общий вес в т	Давление в т		Наимень- шая тол- щина льда в см	Наименьшее расстояние между грузами в м
		на зад- нюю ось	на перед- нюю ось		
Одиночный боец	0.1	—	—	5	5
Пехота в колонне по 2 чел.	—	—	—	7	7
Пехота в колонне по 4 чел.	—	—	—	10	10
Одиночный всадник . . .	0.5	—	—	10	10
Конница в колонне (по 2 чел.)	—	—	—	15	15
Конница в колонне (по 4 чел.)	—	—	—	20	20
Двуколка	0.5	—	—	12	12
Патронная двуколка . . .	0.8	—	—	15	15
Колесные грузы до	3.5	2.75	0.75	25	15
	6	4	2	30	20
	10	7	3	40	25
	15	10	5	60	30
	3.5	—	—	20	15
Гусеничные грузы до . . .	10	—	—	30	20
	12.5	—	—	40	25
	25	—	—	60	40
	45	—	—	70	50

достигает еще больших величин. Так, по данным Н. Т. Черниговского [76, 77], в апреле 1935 г. на о. Уединения отражение достигало 94% всей поступившей солнечной энергии.

Для сравнения приведем некоторые средние числа (в%), характеризующие отражение лучей от различных тел:

Морской лед	40—60	Гумус	26
Известь гашеная	43	Трава зеленая	26
Песок белый кварцевый . 34		» сухая	19

Почвенный покров, лишенный снежного покрова, отражает в зависимости от характера поверхности от 10 до 30% солнечной и рассеянной радиации.

Количество отраженных лучей зависит как от угла падения солнечных лучей, так и от плотности снега, состояния его поверхности и многих других условий.

Свежевыпавший снег отражает от 70 до 95% падающей энергии, в то время как лежалый старый снег — от 30 до 50%.

Значительно меньше отражается лучей от мокрого снега. С началом таяния весной и с появлением на поверхности вытаявшей пыли и коפותи способность снега отражать лучистую

энергию резко сокращается, что можно видеть из данных Черниговского (в %):

	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
Остров Уединения . .	87	88	84	68	58
Мыс Челюскин . . .	87	87	85	80	52

Сильное отражение солнечных лучей приводит к тому, что зимой при снежном покрове условия наблюдения и стрельбы резко изменяются, так как отраженные солнечные лучи ослепляют бойца. Это обстоятельство необходимо иметь в виду при выборе времени для наступательных операций. В Арктике и горных районах, где прозрачность воздуха и отражательная способность снега очень велика, развиваются даже глазные заболевания, что заставляет применять темные очки. Кроме того, белый фон скрадывает расстояния и затрудняет определение дистанций. В ясный день удаленные предметы на снегу кажутся близкими, в пасмурную же погоду — наоборот.

Снежный покров значительно увеличивает также и освещенность, особенно при низком положении к горизонту солнца.

По данным Калитина [30], увеличение освещенности рассеянным светом безоблачного неба горизонтальной поверхности, покрытой снегом или растительностью, достигает следующих размеров.

Таблица 25

Освещенность снега в связи с высотой солнца

		Высота солнца в градусах над горизонтом										
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Освещенность	Без снега (с растит. покровом)	0.5	2.7	4.6	6.1	7.3	8.4	9.5	10.6	11.6	12.6	13.6
	Со снегом	1.5	4.0	5.8	7.2	8.5	9.6	10.8	11.9	12.9	14.0	14.9
Увеличение освещенности при снеге (в %)		220	48	26	18	17	14	13	12	11	11	10

Из данных видно, что в связи с высотой солнца над горизонтом увеличение освещенности при снеге колеблется от 10% при высоте солнца в 50° до 220% при положении у горизонта. Не только днем, но и ночью видимость при снежном покрове значительно большая, чем летом. Каждый знает, что осенью после выпадения снежного покрова сразу становится значительно светлее.

Изменение освещенности имеет громадное значение для аэрофотосъемки и маскировки.

Снежный покров обладает избирательной способностью, отражая большую часть коротковолновой радиации (фиолетовой и ультрафиолетовой), длинноволновую же (тепловую) отражает почти полностью. По данным Калитина [29], отражение лучей от синих до светлокрасных равно 95%, для ультрафиолетовых — 91%, а для темнокрасных — 88%.

В противоположность сухому снегу, мокрый снег отражает ультрафиолетовые лучи меньше, чем темнокрасные. При таянии снега отражение ультрафиолетовых лучей уменьшается еще более.

В связи с отражающей способностью снега находится также явление искристости снега. Снежинки свежевыпавшего рыхлого снега лежат в беспорядке, но среди множества их всегда находятся такие, которые располагаются в одной плоскости и поэтому способны отражать свет одновременно. Это явление и вызывает искристость снега. Изморозь и оттепели затуманивают блестящие грани снежинок, и искристость прекращается. При плотном насте и ледяной корке на снеге вместо искристости появляется сплошной серебристый (шелковистый) блеск, усиливающийся особенно полосой между источником света и глазом наблюдателя [80].

ЦВЕТ СНЕГА И МАСКИРОВКА

Образовавшийся из свежевыпавшего снега снежный покров коренным образом изменяет характер маскировки. Все предметы, окрашенные в буро-желтые и серые осенние тона, особенно рельефно выделяются на белой пелене снега. Белые маскировочные халаты и окрашивание в белый цвет снаряжения, вооружения и обоза достигают хороших результатов лишь при наземном наблюдении, но недостаточно маскируют от авиации, так как на снегу особенно резко и четко видны тени. В связи с этим при снежном покрове приходится принимать меры не только к маскировке самих предметов, но и падающих от них теней.

Бойцам при появлении самолета приходится ложиться или закапываться в снег или размещаться в теневых местах. Благодаря рыхлости снега и резкости теней на снежной поверхности особенно заметно выделяются все следы, поэтому приходится также принимать ряд мер к заметанию следов.

В отношении условий маскировки зиму, по характеру залегания снежного покрова, можно разделить на несколько периодов. Н. Галахов [13] выделяет следующие сезоны в «жизни» снега:

1) сезон предзимья — осенний период временного снежного покрова;

2) сезон стабильного зимнего снежного покрова;

3) сезон пестрого ландшафта, соответствующий периоду разрушения покрова при его таянии весной;

4) сезон послезимья — период выпадения временного снежного покрова после схода постоянного зимнего. Каждый из этих сезонов имеет характерные условия для маскировки военных объектов и войск.

1. **Сезон предзимья.** До установления постоянного снежного зимнего покрова местность неоднократно покрывается снегом, стаивающим во время потепления. Это наиболее трудный период для маскировки, так как предметы, не окрашенные в белый цвет, при первом же снегопаде выделяются очень резко на белом фоне; окрашенные же в белое предметы становятся весьма заметными при сходе временного снежного покрова. Значительно легче условия маскировки в этот период в лесу. Снежный покров в лесу часто образуется за счет осыпания с ветвей инея и изморози раньше, чем в открытых местах. Кроме того, в лесу такой временный снежный покров более устойчив. Обычно в лиственных лесах, потерявших листву, снег ложится более ровным слоем, в то время как в хвойном лесу снег, задерживаясь в кронах, не достигает земли. В результате в хвойном лесу наряду со снежным покровом, покрывающим междукронные пространства, под деревьями еще долго сохраняются темные бесснежные пятна. Наиболее благоприятными местами для маскировки в этот переходный период являются смешанные и хвойные леса. На свежеевыпавшем маломощном снеге все следы выделяются весьма отчетливо, так как снег проминается до подстилающей поверхности, что еще более усугубляет трудности маскировки. При свежеевыпавшем снеге черными пятнами на белом фоне очень рельефно выделяются места разрывов снарядов.

2. **Сезон стабильного зимнего покрова.** Снег покрывает всю территорию все более и более мощным, уже не стаивающим слоем. Снег, выпавший в начале зимы и еще непереверенный ветром, имеет более или менее равномерную мощность и сплошной пеленой покрывает все элементы рельефа. Применяясь к белому снежному покрову, все предметы вооружения окрашиваются в белый цвет, бойцы надевают белые халаты с капюшонами. Хотя следы от передвижения пехоты и транспорта уже менее заметны, так как они обычно уже не проминают всей толщи снега, но при ярком освещении они все же выделяются резкими контурами теней. В целях маскировки приходится заматывать следы, привязывая сзади движущегося транспорта ветви или небольшие ветвистые деревья, заравнивающие глубокие колеи, образовавшиеся в снегу. При-

ходится также принимать меры к ограничению ходьбы и протаптывания излишних тропинок и к периодическому заметанию следов. Снег многое скрывает. Окопы и ходы сообщения, прикрытые хворостом, после первого же снегопада становятся невидимыми; так же становятся невидимыми и различные фортификационные сооружения и всякие следы от земляных и прочих работ. Вместе с тем снег скрывает и различные ловушки, ямы, рвы, минные поля и разного рода искусственные препятствия.

В начале зимы при частых снегопадах и редких оттепелях снег имеет чисто белый цвет. Лишь при различных условиях освещения и цвета неба, обычно в утренние и вечерние зори, снег приобретает различные оттенки (розовый, голубовато-зеленый, фиолетовый); однако и окрашенные белой краской предметы также, хоть и в меньшей мере, приобретают эти оттенки. К концу зимы, чаще всего после сильных оттепелей, снег приобретает грязно-серый оттенок. Особенно резко этот серый цвет обнаруживается при образовании наста. Выпадающий на серый наст чисто белый снег, перевеваемый ветрами, создает резко выделяющиеся белые пятна и полосы (снежные волны, барханы и языковые наносы).

Если окрашенные в белый цвет предметы вооружения и мало заметны с земли, то с воздуха они очень заметны благодаря резким теням, отбрасываемым предметами на белую поверхность снега. Создавая ложные тени на снегу, можно отвлечь внимание воздушного противника. Хорошим средством маскировки в зимних условиях является дым, сливающийся по цвету со снегом.

3. Сезон пестрого ландшафта. Перевеянный и переотложенный зимними ветрами и метелями снег к концу зимы распределяется весьма неравномерно по местности, скапливаясь местами в крупных сугробах, чередующихся с весенними проталинами. Снежные пятна у опушек леса вдоль крутых склонов оврагов и долин образуют обычно белые полосы, чередующиеся с темными полосами проталин. Благодаря этому снежный покров этого сезона часто называют «зебровым». Этот период в отношении маскировки также довольно труден, однако большая устойчивость в распределении снежных сугробов и проталин, большая прочность снега в сугробах и меньшая его белизна несколько облегчают маскировку. В этот период уже могут применяться предметы, как замаскированные под снег, так и под летние цвета.

Тени, падающие от предметов, в этот период также менее заметны.

Так же как и в следующий сезон «послезимья», трудными периодами для маскировки являются временные снегопады, однако они не бывают продолжительными. (Сезон пестрого

ландшафта обычно продолжается 10—15 дней; продолжительность его подвергается значительным колебаниям в различных местностях.

В течение зимнего сезона цвет снега более или менее постоянен, так как периодически повторяющиеся снегопады обновляют снежную поверхность. Лишь в редких случаях отмечается выпадение цветного снега, обогащенного посторонними примесями. Чаще всего выпадение окрашенного снега происходит вблизи границы распространения постоянного снежного покрова. Сильные ветры и пыльные бури заносят иногда пыль с пространств, непокрытых снегом, на значительное расстояние. Такой грязный снег отмечался неоднократно на Украине, в Тамбовской и Калужской обл. В малоснежные зимы нередко снег обогащается пылью с непокрытых снегом обрывов, холмов, кочек и т. п.

Отмечены случаи выпадения снега, окрашенного в различные цвета (желтый, красный, синий, черный). Окрашивание обуславливается различными микроорганизмами [91]. В вулканических областях (например, Камчатка) нередко выпадает снег со значительной примесью вулканической пыли. Наиболее разнообразную окраску приобретает снег вблизи крупных промышленных центров, где из заводских труб в воздух выбрасывается громадное количество копоти, продуктов неполного сгорания различных веществ.

Окрестности различных промышленных, особенно химических, предприятий выделяются цветом снега. По указанному вопросу в литературе не удалось найти каких-либо указаний, однако на основании собственных наблюдений представляется возможным установить, что при авиаразведке по цвету снега можно не только определить местоположение промышленного предприятия, но и его промышленное направление.

В весеннее время, когда редкие снегопады уже не маскируют окраски снега, а вся пыль, осевшая вместе со снегом, начинает вытаивать на поверхность, окраска снега становится наиболее разнообразной.

Цвет снега зависит также и от его структуры. Свежевыпавший снег нередко имеет слегка голубоватый оттенок. Чисто белый цвет имеет мелкокристаллический, уплотненный ветрами снег. Крупнокристаллический весенний снег имеет обычно сероватые или зеленоватые оттенки,

СВЕТОПРОНИЦАЕМОСТЬ СНЕГА

Снежный покров обладает довольно значительной проникаемостью для лучистой энергии и света. По наблюдениям Калитина в г. Слуцке Ленинградской обл., из всего количества радиации, попадающей на снежную поверхность (солнечные

лучи + рассеянная радиация), без учета отражения падающих лучей, проходит сквозь снег при глубине 5 см — 8% радиации, при глубине в 40 см — 0.5%.

Если же отбросить количество отраженной радиации и принять вошедшую в снег радиацию за 100%, то получатся следующие цифры (табл. 26).

Т а б л и ц а 26

Светопроницаемость снега

Толщина снежно- го покрова в см	Прошло лучистой энергии из вошед- шей в снег радиа- ции в %
0	100
3	90
10	20
15	5.5
20	3.2
30	1.7
40	1.2
45	1.0
60	0.7

Проницаемость мокрого снега значительно меньше, чем сухого. Если при сухом снеге сквозь слой в 10 см проходит 20% энергии, при мокром проходит только 2.4%. Свойство мокрого снега задерживать большее количество лучистой энергии способствует его таянию.

Сквозь лед радиация проникает в большем количестве. Так, по наблюдениям Черниговского [76], из общего количества вошедшей в лед радиации проникло на глубине 7.3 см — 48%, на глубине 11.5 см — 44%, на глубине 21 см — 36%, на глубине 42 см — 23%.)

Калитин [31] методом фотографической спектрофотометрии установил следующее пропускание радиации различных длин волн (табл. 27).

Т а б л и ц а 27

Пропускание радиации волн различных длин

Длина волны в мм	322	332	346	366	392	416	438	448
Процент пропускания через снег толщиной в 1 см	12	14	14	15	16	17	19	20
Процент пропускания через лед толщиной в 107 см	—	46	46	51	52	54	52	55

В табл. 27 процент пропускания лучистой энергии для снега вычислен относительно падающей на поверхность снега радиации (без учета отражения). По данным Зауберера, от ультрафиолетовой радиации до длины волн 590 (желтый цвет) прозрачность снега увеличивается, а затем к более длинным волнам вновь уменьшается. Для коротковолновой радиации с увеличением длины волны прозрачность снега увеличивается (табл. 28).

Таблица 28

Спектральная прозрачность снега (по Заубереру)

Длина волны в мм	380	435	475	525	590	630	660	700	735	760
Относительные величины .	79	86	94	99	100	99	99	96	96	95

Световые лучи проникают в толщу снега значительно хуже, чем общая радиация. По наблюдениям Калитина [33] в Слущке, в различные глубины снежного покрова проникло следующее количество света и общей радиации (табл. 29).

Таблица 29

Количество света и общая радиация

Глубина в см	Общая радиация в %	Свет в %
0	100	100
5	—	45
10	20	12
15	5.7	3.5
20	3.2	0.34
25	2.3	0.09
30	1.7	0.03
35	1.5	0.005

Исследование светопроницаемости снега по Калитину [32] показало, что «слой снежного покрова толщиной в 35 см создает вполне достаточную освещенность, чтобы можно было ориентироваться в окружающей обстановке» (табл. 30).

Эти данные могут быть использованы при проектировании различных снежных сооружений. Конечно, на светопроницаемость снега большое влияние оказывают структура снега, его влажность, различные примеси, однако вопрос этот еще совершенно не разработан.

Освещенность в люксах на различных глубинах снежного покрова

Глубина в см	0		10	15	20	25	30	35
Освещенность в люксах . .	100 000	45 000	12 000	3 500	340	90	30	5

ГАЗО- И ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ СНЕГА

Вопрос о газопроницаемости снега почти не освещен в литературе, хотя значение его чрезвычайно велико. Исследования воздухопроницаемости снега производились в Давосе (Швейцария) в физико-метеорологической обсерватории, организованной Комиссией по изучению снега и лавин. Результаты этих исследований в виде обширной монографии о снеге были опубликованы в 1940 г. [99].

Рыхлый и пористый снежный покров несомненно обладает довольно значительной воздухопроницаемостью. Косвенным доказательством этому могут служить те факты, о которых неоднократно сообщалось в литературе. Северные олени зимой при мощности снега в 1 м и более, обнюхивая поверхность снега, безошибочно определяют скрытый снегом ягель (олений мох) — главную пищу оленя в зимнее время. Лисицы и другие хищники безошибочно определяют местонахождение мышей, находящихся под глубоким снегом.

Несомненно, в воздухопроницаемости снега громадную роль играет его структура. Погребенные в снеге наст и особенно ледяные корки значительно затрудняют воздухообмен и понижают воздухопроницаемость. Швейцарский геолог Неер (I. Neher) на отвесном склоне вблизи поверхности земли под слой снега впускал сильно пахнущий газ (ацетилен). Менее чем через 3 минуты газ обнаруживался в расстоянии более 35 м в том же слое снега. Наличие газа устанавливалось раскапыванием слоя снега, по которому газ был пущен, в то же время на всем пути движения газ на поверхности снега не был обнаружен. На основании этих опытов автор пришел к выводу, что циркуляция воздуха в снеге происходит вдоль слоев (т. е. в горизонтальном направлении). Наблюдения показали, что вдоль слоев газ проходит со скоростью до 10 м/сек, вперек же слоев чрезвычайно медленно.

Большое значение для воздухопроницаемости имеют также плотность снега и величина его зерен. Так, по тем же исследованиям, скорость прохождения воздуха достигает в мелком зерне 15 м/сек, в среднем — 6 м/сек, в крупном — 2—3 м/сек.

Воздухопроницаемость снежного покрова имеет большое значение при пользовании снежными укрытиями и жилищами. Если снег с ледяными прослойками действительно является достаточно плохим проводником газа, его можно использовать в зимнее время как изолятор во временных газоубежищах, засыпая им окна подвалов и пр. Однако вопрос этот требует еще специальных исследований. Поглощая значительную часть отравляющих веществ, снежный покров снижает эффективность обстрела химическими снарядами. Вместе с тем снег облегчает химическую разведку, так как зараженные участки на снегу хорошо заметны.

Весной при таянии снега, когда он достигает наибольшей плотности и приобретает крупнозернистую структуру, т. е. становится мало воздухопроницаемым, большую роль приобретают стволы деревьев, кустарники, травинки и веточки, пронизывающие снежный покров. Вследствие лучеиспускания вокруг каждой былинки и прутика образуются проталинки до самой земли, служащие каналами для проникновения воздуха, а также для стока талых вод.

СКОЛЬЗКОСТЬ СНЕГА И УСЛОВИЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Скользкость снега — одно из важных свойств снежного покрова, определяющая скорость передвижения как лыжников, так и санного транспорта, — зависит от очень многих условий. Скользкость снега и льда, по мнению Вейнберга [11], зависит от того, что работа, необходимая для преодоления сил сопротивления при движении, превращается в теплоту, а теплота сначала нагревает лед или снег под полозом или лыжей до 0, а затем и плавит некоторое его количество. Вода, получающаяся от плавления, представляет ту смазку, благодаря которой скользкость льда увеличивается. При остановках смазка вновь замерзает и полозья примерзают к снегу или льду.

Свойство скользкости снежного покрова еще весьма мало изучено. При передвижении по снегу на лыжах и санях, в зависимости от состояния снега, он оказывает различное сопротивление. Рыхлый снег оказывает большее сопротивление движению, чем плотный. Мягкий снег (при повышенных температурах) вследствие своей пластичности прилипает к лыжам и полозьям саней, чем увеличивает сопротивление движению. Как показали опыты, наибольшее прилипание наблюдается при температуре воздуха $+1.5^{\circ}$. Чем ниже температура, тем тверже снег. При низких температурах снег почти не прилипает к лыжам. На интенсивность прилипания влияет также ширина полозьев или лыж, от которой зависит удельное давление. При состоянии снега, вызывающем прилипание (при положительных температурах), употребление широких лыж нецелесооб-

разно. При низких отрицательных температурах широкие полозья полезны.

Явление прилипания (примерзания) при трогании с места лыжи или полоза происходит вследствие того, что растаявший под лыжей или полозом снег примерзает к нижним слоям снега с более низкой температурой. Интенсивность примерзания находится в зависимости от теплопроводности материала, из которого сделаны лыжи или полозья. Дерево имеет меньшую теплопроводность, чем металл, почему деревянные лыжи или полозья больше примерзают, чем металлические. Из деревянных лыж больше примерзают те, которые сделаны из мелко-волокнуистых сортов дерева (например, красного бука).

Большое значение для примерзания имеет характер поверхности лыжи или полоза. Полированные лыжи или полозья, как деревянные, так и металлические, значительно меньше примерзают, чем с шероховатой неполированной поверхностью.

Примерзание лыж зависит также от продолжительности остановки. Чем длительнее была остановка и чем ниже температура, тем больше примерзает полоз или лыжа.

Вследствие прилипания (примерзания) коэффициент трения в начале движения иногда бывает до 16 раз больше, чем при дальнейшем движении [43]; для снеговой дороги он бывает в 7—8 раз больше, а для ледяного пути в 3—5 раз [59]. Таким образом, для того чтобы сдвинуть сани с места, надо затратить усилие в несколько раз большее, чем при дальнейшем движении саней.

Для того чтобы сани сдвинулись с места, надо, чтобы максимальное отношение силы тяги к весу было равно 0.3. Величину коэффициента примерзания и движения, а также и соотношение между ними для различных условий снегового покрова и характера лыж дал на основании собственных опытов Н. А. Павлов [62] (см. табл. 31 и 32).

Таблица 31

Коэффициент примерзания κ_1 и коэффициент скольжения κ_2 саней и их отношение $\kappa_2:\kappa_1$ (по Фролову)

Температура воздуха в °С	Состояние пути (колен)	Нагрузка в кг	κ_1	κ_2	$\kappa_2:\kappa_1$
—5	Чистый лед	17 500	0.028	0.007	0.25
—18	Снег по льду	17 500	0.057	0.017	0.30
+2	Тающий на солнце лед	40 000	0.031	0.011	0.35
—10	Чистый лед	25 500	0.039	0.011	0.28

Коэффициент примерзания (κ_1), коэффициент скольжения (κ_2) лыж и их отношение

$\left(\frac{\kappa_2}{\kappa_1}\right)$ по опытам Павлова

Температура воздуха, в °С	Характеристика снежного покрова	Деревянные лыжи			Металлические лыжи			Деревянные лыжи, покрытые тонким слоем:								
		κ_1	κ_2	$\kappa_2:\kappa_1$	κ_1	κ_2	$\kappa_2:\kappa_1$	воска			смолы			лака		
								κ_1	κ_2	$\kappa_2:\kappa_1$	κ_1	κ_2	$\kappa_2:\kappa_1$	κ_1	κ_2	$\kappa_2:\kappa_1$
-8°	Свежий сухой порошкообразный. . .	0.60	0.25	0.42	0.25	0.12	0.50	0.18	0.10	0.57	0.45	0.10	0.22	0.08	0.05	0.67
-1	Свежий влажный .	0.75	*	—	0.30	0.25	0.83	0.22	0.12	0.55	0.50	0.20	0.10	0.10	0.05	0.50
-2	Мучнистый (крупя)	0.65	0.40	0.62	0.20	0.10	0.50	0.15	0.08	0.50	0.75	0.15	0.20	—	—	—
-4	Спрессованный ветром	0.65	0.20	0.31	0.15	0.15	1.00	0.15	0.10	0.67	0.20	0.10	0.50	0.15	0.08	0.50
-10	Зернистый сухой .	0.60	0.20	0.33	0.40	0.20	0.50	0.20	0.10	0.50	0.65	0.10	0.15	—	—	—
+2	Зернистый мокрый	0.75	*	—	0.50	0.25	0.50	0.20	0.15	0.75	0.35	0.15	0.43	0.10	0.05	0.50
-1	Наст	0.50	0.25	0.50	0.15	0.10	0.67	0.20	0.10	0.50	0.55	0.10	0.18	0.05	0.05	0.67

* Скольжение только моментами, почти все движение состоит из ряда примерзаний.

В результате своих опытов Павлов пришел к следующим выводам: 1) коэффициент примерзания и движения зависит как от характера скользящих поверхностей, структуры снега, так и от температурных условий; 2) свойство примерзать ярче всего выражено у деревянных, ничем не покрытых, скользящих поверхностей лыж; металлические поверхности лыж несколько менее примерзают, но более повышается коэффициент трения при движении (κ_2), особенно при влажном и спрессованном снеге; 3) очень большое значение имеет смазка лыж.

Соппротивление при скользящем движении лыжно-санного транспорта зависит, кроме прилипания, также от целого ряда и других факторов [70], приведенных ниже.

1. От разламывания наста, если он имеется. Соппротивление увеличивается по мере утолщения наста; если же наст настолько плотен, что выдерживает тяжесть саней, то коэффициент трения резко уменьшается.

2. От раздвигания частиц снега полозьями. Это сопротивление зависит как от плотности снега и силы сцепления снежного покрова, так и от формы лыжи или полоза, а также направления усилий тяги. Вследствие перемещения снежных частиц друг к другу трение по снегу выше, чем трение по льду. Если усилие тяги прикладывается горизонтально, то в рыхлом снеге перед санями могут образовываться большие сугробы, сильно затрудняющие движение.

3. От прессования снега под полозьями саней или лыж. Прессование снега тем больше, чем снег рыхлее и нагрузка на сани больше. Чем выше температура, тем прессование снега больше. При низких температурах снег становится рыхлым и почти не уплотняется. Избежать прессования снега можно, изменяя величину нагрузки на сани в зависимости от состояния снежного покрова и температурных условий движения. При низких температурах нагрузку на сани можно увеличить, при высоких — необходимо уменьшить. Вместе с тем, при низких температурах санная дорога не так портится, как при высоких. Наибольшее значение здесь имеет удельное давление различного вида лыж и полозьев. Данные об удельном давлении приведены в разделе о плотности снега.

4. От собственного трения между поверхностью снежного пути и полозьями саней или лыж. Трение это зависит от формы, качества и материала полозьев, от состояния снежного покрова и температурных условий.

Большое значение имеет ширина полозьев саней, что можно видеть из данных, полученных Шиблером [по Новикову, 59], — табл. 33.

Значение коэффициента скользящего трения при деревянных полозьях саней и средних температурах [по Собенникову, 70] выражается в следующих цифрах: при движении по свежее-

Т а б л и ц а 33

*Зависимость значения коэффициента
скользящего трения от ширины поло-
зьев саней*

Ширина полозьев саней в см	Значение коэффи- циента скользящего трения
6	0.30—0.41
9.5	0.43—0.48
14	0.47—0.58

выпавшему неглубокому снегу — 0.125, по чистой малонаезженной дороге — 0.033, по хорошо укатанной дороге — 0.016, по льду — 0.012.

При железных полозьях значение коэффициента уменьшается в 1.5—2 раза.

Для уменьшения коэффициента трения деревянных полозьев их обливают водой и замораживают.

Зависимость коэффициента трения от температуры можно видеть из данных Баудена и Юза [89а] для смазанных деревянных лыж (табл. 34).

Т а б л и ц а 34

Температура в °С	Коэффициент трения
0	0.04
—3	0.09
—10	0.18
—40	0.4

Как видно, трение увеличивается при понижении температуры. При мокром снеге трение также возрастает до 0.14.

Уральским отделением Института древесины определялся коэффициент сопротивления движению саней на тракторной снежно-ледяной дороге протяжением 14 км. Сани были шириной хода 240 см и имели подрез с плоским сечением (табл. 36).

Коэффициенты сопротивления определялись по формуле $\kappa = \frac{T \pm Qi}{Q}$, где T — тяговое усилие на крюке трактора, измеренное динамометром, Q — вес брутто перевозимого груза в тоннах, i — подъем или уклон в тысячных долях.

Из приведенных в таблице данных можно сделать следующие выводы:

1) по мере ухудшения пути значение коэффициентов трения при сдвиге и при движении увеличивается;

2) по мере ухудшения пути сопротивление при сдвиге и при движении выравнивается;

3) наименьшее трение при движении наблюдается при температурах воздуха от -5 до -10°C .

Исследованиями Протанского и Корунова¹ установлены были следующие коэффициенты скольжения полозьев (отношение тяги, выраженной в килограммах, к весу саней и нагрузки, выраженной в тоннах) в зависимости от состояния пути (табл. 37).

Таблица 35

Сравнительные данные значения коэффициента трения колесных повозок и саней

Состояние грунта	Температура в $^{\circ}\text{C}$	Коэффициент сопротивления движению		Допускаемая нагрузка в кг/см^2	Примечание
		саней	колесных повозок		
Лед или обледенелая дорога		0.008—0.01	0.05—0.08	0.3—0.4	Коэффициент трения определялся относительно стальной гладкой подошвы лыж
Укатанная снежная дорога		0.012—0.018	0.08—0.1	0.3	
Нормальная снежная дорога, слегка рыхлая	4° и ниже	0.02—0.025	—	0.3—0.25	Коэффициент качения резинового трения широких баллонов
Рыхлая снежная дорога		0.025—0.05	0.2	0.1—0.15	
Снежная целина рыхлая		0.03—0.08	0.25—0.3	0.06—0.07	
Снежная целина только что выпавшего снега		0.1—0.15	0.3	0.045—0.06	
Крупичатый снег	-2°	0.15	—	—	
Снежная целина в оттепель	-4°	0.2	—	—	
Снежная дорога, сильно загрязненная		0.2—0.3	0.1—0.15	—	
Голая почва, песок, камень		0.4—0.5	—	—	

¹ Цитировано по Вейнбергу [10].

Изменение коэффициента в зависимости от характера пути и температуры воздуха

Состояние колеи	Ср. значение коэфф. движения K_2	Колебания коэффициента K_2		Значение коэфф. K_2 в зависимости от температуры				Ср. значение коэфф. при сдвиге K_2	$K_2:K_1$
		мин.	макс.	+5—0	0—5	-5—10	-10—15		
Хорошая ледяная колея	0.016	0.015	0.017	—	—	0.016	—	0.048	0.33
Средняя полуледяная колея	0.022	0.015	0.027	0.023	0.023	0.022	0.027	0.066	0.33
Снежно-ледяная колея	0.034	0.017	0.054	0.034	0.035	0.033	0.037	0.085	0.4
Снежно-ледяная разбитая колея	0.047	0.033	0.053	0.040	0.051	0.042	0.044	0.094	0.5
Засоренный уплотненный снег	0.063	0.052	0.073	0.069	0.055	0.062	0.064	0.095	0.66
Плохо уплотненный снег	0.104	0.093	0.115	—	0.104	—	—	0.144	0.72

Таблица 37

Коэффициенты скольжения полозьев в зависимости от состояния пути

Качество дороги	Характеристика пути и колеи (по Коруну)	Колебания коэфф.	
		одноколейная дорога	двухколейная дорога
Отличная	Полотно хорошо спланировано. Колеи чистые, гладкие, прямолинейная нарезка колеи. Дорога поливается ежедневно; надрезы саней не делают «ледяного порошка»	4—7	8—12
Хорошая	Колеи в плане имеют легко заметную простым глазом кривизну. Имеются заметные количества снежного «ледяного порошка». Колеи на половину своей площади имеют зеркальную чистую поверхность. Дорога поливается ежедневно	7—10	13—17
Посредственная	Колеи имеют много извилин. Поверхность колеи матовая. В колеях много снежно-ледяного порошка. Дорога поливается ежедневно	10—15	18—23
Плохая	Сильно извилистые колеи в плане. В колеях большое количество снежно-ледяного порошка. Дорога поливается через 2—3 дня при интенсивном движении	15—22	24—33
Очень плохая	Ухабы, раскаты, куски обледенелого снега	22	33

Шероховатый лед обладает большей скользкостью, чем совершенно гладкий, так как в первом площадь соприкосновения полоза или лыжи меньшая, чем во втором.

Коэффициент сопротивления движению колесных повозок сильно отличается от коэффициента трения скользящих саней. На льду и рыхлом снеге коэффициент сопротивления движению колесных повозок почти в 10 раз превышает коэффициент трения саней. При сильно загрязненном снеге соотношения меняются, и колесные повозки имеют коэффициент трения, почти вдвое меньший, чем сани (табл. 35).

По данным Кишинского [39, 40], коэффициент сопротивления движению колес на пневматиках по хорошей и плотной снеговой дороге 0.02—0.03, т. е. почти такой же, как по хорошему шоссе; для гусеничных тракторов 0.05—0.1 и для колесных тракторов 0.1—0.4.

При движении по снежной дороге колеса автомобиля имеют очень низкие коэффициенты сцепления по сравнению слетней одеждой дорог. Это обстоятельство заставляет зимой надевать на колеса цепи.

По данным Кишинского [39, 40], коэффициент сцепления для автомобилей на пневматиках достигает следующих величин (табл. 38).

Т а б л и ц а 38

Характеристика дороги	Состояние дороги	
	сухая	мокрая
Хорошая грунтовая .	0.5—0.7	0.2—0.4
Шоссе	0.5—0.7	0.3—0.4
Деревянная	0.4—0.5	0.2—0.3
Снежная плотная . .	0.2—0.3	0.03—0.05

Коэффициент сцепления с снеговой дорогой колесного трактора 0.2—0.5. Коэффициент сцепления с снеговой дорогой гусеничного трактора зависит от степени уплотнения снеговой одежды, а также от расстояния между ребрами гусениц и от приходящегося на них усилия.

Коэффициент сцепления у гусеничного трактора значительно выше, чем у колесного. Наибольший коэффициент сцепления был получен при восьми выступах на расстоянии их 19.5 см.

Гусеничные тракторы своими зубцами быстро разрушают плотно снежной дороги, и образовавшийся рыхлый снег забивает промежутки между ребрами гусеницы, почему условия зацепления и сцепления сильно ухудшаются.

Ледяная дорога дает очень малый коэффициент сцепления и быстро разбивается ребрами гусениц, поэтому она для дви-

жения тракторов непригодна. Излишняя скользкость ледяных и оледенелых снежных дорог представляет большую опасность для транспорта, как гужевого, так и автомобильного. Сани и машины заносятся в сторону, теряют управление и задерживают движение. В результате приходится применять ряд мер к уменьшению скользкости: посыпать дороги песком, шлаком, золой или различными противогололедными смесями (соли CaCl_2 , NaCl с песком). Для посыпания дорог применяются специальные распределители, прицепляемые к автомашинам или специальные автораспределители. Благодаря излишней скользкости допускаемые на летних дорогах уклоны становятся непреодолимыми для транспорта зимой. Вместе с тем создаваемые искусственно обледенелые скользкие склоны являются весьма существенными преградами для движения противника.

ШУМОВЫЕ И ЗВУКОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СНЕГЕ

Вопрос этот имеет большое значение в разведке, однако он еще весьма мало изучен. От ходьбы и езды по снегу при низких температурах возникают скрипы и хруст под ногами, лыжами и полозьями саней. Мягкий, свежевыпавший снег при температурах, близких к 0° , наоборот, заглушает шум шагов или лыж. Причина скрипа снега еще недостаточно выяснена. Повидимому, скрип снега связан с процессами ускоренной рекристаллизации снега под влиянием нагрузки. При достаточной нагрузке межкристаллические связи в снеге нарушаются, при этом происходит скачкообразное перемещение частиц снега. При увеличении скорости приложения нагрузки скачки становятся все более и более мелкими и при достаточной частоте создают звук [42]. Скрип снега связан с твердостью снега при разных температурах, с плотностью снега, скоростью движения и нагрузкой на сани. По наблюдениям Добровольского [94], ясный скрип слышен при температурах от -2 до -20° , при более же низких температурах скрип исчезает. В ясную морозную погоду скрип саней можно услышать за несколько километров.

Кроме скрипа и хруста снег иногда издает и другие звуки. При ходьбе по насту часто можно слышать глухой шум, напоминающий далекий взрыв или выстрел. Этот шум сопровождается оседанием крупных глыб наста. При очень плотном насте при ходьбе бывает слышен под ногами глухой звук, как бы в пустом пространстве (в пустой бочке). Своеобразный ухающий звук создают глыбы снега, сваливающиеся с крон деревьев, особенно после сильной изморози или метели.

При некотором навыке по хрусту и скрипу в разведке можно определить не только приближающегося противника, но и определить численность его и примерный вес передвигаемого на санях груза.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СНЕГА И ЛЬДА

Электропроводность сухого снега и льда крайне мала и во много раз меньше электропроводности воды; поэтому по снегу и по льду можно прокладывать плохо изолированные или голые проводники. Мокрый снег и лед обладают большей электропроводностью, поэтому по мокрому снегу приходится прокладывать проводники с обычной изоляцией.

По данным Джонстона, удельное электрическое сопротивление льда при 0° равно 3.67×10^7 ом, а при $-19^{\circ},3 = 3.86 \times 10^9$ ом, в то время как тщательно перегнанная вода, из которой этот лед был приготовлен, имела удельное электрическое сопротивление порядка 10^6 ом. Сопротивление льда изменяется в связи с температурой.

VI. РАЗЛИЧНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

ВОЗДЕЙСТВИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ПРОЗРАЧНОСТЬ ВОЗДУХА И ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ

Выпадающий снег, увлекая за собой находящиеся в воздухе пылевые частицы, очищает воздух и делает его более прозрачным. Конечно, в момент выпадения, а особенно в метель, видимость исключительно низкая. При сильных снежных бурях становится настолько темно, что нередко в помещениях приходится днем пользоваться искусственным освещением. Выпавшая вместе со снегом пыль фиксируется снежным покровом и до стаивания снега и полного высыхания уже не возвращается в воздух. Снежный покров вместе с тем предохраняет от развевания очаги появления пыли на земле. В результате этого запыленность атмосферы в зимнее время достигает минимума, а прозрачность максимума. Исключение из общего правила составляют крупные города и промышленные центры, где вследствие усиленной топки печей зимой в воздух выбрасывается громадное количество угольных частиц. Так, по данным Кимбалл, в Вашингтоне в 1 см^3 воздуха наибольшее количество пылинок (975) приходится на декабрь, наименьшее — (357 пылинок) на август.

Помутнение атмосферы зимой захватывает меньшую толщу воздуха, чем летом. Так, по наблюдениям Штейнхаузера, произведенным с аэропланов над Веной, верхняя граница мути была найдена зимой в среднем на высоте 500—900 м, летом — около 2 000 м.

По наблюдениям Калитина, коэффициент прозрачности воздуха для Слуцка достигает наименьшей величины в июле

(0.759), наибольшей — в декабре (0.806). Помутнение атмосферы зависит также и от свойств воздушных масс. По наблюдениям Белецкого [4], среднее значение фактора помутнения для Одессы за 1930—1934 гг. для холодного времени года определяется в 2.49, для теплого времени в 3.14. Увеличение прозрачности атмосферы в зимнее время происходит не только за счет уменьшения количества пыли в воздухе, но и за счет уменьшения количества паров воды в воздухе. При очень низких температурах нередко в воздухе появляются мельчайшие ледяные кристаллы («алмазная пыль»), плавающие в воздухе и представляющие собой как бы замерзший туман. Эта «алмазная пыль» делает воздух мало прозрачным и резко ухудшает условия видимости. Особенно прозрачным становится воздух после выпадения снега в виде крупных снежинок или хлопьев.

Снежный покров, маскируя одни объекты (ориентиры), подчеркивает другие. При наблюдении с самолета водные объекты (озера, реки и пр.) зимой при снежном покрове становятся менее видимыми, в то же время различные пути сообщения зимой становятся более видимыми. Приведем схему видимости ориентиров по Кулакову и Шталь [44] (табл. 39).

СНЕГ И ТУМАНЫ

Весенние туманы находятся в тесной связи с наличием остатков снежного покрова. Когда на значительных площадях снег уже сошел и проталины достаточно прогрелись от весенних солнечных лучей, над сохранившимися снежными пятнами очень часто наблюдается туман. Этот туман вызывается разностью температур между участками, лишенными снежного покрова, и участками, покрытыми снегом, и сгущением паров воды над охлажденной поверхностью снежных пятен. Значительное образование туманов наблюдается и в том случае, когда в область, покрытую снегом, поступают нагретые и влажные массы воздуха из тех районов, где уже снег растаял. Частые местные туманы весной создают пеструю картину распределения видимости, что приходится иметь в виду при военных операциях.

ИСТИРАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПРИ ПОЗЕМКАХ И МЕТЕЛЯХ СНЕГА

Ледяные кристаллы, движущиеся во время низовых метелей над поверхностью снега, оказывают на встречающиеся предметы истирающее действие.

Уже давно полярными исследователями было обращено внимание на то, что вблизи поверхности снега скалы имеют как бы отшлифованную поверхность. Снежные кристаллы при низ-

Таблица 39

			Электрифицированные города	Крупные ж.-д. станции	Не электрифицированные селения	Железные дороги	Шоссе	Грунтовые дороги	Озера	Большие реки	Речки мелкие	Морские маяки	Аэромаяки	Отдельные огни	Лес
Днем	В ясную погоду	Вниз	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 2	5 2	5 3	2 2	2 2	1 1	5 5
		В сторону	5 5	4 4	5 5	3 4	4 4	3 4	5 1	5 2	4 1	3 3	3 3	1 1	5 5
Ночью	В пасмурную погоду	Вниз	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 2	5 3	5 3	4 2	4 2	1 1	5 5
		В сторону	4 4	4 4	4 4	2 3	3 3	2 3	5 1	5 1	5 1	5 3	5 3	1 1	3 4
	Луна — ясно	Вниз	4 4	4 4	3 3	2 3	4 4	3 4	3 1	3 2	2 2	3 3	5 5	3 3	3 4
		В сторону	4 4	4 4	2 2	1 2	2 2	1 2	5 1	5 1	4 1	5 5	5 5	4 4	3 3
		Под луну	3 3	3 3	2 2	1 2	2 2	1 2	5 1	5 1	4 1	5 5	5 5	4 4	3 3
	Без луны. Ясно	Вниз	3 3	3 3	2 2	1 2	2 4	1 2	1 1	1 1	1 1	3 3	5 5	3 3	1 3
		В сторону	3 3	3 3	2 2	1 1	1 2	1 1	2 1	2 1	1 1	5 5	5 5	5 5	1 2
	Пасмурно	Вниз	3 3	3 3	2 2	1 1	1 2	1 1	1 1	1 1	1 1	5 3	5 5	4 3	1 1
		В сторону	3 3	3 3	2 2	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	5 5	5 5	4 4	1 1

Примечание. Обозначение в баллах: Отлично видно 5
 Хорошо » 4
 Удовлетворит. 3
 Плохо » 2
 Совсем не видно 1

Верхняя цифра — без снежного покрова; нижняя — со снежным покровом.

ких температурах приобретают значительную твердость. По исследованиям Коха и Вегенера, твердость снега при температуре -15° колеблется между 2—3 по шкале Мооса (твердость каменной соли и кальция), при температуре -30° между 3—4, при -44° равна 4 (твердость флюорита), при -60° равна 6 (твердость ортоклаза).

Данные эти кажутся несколько преувеличенными, и некоторые авторы склонны считать, что истирание производят не сами ледяные кристаллы, а песчинки, несущиеся по гладкой снежной поверхности вместе со снегом.

Разрушительная сила движущихся с большой скоростью ледяных кристаллов все же настолько велика, что с ней приходится считаться, особенно при пользовании различными точными приборами.

VII. СНЕГОТАЯНИЕ, СНЕГОВЫЕ ВОДЫ И ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

СНЕГОТАЯНИЕ И СТОК ТАЛЫХ ВОД

С момента образования снежного покрова и до его исчезновения в течение зимнего периода неоднократно наблюдаются оттепели, приводящие к частичному или иногда к полному стаиванию снежного покрова среди зимы. Такие оттепели встречаются весьма редко в континентальных районах Сибири и обычны в западных и южных районах СССР, где снежный покров отличается малой устойчивостью. Чаше всего зимние оттепели затрагивают лишь поверхностные слои снежного покрова и приводят только к изменению его структуры; наиболее же энергичное весеннее таяние, приводящее к полному стаиванию, происходит на большей части территории СССР в феврале и марте.

Основными источниками тепла при снеготаянии являются:

1) лучистая солнечная энергия; 2) принос тепла воздушными массами; 3) принос тепла выпадающими жидкими атмосферными осадками; 4) получение тепла снегом за счет выделения скрытой теплоты плавления при конденсации водяного пара из воздуха на снежную поверхность и 5) приток тепла из почвы.

Весьма сложный процесс снеготаяния изучен еще совершенно недостаточно, почему различные исследователи и придают большее или меньшее значение каждому из перечисленных источников тепла, отрицая или умаляя роль одних и придавая решающее значение другим. Несомненно, однако, что роль различных источников тепла определяется метеорологическими условиями весны.

Интенсивность снеготаяния обуславливается скоростью уменьшения запасов воды в снеге при таянии. Так как наблюдений над уменьшением запасов воды в снеге проведено очень мало, то для первого приближения интенсивность снеготаяния обычно определяют по скорости уменьшения толщины снежного покрова. Этот способ определения интенсивности снеготаяния явно неточный, так как уплотнение снега и уменьшение толщины снежного покрова начинаются еще задолго до начала таяния, часто под влиянием различных факторов, не связанных с таянием. Кроме того, скорость уменьшения толщины снежного покрова будет зависеть от первоначальной его плотности. Рыхлый снег, при равном и даже меньшем запасе воды, чем плотный, при таянии будет значительно быстрее уменьшать свою мощность и давать видимое увеличение интенсивности таяния. Все же приходится прибегать к последнему, хотя и менее точному способу, так как мы располагаем массовыми наблюдениями над изменением толщины снежного покрова. В зависимости от условий погоды характер снеготаяния и его интенсивность изменяются в значительных пределах.

По наблюдениям Небольсина [55], под Москвой среднее уменьшение запасов воды в снеге в сутки, за время интенсивного весеннего снеготаяния, колебалось в различные годы от 21 до 4,9 мм, при среднем за 8 лет в 8,6 мм.

В зависимости от продолжительности и интенсивности таяния, Небольсин делит весны на 3 типа:

1-й тип — весна теплая, дружная — таяние происходит в течение 5—6 дней; средняя интенсивность таяния 18—20 мм/сутки;

2-й тип — весна затяжная, холодная — таяние происходит в течение до 20 дней, средняя интенсивность таяния 2—5 мм/сутки;

3-й тип — весна с повторным таянием — периоды таяния прерываются морозными периодами с полным прекращением таяния.

В дружную весну 1931 г. в бассейне р. Днепра снеготаяние продолжалось 8—9 суток, интенсивное же 3—4 дня. В результате дружного таяния горизонт воды Днепра поднялся на 6,36 м. Для дружной весны характерны быстрое нарастание паводка в реках, высокий уровень весенних вод и быстрый спад уровня. В затяжную весну паводок растягивается на больший срок. Снег сходит постепенно, уровень весенних вод низкий. Такой затяжной характер имела под Москвой весна 1943 г.

Каждый из этих типов весен представляет собой то или иное сочетание условий, определяющих интенсивность таяния. Такое разделение весен по типам отличается большой простотой, но дает лишь результат сочетания без указания типа таяния и преобладания действия того или иного источника тепла.

Этот недостаток устраняет классификация типов весен по характеру снеготаяния, предложенная Карповым [38], в которой автор разделяет весны на следующие 5 типов по преобладающим процессам снеготаяния.

1. Адвективный тип весны с отсутствием прямой солнечной радиации, но температурой воздуха выше 0° и при пасмурной погоде.

2. Адвективно-соллярный тип — погода с температурой воздуха выше 0° , но преобладает ясная безоблачная погода и в таянии значительное участие принимает прямая солнечная радиация.

3. Плувиальный тип — преобладает дождливая теплая погода без солнечных дней.

4. Плуви-соллярный тип — дождливая погода с солнечными днями.

5. Соллярный тип — погода без дождей с солнечными днями и слабо отрицательными температурами воздуха.

Весна 1943 г. в районе Москвы представляет хороший пример последнего (соллярного) типа. Несмотря на значительные запасы воды в снеге, благодаря сильному испарению и замедленному поверхностному таянию снега с поверхности, таяние снега протекало спокойно и дало незначительный весенний паводок в ручьях и реках.

Знаменитое половодье 1908 года, вызвавшее катастрофическое наводнение в Москве и многих других местностях центра и юга Европейской части СССР, было вызвано запозданием начала таяния и весьма интенсивным таянием снега в условиях pluвиального типа весны.

Приведенные выше чистые типы весны встречаются не очень часто, чаще же в течение весны наблюдается смена условий снеготаяния. Обычно ранней весной, до наступления устойчивых положительных среднесуточных температур воздуха, таяние протекает по соллярному типу. Этому ранневесеннему периоду таяния отвечает первая капель с крыш. Выпавшие в течение зимы на снежную поверхность темные предметы (пыль, сор, веточки и кора с деревьев, сухой лист, семена многих растений — ольхи, березы и т. п.) благодаря большему нагреванию погружаются в снег, придавая поверхностным слоям снега рыхлое, ячеистое строение. Вокруг стебельков трав и веточек кустарников, возвышающихся над снежной поверхностью, благодаря нагреванию, происходит обтаивание снега, нередко до самой земли, вокруг же стволов деревьев образуются сначала воронки, а затем и круговые проталины. На дорогах с загрязненной и уплотненной поверхностью происходит также более интенсивное таяние, благодаря чему полотно снежной дороги обычно в этот период углубляется относительно окружающей снежной поверхности. Момент появления кру-

говых проталин вокруг стволов деревьев и погружения снежных дорог можно принять за начало периода весенней снежной распутицы. Поверхность снега в этот период становится как бы изъеденной и рассыпчатой. Нередко на поверхности образуется тонкая и прозрачная ледяная «солнечная корка» или поверхность становится чешуйчатой. Все эти явления сказываются наиболее интенсивно на склонах южной экспозиции или на южных склонах сугробов, менее интенсивно — на горизонтальных поверхностях и почти совершенно не проявляются на северных склонах. Изменения в снеге обычно захватывают небольшую толщу (5—10 см), ниже снег сохраняет свою прежнюю структуру. В некоторых случаях, особенно при непромерзших грунтах, параллельно с поверхностным таянием происходит таяние и перекристаллизация снега у поверхности земли как за счет теплоотдачи из почвы, так и за счет солнечного излучения, проникающего через толщу снега. В этот период тающий снег обычно видимого стока еще не дает, потеря же запаса воды в снеге идет за счет испарения с поверхности. В более позднюю стадию весны, когда температура воздуха среди дня поднимается выше 0° , а особенно с момента установления среднесуточных положительных температур, таяние значительно усиливается и протекает главным образом за счет тепла из воздуха, прямые же солнечные лучи лишь усиливают таяние. Процесс таяния протекает по адвективному типу или адвективно-соляриному и проявляется в совершенно ином виде. В первую очередь и наиболее интенсивно в этот период происходит таяние менее уплотненных и незагрязненных участков снега. Все загрязненные и уплотненные участки снега, протаивая более медленно, начинают возвышаться над чистой и рыхлой снежной поверхностью. Над поверхностью осевшего снега начинают возвышаться старые следы человека и животных, загрязненные участки снега, зимние дороги с колеями и пр., т. е. все те участки, которые в первую стадию таяния имели отрицательные формы. Наиболее интенсивное таяние наблюдается в те тоды, когда переход к положительным среднесуточным температурам происходит с запозданием, т. е. при более поздних веснах.

Вода, получающаяся в результате поверхностного таяния, вначале пропитывает верхний слой снега, и уже после того как снег напитается водой, движется по горизонтали по одному из более плотных слоев погребенного наста. Лишь в период бурного снеготаяния, когда вся толща снега приобретет зернистое строение, вода по вертикали непосредственно попадает на землю. Так как первые запасы воды расходуются на насыщение снега, то сток обычно начинается несколько позже начала интенсивного таяния. По наблюдениям Московской агро-метеорологической станции, начало стока происходит через 4 дня

после начала таяния. Фильтрация воды через снег происходит с различной скоростью в зависимости от структуры снега, наклона пластов снега, подстилающей снег поверхности и т. п. По весьма немногочисленным наблюдениям средняя скорость фильтрации сквозь плотный весенний снег равна 1—2 м/час.

Пропитывание снега водой находится в зависимости от структуры снега. Снег не перекристаллизовавшийся может удерживать 40—45% воды (отношение веса воды к весу льда в процентах), а снег, имеющий фирновый характер, крайне редко удерживает более 20%; обычно же в часы максимального снеготаяния содержание в нем воды составляет около 13%. Фирновый снег быстро отдает воды; снег же не перекристаллизовавшийся длительное время удерживает талые воды [Рутковский, 65].

Опускающиеся в толще снега талые воды вначале движутся с небольшой скоростью по склону, медленно фильтруясь сквозь снег. Вскоре у поверхности земли образуются под снегом струйки в руслах-каналах, по которым вода начинает стекать значительно быстрее.

Общая продолжительность периода снеготаяния в зависимости от метеорологической обстановки колеблется в значительных пределах. По наблюдениям Небольсина, под Москвой при средней продолжительности периода снеготаяния в 11 дней в отдельные годы этот период занимал от 5 до 20 дней. В Саратове при среднем в 14 дней продолжительность периода колебалась от 8 до 23 дней [Кабанов и Войцман, 26]. Средняя продолжительность снеготаяния [по Антонову, 2] достигает в северной полосе Европейской части СССР 18—20 дней, в средней — 12—18 дней и в южной (степной) — 10—12 дней.

В некоторых случаях в практике приходится принимать меры к ускорению снеготаяния и освобождению от снежного покрова отдельных участков (например, на аэродромах, в сельском хозяйстве и пр.).

Для того чтобы ускорить процесс снеготаяния, можно по снегу распылить золу, землю и тем загрязнить поверхность снега. Посторонние примеси в снегу (темные) поглощают большое количество тепловых лучей и способствуют интенсивному таянию. Опыты по ускорению таяния, поставленные Георгиевским [14] в районе мыса Шмидта, показали, что посыпанный шлаком снег поглощает тепла в 2.8 раза больше, чем чистый, поэтому посыпанный участок освободился от снега, в то время как соседние участки еще целиком были им покрыты. Окраска снега фуксином также значительно ускорила таяние. Окрашенный снег таял со скоростью 4—4.5 см в сутки, в то время как неокрашенный — всего 0.3—0.7 см в сутки. После пропитывания снега водою фуксин опустился под снег, и ускорение таяния прекратилось. Указанным способом можно пользоваться

лишь в начальных стадиях таяния, когда оно происходит за счет непосредственного нагревания солнечными лучами; в более поздних стадиях, когда таяние происходит за счет тепла, получаемого снегом от нагретого воздуха, загрязнение поверхности снега начинает замедлять таяние.

Таяние снежного покрова находится также в зависимости от характера снегонакопления и залегания снежного покрова. При сплошном снежном покрове таяние идет замедленными темпами; после же того как появляются проталины, интенсивность таяния быстро нарастает. Темные поверхности проталин нагреваются значительно быстрее и сильнее, чем покрытые снегом поверхности, и теплый воздух, нагретый над проталинами, способствует быстрейшему таянию. Если в течение зимы снег ветрами и метелями был перевеян и залегает неровно, то проталины появляются раньше, и снеготаяние идет интенсивнее. В маловетренные зимы снег залегает более ровным слоем, и таяние идет менее интенсивно.

Указанное обстоятельство положено в основу другого способа ускорения снеготаяния, применяемого в сельском хозяйстве. Пропашка снега и сгребание его на полях в валы искусственно создают неравномерное залегание снежного покрова и более раннее появление проталин, что способствует скорейшему таянию снега. При расположении снежных валов поперек склона достигаются также замедление стока талых вод и большее поглощение почвой.

Интенсивность снеготаяния находится в большой зависимости также и от характера растительного покрова. В лесу таяние происходит значительно медленнее, чем в поле. Если принять интенсивность снеготаяния в поле за 100%, то на лесной площадке она достигает только 40—75%. Начало снеготаяния в лесу наступает одновременно с полем, но конец затягивается от 10 до 25 дней в зависимости от густоты древесных крон и характера леса [Антонов, 2].

Средняя продолжительность снеготаяния в различных древесных насаждениях (графа 1), а также интенсивность снеготаяния (мм/сутки) (графа 2) в различных областях Европейской части СССР даны в табл. 40 [по Смарагдову, 68].

Насколько медленнее тает снег в лесу по сравнению с полевыми угодьями, можно видеть из следующих средних данных (табл. 41).

В наиболее затененных и защищенных от ветров еловых лесах снег тает в $2\frac{1}{4}$ раза медленнее, чем в поле. Такое значительное замедление таяния в лесу приводит к тому, что суточный сток с единицы площади, покрытой лесом, в 1,5—2,5 раза, а в некоторые годы до 5 раз меньше суточного стока такой же, но безлесной площади [16].

Сток талых вод в значительной степени зависит от промер-

зания почвы. Если снег осенью выпал на талую землю и в период сильных морозов лежал рыхлым мощным слоем, то почва под снегом обычно остается талой в течение всей зимы. Весенние талые воды легко проникают в таком случае в почву и уходят на пополнение грунтовых вод, почти не давая поверхностного стока.

Т а б л и ц а 40

Насаждения	Куйбышевская обл.		Московская обл.		Калининская обл.		Воронежская обл.		Татарская АССР	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Еловые	—	—	35—40	3	40—46	3.5	—	—	—	—
Сосновые	20	—	14—28	5	34—38	3.5	18	6	34—38	5
Лиственные	—	—	25—33	4	—	—	—	4	38	5
Поляны среди еловых насаждений	—	—	20—22	9	3.8	4	—	—	—	—
Поляны среди сосновых насаждений	18	—	13—18	9.5	13—14	11	16	7	14—33	9
Поляны среди лиственных насаждений	—	—	13—18	8	—	—	—	—	33	6
Полевые угодья	—	—	12	14	—	—	12	—	—	—

Т а б л и ц а 41

Насаждения	Ср. продолжительность снеготаяния в днях	В % от продолжительности таяния в поле
В Московской области		
Еловые насаждения 8 разностей	27	225
Сосновые насаждения 4 разностей	12	100
По 5 областям (Куйбышевской, Московской, Калининской, Воронежской, Татарской АССР)		
Сосновые насаждения 13 разностей	17	141

В годы, когда сильные морозы до выпадения снежного покрова глубоко проморозят землю, а снежный покров не достигает большой мощности, почти вся талая вода скатывается по промерзшей поверхности земли, не впитываясь в почву. Так, по данным Небольсина [54], в 1925 г. под Москвой глубокое промерзание почвы и ледяная корка на поверхности почвы, образовавшаяся при оттепелях, повели к тому, что почти весь запас воды из снега сбежал по поверхности и в почву просочилось только 2—5% всего запаса.

Моменты размерзания почвы и полного схода снежного покрова обычно не совпадают во времени и, в зависимости от того, что наступает раньше, находятся весенний сток и половодье на реках.

В лесу, где осенние заморозки наступают обычно позже, чем на открытых пространствах, и где снег выпадает рыхлым слоем, не перевеяясь ветрами в течение зимы, промерзание почвы или не происходит совсем, или земля промерзает на небольшую глубину и оттаивает еще до схода снежного покрова. Поэтому талые снеговые воды, поступая замедленными темпами, почти целиком успевают просочиться в землю, не давая стока. В то же время с полей большая часть вод сбегает по поверхности. Такого же рода зонами поглощения талых снеговых вод являются и места обычного скопления снега зимой (кустарниковые заросли, опушки леса, обрывы и овраги и т. п.). В таких случаях под сугробами находятся участки непромерзшей земли (зоны поглощения); в местах же, где снег снесен ветрами, талые воды сбегает по глубоко промерзшей почве вниз по склонам.

Наметенные сугробы, кроме того, служат как бы естественными плотинами для талых вод.

На Саратовской опытной станции впиталось почвой следующее количество воды (табл. 42).

Т а б л и ц а 42

Количество воды, впитавшейся почвой, в % от ее запасов в снеге

Год наблюдения	Без снегозадержания	При снегозадержании
1921	0	57
1923	26	77
1924	50	70

Таким образом, для того, чтобы не допустить талые воды к каким-либо инженерным сооружениям, можно создать вокруг них путем снегозадержания (щитами или другим способом) снежные сугробы — валы. Вода в таких случаях будет задерживаться в сугробах и медленно просачиваться в землю.

РАБОТА ТАЛЫХ СНЕГОВЫХ ВОД

Талые снеговые воды в большей своей части скатываются по уклонам местности в ручьи и реки, вызывая бурный подъем уровня вод — «половодье», или «паводок». Высота весенних па-

водков зависит от многих причин: 1) количества зимних осадков, накопившихся к весне в снежном покрове; 2) структуры снега; 3) степени промерзания грунтов; 4) хода температуры воздуха во время таяния; 5) более или менее обильных дождей во время таяния.

Кроме того, для каждой реки величина паводка зависит также от положения и величины питающего бассейна, характера рельефа бассейна и уклона местности, характера русла реки и лесистости бассейна.

В зависимости от характера реки и ее бассейна, а также сочетания метеорологических факторов, определяющих характер таяния, находится и интенсивность паводка.

Талые снеговые воды производят огромную работу, размывая почву в одних местах и отлагая ее в других. Работа эта наносит громадный вред всякого рода земляным инженерным сооружениям, однако существует ряд сравнительно простых и доступных мероприятий, позволяющих регулировать и предупредить нежелательные последствия размыва.

В разрушающей деятельности талых вод можно выделить три вида работы: поверхностный смыв, размыв и отложение (заиление, занос).

Поверхностный смыв производят мелкие струйки воды, стекающие по уклону и образующие мелкие, весьма непостоянные руслица и ложбинки. Несмотря на кажущуюся незначительность этого смыва, громадные массы поверхностных горизонтов почвы ежегодно сносятся в овраги и реки. Особенно больших размеров достигает смыв на лишенных травяного покрова пахотных угодьях. На крутых склонах во многих местах весенними снеговыми и дождевыми водами снесен весь почвенный слой и на поверхность выступают подстилающие почвы горные породы.

В процессе смыва можно выделить три фазы.

Первая фаза — от начала таяния до насыщения водой и разрыхления снежного покрова и появления проталин. В эту фазу талые воды преимущественно циркулируют в снежном покрове: в горизонтальном направлении — по плотным слоям погребенных настов и ледяных корок и в вертикальном направлении — просачиваясь сквозь снег до поверхности почвы и фильтруясь через снег. Так как движение талых вод происходит очень медленно и главным образом в толще снега, в этой фазе смыва почв еще не происходит.

Вторая фаза — наиболее интенсивное таяние и сток и образование проталин. Весь размыв в эту фазу сосредоточен на проталинах. Мелкие струйки производят размыв почв в оттаявшем и насыщенном водою поверхностном слое почвы. Разжиженный поверхностный слой почвы вместе с водой сползает по уклону по не оттаявшим еще более глубоким горизонтам.

Сохранившиеся еще значительные участки снега задерживают большую часть смытых почв. Ручейки, просачиваясь и фильтруясь через снег, оставляют в снегу значительную часть снесенного материала. Из опытных данных можно заключить, что снег задерживает свыше 50% илстых частиц (Коренев). В снежных сугробах таким образом происходит накопление смытых с проталин почв. Ручьи и реки в это время очень сильно разливаются, но несут еще сравнительно мало мутную воду.

Третья фаза — проталины занимают уже преобладающую площадь, а снежные сугробы сохраняются лишь отдельными пятнами. Земля начинает оттаивать и разжижаться на значительную глубину. Главная масса талой воды сбегает во вторую фазу; в третью фазу остатки воды из сугробов прорывают в оттаявшей земле уже более глубокие рытвины. Ручейки имеют очень мутную воду, переходящую иногда в грязевой поток. В эту фазу происходит наиболее сильный размыв и снос. Вода в ручьях и реках, куда поступают талые воды, имеет наибольшую мутность.

Особенно сильный размыв происходит во время первых весенних дождей. Отложенный во вторую стадию в сугробах материал в течение последующей стадии почти полностью сносится в реки и ручьи.

Особенно энергичный смыв происходит на крутых выпуклых склонах. В вогнутых и ровных участках склона снесенный материал отлагается.

Меры борьбы со смывом заключаются главным образом в том, чтобы задержать воду, уменьшить скорость ее движения или отвести ее в безопасные места. В сельском хозяйстве для этого применяются следующие мероприятия.

1. Пропашка снега поперек склона. Канавки между бороздами быстрее протаивают, и задержанная бороздами вода частично впитывается в почву, частично, фильтруясь через борозды, оставляет в снегу снесенный материал.

2. Создание валов из снега поперек склона. Сугробы в виде валов на пути движения вод служат фильтрами и амортизаторами скорости движения талых вод.

3. Создание поперек склона полос, ускоряющих таяние (для чего посыпают снег золой, торфом, землей). Этим приемом достигается неодновременность таяния на всей площади. Ранее оттаявшие полосы переходят через третью стадию, когда другие участки находятся еще во второй стадии.

4. Различные методы снегозадержания (щиты, снопики, стебли подсолнуха, кукурузы, посадка кулисных кустарников, деревьев и пр.), создающие на пути движения вод водопоглощающие зоны и участки с непромерзшим грунтом.

5. Устройство на пути движения вод водопоглощающих рвов и ям, с объемом, равным или несколько превышающим

объем содержащейся в снеге воды. Воду в этом случае задерживают на месте, и она идет на питание грунтовых вод.

Все перечисленные мероприятия проводятся заранее, или осенью, или в начале зимы; лишь некоторые (2, 3) непосредственно перед таянием или в первую фазу таяния.

Если создается угроза затопления подземных сооружений (окопов, блиндажей, складов и пр.), приходится принимать срочные меры по отводу талых вод от угрожаемых объектов. В этих целях можно применить валы из уплотненного (укатанного) снега или льда, отводящие воду вкось склона, водоотводные канавки в снегу, протаптывая их в тающем, липком снеге, прокатывая их тяжелыми катками (прокатка трактором), и, наконец, прокапывание водоотводных канав в грунте.

В противоположность смыву, где вода в виде небольших, весьма непостоянных струек разрушает лишь поверхностные слои почвы и не образует постоянных русел, при размыве образуются глубокие, непрерывно увеличивающиеся и в длину и в глубину рытвины и овраги. Эти рытвины и овраги не выравниваются в течение лета и служат постоянными водотоками для талых вод. Зимой рытвины и небольшие овраги забиваются полностью или в большей своей части снегом, предохраняющим дно их от промерзания. В процессе размыва также можно выделить три фазы.

Первая фаза. Овраги и рытвины еще забиты снегом. Поступающая в овраги вода, почти лишенная взмученных минеральных частиц, фильтруется через сугробы или частично скатывается поверх и внутри снега, не производя видимого разрушения стенок и дна оврага. Эта фаза отвечает по времени первой фазе смыва.

Вторая фаза. Поступающая в больших количествах талая вода пробивает открытое русло в снегу, заполнившем овраг, и на дне оврага производит максимальный размыв талого грунта. В то время как в овраг со склонов поступает почти лишенная мути вода, из-под снега в конце оврага выходит мутный поток, образующий из жидкой грязи мощный конус выноса. Склоны оврага еще не протаяли и не размываются. Наметенный на склонах снег оседает и обрушивается, обнажая их. В эту фазу происходит наибольший рост оврага в глубину.

Третья фаза. Дно и нижняя часть склонов оврага, интенсивно размываясь, углубляются и расширяются. Нависающие стенки оврага, по мере оттаивания, оползают, обрушиваются на дно и выносятся текущими водами. В это время происходит наиболее интенсивный рост оврага в длину и ширину. Поступающий со склонов взвешенный в воде материал вместе с материалом со стенок, при уменьшающемся количестве воды, отлагается на дне оврага, заполняя все его неровности. Роста оврага в глубину в этой фазе не происходит.

Овраги растут чрезвычайно быстро и ежегодно выводят из строя большие площади пашен. Существует большое количество методов борьбы с оврагообразованием. Они построены в общем на двух принципах.

1. Путем закрепления стенок, вершины и дна оврага стремятся прекратить его рост. Эти методы дают временное прекращение роста оврага, но недостаточно устойчивые результаты.

2. Различными средствами прекращают или уменьшают поступление талой воды в овраги со склонов и водоразделов. Сюда относятся все способы, перечисленные в разделе о борьбе со смывом, а также целый ряд мер рационального землепользования и размещения культур и угодий по элементам рельефа. Мероприятия, построенные на этом принципе, дают более устойчивые результаты и пресекают в корне причины оврагообразования.

ВЕСЕННЯЯ РАСПУТИЦА

В тесной связи с снеготаянием находится явление весенней распутицы. Под весенней распутицей подразумевается такой период времени, когда грунтовые и проселочные дороги размокают и приходят в такое состояние, при котором пользование ими чрезвычайно затруднено как для санного, так и колесного транспорта. Несмотря на громадное значение этого периода времени для гужевого транспорта и автотранспорта, явление весенней распутицы почти не изучалось. До сих пор мы не имеем более или менее точных данных ни о сроках начала и конца этого периода, ни о его продолжительности. Даже само понятие распутицы недостаточно определено. Весь период весенней распутицы можно разделить на две фазы: снеговой и грязевой распутицы.

За фазу снеговой весенней распутицы можно принять тот период, когда поверхность земли еще вся или в большей своей части покрыта снегом, однако снеговой покров и снежное полотно зимних дорог становится, благодаря таянию и пропитыванию водой, трудно проходимым для транспорта. За начало этой фазы можно считать момент наполнения снега талой водой и начало стока талых вод. Снег в это время становится зернистым, весьма рассыпчатым и рыхлым и резко уменьшает свою несущую способность. Начало этого периода почти совпадает с максимальной толщиной снежного покрова и с появлением первых проталин. Оба эти момента обычно регистрируются на всех метеорологических станциях. Конец фазы снеговой распутицы совпадает с исчезновением сплошного снежного покрова. Наблюдателями метеорологических станций этот момент отмечается в журналах наблюдений,

причем исчезновение сплошного снежного покрова отмечается тогда, когда проталины занимают более половины видимого пространства. Зимние дороги в это время настолько разрушаются, что пользование санным транспортом становится невозможным; пользование колесным транспортом также чрезвычайно затруднено. К трудностям пути прибавляется разлив вод во всех постоянных и временных водотоках (оврагах, балках), так как к этому моменту наступает максимум стока весенних вод.

После исчезновения сплошного снежного покрова начинается фаза грязевой распутицы. Оттаявший верхний слой почвы на проталинах настолько разжижается талыми водами, что принимает консистенцию сметаны. Более глубокие слои почвы в это время еще не оттаяли, и разжиженный поверхностный слой стекает вниз по склонам. Движение поверхностного слоя почвы отсутствует лишь на задерненных участках. Сохранившиеся местами сугробы непрерывно пополняют запасы поверхностной воды. Период грязевой распутицы несколько затягивается на дорогах, где более уплотненный и загрязненный снег тает медленнее. Кроме того, дополнительно питают дороги водой сугробы снега, обычно образующиеся по обочинам дорог. Грязевая распутица заканчивается, когда стаивают последние сугробы снега, и почва, оттаивающая на всю глубину, начинает быстро поглощать талые воды. К этому моменту приурочиваются посевы наиболее ранних яровых культур (овса) и зеленение многих кустарников. Если интенсивность снеговой распутицы зависит главным образом от залегания и характера снега и метеорологических условий, то грязевая распутица в большей мере зависит от характера почво-грунтов. В районах, сложенных песками, грязевая распутица обычно отсутствует, а в районах с сыпучими песками проходимость в этот период даже значительно улучшается. Наиболее длительная и тяжелая грязевая распутица наблюдается в районах, сложенных суглинками, особенно пылеватыми (черноземная полоса).

VIII. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ СССР

Громадная и разнообразнейшая по своим природным условиям территория СССР расположена целиком в зоне с периодическим снежным покровом. Однако как продолжительность залегания снежного покрова, так и его характер и свойства в различных районах СССР отличаются весьма большим разнообразием.

На крайнем севере — островах Новой Земли, на архипелаге островов Земли Франца Иосифа и Северной Земли — число дней в году со снегопадами превышает 135, причем снег выпадает во все месяцы года и даже в самые теплые летние месяцы — июль и август — в среднем приходится по 6 дней со снегопадом. На ряду с этим на юге, на восточном побережье Каспийского моря снег в некоторые годы совсем не выпадает, а в многолетнем среднем выводе число дней в году со снегопадами достигает всего лишь 4. Снежный покров на крайнем севере и в горах лежит не стаивая в течение 10—11 месяцев, а в некоторых районах — и круглый год; в то же время на юге и западе снег не образует устойчивого покрова. Не меньшее разнообразие на территории СССР мы наблюдаем и в отношении мощности снежного покрова. В ряде районов (северное Предуралье, западные склоны Средне-Сибирского нагорья) снежный покров достигает в среднем толщины 120—160 см, в то время как в других (Якутия, Забайкалье), несмотря на длительность залегания, снежный покров в среднем не превышает 30 см. В районах, где зимой господствуют сильные ветры (в степной зоне, на северном побережье), толщина снежного покрова отличается исключительным непостоянством; с повышенных, открытых ветрам участков снег зимой нацело сдувается, в то время как в понижениях, долинах и оврагах наметаются сугробы толщиной 10—20 м. В районах же, где зимою ветры слабы (Центральная и Восточная Сибирь), снег залегает более или менее ровным слоем.

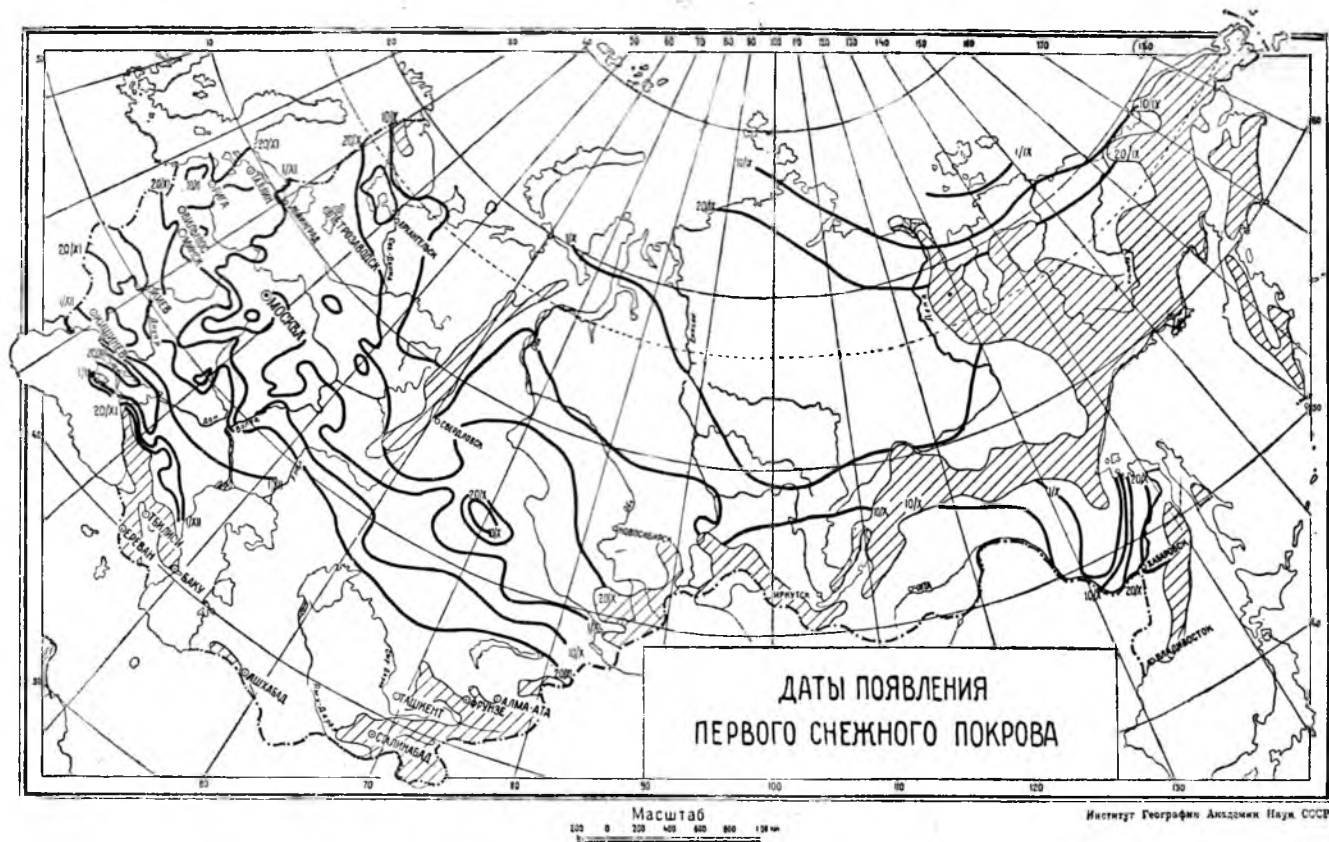
Весьма различны также и физико-механические свойства снега в различных районах. На западе и юго-западе в районах с умеренным морским климатом, где среди зимы наблюдаются частые оттепели, а также на крайнем севере, где постоянны метели, снег обладает весьма значительной плотностью (0.5—0.6); в районах Центральной и Восточной Сибири с резко континентальным климатом, где в течение многих зимних месяцев держатся устойчивые морозы без ветра, снег сохраняет весьма малую плотность (0.2—0.3). Такое разнообразие снежного покрова на территории СССР определяет различную его роль в различных районах Союза. В то время как в одних районах и участках приходится затрачивать громадные средства на борьбу со снегом и снегозащиту, в других приходится применять различные мероприятия к сохранению снега и снегонакоплению. Снежный покров СССР изучен еще крайне недостаточно. Наибольшее количество данных о распределении снежного покрова, условиях его накопления, залегания и физико-механических свойствах мы имеем для территории Европейской части СССР; для громадных же пространств северной и средней Сибири и Дальнего Востока, с редкой сетью метеостанций, кроме общих описаний мы не имеем почти никаких

фактических данных. Эти обстоятельства чрезвычайно затрудняют составление сводки о географии снежного покрова СССР. Все же на основании имеющегося материала можно дать общую приближенную картину многолетнего среднего распределения снежного покрова по всей территории СССР.

Распределение снежного покрова чрезвычайно прихотливо и существенно зависит от местных условий (метеорологических, условий рельефа, растительности и т. п.); мощность снежного покрова из года в год также сильно изменяется. Кроме того, и методика наблюдений над снежным покровом еще плохо разработана. В связи с этим распределение снежного покрова дает весьма пеструю картину, и часто соседние станции имеют весьма различные показатели. Эти обстоятельства заставляют, отклоняясь от деталей, давать лишь общую картину распределения снежного покрова и сроков его появления и схода. Особенно сложна картина распределения снежного покрова в горах; в зависимости от абсолютной высоты гор, от экспозиции и характера вершин и склонов как сроки появления и схода, так и толщина снежного покрова подвергаются большим колебаниям. Не имея возможности по состоянию материалов и масштабу карты характеризовать снежный покров в горных районах, на картах горные районы выделены в отдельную область и характеристика по ним дается лишь в тексте.

ПОЯВЛЕНИЕ И СХОД СНЕЖНОГО ПОКРОВА

В арктических областях, а также в высокогорных районах снежный покров лежит в течение круглого года и снегопады наблюдаются во все месяцы года. Однако летом существует все же промежуток времени, в течение которого снег хотя и выпадает, но стает в течение нескольких дней, не образуя более или менее устойчивого покрова. Раньше всего, по многолетним средним данным, снежный покров появляется в районе Ново-Сибирских островов (конец августа — начало сентября) (см. фиг. 17). Отсюда в направлении к югу и юго-западу сроки появления снежного покрова запаздывают. В центральной полосе Европейской части СССР и в южной части Западной Сибири средние сроки появления покрова приходятся на начало ноября, на крайнем западе — в 20-х числах ноября, и позже всего появляется снежный покров на южном берегу Крыма и на Черноморском побережье Кавказа (начало января), а также на побережье Каспийского моря. Как было указано выше, в некоторых районах (район Карабогаза, Закавказье) снег выпадает не каждый год и часто совершенно не образует покрова. Повсюду наблюдается более раннее выпадение снега на возвышенностях, даже незначительных по высоте. Первый выпавший снег лишь в редких случаях остается лежать всю

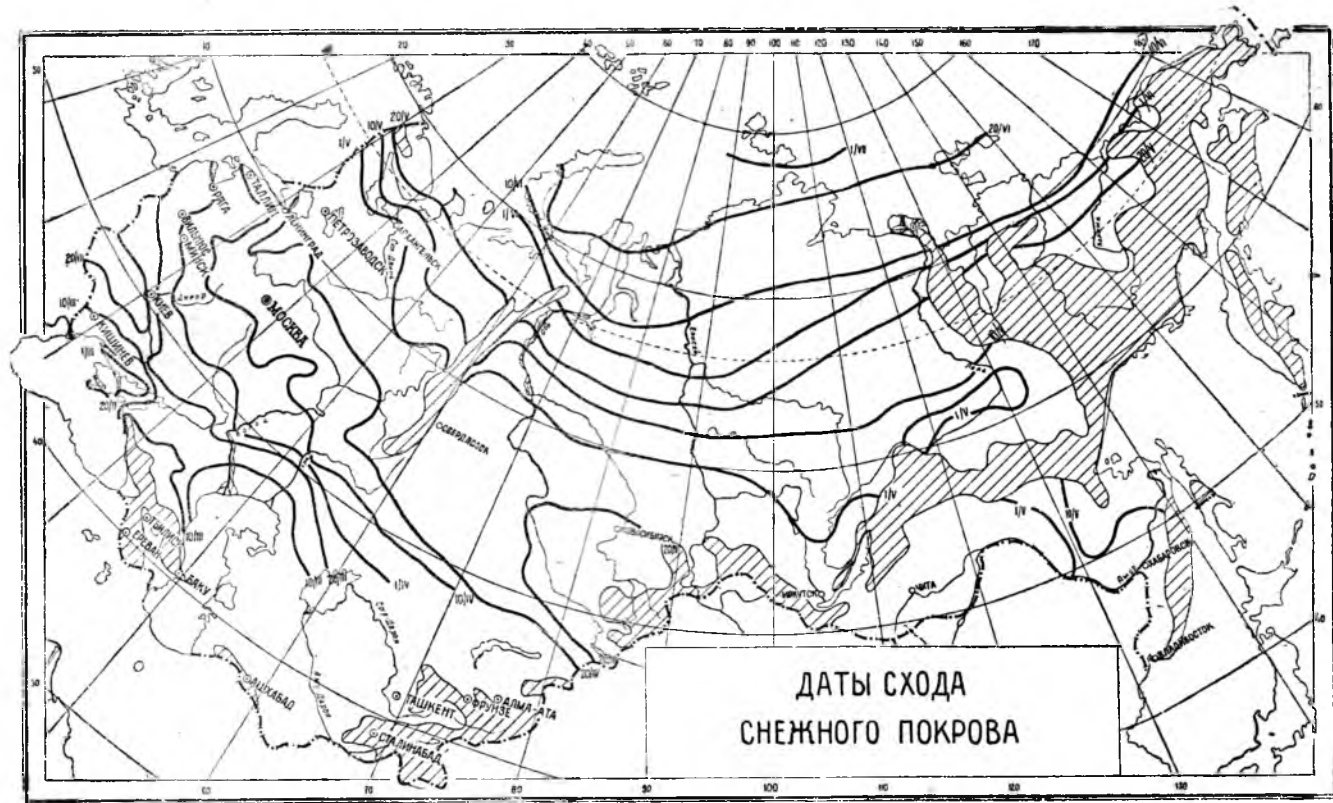


Фиг. 17.

зиму; чаще всего осенью, при возврате теплых дней, снег неоднократно стаивает и затем вновь выпадает. Народная примета о трехкратном выпадении снега до окончательного установления покрова на зиму подтверждается наблюдениями лишь для отдельных районов. Промежуток времени между выпадениями первого снега и установлением снежного покрова на зиму называют периодом неустойчивого осеннего снежного покрова, или предзимьем. Продолжительность этого периода находится в зависимости от степени континентальности климата. В юго-западных и западных районах Европейской части СССР с относительно мягким климатом и частыми осенними оттепелями средняя продолжительность предзимья достигает 1 месяца. По мере движения к центральным частям Сибири продолжительность этого периода сокращается, и в Якутии, как правило, сезон предзимья отсутствует, и первый выпавший снег остается лежать всю зиму. На ряду с этим, в южных районах устойчивого снежного покрова совершенно не образуется, и среди зимы постоянно наблюдаются оттепели, неоднократно сгоняющие снежный покров.

Таким образом, осенний период неустойчивого снежного покрова здесь сливается с весенним.

За период устойчивого снежного покрова условно принимается такой период времени, когда снег, в многолетнем среднем выводе, остается лежать, не стаивая, не менее трех декад подряд. Продолжительность этого периода, в зависимости от климатических условий, нарастает с юга и юго-запада, где он отсутствует, до крайнего севера, где он длится 10—11 месяцев в году. Наконец, в горных областях, покрытых вечными снегами, период устойчивого снежного покрова занимает 12 месяцев. У южных границ своего распространения снежный покров устанавливается в конце декабря — начале января и исчезает в январе и феврале. В течение этого периода происходит более или менее непрерывное нарастание толщины снежного покрова. По достижении максимума толщины (на большей части средних широт, обычно в марте) начинается быстрое разрушение и таяние снежного покрова. Нередко при возвратах весенних холодов снегопады создают вновь непродолжительный снежный покров. Этот период временного весеннего покрова называют периодом весеннего неустойчивого снежного покрова, или послезимья. Так же как и для предзимья, продолжительность послезимья уменьшается по мере нарастания континентальности климата, почти исчезая уже в Средней Сибири. Средние даты окончательного исчезновения снежного покрова представлены на прилагаемой карте (фиг. 18). На крайнем юге и юго-западе снег исчезает уже в феврале, а отсюда сроки схода



Масштаб
200 0 200 400 600 800 км

Институт Географии Академии Наук СССР

Фиг. 18.

запаздывают по направлению к северу, где в высоких широтах Арктики снег окончательно стаивает лишь в июле — августе.

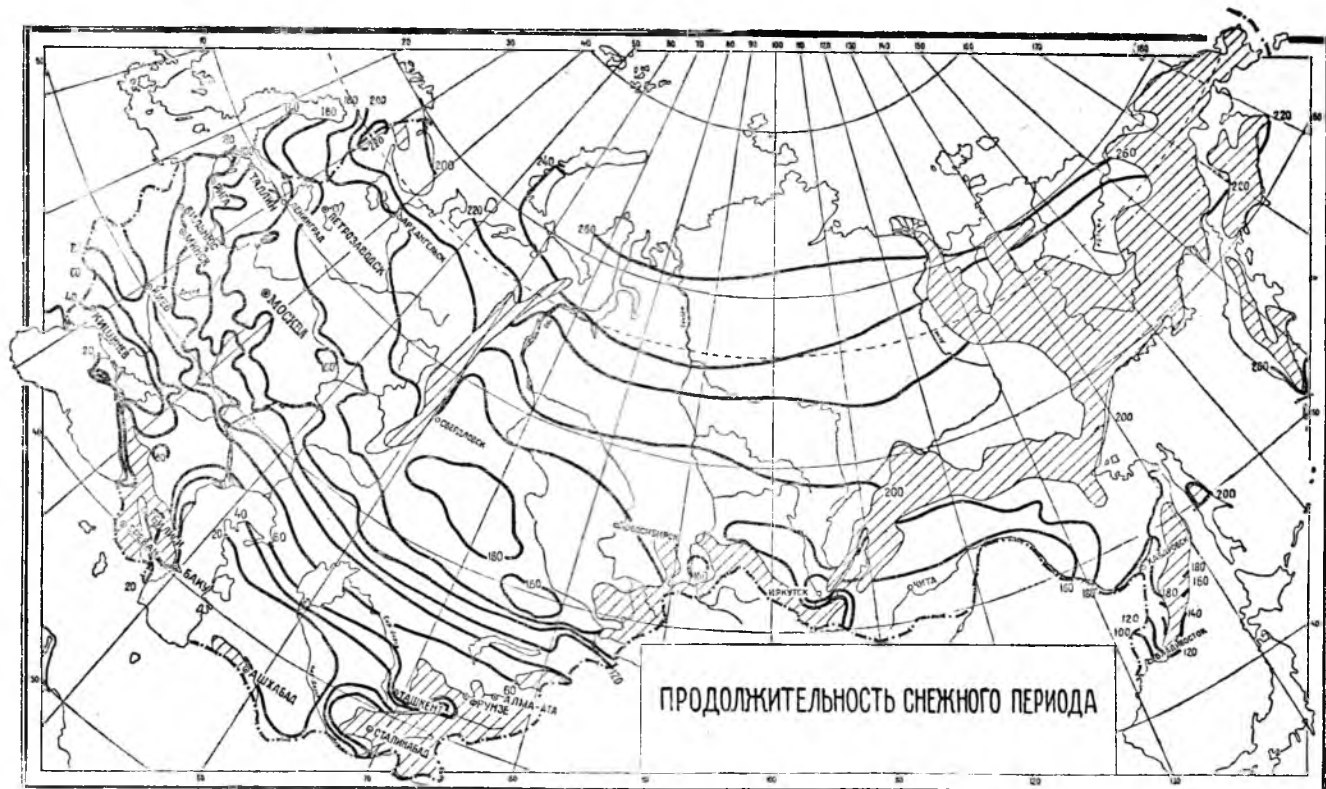
Продолжительность залегания снежного покрова (см. карту фиг. 19), за исключением областей с вечными снегами, достигает на крайнем севере (Северная Земля) 9 месяцев; далее по направлению к югу продолжительность залегания снежного покрова уменьшается, и на юго-восточном побережье Каспийского моря в многолетнем среднем выводе снег лежит всего 3—4 дня. Уменьшение продолжительности залегания снежного покрова происходит значительно быстрее по мере продвижения на запад. На побережье Балтийского моря на широте 60° снег в среднем лежит около 80 дней, в то время как на той же широте в Западной Сибири он лежит в среднем 200 дней, а на дальневосточном побережье — около 220 дней. Значительное влияние на продолжительность залегания снежного покрова оказывает рельеф. Даже незначительные возвышенности Среднерусской равнины заметно увеличивают продолжительность залегания снежного покрова.

ТОЛЩИНА СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Толщина снежного покрова зависит как от количества выпадающих в зимний период осадков и продолжительности зимнего периода, так и от степени плотности снега. Наибольшей толщины снежный покров достигает в трех районах: на западных склонах Северного Урала и его западных предгорьях (свыше 90 см), на западных склонах Среднесибирского нагорья и примыкающих к нему с запада частях Западносибирской низменности (110—112 см) и на Дальнем Востоке в районах Камчатки, Сахалина и низовьях Амура. От указанных районов средняя толщина снежного покрова уменьшается как к северу, так и к югу. В степных районах Украины, Северного Кавказа, а также в полупустынных и пустынных районах Среднеазиатских республик средняя толщина снежного покрова не превышает 10 см. Той же величины толщина снежного покрова достигает в степном Забайкалье и на крайнем юге Советского Дальнего Востока.

Значительное уменьшение толщины снежного покрова также наблюдается в замкнутых котловинах (Кузнецкая, Минусинская, Якутская, Верхоянская и др.).

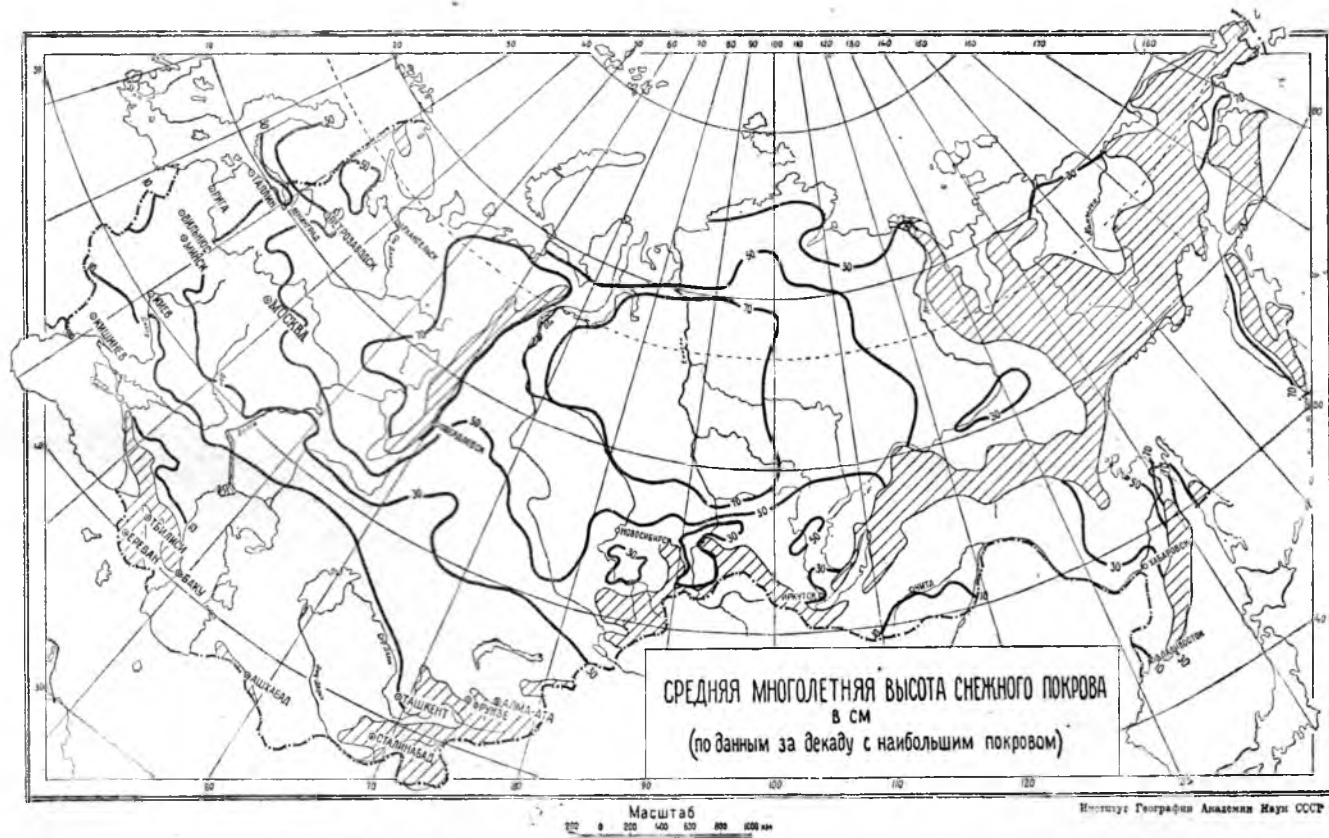
Нарастание толщины снежного покрова в районах с различными климатическими условиями происходит различно. В западных и юго-западных районах, с более мягким морским климатом и частыми оттепелями среди зимы, нередко сгоняющими снежный покров, он нарастает неравномерно и скачкообразно. Быстро нарастающий во время обильных снегопадов снежный покров при оттепелях оседает и уплотняется; мощ-



Масштаб
1:100 000 000

Институт Географии Академии Наук СССР

Фиг. 19.



Фиг. 20.

ность его временами значительно уменьшается. При резких колебаниях мощности все же наблюдается непрерывное нарастание толщины от осени к весне. В районах с континентальными условиями климата наблюдается совершенно иной ход нарастания толщины снежного покрова. Начиная с момента установления снежного покрова, до декабря — января происходит быстрое и неуклонное увеличение его толщины до максимальной. В середине зимы устанавливается длительный период с антициклональными условиями погоды и почти полным отсутствием снегопадов и оттепелей. Толщина снежного покрова в этот период, занимающий 2—3 месяца, остается без изменений, после чего начинается резкое уменьшение толщины вследствие весеннего таяния, протекающего весьма интенсивно, а также вследствие испарения.

На большей части территории СССР толщина снежного покрова достигает максимума в марте, отодвигаясь в северных районах на апрель, а в южных — на февраль или даже на январь. К моменту установления средней толщины снежного покрова примерно в 10 см можно отнести начало санного пути. В Европейской части СССР на крайнем северо-востоке это происходит уже в конце октября, на юге же и западе — в середине или конце февраля, причем продолжительность санного пути на северо-востоке достигает $6\frac{1}{2}$ —7 месяцев.

До толщины в 30 см снежный покров еще не составляет особых препятствий для передвижения вне дорог, поэтому, например, боевые действия ведутся на тех же основаниях, что и летом. При большей толщине снежного покрова условия передвижения резко ухудшаются, приходится применять разнообразные мероприятия к расчистке от снега и защите от снегозаносов постоянных дорог и аэродромов, создавать новую сеть зимних дорог, перестраивать тактику боевых действий применительно к зимним условиям и т. д. Средние сроки появления снега толщиной в 30 см колеблются в пределах от середины ноября на крайнем севере до конца февраля — начала марта у южных границ той зоны, где снежный покров достигает такой толщины. Продолжительность этого периода со средней мощностью более 30 см в северных частях Западной Сибири достигает 6— $6\frac{1}{2}$ месяцев.

ПЛОТНОСТЬ СНЕГА

Одним из основных показателей, определяющих большинство физико-механических свойств снежного покрова, является его плотность. Знание плотности снега необходимо всякому практическому работнику, имеющему дело со снегом. Необходимо оно при определении объема снегоуборочных работ, при строительстве зимних снежных дорог, аэродромов и снежных

сооружений, при определении запасов воды в снеге, определении снежных нагрузок на крышах зданий и сооружений и т. п. Плотность снега является также важным фактором в проходимости местности в зимних условиях. Систематические наблюдения над плотностью снежного покрова производились по очень малому числу метеорологических станций, причем и эти наблюдения до настоящего времени в значительной части не обработаны и не опубликованы. Плотность снежного покрова чрезвычайно неустойчива как во времени, так и в пространстве и подвергается весьма большим колебаниям (от 0.01 до 0.7) в зависимости от метеорологических условий. Эти обстоятельства не дают возможности составить более или менее полную характеристику распределения средней плотности снежного покрова СССР и изменения ее во времени и позволяют сообщить лишь некоторые данные о средней плотности снега по месяцам.

Н о я б р ь. В начале снегонакопления, пока снег еще не успел уплотниться и перераспределиться ветрами, распределение плотности более или менее равномерно и приблизительно определяется в 0.15. Несколько выше плотность лишь на крайнем севере (0.20—0.25), где снег сразу же после выпадения уплотняется сильными ветрами с метелями.

Д е к а б р ь. Средняя плотность на большей части территории СССР колеблется в пределах 0.16—0.20. Несколько выше она на возвышенностях, а также на юго-востоке Европейской части СССР и на крайнем севере. В центральных районах Восточной Сибири плотность снега незначительна и обычно не превышает 0.15.

Я н в а р ь. Средняя плотность снега по Европейской части СССР около 0.20, повышаясь к северу и юго-востоку до 0.25—0.26. В Арктике средняя плотность превышает 0.3. Наименьшая плотность (около 0.15) в Восточной Сибири, где в этом месяце почти совершенно отсутствуют метели и оттепели.

Ф е в р а л ь. Средняя плотность снега в Европейской части СССР около 0.23—0.24. Более высокая средняя плотность наблюдается на западе (0.25—0.26) благодаря частым оттепелям, на Среднерусской возвышенности (около 0.26—0.27), на юго-востоке (0.27—0.28) и на севере, где в этом месяце часты метели, уплотняющие снег. Еще выше плотность в Арктике (0.30—0.32). Наименьшая плотность наблюдается в Центральной и Восточной Сибири (около 0.15).

М а р т. Средняя плотность снега на большей части территории Европейской части СССР достигает 0.28. На юго-западе и западе, где уже начинается интенсивное снеготаяние, средняя плотность увеличивается до 0.30. Примерно той же величины плотность снега в Арктике (0.30—0.33). В Восточной Сибири плотность около 0.20.

А п р е л ь. В большинстве районов СССР в этом месяце

происходят интенсивное уплотнение и таяние снега и плотность достигает 0.35; той же величины достигает средняя плотность в Арктике. Наименьшая плотность (около 0.22) наблюдается в Восточной Сибири.

В мае и июне снег сохраняется лишь на крайнем севере и в Арктике, где он достигает максимальной средней плотности (0.4—0.6).

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СССР ПО ХАРАКТЕРУ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Условия залегания снежного покрова, его толщина, продолжительность залегания и физико-механические свойства на территории СССР чрезвычайно разнообразны. Не менее разнообразна и роль снежного покрова в природе и во всех отраслях народного хозяйства в различных районах СССР. Для рационального использования снежного покрова, планирования мероприятий по снегоборьбе, снегозадержанию, строительству и эксплуатации зимних дорог, зимних аэродромов и пр. весьма важно провести районирование, выделив районы с более или менее однообразными условиями залегания снежного покрова.

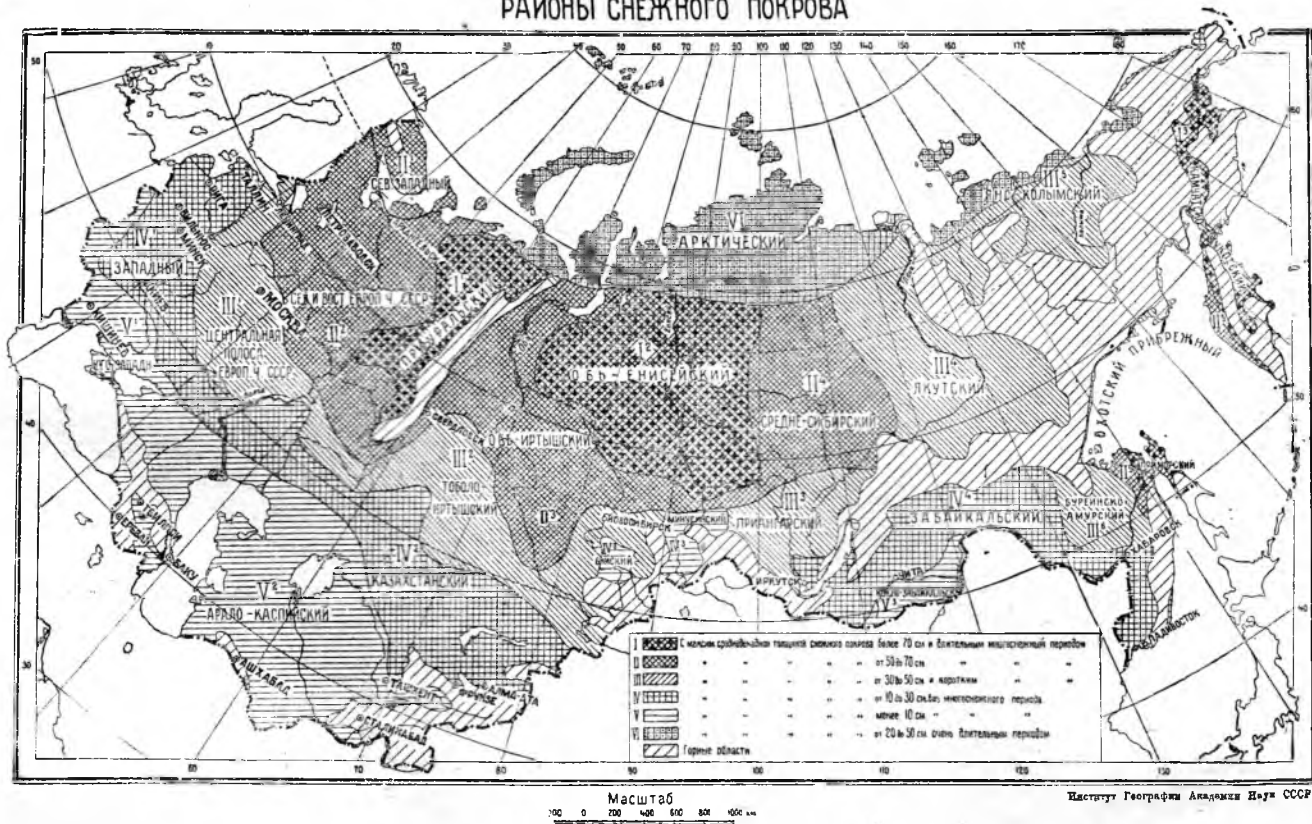
В основу районирования, исходя из практических целей, положены два показателя: максимальная толщина снежного покрова и продолжительность многоснежного периода. Эти два показателя, конечно, не могут полностью характеризовать снежный покров, но они являются наиболее важными с практической точки зрения, так как от толщины и продолжительности снежного покрова зависят объем работ по снегоборьбе и выбор системы мероприятий по использованию снежного покрова в практических целях.

За максимальную толщину принята наибольшая среднедекадная толщина снежного покрова, взятая из многолетних средних величин по каждой из станций.

Под многоснежным периодом подразумевается период времени, в течение которого среднедекадная толщина снежного покрова в многолетнем среднем выводе превышает 30 см. Кроме этих двух основных показателей при выделении районов принимались во внимание и условия залегания, характер накопления и физико-механические свойства снежного покрова. По максимальной среднедекадной толщине снежного покрова на территории СССР выделены следующие зоны:

Максимальная среднедекадная толщина снежного
покрова в см

Зоны	
I	выше 70
II	от 50 до 70
III	» 30 » 50
IV	» 10 » 30
V	менее 10



Фиг. 21.

Кроме того, особо выделены арктическая зона (VI) с максимальной среднедекадной толщиной снежного покрова, отвечающей III и IV зонам, но резко отличающейся от последних по условиям снегонакопления, физико-механическим свойствам снега и продолжительности, и горные районы, где снег, в связи с условиями рельефа, залегает исключительно неравномерно и имеет весьма различную продолжительность залегания, в зависимости от абсолютной высоты.

Выделенные шесть зон подразделяются на районы, отличающиеся между собой как по продолжительности, так и по условиям залегания и свойствам снежного покрова. При районировании принято во внимание большое количество признаков, определяющих характер снежного покрова. Границы выделенных районов нанесены на карте, основные же показатели по районам даны в тексте.

I зона с наиболее мощным снежным покровом (более 70 см) требует значительных затрат сил и средств на снегоборьбу, длящуюся более 4 месяцев в году. Зона характеризуется длительной и суровой зимой с большим количеством осадков.

Р а й о н I¹ П р и у р а л ь с к и й. Толщина снежного покрова увеличивается по направлению с юга и запада на северо-восток, где в верхнем течении р. Печоры у западных склонов Урала она достигает более 90 см. С момента установления снежного покрова увеличение его толщины происходит более или менее равномерно и непрерывно до февраля, после чего до наступления максимума (обычно в середине — конце марта) увеличение толщины замедляется. С конца марта толщина снежного покрова быстро уменьшается, и в мае на большей части территории снег исчезает.

Благодаря устойчивым зимним морозам и отсутствию оттепелей снежной зимой имеет невысокую плотность и при ветрах приходит в движение. Особенно частые и сильные метели наблюдаются на крайнем севере в зоне тундр, где снег к концу зимы залегает очень неровно. В лесной зоне метели более редки, но все же опасность снежных заносов существует.

Продолжительность периода, в течение которого приходится применять систематические мероприятия по снегоборьбе, достигает 4 месяцев у юго-западной границы зоны и 5—6 месяцев на северо-востоке, но борьба с последствиями отдельных снегопадов и метелей на крайнем северо-востоке может захватить и больший период (до 7—8 месяцев).

Р а й о н I² О б ь - Е н и с е й с к и й. Подобно Приуральскому, в Обь-Енисейском районе также наблюдается увеличение толщины снежного покрова с запада на восток, и максимальной толщины (более 100 см) снег достигает на западных склонах Среднесибирского нагорья. Нарастание толщины

снежного покрова происходит так же, как и в районе I¹, но период, в течение которого снег прекращает накапливаться и держится на одном уровне, значительно более долгий (1—1½ мес.), что стоит в связи с более континентальным климатом и более длительным периодом ясной морозной погоды без снегопадов. Ветры в середине и конце зимы здесь встречаются значительно реже, но даже при незначительных по силе ветрах рыхлый неуплотненный оттепелями снег быстро приходит в движение и образует снежные заносы. Район требует тех же мероприятий, что и I¹, но опасность метелей здесь несколько ниже, период же снегоборьбы длительнее (6—7 мес.).

Р а й о н I³ К а м ч а т с к о - Ч у к о т с к и й. Данные о снежном покрове по этому району почти отсутствуют. По имеющимся сведениям толщина снежного покрова увеличивается от побережья к центральной возвышенности Камчатки, где она достигает 1,5—2 м, а также с севера на юг. Очень сильные и частые ветры на побережье, вызывающие нередко длительные метели, перераспределяют и сильно уплотняют снежный покров. Уплотнению его способствуют также оттепели, особенно часто наблюдающиеся в первой половине зимы. В удаленных от побережья районах, особенно в закрытых от ветров впадинах и долинах (например в долине р. Камчатки), залегание снега более равномерное, и снег не достигает большой плотности. Район требует применения мер снегоборьбы в течение длительного периода.

Р а й о н I⁴ П р и м о р с к и й. Занимает низовья р. Амура и примыкающие к нему части побережья, а также о. Сахалин. Снежный покров весьма мало изучен. Очень частые и сильные ветры, переходящие в бури, интенсивно перевевают снежный покров, в результате чего снег залегает крайне неравномерно. Район особо трудный в отношении борьбы с снегозаносами.

В результате сильных ветров и частых оттепелей снежный покров сильно уплотнен. Особенно трудны условия снегоборьбы на восточном побережье Сахалина, где и толщина снежного покрова достигает наибольшей величины.

П з о н а. Наибольшая среднедекадная толщина снежного покрова от 50 до 70 см. Продолжительность многоснежного периода (с толщиной снега выше 30 см) 3—4 месяца в Европейской части СССР и южных частях Западной Сибири, от 4 до 6 месяцев в остальных районах, кроме крайнего севера, где она достигает 6 и более месяцев. Зона может быть отнесена к категории трудных в отношении снегоборьбы; лишь объем снегоборочных работ в связи с меньшим количеством снега несколько меньший, чем в зоне I.

Р а й о н II¹ С е в е р о - з а п а д н ы й. Занимает Кольский полуостров и побережье Белого моря и находится под сильным воздействием теплых струй атлантического течения, в резуль-

тате чего отличается менее континентальным климатом и более мягкой зимой. На Мурманском побережье нарастание толщины снежного покрова происходит непрерывно и постепенно до середины — конца марта, после чего она резко уменьшается. Во внутренних частях Кольского полуострова выделяется период, в течение которого снежный покров, достигнув максимальной толщины, держится на одном уровне в течение почти 1 месяца, после чего толщина снега быстро уменьшается.

Район отличается большим числом дней с метелями, перевевающими снежный покров, и оттепелями, особенно часто наблюдающимися в осенние месяцы и в начале зимы.

Преобладающее направление зимних ветров — с суши на море. Необходимо применение мер защиты от снегозаносов. Продолжительность многоснежного периода 4—5 мес.

Район II² Северо-Европейский. Занимает северо-восточную половину территории Европейской части СССР.

В связи с нарастанием континентальности климата к востоку в этом же направлении уменьшается и количество оттепелей. Благодаря этому снежный покров в восточных районах имеет меньшую плотность, чем в западных, и более подвижен. Особенно часты метели и снегозаносы в юго-восточной (степной) части района, где приходится принимать особые меры к защите дорог и аэродромов от снежных заносов. Наименьшее число дней с метелями наблюдается в центральной части района. Продолжительность многоснежного периода колеблется в пределах 3—4 месяцев.

Район II³ Обь-Иртышский. Занимает западную и центральную часть Западно-Сибирской низменности. Наименьшей толщины снежный покров достигает у восточного склона Урала и на юге района, откуда толщина увеличивается по направлению к северу и северо-востоку. Общая продолжительность залегания снежного покрова, а также и многоснежного периода увеличивается с юга на север. Число дней с метелями увеличивается с юга на север (от 30 до 50); на крайнем севере в открытой тундре метели исключительно часты (до 130 дней в году) и достигают большой силы. В связи с этим снег в северных частях лежит крайне неравномерно и приобретает исключительную плотность (до 0.7).

В средней и южной частях снег менее плотен и залегает более ровным слоем.

Район II⁴ Среднесибирский. Снежный покров этого малонаселенного и малоосвоенного района весьма плохо изучен, почему многие данные не могут быть приведены. Толщина снежного покрова уменьшается вместе с нарастанием континентальности с запада на восток. Оттепели в районе весьма редки, а зимние ветры обычно не достигают больших скоростей, вследствие чего метели здесь бывают не часто и снег

залегают рыхлым слоем. Однако в связи с довольно сложным рельефом нагорья можно ожидать довольно неравномерного распределения толщины снежного покрова.

Район II⁵ Охотское побережье. Занимает довольно узкую полосу между берегом Охотского моря и подходящими к нему горами, а также низовья р. Амура. Снежный покров этого района плохо известен. По имеющимся данным, у самого побережья снег сильно сдувается ветрами и залегают весьма неравномерным слоем. Количество снега увеличивается от берегов вглубь к горам. В середине зимы, в связи с небольшими скоростями ветра, метели довольно редки, значительно больше их осенью; осенью же значительно чаще и оттепели. Продолжительность многоснежного периода около 5 месяцев.

III зона. Максимальная среднедекадная толщина снежного покрова более 30 см, но не достигает 50 см. Продолжительность многоснежного периода до 3 месяцев; лишь на крайнем северо-востоке (Якутия) продолжительность значительно выше. В отношении снегоборьбы зону можно считать средней по трудности. Наряду с мерами уплотнения снежного покрова, особенно в южных и западных районах, приходится применять меры защиты от снежных заносов.

III¹ Центральная полоса Европейской части СССР. Снежный покров держится от 3 месяцев на западе до 5 месяцев на юго-востоке, многоснежный же период — около 2—3 месяцев. В западной части района очень часты оттепели, нередко сгоняющие снежный покров осенью и в начале зимы; число дней с оттепелями уменьшается по направлению к востоку. Метели часты; особенной силы они достигают в юго-восточных степных районах, где частые бураны переотлагают снег и вызывают сильные снежные заносы. В связи с частыми метелями плотность снега в юго-восточных частях выше, чем в северо-западных.

III² Тоболо-Иртышский район. Толщина снежного покрова колеблется в пределах 40—50 см, уменьшаясь в районе Тоболо-Иртышского водораздела. Вследствие более раннего и дружного наступления зимы продолжительность залегания снежного покрова выше, чем в районе III¹; длительнее также и многоснежный период.

Вследствие большей континентальности климата оттепели в течение зимы — явление редкое. Рыхлый снежный покров легко взметается даже небольшими ветрами и образует снегозаносы, особенно частые в южных частях района.

III³ Приангарский район. Максимальная толщина снежного покрова 30—40 см, однако в связи с довольно сложными условиями рельефа и легкой подвижностью снега толщина снежного покрова неравномерна. Резко выраженный континентальный климат, с устойчивыми низкими зимними

температурами, определяет малое число дней с оттепелями. Метели также довольно редки. Продолжительность многоснежного периода небольшая (в среднем 2—3 мес.). В отдельных защищенных возвышенностями котловинах максимальный снежный покров не достигает 30 см.

III⁴ Якутский район. Район с резко выраженным континентальным климатом, продолжительными и исключительно устойчивыми зимними морозами. В течение всего зимнего периода оттепели отсутствуют. Из малого годового количества осадков зимой выпадает небольшая часть, поэтому район отличается малоснежностью. В центральной части Якутской впадины средняя максимальная толщина снежного покрова не достигает 30 см. Ветры, редкие зимой в центральных частях, чаще встречаются на окраинах (особенно на севере), благодаря чему снег залегают более или менее ровным рыхлым слоем и имеет незначительную плотность.

Продолжительность залегания снежного покрова весьма значительна (7—9 мес.), продолжительность же многоснежного периода всего 2—3 месяца. Для района характерен крайне резкий переход от лета к зиме и от зимы к лету и короткие переходные периоды. Нередко выпавший первый снег остается лежать на всю зиму. Район почти не требует мероприятий по борьбе со снежными заносами.

III⁵ Яно-Колымский район. Как по климатическим условиям, так и по характеру снежного покрова весьма близок к Якутскому району. Основное различие — в сроках залегания снежного покрова и в продолжительности многоснежного периода, достигающего 4—6 месяцев. Количество дней с метелями увеличивается к северу, вследствие чего по направлению к северу увеличивается и средняя плотность снега. Максимальная толщина снежного покрова уменьшается в центральных частях Верхоянской впадины, где она местами не превышает в среднем и 20 см; по направлению к северу, югу и востоку толщина его увеличивается.

III⁶ Бурейско-Амурский район. По характеру снежного покрова близок к Приангарскому (III⁵).

Длительный устойчивый морозный период без оттепелей и редкие ветры и метели определяют равномерное залегание покрова и незначительную плотность снега. Снегозаносы и зимние снегопады редки.

IV зона. Максимальная среднедекадная толщина снежного покрова от 10 до 30 см. Только в многоснежные зимы в этой зоне приходится принимать меры к уборке снега, в зимы же малоснежные работы сводятся лишь к ликвидации последствий единичных метелей и снегопадов.

Район IV¹, Западный. Для района характерны очень частые оттепели, особенно в западных частях. Среднее число

дней с оттепелью в зимние месяцы (декабрь—февраль) достигает на западе 50, причем число дней с оттепелями, сгоняющими снег в этот же период, доходит на западе до 20—25. В результате частых оттепелей осенью снеговой покров устанавливается поздно, и период предзимья отличается большой продолжительностью. Количество оттепелей значительно уменьшается по направлению к востоку. Благодаря частым оттепелям снежный покров оседает, уплотняется и становится мало подвижным. Число дней с метелями, на западе незначительное, увеличивается по направлению к востоку.

Р а й о н IV² К а з а х с т а н с к и й. Климат района отличается значительной континентальностью. Характерны резкие переходы от лета к зиме и от зимы к лету за счет укорочения переходных периодов. Число дней с оттепелями значительно меньше, чем в западном районе (IV¹), метели же и бураны более часты.

Р а й о н IV³ Б и й с к и й и М и н у с и н с к и й. Оба небольших района представляют собой котловины, защищенные горами и поэтому малоснежные. Отличаются значительно большей продолжительностью залегания снежного покрова (до 5—6 мес.) Оттепели и метели редки. Максимум толщины снежного покрова наступает в феврале.

Р а й о н IV⁴ З а б а й к а л ь с к и й. По характеру снежного покрова близок к району IV³. Резко выраженный континентальный климат в нем смягчен лишь в непосредственной близости к оз. Байкалу и у побережья Японского моря. В западных частях района снегонакопление происходит быстро в начале зимы: начиная с декабря нарастание толщины снежного покрова почти приостанавливается, и в течение 3—4 месяцев высота снежного покрова весьма устойчива. Быстрое уменьшение толщины снежного покрова происходит в марте—апреле. У побережья Японского моря наибольшей толщины снежный покров достигает в декабре—январе, после чего в течение 2—3 месяцев толщина снега лишь слабо уменьшается; быстрое уменьшение толщины и сход снежного покрова наступают в марте—начале апреля.

В з о н а. Максимальная среднедекадная толщина снежного покрова не превышает 10 см. Снежный покров большей частью не имеет устойчивого периода, неоднократно стаивая в течение зимы. Более устойчив снежный покров в восточных районах. Продолжительность залегания снежного покрова до 2 месяцев на западе и до 4 на востоке. На юго-западе и юге очень часты оттепели, сгоняющие снежный покров. К этой же зоне отнесены также районы, не имеющие более или менее постоянного снежного покрова.

Р а й о н V¹ Ю г о - з а п а д н ы й. Отличается большой неустойчивостью снежного покрова. Частые оттепели среди зимы

неоднократно сгоняют снежный покров. В южных районах встречаются только отдельные снегопады, при которых снег лежит всего лишь несколько дней. Метели несколько чаще встречаются на востоке, где оттепели реже и снег более рыхлый и подвижный.

Р а й о н V² П р и к а с п и й с к и й. Отличается от юго-западного большей континентальностью климата и большей устойчивостью снежного покрова при меньшей его средней толщине. На юге встречаются лишь отдельные снегопады, создающие кратковременный покров. Снег более рыхлый и подвижный.

Р а й о н V³ Ю ж н о - З а б а й к а л ь с к и й. Район весьма малоснежный. Вследствие устойчивости зимы снег держится в среднем до 4 месяцев, хотя и образует настолько маломощный покров, что значительная часть площади лишена снега. Отмечаются очень большие колебания в сроках выпадения и схода снежного покрова. Оттепели редки. Метели не достигают большой силы.

VI з о н а — А р к т и ч е с к а я. При средней мощности снега, отвечающей III—IV зонам, снежный покров непрерывно перевевается очень частыми ветрами, достигающими исключительной силы, и залегает крайне неравномерно. Открытые ветрам возвышенные пространства в течение зимы частично лишены снежного покрова; в местах же защищенных скапливаются громадные толщи снега, нередко уплотненные ветрами до 0.7. Снегопады и метели наблюдаются во все месяцы года; лишь в южных частях зоны снегопады отсутствуют в июле или августе. Борьба со снегом должна проводиться в течение 10—11 месяцев, причем главное внимание приходится уделять борьбе со снежными заносами. Наиболее тяжелые условия борьбы со снегом — в западной части зоны, где снега выпадает больше. В северо-западных частях зоны снежный покров лежит круглый год, на востоке же он сохраняется в течение года лишь в местах его скопления при метелях.

Г о р н ы е р а й о н ы. В зависимости от положения гор, экспозиции их частей к ветрам, абсолютной высоты, характера склонов и вершин и ряда других условий, снежный покров в различных частях гор залегает крайне неравномерно как в отношении толщины, так и продолжительности.

Чрезвычайно сложная картина распределения снежного покрова в горах и исключительно слабая его изученность не дают возможности охарактеризовать покров всех горных стран, поэтому мы и ограничиваемся лишь некоторыми имеющимися отрывочными данными по отдельным горным районам.

Б о л ь ш о й К а в к а з. В соответствии с распределением общего количества осадков, наибольшей толщины снежный покров достигает на южных склонах западной части Кавказского хребта в высокогорной области (2000 м и выше); по на-

правлению к востоку и на северных склонах толщина снежного покрова уменьшается. Так как количество осадков возрастает с высотой местности и параллельно с этим с высотой понижается и температура воздуха, то толщина снежного покрова и продолжительность его залегания увеличиваются по мере поднятия в горы.

В зависимости от абсолютной высоты и характера рельефа в Большом Кавказе можно выделить по характеру залегания снега следующие три высотные зоны:

1. Верхняя зона с постоянным снежным покровом, охватывающим главные вершины Кавказа, расположенные выше снеговой границы.

2. Средняя зона с переменным снежным покровом, но с длительным устойчивым его залеганием. Сюда относится часть склонов и высоких предгорий.

3. Нижняя зона с неустойчивым снежным покровом, где снег, хотя и выпадает ежегодно, но быстро тает, не образуя устойчивого покрова. Эта зона занимает нижние части склонов и предгорья.

1. Верхняя зона. Граница вечных снегов, в зависимости от экспозиции склонов и условий рельефа, довольно значительно колеблется, но в среднем в западных частях Кавказа располагается на высоте около 2700 м, в центральных частях — на высоте около 3200 м и в восточных — 3500—3800 м. По наблюдениям высокогорной станции Эльбрус (4250 м), все осадки выпадают в твердом виде, и дождей там не бывает. На метеорологической станции на г. Казбеги (4019 м) снег выпадает также во все месяцы года, но наряду со снегом с мая по август выпадают и дожди. Снежный покров здесь держится круглый год и тает лишь в тех местах, где он по условиям рельефа не может удержаться или сдувается ветрами. Так как осадки чаще всего выпадают в весенние (апрель — июнь) и осенние (октябрь — ноябрь) месяцы, то и средняя толщина снежного покрова образует два резко выраженных максимума, приходящихся на конец ноября и конец мая. Минимальная толщина наблюдается в летние и зимние месяцы. Снежный покров в высокогорных областях залегает исключительно неравномерно, чему способствуют постоянные сильные ветры и бури. По данным станции Казбеги, среднее число дней с бурями достигает 104 в году. Этими бурями снег перевевается с вершин в ущелья и понижения рельефа, где и образуются мощные скопления, превращающиеся в фирновые поля, питающие ледники.

Под влиянием палящих солнечных лучей днем и ночных заморозков снег весьма быстро изменяет свою структуру и становится зернистым и сыпучим. В глубоких горизонтах и у поверхности земли снег также быстро превращается в сыпучий и под-

вижный «снег-плавун», способствующий образованию снежных обвалов и лавин.

2. Средняя зона. В Западном Кавказе на высоких перевалах максимальная толщина снежного покрова достигает 3,5—4 м, а в иные годы и больше. Снежный покров устанавливается на высоте около 2000 м в среднем в начале или середине ноября и исчезает во второй половине апреля. Обильные снегопады, образующие кратковременный покров, наблюдаются на этих высотах уже ранней осенью — в августе и сентябре. Наибольшей толщины снег достигает во второй половине февраля.

На Центральном Кавказе общее количество осадков и толщина снежного покрова убывают по сравнению с Западным Кавказом. Снежный покров устанавливается в начале ноября и сходит в конце апреля — начале мая. Отдельные снегопады отмечаются в верхних частях зоны почти во все месяцы года. К осени снежный покров постепенно спускается вниз по склонам, и в сентябре — октябре отдельные снегопады захватывают все склоны и предгорья. По вычислениям Варданянца [8а], в горах на высотах 3000—3500 м не менее 10—15% всего времени летних месяцев занято снегопадами и снежными метелями, и не менее 20—35% этого времени горы бывают покрыты снежным покровом. Толщина снежного покрова из года в год подвергается весьма большим колебаниям, и зимы с незначительным и кратковременным снежным покровом сменяются зимами многоснежными.

На Восточном Кавказе и в Дагестане, в связи с меньшим общим количеством осадков, толщина снежного покрова весьма незначительна; лишь на самых больших высотах образуются мощные скопления снегов. На высоте около 1000 м и выше снеговой покров образуется иногда уже в сентябре, но чаще в декабре и январе, и лежит в отдельные годы до мая включительно. На высотах ниже 1000 м снег обычно выпадает в ноябре, но чаще с декабря по март, не образуя здесь устойчивого покрова и стаивая неоднократно в течение зимы. В горах Дагестана устойчивый снежный покров наблюдается только на высотах, превышающих 1600 м, но и здесь он не достигает толщины 20 см; на меньших же высотах средняя толщина снежного покрова не превышает 5 см. Выше 2000 м отдельные снегопады отмечаются во все месяцы года, исключая июль и август.

3. Нижняя зона. Верхняя граница этой зоны лежит в пределах Западного Кавказа на высоте 400—500 м, в Центральном — около 800 м и в восточном — около 1600 м. Снег в этой зоне, хотя и выпадает ежегодно и в отдельные многоснежные зимы образует покров, нестаивающий в течение 2—3 месяцев, но в другие малоснежные зимы снежный покров не задерживается более нескольких дней. Снегопады встречаются

во все зимние месяцы, но чаще всего в январе и феврале. Снегопады иногда бывают очень обильны, но, как правило, между отдельными снегопадами снег стаивает целиком.

Снежный покров Закавказья. На Черноморском побережье и в Колхидской низменности постоянный снежный покров отсутствует. Среди зимы наблюдаются отдельные снегопады, иногда весьма обильные; они образуют снежный покров, достигающий 1—2 м толщины, но он обычно держится в течение лишь нескольких дней или даже часов. Снег, благодаря высокой влажности, имеет значительную плотность. По мере поднятия в горы снежный покров становится более устойчивым и держится более 1 месяца.

В пределах Куринской низменности снежный покров образуется не каждый год и обычно держится не более 5—10 дней, лишь в исключительные годы он задерживается до 1 месяца. Чаще всего снег выпадает в январе, но снегопады встречаются с ноября по март. В повышенных плоскогорьях продолжительность залегания снежного покрова увеличивается, хотя снега здесь обычно бывает настолько мало, что скот пасется круглый год на подножном корму.

На Ленкораньском побережье постоянный снежный покров отсутствует. В среднем в Ленкорани бывает 14 дней в году со снегом, а в Пришбе и Астаре — только 7 дней. Чаще всего снег выпадает в январе и феврале. Снег на низменности обычно выпадает вместе с дождем и очень быстро стаивает, не образуя покрова; лишь в предгорьях наблюдается снежный покров, продолжительность которого возрастает по мере поднятия в горы.

В горах Малого Кавказа снежный покров достигает значительной толщины (до 100—130 см) и отличается большой устойчивостью. Устойчивый снежный покров в местностях высотой в 1400—2000 м образуется в конце ноября — начале декабря и держится в течение 3—4 месяцев, но отдельные снегопады встречаются в средних и верхних ярусах гор с середины сентября по май. Таким образом период снегопадов в верхних ярусах занимает около 9 месяцев, а в нижних ярусах — около 6 месяцев. Наиболее снежные месяцы — февраль и март.

Урал. Снежный покров горного Урала почти совершенно не изучен. Метеорологические станции, на которых ведутся наблюдения над снегом, расположены в долинах рек и не могут дать характеристики покрова в горных районах. Высоты Урала нигде не достигают границы вечных снегов, но в отдельных защищенных ущельях и на крутых склонах местами сохраняются не стаивающие круглый год снежные сугробы, превращающиеся в фирн и даже лед. Наибольшей толщины (свыше 100 см) снежный покров достигает на западных склонах и западных грядках Северного и Среднего Урала. Восточные

склоны и предгорья сравнительно бедны снегом. Снежный покров в горах в значительной степени образуется за счет изморози [19]. Благодаря постоянным сильным ветрам снег залегают крайне неравномерно и отличается значительной плотностью.

Горы Советской Средней Азии. Вследствие сухости климата граница вечных снегов в горах Средней Азии расположена на большой высоте, причем она повышается от периферических горных цепей к внутренним. Так как осадки приносятся преимущественно западными ветрами, основные же горные цепи вытянуты с ВСВ на ЗЮЗ, то главная масса осадков выпадает на второстепенных поперечных цепях и горных узлах. Этими условиями определяются и распределение снега, и положение снеговой границы, и оледенение гор. На окраинных хребтах высота снеговой границы 3000—3600 м, в районе Хан-Тенгри она достигает 4000—4300 м, в бассейне Кара-Куль 4500—4800 м, а в южных районах Памира 5000—5200 м. Наибольшая толщина снежного покрова и продолжительность его залегания наблюдаются в окраинных горах, в то время как в южной части Памира снежный покров в среднем не превышает 10 см.

По данным Д. Святского [67], в зимние месяцы на северных склонах Заилийского Ала-Тау граница сплошного снежного покрова располагается на высоте 800—1000 м. Весной (в марте — мае) снеговая граница поднимается до высот 2500—3000 м; лишь отдельные снегопады образуют временный покров до высоты 800—1200 м. В течение лета (июнь — август) граница снега не опускается ниже 2500 м. Осенью, после нескольких сентябрьских снегопадов, опускающих снеговую границу до 800—1000 м, устанавливается обыкновенно сухая и теплая погода, и граница снега поднимается до предельной высоты в 2800 м. С октября — ноября граница снегов постепенно опускается до высоты 800—1000 м.

Алтай. Наибольшей толщины снежный покров достигает в окраинных частях горного Алтая, получающих большее количество осадков. Так, в северных частях Телецкого озера и в бассейне р. Абакана в январе снег достигает толщины 1 м и больше. В бассейне р. Шавли и в верховьях Чулышмана толщина снежного покрова меньше, наиболее же малоснежны районы бассейна р. Чульчи и южной Прителецкой части, где устойчивого снежного покрова почти нет. В южной части Алтая наибольшее количество снега выпадает в высокогорной гольцовой зоне, где имеются значительные площади, занятые вечными снегами. Граница вечных снегов повышается с запада на восток и от периферических частей к внутренним от 2300 м до 4500 м. В высокогорных районах снегопады наблюдаются даже в июле. В верховьях Чулышмана (Яйлю) первый снег выпадает в среднем во второй половине сентября. Усиленное таяние сне-

гов происходит в конце апреля. Освобождаются от снега раньше всего нижние части гор и их южные склоны. В конце апреля и начале мая снега стаивают уже в большей части лесной зоны, а в конце мая — начале июня снега сходят и на перевалах.

С а я н ы. В высокогорной зоне Западного Саяна снег выпадает в большом количестве, и зубчатые горные цепи (с высотой 1300—1500 м) большую часть года покрыты снегом. Снежный покров устанавливается здесь с середины сентября, а к апрелю толщина снега достигает 1.5—2 м. С октября по март в горах держатся морозы без оттепелей, и рыхлый, малоуплотненный снег сильными ветрами перевевается с вершин в ущелья и долины, образуя там мощные снежники, нестаивающие нередко в течение лета. На узких гребнях и крутых склонах снег обычно не задерживается, и они всю зиму стоят без снега. В замкнутых, окруженных со всех сторон котловинах (Усинской, Минусинской и др.), толщина снежного покрова настолько ничтожна, что всю зиму можно ездить на колесах, и скот пасется круглый год на подножном корму.

Данными о снежном покрове других горных районов мы не располагаем.

Снег	Вид	Разновидность	Условия образования и характеристика	Плотность	Физико-механические показатели по А. Гоффу и Г. Оттену			
					плотность при опытах	сцепление внутри слоев в кг/м ²	сопротивление разрыву в кг/м ²	коэффициент трения внутри слоя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Свежевыпавший (новый, молодой) снег, сохранивший полностью или в обломках первичную кристаллическую форму, которую он имел в момент выпадения	1. Свежевыпавший сухой снег	а) Пушистый снег («пороша»)	<p>Рыхлый снег, образующийся при снегопадах в тихую безветренную погоду. Весьма разнообразный в зависимости от формы снежинок и метеорологических условий снегопада. Легко подвижный, приходящий в движение при скоростях ветра от 3,5—4 м/сек. В снеге проваливается не только пешеход, но и лыжник. Лепится в рассыпающийся снежок. Слабо прилипает к лыжам. При небольшой толщине не препятствует движению транспорта</p> <p>Выпадает при полном безветрии и температурах, близких к 0°. Состоит из звездочек с ненарушенной ветвистостью и снежных хлопьев. Очень рыхлый и липкий. Яркого белого цвета. Часто искрится. Исключительно подвижный. Имеет большое значение в маскировке. Пешеход, лыжник и все виды транспорта легко проминают и оставляют глубокий, легко заметный след</p>	0.01—0.2	0.1—0.13	0—50	0	
				0.03—0.06				

Снег	Вид	Разно- видность	Условия образования и характеристика	Плотность	Физико-механические показатели по А. Гоффу и Г. Оттену			
					плотность при опытах	сцепление внутри слоев в кг/м ²	сопротив- ление разрыву в кг/м ²	коэффициент трения внутри слоя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		б) Иголь- чатый снег (дикий)	Разновидность пушистого снега, но образуется при низких температурах (ни- же—15°) и состоит из тон- чайших игол. Весьма неус- тойчив и подвижен	0.01—0.03				
		в) Порош- ковид- ный (песча- ный) снег	Выпадает исключительно при низких температурах и состоит из мелких твердых кристалликов различной фор- мы (пластинок, призм, игол). Весьма мало скользкий снег. При температурах ниже—20° лыжи по нему отказываются двигаться из-за большого трения					
		г) Мучни- стый снег (снег- круп)	Выпадает при температурах, близких к 0°, и состоит из белых непрозрачных снежных или ледяных зерен. Менее подвижный и рассыпчатый	0.05—0.07				
		д) Снег- измо- розь	Образуется оседанием из тумана на холодную снежную поверхность. Состоит из раз- ветвленных кристаллов, спа- янных между собою, но рых- лых. Очень хрупкий, мало скользкий и мало подвижный снег.					

Снег	Вид	Разно- видность	Условия образования и характеристика	Плотность	Физико-механические показатели по А. Гоффу и Г. Оттену			
					плотность при опытах	сцепление внутри слоев в кг/м ²	сопротив- ление разрыву в кг/м ²	коэффициент трения внутри слоя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1) Осев- ший сухой снег		Снег, уплотнившийся под влиянием силы тяжести, сохраняющий первичную кристаллическую форму. Большой частью рыхлый и рассыпчатый. При рытье сыпается с лопаты, образуя весьма непрочные комки. Большая скользкость снега определяет прекрасные его качества для лыжного и санного передвижения. Пешехода не выдерживает	0.2—0.3				
	2) Осев- ший влаж- ный снег		Снег, уплотнившийся под воздействием повышения температуры, теплого влажного ветра и дождя. Тончайшие разветвления снежинок оплавляются и снег превращается в однородную бесструктурную снежную массу. Хорошо лепится в снежок и может образовать крупные снежные шары. При рытье вынимается лопатой крупными глыбами. Пригоден для строительства снежных сооружений без прибавления воды. Очень хорош для передвижения на лыжах и санях. Проходим для пешехода	0.3—0.4				

Снег	Вид	Разно- видность	Условия образования и характеристика	Плотность	Физико-механические показатели по А. Гоффу и Г. Оттену			
					плотность при опытах	сцепление внутри слоев в кг/м ²	сопротив- ление разрыву в кг/м ²	коэффициент трения внутри слоя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
III. Старый снег (пере- кристал- лизованный, фир- низированный)	Снежинки в покрове полностью утратили свою перво- начальную форму. Состоит из ледяных кристаллов		Снег, вполне утративший свою первичную структуру и формы кристаллов снежинок и под воздействием сублимации перекристаллизованный в более или менее крупные зерна (фирн)					
	1) Моло- дой		Мелкозернистый плотный и компактный чисто белого цвета снег, раскалывающийся лопатой на куски. Состоит из мелких зерен (диам. до 1 мм), не имеющих определенной формы. Легко проницаем для воздуха и воды. Под влия- нием солнечных лучей и тепла весной становится мяг- ким и рыхлым на поверхно- сти. Очень скользкий. Луч- ший для лыжного передви- жения	0.3—0.6	0.32—0.48	850—4700	500—1500	0.39—0.50
	2) Старый (фирн)		Голубовато-серый, нередко с коричневым оттенком снег, состоящий из крупных полу- прозрачных снежно-ледяных зерен более 1 мм диаметром. Образуется при помощи суб- лимации из молодого фирно- вого снега. Снег довольно					

Снег	Вид	Разновидность	Условия образования и характеристика	Плотность	Физико-механические показатели по А. Гоффу и Г. Оттену			
					плотность при опытах	сцепление внутри слоев в кг/м ²	сопротивление разрыву в кг/м ²	коэффициент трения внутри слоя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			малой связностью и большой подвижностью и сыпучестью. Сильно затрудняют передвижение всех видов механизированного транспорта. Автомобильные колеса и гусеницы тракторов буксуют в крупитчатом снеге. Особую опасность представляет в горных районах и на крутых склонах, так как пльвун образует плоскости скольжения для верхних слоев снега при снежных обвалах и лавинах	0.3-0.4				

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

От автора. 3

I. Формирование снежного покрова 5

Образование снега и снежного покрова (5). Основные условия, определяющие структуру и физические свойства снежного покрова (7). Характер и форма выпадающих снежных осадков (8). Деформация снежинок при выпадении (13). Изменение снежного покрова в связи с оседанием инея и изморози и испарением (14). Уплотнение снежного покрова (15). Изменение снега под воздействием жидких осадков (17). Включение в снежный покров механических примесей (17). Влияние характера подстилающей снег поверхности и температурного режима внутри снежного покрова (18).

II. Плотность снега. 18
Снежный наст и корки (25).

III. Классификация снега. 28

IV. Снегоотложение. 29

Перевевание снега (29). Снегонакопление в различных условиях рельефа и растительности (32). Методы снегоборьбы и снегонакопления (39).

V. Основные физические свойства снежного покрова 45

Теплопроводность снега (45). Радиационные свойства снежного покрова (48). Цвет снега и маскировка (51). Светопроницаемость снега (54). Газо- и воздухопроницаемость снега (57). Скользясть снега и условия передвижения (58). Шумовые и звуковые явления в снеге (66). Электрические свойства снега и льда (67).

VI. Различные воздействия снежного покрова. 67

Воздействие снежного покрова на прозрачность воздуха и дальность видимости (67). Снег и туманы (68). Истирающее действие движущегося при поземках и метелях снега (68).

VII. Снеготаяние, снеговые воды и их деятельность 70

Снеготаяние и сток талых вод (70). Работа талых снеговых вод (77). Весенняя распутица (81).

VIII. Снежный покров СССР. 82

Появление и сход снежного покрова (84). Толщина снежного покрова (88). Плотность снега (91). Районирование территории СССР по характеру снежного покрова (93).

Приложение 107

Указатель важнейшей использованной литературы. 115