

Взнос



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ
В ПОМОЩЬ СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ



А. М. ШУЛЬГИН

ПОЧВЕННЫЙ КЛИМАТ
И
СНЕГОЗАДЕРЖАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ

СЕРИЯ

А. М. ШУЛЬГИН

ПОЧВЕННЫЙ КЛИМАТ
И СНЕГОЗАДЕРЖАНИЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва — 1954

Ответственный редактор
П. И. КОЛОСКОВ

ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране осуществляется крутой подъем всех отраслей сельского хозяйства и успешное освоение новых земель. В борьбе за всемерное повышение урожайности сельскохозяйственных культур должны быть полностью использованы природные условия того или иного района. Среди них большое значение имеет почвенный климат.

Специфические особенности почвенного климата следующие.

Во-первых, особая среда его проявления и развития. Почвенный климат формируется и проявляется в почве, которая в отличие от атмосферы является био-органоминеральной системой, имеющей свои законы развития. Атмосфера в целом более или менее однородна на больших пространствах земли, почва же не однородна в своем составе и свойствах даже на сравнительно небольших территориях. Вследствие этого физические явления, протекающие непосредственно в почве, менее однородны, чем в атмосфере.

Во-вторых, наличие растительного и снежного покровов на почве, а также корней, растительных остатков, микроорганизмов и животных в почве, оказывающих огромное влияние на жизнь почвы и ее климат.

В-третьих, важная роль в развитии почвенного климата производственной деятельности человека. Человек подвергает почву и ее покров частому систематическому воздействию, непрерывно изменяющему ход протекающих в ней явлений.

В-четвертых, большая изменчивость почвенного климата под влиянием наиболее активных природных и производственных факторов.

Почвенный климат необходимо рассматривать как историческое явление, которое возникло с образованием почвы, появлением в ней живых организмов и развивается вместе с нею.

Почвенный климат — одна из составных частей физико-географической среды, — формируясь под воздействием этой среды и деятельности человека, оказывает в свою очередь непосредственное воздействие на многие природные явления и сельскохозяйственное производство. Он влияет на жизнь и продуктивность растений, микроорганизмов, на формирование микроклимата и природного комплекса местности.

Всестороннее изучение почвенного климата позволит познать и использовать его закономерности в интересах социалистического сельского хозяйства. Это поможет планомерному созданию лучших условий для роста и развития сельскохозяйственных растений, для повышения их продуктивности и устойчивости к климатическим невзгодам, для улучшения существующих и создания новых форм растений, для наиболее правильного размещения их по территории. Регулирование почвенного климата, как и микроклимата, позволяет улучшать и изменять в нужном направлении местный климат, а также повышать продуктивность сельского хозяйства.

Вопрос о климате почвы выдвинут отечественным почвоведением в конце прошлого столетия (П. А. Костычев, 1886). В 30—40 годах текущего столетия на необходимость широкого изучения почвенного климата вновь указывали С. С. Неуструев, С. П. Кравков, М. И. Сумгин, М. М. Филатов и др. В климатологии постановка и разработка многих вопросов почвенного климата принадлежит П. И. Колоскову (1925, 1946, 1947).

Систематические наблюдения над основными элементами почвенного климата — температурой и влажностью почвы, проводимые в последние десятилетия Гидрометеорологической службой и отдельными научными учреждениями СССР, создают реальные предпосылки для исследований почвенного климата отдельных районов нашей страны.

Во многих областях СССР холодное время года весьма продолжительно. Изучение почвенного климата в течение этого времени имеет особое значение и в известной мере может рассматриваться отдельно. На почвенный климат

в зимний период оказывает большое влияние снежный покров. Снежный покров представляет в нашей стране огромное естественное богатство— «белое золото», использование которого может содействовать дальнейшему повышению урожайности полей во многих районах СССР.

Крупнейший русский климатолог А. И. Воейков впервые указал на огромное значение в природе снежного покрова и его влияние на климат и почву. В работе «Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду и способы исследования» (1885) А. И. Воейков показал исключительное значение снежного покрова в нашей стране и большие возможности хозяйственного его использования. Он писал: «Нельзя не убедиться в том, что мы еще слишком мало знаем о снежном покрове и его влиянии и что здесь обширное поле для исследований в разных направлениях. Нужен еще целый ряд наблюдений, большей частью весьма простых, их дальнейшая научная разработка, а затем применение к практике в широких размерах»

Со времени написания этих слов прошло много времени, наука значительно продвинулась вперед в изучении снега и применении его в различных отраслях народного хозяйства. Следует отметить работы А. П. Тольского (1903), Г. А. Любославского (1909), П. И. Колоскова (1925), Н. А. Качинского (1927), Н. Н. Галахова (1940), П. Г. Кабанова (1940), Г. Д. Рихтера (1945, 1948, 1953) и многих других исследователей снежного покрова.

Однако основные положения работ А. И. Воейкова полностью подтвердились; сохранили также свое значение и приведенные выше его слова, зовущие к дальнейшим исследованиям в области изучения снежного покрова и широкого применения его в практике.

Правильное и эффективное использование снежного покрова в сельском хозяйстве требует знания механизма воздействия его на климат верхних слоев почвы, так как последний тесно связан и во многом обуславливает жизнь растений в зимний период.

В настоящей работе рассматривается климат поверхностных слоев почвы в зимний период, главным образом температурный режим почвы и значение его для земле-

¹ А. И. Воейков. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду и способы исследования. Зап. Русского географического общества, 1889, т. XVIII, стр. 186.

деля; освещен вопрос о влиянии снежного покрова на температуру почвы на глубине залегания узлов кущения озимых растений — 3 см; установлена количественная связь температуры почвы на этой глубине с температурой воздуха при разной высоте снежного покрова; рассмотрен вопрос об отношении зимующих растений к температуре почвы; излагаются основные принципы и метод регулирования климата поверхностных слоев почвы зимой при помощи снежного покрова и растительности; показывается эффективность одного из новых, разработанных при участии автора приемов снегозадержания — летним посевом кулисных растений.

Передовые представители русской агрономической и географической науки — А. И. Воейков, В. В. Докучаев, П. А. Костычев, В. Р. Вильямс и другие — подчеркивали возможность воздействия человека на климат приземных слоев воздуха и верхних слоев почвы. Освещение вопросов регулирования почвенного климата и использования такого природного ресурса, каким является снег, представляет существенный интерес и практическую значимость, особенно для сельского хозяйства.

В брошюре использован, главным образом, материал многолетних исследований автора в различных географических зонах — Украина, Северный Кавказ, Западная Сибирь.

Цель данной работы — познакомить читателей с новым вопросом в науке — климатом почвы и его регулированием путем снегозадержания и оказать посильную помощь в повышении урожайности сельскохозяйственных культур.

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ
И СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Почва состоит из твердой (минеральной), жидкой и газообразной частей. Вода и воздух заполняют поры почвы, а поэтому тепловые свойства ее в значительной мере зависят от влажности, пористости, содержания в ней почвенного воздуха. Кроме того, известное влияние на тепловой режим почвы оказывают механический и минералогический ее состав, а также живые организмы, находящиеся в почве.

Лучистая энергия солнца, которая поглощается поверхностью почвы, превращается в тепловую энергию и передается в верхние, а затем и в глубокие слои почвы. Если излучение почвой тепла превышает его приход, то поверхность почвы охлаждается, и это охлаждение передается в верхние и глубокие слои почвы. Таким образом, тепловой режим поверхности почвы, поглощающей и излучающей лучистую энергию, регулирует тепловой режим почвы и воздуха. А. И. Воейков назвал эту поверхность внешней деятельной поверхностью, подчеркнув этим ее активный характер и важную роль в процессе теплообмена.

Нагревание и охлаждение почвы зависят от многих условий: разности температуры отдельных слоев почвы, ее теплопроводности и теплоемкости, а следовательно и температуропроводности. Чем больше разность температуры поверхности почвы и ее глубоких слоев и чем больше теплоемкость и теплопроводность почвы, тем большее количество тепла поступает в почву или уходит из нее.

Под теплопроводностью почвы понимают способность почвы проводить тепло из более нагретых слоев в слои менее нагретые. Теплопроводность определяется тем количеством тепла в калориях, которое протекает в 1 сек. через 1 см² слоя однородного вещества толщиной в 1 см при разности температуры обеих сторон этого слоя в 1 .

Теплопроводность почвы зависит от ее физических свойств — содержания твердых частиц, воздуха, воды, пористости почвы.

Таблица 1
Коэффициенты молекулярной теплопроводности составных частей почвы (в кал/см сек. град)

Полевой шпат	0,0058
Известняк	0,0040
Торф	0,0020
Вода	0,0012
Воздух	0,00005

Теплопроводность твердой части почвы в 100 раз больше теплопроводности почвенного воздуха, теплопроводность воды в 24 раза больше теплопроводности воздуха (табл. 1).

Таким образом, в зависимости от соотношения отдельных составных частей почвы, ее теплопроводность различна; влажные почвы обладают большей теплопроводностью, чем сухие.

По мере увлажнения сухой почвы, т. е. замещения воздуха водой, теплопроводность почвы увеличивается (табл. 2).

Таблица 2

Теплопроводность песка в зависимости от его влажности

Содержание воды (в %)	0	5	15	20
Теплопроводность (в кал/см сек. град)	0,0003	0,0011	0,0019	0,0025

Большое влияние на теплопроводность оказывает пористость почвы, которая характеризуется отношением объема почвенных пор к общему объему почвы и выражается в процентах. Пористость целинных почв колеблется в пределах 30—40%, а пахотных — 40—60% и больше. С увеличением пористости теплопроводность почвы уменьшается. Особенно интенсивное падение тепло-

проводности почвы наблюдается при переходе пористости почвы от 30 к 50%.

Теплопроводность почвы имеет суточный и годовой ход в связи с тем, что влажность почвы имеет также суточный и годовой ход. Днем теплопроводность почвы обычно уменьшается, ночью она увеличивается. При увлажнении почвы теплопроводность ее увеличивается, при иссушении уменьшается. Так, например, измерения, проведенные А. Ф. Чудновским (1948), показали, что 24 мая 1941 г. в 4 ч. при влажности почвы 14% теплопроводность составляла 0,0034 кал/см сек. град, а в 16 ч. при уменьшении влажности до 1,2% теплопроводность стала 0,0029 кал/см сек. град. 8 июня 1941 г. при влажности почвы в 10,7% в 4 ч. теплопроводность была 0,0030, а в 16 ч. при влажности в 8,8% она упала до 0,0027 кал/см сек. град.

Повышение температуры почвы определяется не только количеством полученного тепла, но и ее теплоемкостью. Различают весовую (или удельную) теплоемкость и объемную теплоемкость. Весовой (или удельной) теплоемкостью называется количество тепла в калориях, которое необходимо для того, чтобы нагреть 1 г почвы на 1°. Объемной же теплоемкостью называется количество тепла в калориях, которое необходимо для того, чтобы нагреть 1 см³ почвы на 1°.

Теплоемкость почвы зависит от ее влажности, содержания в ней воздуха, пористости, а также и от минералогического состава.

Теплоемкость составных частей почвы приведена в табл. 3.

Таблица 3
Теплоемкость составных частей почвы

Составные части почвы	Весовая теплоемкость, кал/г град
Песок и глина	0,18—0,23
Торф	0,48
Воздух	0,24
Вода	1

Так как теплоемкость воды значительно больше теплоемкости твердых минеральных частей, то объемная

теплоемкость почвы увеличивается с повышением ее влажности, при этом чем больше пористость, тем различия больше. Наоборот, увеличение воздуха в почве уменьшает ее теплоемкость (табл. 4).

Таблица 4

**Объемная теплоемкость почвы при различной ее влажности¹
в кал/см³ град**

	Влажность, %			
	0	20	50	100
Песок	0,35	0,40	0,48	0,63
Глина	0,26	0,36	0,54	0,90
Торф	0,20	0,32	0,56	0,94

¹ Влажность почвы взята в процентах от максимальной ее влагоемкости.

Как видно из приведенных данных, объемная теплоемкость торфа в сравнении с песком и глиной в сухом состоянии наименьшая, а во влажном — наибольшая, что обусловлено его большой пористостью. Наоборот, теплоемкость песка в сравнении с другими почвами в сухом состоянии наибольшая, а во влажном — наименьшая. Теплоемкость глины при малой влажности меньше теплоемкости песка, при большей влажности — выше. Влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее охлаждаются: сухие же, наоборот, быстрее нагреваются, но затем быстро охлаждаются.

Суточные колебания температуры влажной почвы меньше, чем сухой; во влажной почве меньше и изменение температуры между отдельными ее слоями.

Тепловое состояние почвы выражается не только в абсолютных величинах — калориях, но и в относительных — градусах. Изменение температуры почвы во времени, а также по глубинам определяется ее температуропроводностью.

Коэффициент температуропроводности равен коэффициенту теплопроводности, деленному на объемную теплоемкость почвы

$$K = \frac{\lambda}{C_p},$$

где K — коэффициент теплопроводности; λ — коэффициент теплопроводности; C_p — объемная теплоемкость.

Таким образом, теплопроводность почвы служит мерой скорости выравнивания температуры на различных глубинах.

В глубоких слоях почвы, при плохой теплопроводности, температура медленно повышается, но зато и медленно понижается. В поверхностных же слоях, при малой теплопроводности почвы наблюдаются большие колебания температуры; температура в них быстрее повышается, но также и быстро понижается. Суточные и годовые амплитуды температуры в почвах с малой теплопроводностью наблюдаются в слое меньшей мощности по сравнению с почвами, имеющими большую теплопроводность.

Коэффициент теплопроводности зависит от влажности почвы и минералогического состава, а также содержания в ней воздуха. Теплопроводность воздуха значительно больше теплопроводности воды — для воздуха она равна 0,16, а для воды — 0,0013. При увеличении влажности теплопроводность почвы быстро растет, затем рост замедляется по мере дальнейшего увеличения влажности. Это связано с тем, что изменение теплопроводности является результатом совместного изменения теплопроводности и теплоемкости. Объемная теплоемкость растет вместе с увеличением влажности. Теплопроводность же при малых значениях влажности растет быстрее, а затем при сильном увлажнении рост теплопроводности замедляется. Вследствие этого на первых этапах увлажнения рост теплопроводности почвы происходит интенсивнее роста теплоемкости и тем самым теплопроводность возрастает.

В поверхностных слоях — от 0 до 5 см теплопроводность обычно резко падает. Это объясняется наличием здесь дернины, которая отличается малой теплопроводностью, а также иссушением этих слоев при отсутствии осадков в теплое время года.

В холодное время года почва покрыта слоем снега той или иной высоты. На большей части огромной территории нашей страны снежный покров лежит продолжительное время — от нескольких недель до шести и более месяцев в году, высотой в среднем от 10—15 см на юге до 60—70 см и больше на севере,

Снежный покров представляет собой своеобразную прослойку между почвой и атмосферой. Он оказывает огромное влияние на тепловой режим почвы. Снежный покров содержит большой запас воды, в среднем он составляет во многих районах страны от 1/4 до 1/3 всей суммы выпадающих годовых осадков.

Плотность его — отношение объема воды, полученной из снега, к взятому объему снега; она колеблется в больших пределах — от 0,01 до 0,7. Плотность свежеснегавшего снега зависит от температуры воздуха во время снегопада: чем выше температура воздуха, тем плотнее снег (табл. 5).

Таблица 5

Плотность свежеснегавшего снега в зависимости от температуры

Температура воздуха при снегопаде	Плотность снега	
	средняя	минимальная
ниже — 10°	0,07	0,01
от — 10 до — 5°	0,09	0,01
от — 5 до 0	0,11	0,04
от 0 до 2	0,18	0,07
выше 2	0,20	0,16

В течение зимы плотность снежного покрова увеличивается в среднем на 10% за месяц. В зимние месяцы средняя плотность снежного покрова составляет около 0,2, а к концу зимы до 0,3.

Термоизолирующее свойство снежного покрова объясняется его плохой теплопроводностью. В течение зимы она меняется в зависимости от плотности снежного покрова: чем больше плотность снега, тем выше его теплопроводность.

Теплопроводность снега пропорциональна квадрату его плотности (d), именно $\lambda=0,0067$ (P кал/см сек. град. Поэтому при плотности снежного покрова в 0,2 теплопроводность его 0,0003 кал/см сек. град, а при плотности 0,3 — 0,0006 кал/см сек. град. Теплопроводность снега в 10 раз больше теплопроводности воздуха и в 10 раз

меньше теплопроводности минеральной части почвы (ср. табл. 1).

Наибольшую защитную роль в деле уменьшения охлаждения почвы играет свежесвыпавший рыхлый снег; теплопроводность его наименьшая. Уплотненный же снежный покров обладает уже большей теплопроводностью и в меньшей степени предохраняет почву от охлаждения.

Вследствие малой теплопроводности снежного покрова теплообмен между его поверхностью и почвой не велик. Зимой под снежным укрытием достаточной мощности в почве создается особый почвенный климат, существенно отличающийся от почвенного климата участков без снежного покрова.

Г. А. Любославский (1909) под Ленинградом получил следующие величины температуры почвы, покрытой снегом и оголенной (табл. 6).

Таблица 6

Средние месячные температуры оголенной почвы и под снегом (в среднем за 15 лет)

Месяцы	Высота снежного покрова, см	Глубина, м				
		0,0	0,2	0,4	0,8	1,6
Ноябрь	8	0,1	1,9	2,8	4,5	6,0
	0	-1,6	0,6	2,0	3,8	6,0
Декабрь	разность	1,7	1,3	0,8	0,7	0,0
	21	-1,8	0,4	1,3	2,9	4,4
Январь	0	-6,5	-3,9	-1,9	0,9	3,9
	разность	4,7	4,3	3,2	2,0	0,5
Февраль	37	-1,5	0,0	0,8	2,1	3,4
	0	-8,0	-6,1	-4,2	-1,2	2,2
Март	разность	6,5	6,1	5,0	3,3	1,2
	55	-1,6	-0,6	0,2	1,6	3,0
Апрель	0	-8,8	-6,9	-5,2	-2,3	1,3
	разность	7,2	6,3	5,4	3,9	1,7
Май	61	-1,2	-0,6	0,1	1,2	2,6
	0	-4,7	-3,7	-2,9	-1,6	0,9
Июнь	разность	3,5	3,1	3,0	2,8	1,7
	36,3	1,8	0,8	0,9	1,4	2,3
Июль	0	3,8	2,2	1,0	0,2	0,9
	разность	-2,0	-1,4	-0,1	1,2	1,4

Под снежным покровом, как видно из данных таблицы, температура верхних слоев почвы в январе и феврале более чем на 6° выше, чем под оголенной поверхностью. Весной же верхние слои почвы под снежным покровом оказываются более холодными, чем под оголенной поверхностью.

Поверхность снежного покрова обладает большой отражательной способностью, а также большой способностью излучать тепло. Снежный покров отражает до 70—80% падающей коротковолновой солнечной радиации, т. е. в 2—3 раза больше, чем почва. Нагревание снега от солнца меньше, чем почвы, но способность снега излучать тепло очень велика и потому охлаждение поверхности снежного покрова весьма значительно. Температура поверхности снежного покрова обычно ниже температуры приземного слоя воздуха, а также температуры поверхности почвы, не покрытой снегом.

Распределение и ход температуры на различных глубинах в снежном покрове и в почве видны из рис. 1. Верхняя ломаная линия показывает изменение высоты снежного покрова в течение зимы — с ноября по март. Остальные нижние линии (термоизоплеты) показывают температуру на той или иной глубине снежного покрова и почвы. Наибольшие колебания температуры наблюдаются в верхнем слое почвы и снежного покрова. По мере увеличения его мощности колебания температуры в почве уменьшаются.

Наблюдения А. П. Тольского показали, что с глубиной происходит очень быстрое убывание амплитуды температуры. Так, на поверхности снежного покрова суточная амплитуда равняется 30° , на глубине 5 см — 16° , а на глубине 24 см — только $2,7^{\circ}$.

Пользуясь этими данными, С. А. Сапожникова (1950) исчислила коэффициент температуропроводности снежного покрова при различной его плотности. Для верхнего слоя снега при плотности 0,18 коэффициент температуропроводности — 0,002, при плотности 0,26 температуропроводность — 0,004. Таким образом, с увеличением плотности снежного покрова возрастает его температуропроводность и уменьшается термоизолирующая роль.

В то же время с изменением плотности и высоты снежного покрова в течение зимы изменяются и запасы воды в нем. В среднем один миллиметр твердых осадков в виде

снега, измеренных дождемером, соответствует увеличению высоты снежного покрова на один сантиметр. Определение запасов воды в снеге производят по следующей формуле

$$p = Hd \times 10 \text{ мм},$$

где p — запасы воды в снеге в миллиметрах; d — плотность снега; H — высота снежного покрова в сантиметрах.

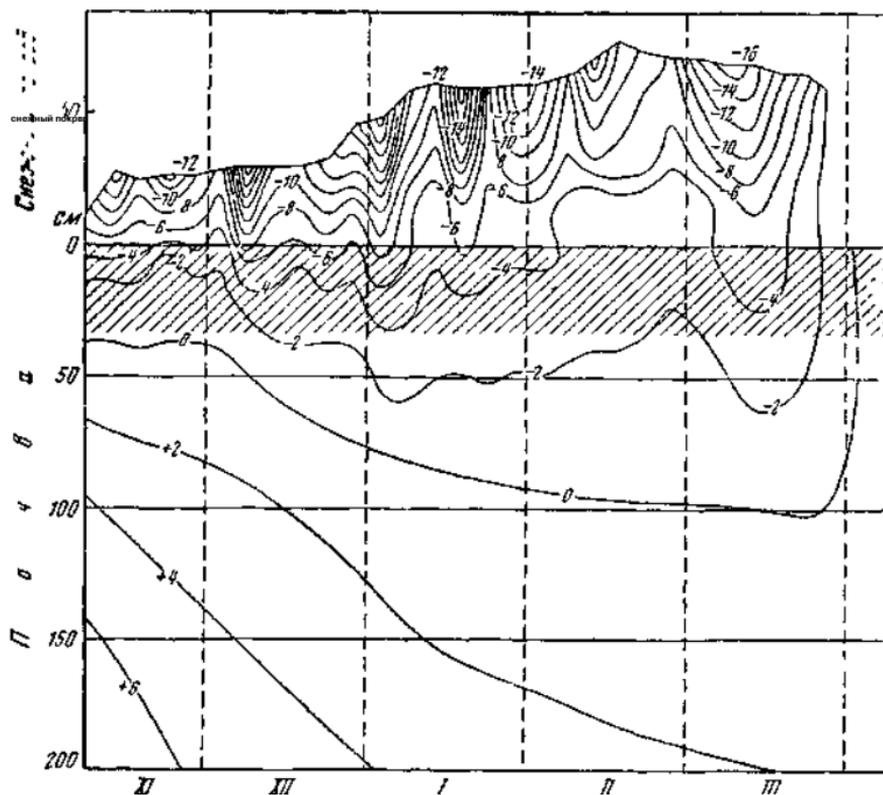


Рис. 1. Термоизоплеты в снежном покрове и в почве. Боровое опытное лесничество, зима 1908/09 г. (по А. П. Тольскому)

С увеличением высоты снежного покрова уменьшается глубина промерзания почвы. По многолетним измерениям Г. А. Любославского под Ленинградом под снежным покровом промерзание почвы не достигало 40 см, в то время как оголенная почва промерзала более чем на 80 см. На уменьшение глубины промерзания почвы влияет не

только высота, но и более раннее время установления и меньшая плотность снежного покрова, а также наличие растительного покрова и другие факторы.

Следовательно, снежный покров, в силу его больших термоизолирующих свойств, в зимний период уменьшает охлаждение почвы («отепляет» ее), уменьшает глубину промерзания почвы, защищает зимующие растения от сильных морозов, увеличивает запасы почвенной влаги.

В весенний период снежный покров замедляет нагревание почвы, содействует медленному оттаиванию и хорошему ее увлажнению.

Следует указать, что значение снежного покрова в сельском хозяйстве может быть как положительным, так и отрицательным. Положительное значение имеет снежный покров в районах с суровыми зимами, где он защищает растения от гибели и повреждений. При большой мощности и большой продолжительности залегания действие снежного покрова на растения в мягкие зимы нередко отрицательное.

Различное воздействие снежного покрова на растения зависит также от времени выпадения, плотности и равномерности распределения его на полях. Во всех этих случаях термоизолирующий эффект снежного покрова будет различен; том самым будет неодинаков температурный режим верхних слоев почвы под снежным покровом.

Глава II

ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПОЧВЫ

До самого последнего времени уделялось очень мало внимания изучению климата поверхностных слоев почвы (0—5 см) в зимнее время года. Наблюдения в этих слоях в теплое время года ведутся обычно при помощи термометров Савинова. Температурный режим поверхностных слоев почвы в зимний период не изучался, так как термометры с наступлением морозов снимались, а электротермометры имели еще малое применение. Влажность почвы и зимнее время определяется редко из-за методических трудностей. Между тем температурный режим и режим влажности поверхностных слоев почвы оказывают огромное, в большинстве случаев решающее, влияние на жизнедеятельность растений и микроорганизмов.

Основные особенности климата поверхностных слоев почвы заключаются в следующем. Поверхностные слои почвы ограничиваются «деятельной поверхностью» (поверхностью почвы) и через нее соприкасаются с приземным слоем воздуха. Здесь имеют место наиболее значительные и наиболее резкие колебания влажности и температуры почвы. Даже небольшие летние осадки сильно увеличивают влажность этих слоев, почти не изменяя влажности нижележащих, а высокая температура и низкая влажность воздуха ведут почти к полному их иссушению. Колебания температуры поверхности почвы летом в течение суток приводит к значительным изменениям влажности верхних слоев почвы. Зимой происходит передвижение влаги из более теплых глубоких слоев к поверхностным замерзающим слоям почвы.

Таким образом, эти слои могут относительно легко увеличить свой объем, в сторону наименьшего сопротивления.

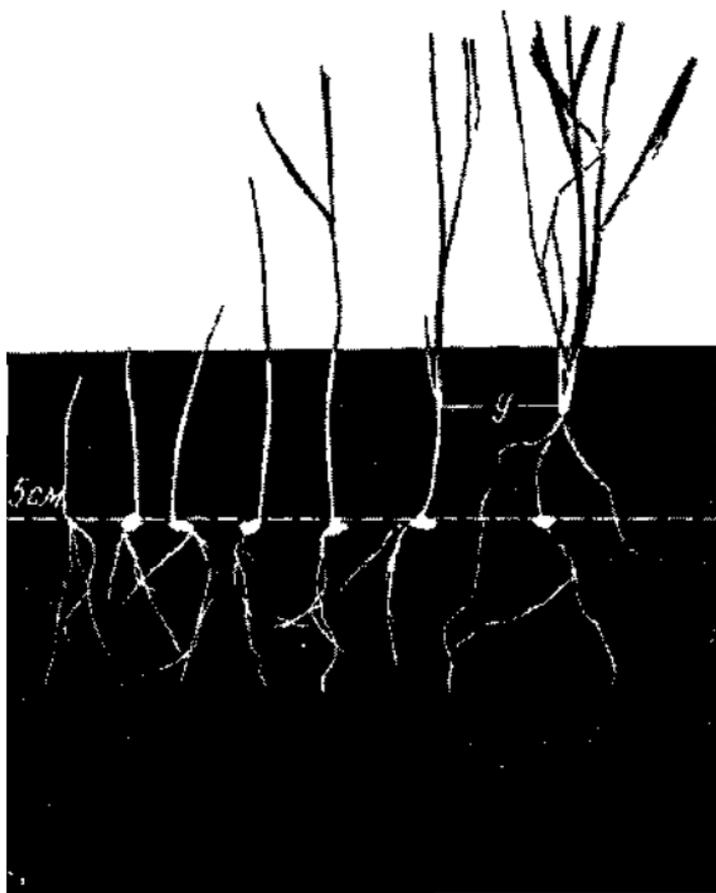


Рис. 2. Прорастание семени и образование узла кущения (по Ф. М. Куперман)

Поверхностные слои почвы наиболее тесно связаны с жизнедеятельностью растений и обязаны многими свойствами и качествами тем биологическим процессам, которые происходят в них. В этих слоях почвы развивается наибольшее число микроорганизмов и почвенной фауны, производящих ряд весьма заметных изменений в механических и в физико-химических свойствах почвы. Поверхностные слои почвы подвергаются наиболее частым воз-

действиям со стороны человека, как то: пахота, многократные культивации, боронование и ряд других обработок. В поверхностных слоях почвы расположены значительная часть корней и важнейшие органы зимующих сельскохозяйственных растений: узлы кущения и корневые шейки. Узлы кущения озимой пшеницы, озимой ржи и озимого ячменя закладываются обычно на глубине от 0,5 до 7 см, в среднем около 3 см. Корневые шейки многолетних бобовых трав — люцерны, клевера находятся на глубине от 2 до 5 см. Большое число многолетних злаковых трав располагают узлы кущения на глубине от 0 до 5 см.

Понижение температуры замерзших поверхностных слоев почвы ниже так называемой критической, в огромном большинстве случаев ведет к сильным повреждениям, либо к полной гибели указанных выше органов зимующих культур и тем самым к повреждениям или гибели самих растений. Изменение прочности и объема почвы, наличие в ней кристаллов льда, тот или иной характер и степень выраженности явлений промерзания почвы, связанных с ее температурой, немедленно отражаются на состоянии зимующих растений. Все это делает изучение климата поверхностных слоев почвы (0—5 см) крайне важным для выяснения условий существования многих растений, а также для разработки мероприятий по борьбе с неблагоприятными климатическими явлениями в зимний период.

Для живых организмов, находящихся зимой в поверхностных слоях почвы, решающее значение имеет температура почвы на той глубине, где расположены основные органы зимующих растений. Узел кущения является одним из сложных и весьма важных для жизни растений органов (см. рис. 2). Это практически единственный орган, способный формировать новые побеги и корни в случае гибели надземных частей и корневой системы от неблагоприятных внешних условий. Из узлов кущения развиваются основные продуктивные стебли у хлебных злаков. Исход перезимовки и в определенной степени урожай озимых культур зависят от условий, в каких проходит жизнедеятельность узлов кущения и точек роста новых побегов в период их осенне-зимнего развития.

В тех случаях, когда сохраняется живым узел кущения, деятельная часть корневой системы, находящаяся значительно глубже, как правило, сохраняется. В тех же случаях, когда гибнет только корневая система (от механи-

ческих разрывов при пучениях, образовании трещин в почве, при попеременном оттаивании и замерзании ее весной), она в течение 2—3 недель может возобновиться узлами кушения так же, как и надземные органы. Гибель же узла кушения при сохранившейся корневой системе ведет к гибели всего растения, так как весной не может быть возобновлена деятельность надземных органов растений.

Наблюдениями и прямыми экспериментами ряда исследователей установлена прямая связь между глубиной залегания узлов кушения и перезимовкой растений. Как правило, при мелком залегании узлов кушения гибель озимых культур бывает чаще, чем при более глубоком.

Весной 1891 г. С. Г. Топорков (1899), наблюдая поврежденные зимними морозами посевы, отметил, что глубина залегания узла кушения погибших растений была менее одного сантиметра; у всех же уцелевших растений узел кушения был расположен глубже 1—1,5 см. В 1912 г. А. Я. Ляубе, наблюдая озимые, также установил, что их узлы кушения, залегавшие до глубины 1,3 см, погибли, а те растения, у которых узел кушения находился на глубине от 2 до 4,1 см, уцелели. Ф. М. Куперман (1936) в 1933 г. на Харьковской селекционной станции обнаружила, что все растения, у которых узел кушения был на глубине от 1 до 1,5 см, полностью погибли. При положении его на глубине 1,7—2 см растения выжили. Аналогичные данные были получены А. И. Задонцевым (1936) и другими.

У многих сортов озимых культур наблюдается явление многоузловости (рис. 3). Экспериментами Ф. М. Куперман (1950) установлено, что в годы гибели узлов кушения сохранялись живыми те из них, которые лежали достаточно глубоко.

Узлы кушения озимых растений так же, как и корневые шейки многолетних трав, являются вместилищем запасных веществ. В качестве последних у озимых откладываются сахара, которые служат основным материалом для дыхания растений в течение зимы, а также выполняют ряд защитных функций, способствующих повышению выносливости растений к низкой температуре.

Наблюдения И. И. Туманова (1940) показывают, что и сам процесс превращения сахаров из одних форм в другие, определяющий в известной мере стойкость растений

к низкой температуре (закаливание), в значительной степени зависит от изменения температуры тех слоев

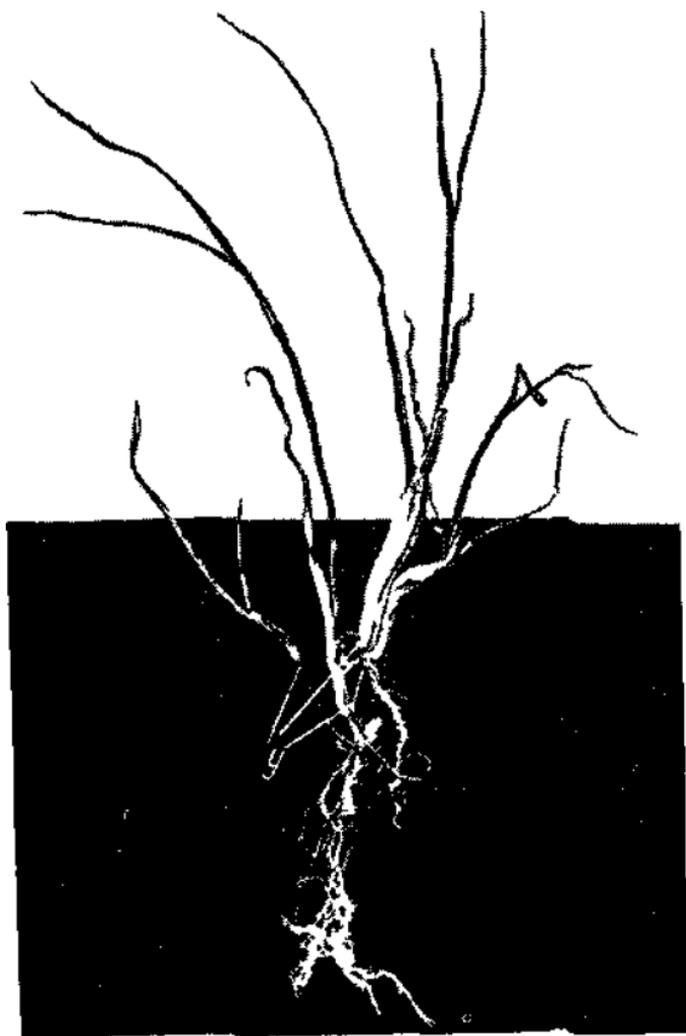


Рис. 3. Куст пшеницы с многими узлами кушения (по Ф. М. Куперман)

почвы, в которых расположены узлы кушения. Постепенное снижение температуры почвы на глубине узлов кушения до -12 , -13° ведет к значительному повышению устойчивости у многих зимостойких сортов пшеницы и

ржи. Узлы кущения обладают ферментативным аппаратом, тонко приспособленным к самым незначительным изменениям условий внешней среды и особенно к изменениям температуры.

В зимний период проходят не только процессы, связанные с закаливанием растений, но и процессы их стадийного развития. Озимые хлеба вступают в зимний период часто в состоянии незавершенной первой стадии развития, и степень их холодостойкости на протяжении зимы определяется, наряду с другими причинами, задержкой в окончании этой стадии. При переходе с осени во вторую стадию развития озимые растения резко теряют свою выносливость к низкой температуре.

Таким образом, температурный режим поверхностных слоев почвы в первую половину зимы является главным в комплексе условий, определяющих процессы, протекающие зимой в точках роста новых побегов в узлах кущения растений. Однако в зависимости от стадийного состояния озимых растений одна и та же отрицательная температура в почве, особенно во второй половине зимы, может вести или к дальнейшему усилению, или к понижению холодостойкости растений, либо же вызывать повреждения и даже полную гибель их.

Сельскохозяйственная практика и наука установили, что на перезимовку растений оказывает влияние также состояние почвы зимой — степень ее плотности, наличие или отсутствие больших кристаллов льда, трещин и т. д., вызывающих в ряде случаев механическое воздействие на узлы кущения и корни. Это состояние промерзшей почвы обусловлено, главным образом, величиной отрицательной температуры почвы при определенной ее плотности и влажности. В свою очередь сами растения при развитии большой надземной массы оказывают также определенное влияние на температуру промерзшей почвы.

Впервые в Советском Союзе наблюдения над минимальной температурой почвы на глубине 3 см в зимний период (средняя глубина залегания узла кущения) были организованы Гидрометеорологической службой Украины на большинстве станций в 1933 г. Затем такие наблюдения были организованы и в других областях и ведутся по настоящее время на всех агрометеорологических станциях и почти на всех метеорологических станциях СССР, привлеченных к сельскохозяйственным наблюдениям.

Наблюдения проводятся на участках озимых культур, многолетних трав, подзимних посевов яровой пшеницы и т. д. Если проводится снегозадержание, то наблюдения осуществляются отдельно — на участках со снегозадержанием и без него. На некоторых агрометеорологических станциях велись наблюдения и на участках искусственного бесснежья. Накопленный фактический мате-

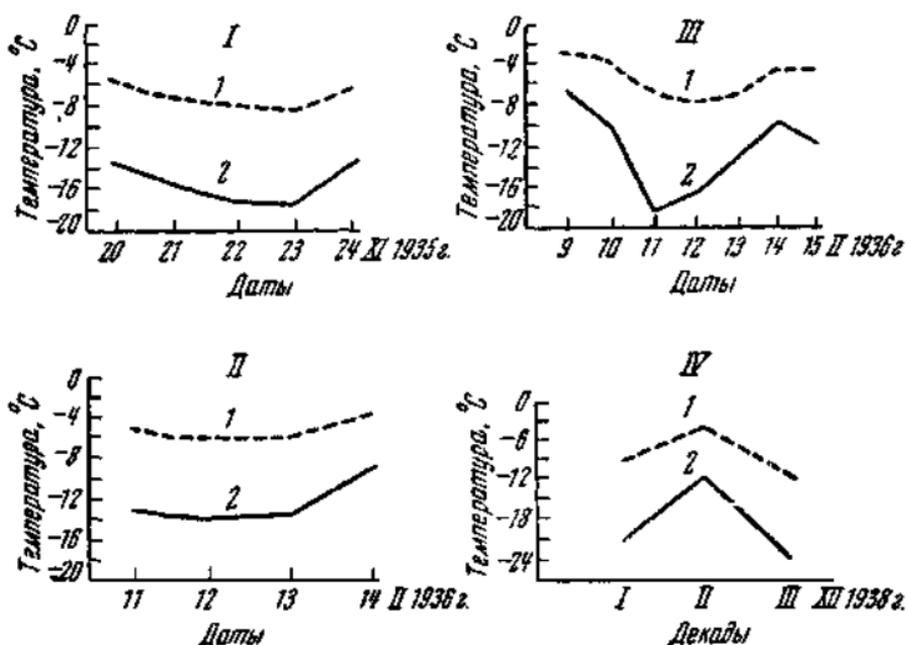


Рис. 4. Минимальная температура на глубине 3 см почвы при отсутствии снежного покрова в различных районах Украины и Поволжья I — лесостепная зона Украины; II — южная часть степной зоны; III — северная часть степной зоны; IV — центральная часть Поволжья; 1 — миним. температура почвы; 2 — миним. температура воздуха

риал за 10—15 лет по многим районам СССР имеет большое практическое и теоретическое значение, так как восполняет существовавший до этого пробел в знании термического режима поверхностных слоев почвы в зимний период.

Как показали наблюдения, слой почвы в 3 см создает значительный термоизолирующий эффект. В различных пунктах Украины и Поволжья разность температуры воздуха и почвы на глубине 3 см при отсутствии снежного покрова составляла от 4 до 15° (рис. 4).

Разность температуры почвы на глубине 3 см и температуры на поверхности почвы больше, чем различия между

температурой воздуха и почвы (табл. 7), так как наиболее охлажденной является обычно поверхность почвы. Охлаждение же с поверхности почвы передается в нижние слои воздуха и более глубокие слои почвы. Поэтому правильнее было бы сравнивать температуру почвы с температурой на ее поверхности или поверхности снежного покрова. Однако методические погрешности при измерении последней заставляют пользоваться вместо температуры на поверхности почвы или снежного покрова температурой воздуха на высоте 2 м.

Таблица 7

Температура воздуха, на поверхности почвы и на глубине 3 см при отсутствии снежного покрова (степная зона Украины)

Дата наблюдений	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Минимальная температура поверхности почвы за сутки, °С	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С	Разность температуры воздуха и почвы на глубине 3 см, °С	Разность температуры поверхности почвы и на глубине 3 см, °С
Март 1935 г.					
15	- 8,7	- 7,8	-2,9	-5,8	-4,9.
16	- 9,1	-10,1	-5,3	-3,8	-4,8
17	- 7,6	- 8,0	-3,5	-4,1	-4,5
18	- 4,2	- 6,2	-2,2	-2,0	-4,0
19	- 4,0	- 4,9	-1,4	-2,6	-3,5
Февраль 1936 г.					
19	-12,8	-13,7	-7,2	-5,6	6,5
20	-12,4	-12,7	-7,0	-5,4	-5,7
21	-10,8	-14,4	-6,4	-4,4	-8,0
22	- 8,6	- 9,2	-5,0	-3,6	-4,2

При кратковременных оттепелях зимой в почве на глубине 3 см сохраняется отрицательная температура, что весьма благоприятно для зимующих растений (рис. 5).

Термоизолирующая роль отдельных горизонтов верхнего слоя почвы не одинакова. Наиболее подвержен температурным колебаниям слой почвы от 0 до 1 см. Уже на расстоянии 1—2 см от ее поверхности колебания температуры меньше. Однако до 3 см колебания температуры почвы еще весьма значительны, они резко уменьшаются в слое 3—5 см. Наконец, слой почвы в 6—7 см представ-

ляет собой для биологических объектов весьма существенную термоизолирующую прослойку. Она создает иные температурные условия для жизни не только микроорганизмов, но и для огромного большинства высших, особенно травянистых растений.

В течение ряда лет в разных зонах СССР велись полевые исследования температуры каждого сантиметра поверхностного слоя почвы при полном отсутствии снежного покрова (табл. 8).

В условиях степи лесостепи Украины, а также предгорий Северного Кавказа в дни, когда снежный покров отсутствовал, температура воздуха опускалась до -20 , -25° , каждый сантиметр поверхностного слоя почвы создавал значительный термоизолирующий эффект. В Западной Сибири наблюдалось аналогичное явление, однако в силу больших морозов температура на глубине до 5 см здесь ниже. Наиболее значительный термоизолирующий

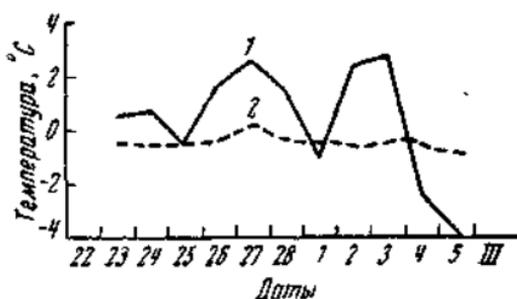
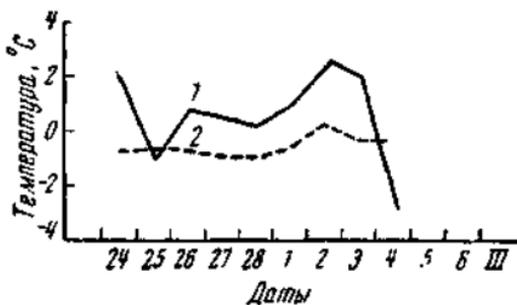


Рис. 5. Минимальная температура эффект во всех зонах СССР почвы на глубине 3 см в период оттепели создает первый сантиметр ли в 1935 г. в двух пунктах (степная поверхность слоя почвы - зона Украины) вы. Разность между тем- 1 - температура воздуха; 2 — температурой воздуха и тем- тура почвы температурой почвы на глубине 1 см достигала $8-12^{\circ}$. Нижележащие слои давали разность от $0,5$ до $5,9^{\circ}$.

В период значительного снижения температуры воздуха, наблюдавшегося в январе 1940 г. по всему СССР, в Нальчике был зарегистрирован в полевых условиях ход температуры почвы в слое $0-5$ см (рис. 6). Наибольшие различия, от 4 до 15° , наблюдались между температурой поверхности почвы и температурой на глубине 1 см. Меньшие различия имели место в температуре между нижележащими слоями. Однако и эти различия, пред-

Температура почвы на разной ее глубине при отсутствии
снежного покрова

Зоны	Дата наблюдений	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Минимальная температура почвы за сутки на различной глубине, °С				
			1 см	2 см	3 см	4 см	5 см
Лесостепная зона Украины	19 XII. 1931 г.	-18,4	-13,3	-11,7	-9,2	—	-5,6
	11 II. 1932 г.	-25,7	-19,4	-17,3	-16,0	—	-10,9
Степная зона Украины	17 II. 1936 г.	-21,4	—	—	-11,4	—	-9,6
	27 I. 1937 г.	-20,3	-19,9	-18,7	-16,9	-15,4	-14,5
Северный Кавказ	28 I. 1939 г.	-20,0	-8,0	-6,2	-4,7	-3,0	-2,4
	2 II. 1939 г.	-20,1	-12,0	-9,3	-6,5	-4,1	-3,6
Лесостепная зона Западной Сибири	22 XII. 1941 г.	-41,9	-32,0	-25,9	-20,0	-17,3	-16,0
	5 II. 1942 г.	-36,4	-30,4	-28,9	-26,0	-23,2	-20,0
	14 I. 1943 г.	-37,0	-28,0	-27,4	-26,3	-23,4	-20,1

ставляют весьма существенное практическое значение для озимых, узлы кушения которых расположены на разной глубине почвы.

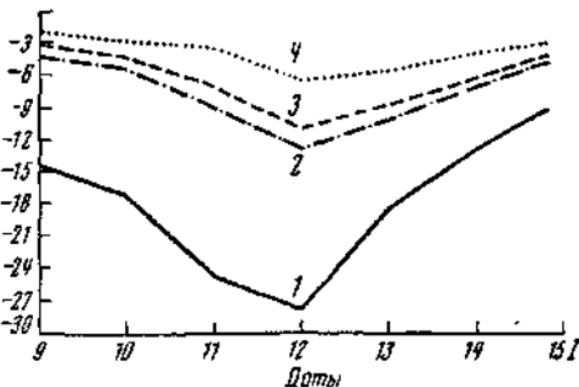


Рис. 6. Минимальная температура поверхностных слоев почвы при бесснежье в январе 1940 г. (предгорье Сев. Кавказа)

1 — температура на поверхности почвы; 2 — температура почвы (1 см); 3 — температура почвы (3 см); 4 — температура почвы (5 см)

Термоизолирующая роль поверхностных слоев почвы исследовалась и в лабораторных условиях путем промо-

раживания черноземной почвы. Промораживание сверху велось в течение пяти суток в больших ящиках, помещенных и холодильные камеры; температура почвы регистрировалась термометрами сопротивления. Опыт осуществлен в 1949 г. в лаборатории Института мерзлотоведения АН СССР, результаты его представлены на рис. 7.

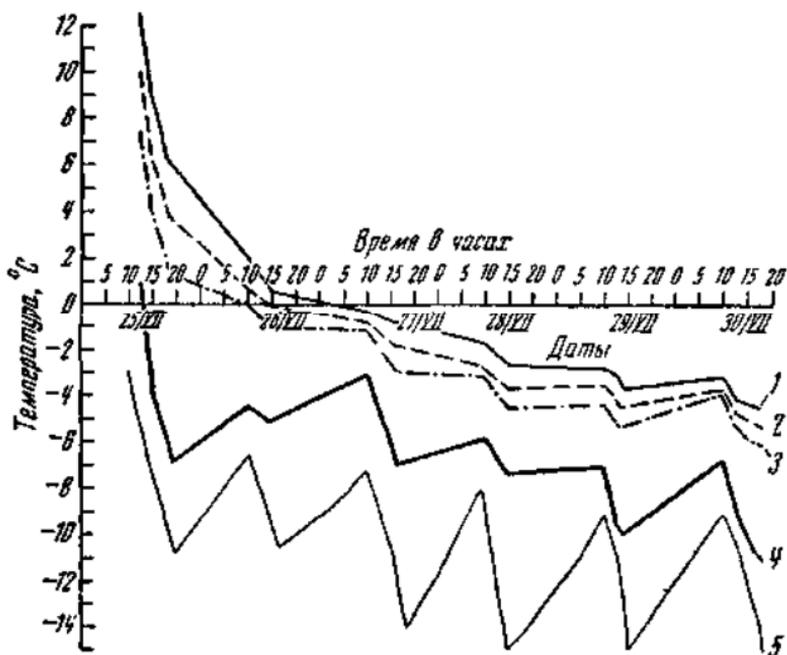


Рис. 7. Ход температуры при искусственном промораживании черноземной почвы

1 — температура почвы (5 см); 2 — температура почвы (3 см); 3 — температура почвы (1 см); 4 — температура на поверхности почвы; 5 — температура воздуха в камере

Как видно, при падении температуры на поверхности, почвы до $8-11^{\circ}$ ниже нуля в почве даже на глубине в 1 см температура не опускалась ниже -5° . В этих опытах заслуживает внимания тот факт, что при действии отрицательной температуры воздуха в течение почти 24 часов температура в почве резко отставала от температуры воздуха. В течение вторых суток температура в почве даже не опускалась ниже -2° и лишь на третьи сутки опустилась до -5° .

Следует указать, что промораживание почвы в лабораторных условиях принципиально отлично от промерзания почвы в естественных условиях. В естественных

условиях потеря тепла происходит с поверхности почвы, которая поэтому всегда бывает холоднее воздуха. В лаборатории же почва промораживается при помощи охлаждаемого воздуха и поэтому поверхность почвы всегда бывает теплее воздуха. Следовательно, при одинаковой температуре воздуха — в поле почва охлаждается до более низкой температуры, чем в камере. Тем самым зимостойкость растений, определяемая по отношению к температуре в лабораторных условиях, может оказаться преувеличенной.

Для поверхностных слоев почвы характерна также связь между продолжительностью отрицательной температуры воздуха и температурой почвы. Чем кратковременнее и реже наблюдается низкая температура воздуха, тем больше разность между температурой воздуха и почвы. Это отчетливо видно из рис. 4, 5 и 6.

При кратковременных понижениях температуры воздуха, наблюдавшихся в разные годы и в разных районах Европейской части СССР (Украина, Поволжье и Северный Кавказ), температура в почве на глубине 3 см изменялась в значительно меньшей степени, чем температура воздуха. Разность температуры воздуха и почвы на глубине 3 см достигла 15° и даже больше.

То же наблюдалось в отдельные годы и в Западной Сибири, когда в начале зимы происходили колебания температуры воздуха при отсутствии снежного покрова (табл. 9),

В период с 2 по 7 ноября 1942 г. при кратковременном понижении температуры воздуха 4 и 5 ноября разность температуры воздуха и почвы доходила до $15,1^{\circ}$. При длительном же снижении температуры воздуха с 14 по 20 ноября разность в температуре воздуха и почвы составляла не больше $5,8^{\circ}$. Конечно, имеет значение при этом и температура подстилающего слоя почвы. В силу этого в районах, где наблюдаются кратковременные снижения температуры воздуха, термоизолирующая роль поверхностных слоев почвы должна учитываться при разработке агротехнических мероприятий по защите озимых культур.

В случаях длительных и сильных морозов, характерных для лесостепных районов Западной Сибири, температура почвы на глубине 3 см без снежного покрова непосредственно следует за температурой воздуха (табл. 10),

Таблица 9

Температура воздуха и почвы (Западная Сибирь, 1942 г.)

Дата наблюдений	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С	Разность температуры воздуха и почвы, °С
Ноябрь			
2	— 7,1	— 0,3	— 6,8
3	— 9,3	— 0,3	— 9,0
4	—12,5	— 0,5	—12,0
5	—15,9	— 0,8	—15,1
6	— 2,7	— 0,5	— 2,2
7	— 2,0	0,0	— 2,0
14	—13,0	—7,2	— 5,8
15	—13,2	— 9,0	— 4,2
16	—14,1	—10,5	— 3,6
17	— 7,0	— 6,4	— 0,6
18	—12,2	— 9,4	— 2,8
19	—11,5	— 8,9	— 2,6
20	—12,0	—10,2	— 1,8

Таблица 10

Температура воздуха и почвы при длительных морозах без снежного покрова (Западная Сибирь, 1943 г.)

Дата наблюдений	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С	Разность температуры воздуха и почвы, °С
Январь			
4	—20,9	—17,6	—3,3
5	—22,5	—19,0	—3,5
6	—22,5	—20,2	—2,3
7	—26,6	—20,9	—5,7
8	—25,0	—19,5	—5,5
9	—25,0	—22,0	—3,0
10	—21,4	—18,7	—2,7
11	—14,0	—11,5	—2,5

Как видно из данных приведенных таблиц, разность температуры воздуха и оголенной почвы на глубине 3 см при умеренных морозах колеблется от 2 до 15°. Кратковременное усиление морозов до —30, —40° увеличивает

эту разность до 20—24°. На оголенных от снега местах температура почвы в лесостепной зоне Западной Сибири при длительных и больших морозах очень часто и продолжительное время держится ниже -20° , что опасно для озимых растений. Таким образом, в районах с длительными и сильными морозами термоизолирующий эффект поверхностных слоев почвы хотя и значителен, но все же может оказаться недостаточным для сохранения озимых.

Особенности температурного режима поверхностных слоев почвы тесно связаны с режимом их влажности. В зимний период здесь наблюдается картина прямо противоположная летней. Верхний слой почвы, толщиной в 1—2 см, соприкасающийся с воздухом, в теплый период года быстро пересыхает, так как капиллярное сообщение комков этого слоя с нижележащими прерывается; теплопроводность его резко уменьшается и поэтому он получил название изолирующего (мульчирующего) слоя. Чем больше толщина изолирующего слоя, тем больше сохраняется влаги летом в нижележащем слое. Влажность почвы в слое 0—2 см в сухое и теплое время года меньше по сравнению со слоем 3—5 см. Так как узлы кущения злаков залегают на глубине от 0 до 5 см, то совершенно ясно, что режим влажности поверхностных слоев почвы в предпосевной период и в первые фазы развития растений имеет большое практическое значение, особенно в районах с засушливым климатом.

В процессе замерзания почвы имеет место перераспределение влаги, при котором наиболее насыщенными ею оказываются поверхностные слои, что в определенных пределах их увлажнения приводит и к меньшей их теплопроводности зимой.

Впервые вопрос о перераспределении влаги в почве поставил Г. Б. Близнин (1896). По его наблюдениям, проведенным на Елисаветградской метеорологической станции в 1887—1888 гг., влажность в верхних слоях увеличивалась зимой на 1,9—11%, а в нижних слоях она уменьшалась на величину 0,3—1,6%. Он пришел к заключению, что верхние слои почвы обогащаются водой за счет более глубоких слоев, причем она передвигается в виде пара.

Наблюдения, проведенные В. П. Мосоловым (1925) и Н. А. Качинским (1927) в полевых условиях Подмосковья,

также показали изменения влажности при промерзании почвы.

Но исследованиям Чирикова и Малюгина (1926) влажность подзолистой почвы на глубине 0—5 см увеличилась в зимний период почти вдвое (табл. 11).

Таблица 11

Влажность почвы (в % от веса сухой почвы)
(по данным Чирикова и Малюгина, 1926)

Глубина, см	28 ноября	декабрь		9 января	31 марта	17 апреля
		3	11			
0—5	24,7	30,0	38,8	44,2	45,0	29,1
5—10	23,5	21,3	31,4	33,6	38,0	27,3
20—15	23,2	22,4	28,8	25,5	35,7	26,5
15—20	22,4	20,3	23,0	19,1	25,6	22,6
30—35	18,5	17,6	16,3	16,4	15,2	16,0

Подобные же данные об увеличении влажности черноземной почвы в слое 0—5 см почти в 1,5—2 раза получены в 1944/45 г. в степной зоне Западной Сибири.

По данным наблюдений К. И. Гарсковой и Н. П. Соколовой (1949) 29 октября 1944 г. в слое почвы от 0 до 5 см влажность почвы была 21,8%, 13 февраля 1945 г. 36% и 6 марта того же года 39,2%. В нижележащих слоях увеличение влажности почвы в течение зимы меньше. Так в слое 20—25 см 29 октября 1944 г. почва имела влажность 19,7%, 13 февраля — 22,5% и 6 марта 1945 г. — 24,2%.

Авторы этих наблюдений отмечают, что в течение зимы происходит передвижение влаги из нижних горизонтов в верхние, из теплых в холодные, причем наиболее увлажненным оказывается верхний слой почвы (0—5 см). Это положение диаметрально противоположно состоянию влаги в слое 0—5 см в теплое время года, когда верхняя часть этого слоя (0—2 см) более сухая, а нижняя (3—5 см) более влажная.

В целях изучения явлений перераспределения влаги в поверхностных слоях почвы в зимний период были проделаны следующие эксперименты в лаборатории Института мерзлотоведения Академии Наук СССР (Шуль-

гин, 1949). Для опытов был взят слабо выщелоченный чернозем. Промораживание проводилось в холодильной камере при различной температуре и при разной влажности почвы. Образцы почвы с влажностью в 13,5%, 23,2%, 35,9%, 45,9%, одинаковой для всех слоев образцов (что контролировалось дополнительными послойными определениями влажности), помещались в специальные эбонитовые стаканчики высотой в 8 см и диаметром 6 см. Стаканчики состояли из двух округлых стенок, скрепляемых железной пластиной, с открытым дном и верхом, которые после помещения почвы парафинировались. Стаканчики ставились затем в большой ящик с опилками для получения холода только с поверхности.

Промораживание велось в камере в течение 2—3 суток при температуре воздуха от -10 до -20° . Повторность опыта двукратная. Почва оказалась во всех слоях замерзшей. После окончания промораживания почва из стаканчиков извлекалась (путем раскрытия их стенок) и затем разрезалась острой пилочкой послойно на 4 части: 0—2 см, 2—4 см, 4—6 см, 6—8 см. Каждый слой подвергался высушиванию для определения влажности. Результаты промораживания четырех вариантов опыта с различной влажностью почвы (13,5%, 23,2%, 35,9%, 45,9%) сведены в табл 12.

Таблица 12

Влажность почвы при промораживании ее в течение двух суток при температуре от -10 до -20°

Глубина, см	Влажность почвы (в % от веса сухой почвы)			
	Варианты			
	I	II	III	IV
0—2	13,3	24,7	41,0	53,3
2—4	13,6	23,8	35,0	46,6
4—6	13,6	22,8	34,6	41,4
6—8	13,4	21,7	33,0	42,5
Средняя	13,5	23,2	35,9	45,9

Данные опыта показывают, что в сухой почве передвижение влаги отсутствует, в слабо увлажненной — невелико, при значительной же влажности почвы имеет место существенное перераспределение влаги. Чем влаж-

нее почва, тем в большей степени увлажнен верхний слой — от 0 до 2 и даже до 4 см. Изменения влажности поверхностных слоев почвы в свою очередь должны оказывать некоторое влияние на ход температуры в этих слоях зимой.

Процесс перераспределения влаги в почве очень сильно зависит также от степени и скорости ее промерзания. Это подтверждает опыт с промораживанием почвы при различной температуре в холодильной камере (табл. 13).

Таблица 13

Влажность почвы при промораживании ее в течение двух суток при температуре от -10 до -40°

Глубина, см	Влажность почвы (в % от веса сухой почвы)	
	от -10 до -20°	от -30 до -40°
0—2	52,0	45,5
2—4	42,0	44,4
4—6	41,4	45,0
6—8	37,4	40,0
Средняя	43,2	43,7

При медленном охлаждении и малой отрицательной температуре происходило интенсивное перемещение влаги в поверхностные слои почвы. При очень же низкой температуре и быстром промерзании переместилось влаги меньше.

Таким образом, в пределах поверхностных слоев почвы (0—5 см) без снежного покрова зимой наблюдаются существенные различия в температуре и влажности каждого сантиметра почвы. При этом верхние 1—2 см дают наиболее высокий термоизолирующий эффект, а также имеют более высокие показатели влажности почвы, резко отличающие их от нижележащих слоев. Переувлажнение верхних слоев почвы (1—2 см) обуславливается большим охлаждением этих слоев почвы по сравнению с нижележащими и перемещением влаги к этому слою. В свою очередь значительное увлажнение поверхностного слоя почвы обуславливает (так же, как и летом при сильном его иссушении) понижение температуропроводности верхних горизонтов почвы.

ВЛИЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОЧВЫ

Снежный покров, обладая высокими термоизолирующими свойствами, оказывает большое влияние на температуру поверхностных слоев почвы.

Первые обобщения наблюдений по Украине за 1933—1937 гг. (Шульгин, 1938) показали, что температура почвы на глубине узла кушения озимых (3 см) под снежным покровом была выше абсолютных минимумов температуры воздуха на величину от нескольких градусов до 23° и больше (табл. 14).

Слой снега в 1—2 см в ряде дней заметно уменьшал расход тепла из почвы. Разность температуры воздуха и почвы составляла $5,8^{\circ}$. Снежный покров в 5 см в большинстве случаев обычных на Украине кратковременных похолоданий оказывался достаточным для защиты озимых, увеличивая разность температуры воздуха и почвы до $4,4$ — $14,0^{\circ}$. Снежный покров в 15—20 см был вполне достаточен, как это неоднократно устанавливалось метеорологическими станциями Украины, для сохранения узлов кушения озимых, даже при необычно длительных и сильных морозах. Разность температуры воздуха и почвы под снежным покровом в 16 см при минимальной температуре воздуха в -28 , $-34,5^{\circ}$ составляла $14,9$ — $22,9^{\circ}$. В предгорной зоне Северного Кавказа при снежном покрове высотой 9—15 см разность температуры воздуха и почвы также наблюдалась в $4,9$ — $18,1^{\circ}$.

Разность температуры почвы и воздуха при той или иной высоте снежного покрова обуславливается, как уже говорилось выше, суммарным влиянием снежного покрова

Влияние снежного покрова на температуру почвы

Дата наблюдений	Высота снежного покрова, см	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С	Разность температуры воздуха и почвы, °С
Лесостепная зона Украины				
Декабрь 1933 г.				
9	1	-17,7	-11,9	- 5,8
10	2	-15,8	-10,1	- 5,7
Декабрь 1934 г.				
11	5	-12,0	- 1,0	-11,0
12	5	-14,0	- 2,5	-11,5
17	5	- 6,0	- 1,5	- 4,5
18	5	- 5,8	- 1,4	- 4,4
31 января 1937 г.	5	-24,0	-10,0	-14,0
1 февраля	5	-23,5	-11,9	-11,6
Степная зона				
Январь 1935 г.				
5	16	-31,1	- 8,5	-22,6
6	16	-34,5	-11,6	-22,9
7	16	-28,2	-13,3	-14,9

и поверхностных слоев почвы. Это отчетливо видно из данных табл. 15.

Термоизолирующая роль поверхностных слоев почвы¹ и снежного покрова в условиях Поволжья изучалась И. Г. Кабановым (1940), который проводил наблюдения над температурой почвы на глубине 3 см в Институте нерпового хозяйства Юго-востока. Наблюдения велись на трех участках: на одном из них снег систематически сметался, на другом — искусственно собирался. Контролем для этих участков служило поле под естественным снежным покровом. В условиях суровой зимы 1939/40 г. термоизолирующий эффект естественного снежного покрова высотой в 38—40 см составил 9,6—13,4°. Снего-

¹ В действительности, термоизолирующая роль поверхностного слоя почвы больше, чем следует из таблицы, так как в период суточного минимума температура на поверхности земли существенно ниже, чем температура воздуха на высоте 2 м.

Влияние снежного покрова и поверхностного слоя почвы на ее температуру
(предгорная зона Северного Кавказа, 1939 г.)

Дата наблюдений	Высота снежного покрова, см	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Температура почвы (3 см) °С		Термоизолирующее влияние		
			на участке со снежным покровом	на участке без снежного покрова	снежного покрова	почвы	снежного покрова и почвы
Январь							
7	15	-18,5	-1,8	- 8,1	6,3	10,4	16,7
8	15	-18,0	-1,8	- 8,0	6,2	10,0	16,2
9	14	-16,0	-1,5	- 5,5	4,0	10,5	14,5
10	14	- 5,9	-1,0	- 1,6	0,6	4,3	4,9
11	12	-11,6	-1,2	- 4, 5	3,3	7,1	10,4
Февраль							
27	10	-19,7	-2,4	- 6,2	3,8	13,5	17,3
28	10	-20,6	-2,5	- 6,2	3,7	14,4	18,1
Март							
1	7	-20,0	-4,2	-10,1	5,9	9,9	15,8

задержание же при мощности снежного покрова в 65—87 см увеличило разность температуры почвы двух участков до 17° (табл. 16).

Большой интерес представляет изучение температурного режима почвы в резко континентальных условиях, проводившееся в течение восьми зим (1940—1948) на Барнаульской агрометеорологической станции в лесостепной зоне Алтайского края.

Здесь проводились систематические ежедневные наблюдения над высотой снежного покрова и минимальной температурой почвы на трех участках: 1) с естественным снежным покровом, 2) с искусственным снегозадержанием кулисами подсолнечника и 3) на участке, оголенном от снега. Первые два участка размером в 100 м² были расположены среди производственных посевов озимых (не менее 4—10 гектаров); оголенный участок был меньших размеров — 10 м². Участки находились недалеко друг от друга, вблизи метеорологической площадки.

Влияние снежного покрова на температуру почвы в Поволжье в 1940 г.

(по данным П. Г. Кабанова, 1940)

Дата наблюдения	Бес- снежье	Естественный снежный покров		Снежный покров при снегозадер- жании		Термоизолирую- щее влияние снежного покрова	
	минимальная темпе- ратура почвы (3 см) за сутки, °С	высота снежного покрова, см	минимальная темпе- ратура почвы (3 см) за сутки, °С	высота снежного покрова, см	минимальная темпе- ратура почвы (3 см) за сутки, °С	при естественном снежном покрове	при снегозадер- жании
Февраль							
I декада	-15,4	38	-5,8	65	-2,3	9,6	13,1
II »	-19,4	38	-6,6	69	-2,5	12,8	16,9
III »	-20,0	41	-6,6	87	-3,4	13,4	16,6

Кроме этих основных участков, наблюдения велись и на многих других полях с озимыми культурами, где

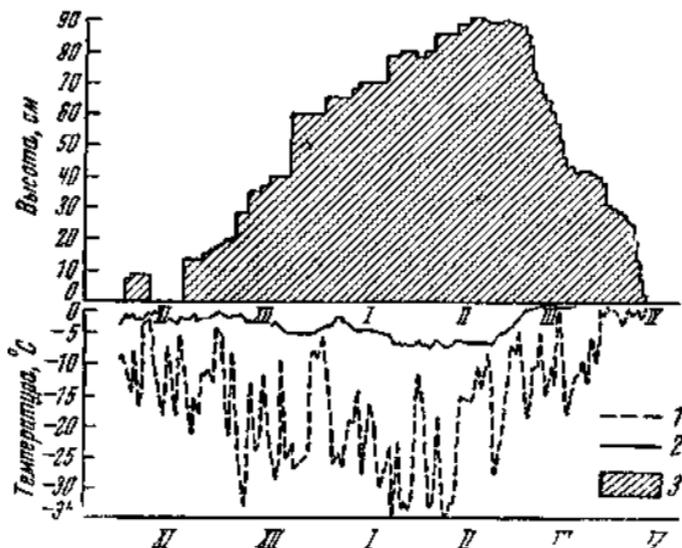
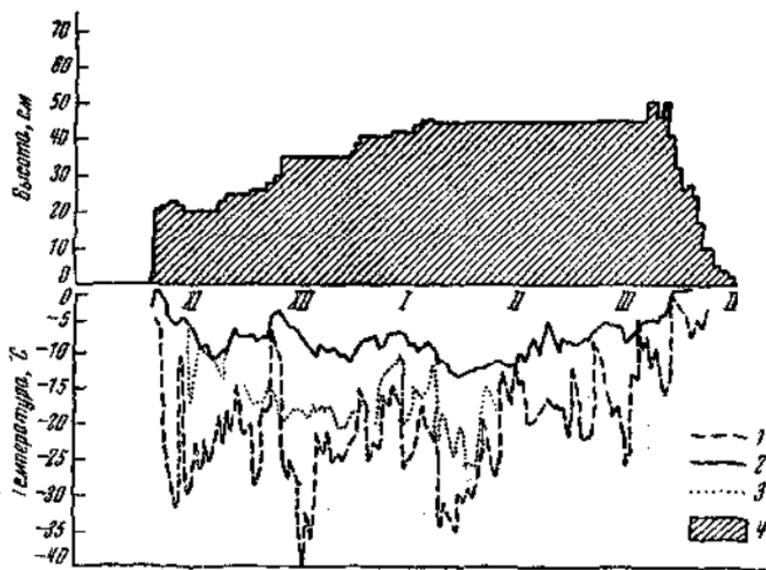


Рис. 8. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 3 см и высота снежного покрова зимой 1940/41 г.

1 — температура воздуха; 2 — температура почвы (3 см) при снегозадержании; 3 — снежный покров при снегозадержании



Рже. 9. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 3 см и высота снежного покрова зимой 1941/42 г.

1 — температура воздуха; 2 — температура почвы (3 см) при снегозадержании; 3 — температура почвы на оголенной поверхности; 4 — снежный покров при снегозадержании

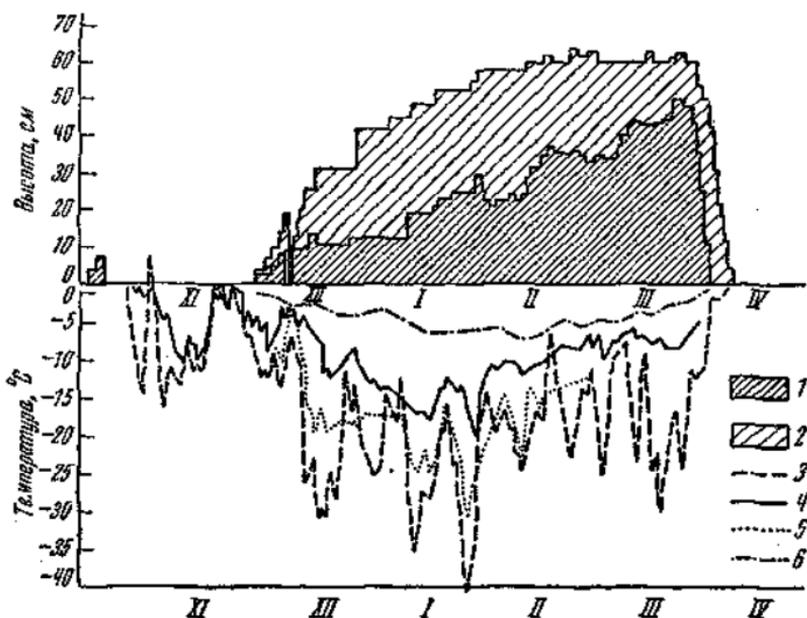


Рис. 10. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 3 см и высота снежного покрова зимой 1942/43 г.

1 — естественный снежный покров; 2 — снежный покров при снегозадержании; 3 — температура воздуха; 4 — температура почвы (3 см) под естественным снежным покровом; 5 — на оголенном участке; 6 — температура почвы при снегозадержании

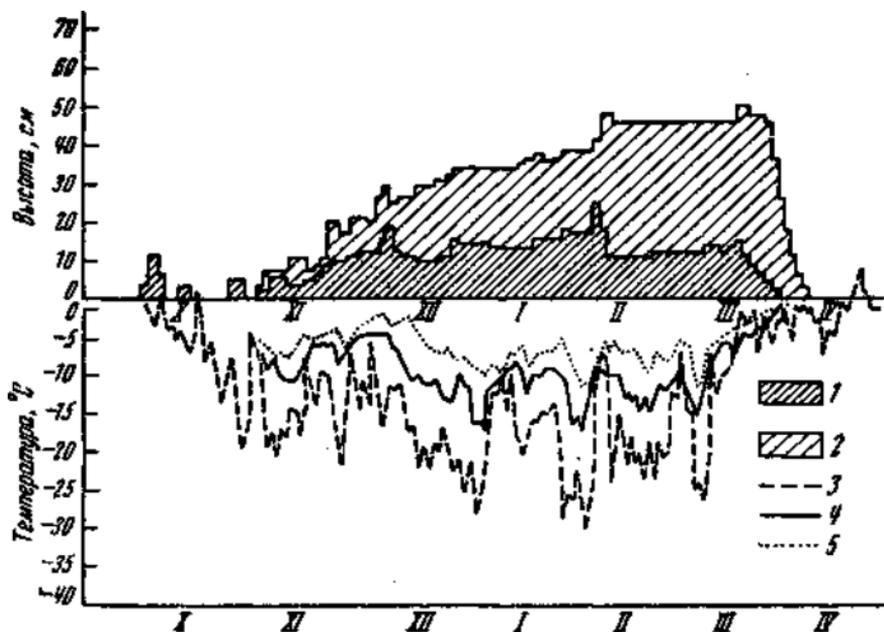


Рис. 11. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 3 см и высота снежного покрова зимой 1943/44 г.

1 — естественный снежный покров; 2 — снежный покров при снегозадержании; 3 — температура воздуха; 4 — температура почвы (3 см) под естественным снежным покровом; 5 — при снегозадержании

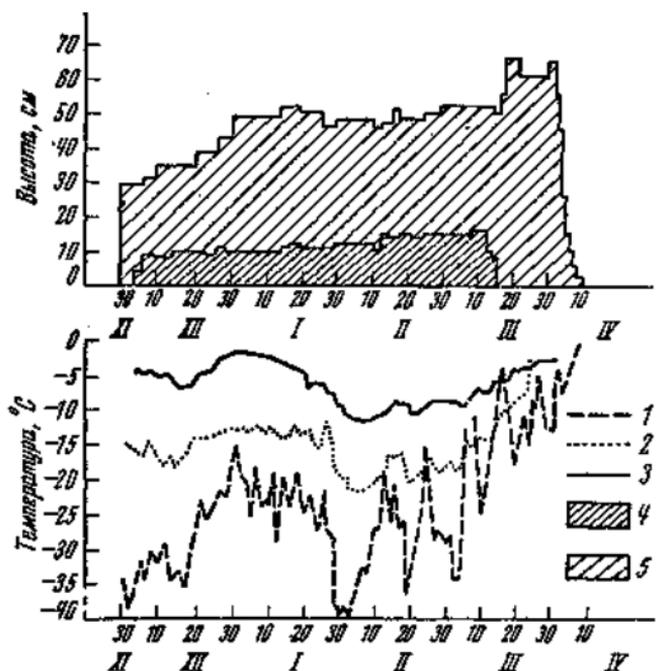


Рис. 12. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 8 см и высота снежного покрова зимой 1944/45 г.

1 — температура воздуха; 2 — температура почвы (3 см) под естественным снежным покровом; 3 — температура почвы (3 см) при снегозадержании; 4 — естественный снежный покров; 5 — снежный покров при снегозадержании

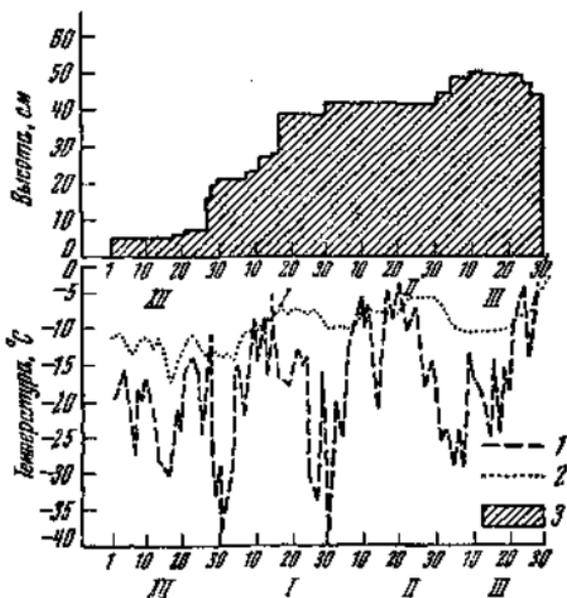


Рис. 13. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 3 см и высота снежного покрова зимой 1945/46 г.

1 — температура воздуха; 2 — температура почвы (3 см) под естественным покровом; 3 — естественный снежный покров

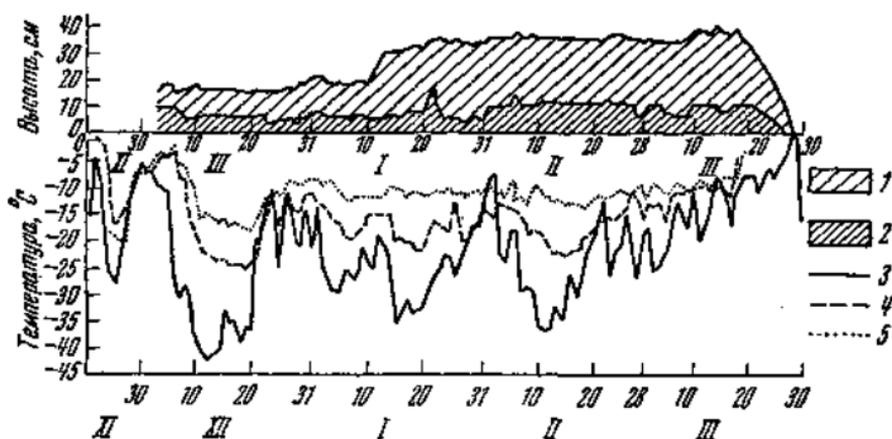


Рис. 14. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 3 см и высота снежного покрова зимой 1946/47 г.

1 — естественный снежный покров (пар); 2 — естественный снежный покров (зябь); 3 — температура воздуха; 4 — температура почвы (3 см) под естественным снежным покровом; 5 — температура почвы (3 см) при снегозадержании (на пару)

изучался температурный режим почвы при различных приемах снегозадержания. Анализ этих данных по Западной Сибири в связи с материалами по Украине, Поволжью и Северному Кавказу позволяет установить ряд закономерностей температурного режима почвы на глубине узла кущения.

Под снежным покровом создается особый почвенный климат, резко отличающийся от климата поверхностных слоев на участках, лишенных снежного покрова, а также от климата приземного слоя воздуха. Температурный режим почвы на глубине 3 см под снежным покровом характеризуется: а) значительно меньшими абсолютными величинами отрицательной температуры, б) большей равномерностью температуры в течение всей зимы, в) своеобразием хода температуры почвы, существенно отличающимся от хода температуры воздуха и температуры почвы на участках без снежного покрова.

Наблюдения показали, что минимальная температура почвы на глубине 3 см в большинстве зимних дней в лесостепной части Алтайского края за 1940—1948 гг. колебалась: под снежным покровом в 30—50 см от -10 до -5° , под снежным покровом в 10—30 см от -20 до -10° и на оголенном участке — от -30 до -20° . В воздухе минимальная температура была от -40 до -20° . За все годы наблюдений абсолютный минимум в почве под большим снежным покровом (30—50 см) был зарегистрирован в $-15,1^{\circ}$, в то время как на участке с естественным залеганием снежного покрова (10—30 см) он равнялся $-21,9^{\circ}$, а на оголенном участке даже $-31,6^{\circ}$; абсолютный минимум воздуха отмечен в -49° . Данные ежедневных наблюдений

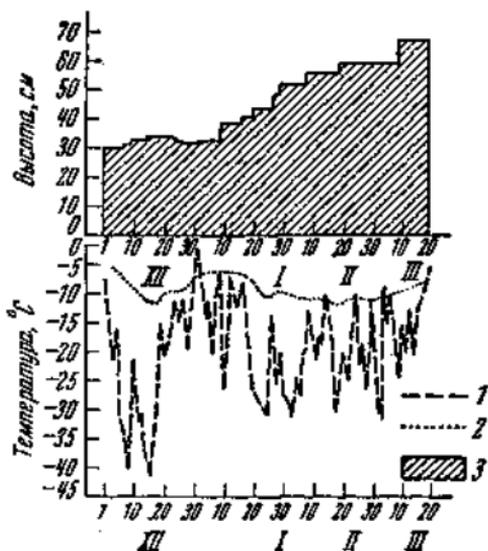


Рис. 15. Минимальная температура воздуха, почвы на глубине 3 см и высота снежного покрова зимой 1947/48 г.

1 — температура воздуха; 2 — температура почвы (3 см) при снегозадержании; 3 — снежный покров при снегозадержании

ний приведены на рис. 8—15, а сводные данные в табл. 17 и рис. 16, 17.

Таблица 17

Средняя из абсолютных минимумов и абсолютный минимум температуры воздуха и почвы (3 см) при разной высоте снежного покрова в лесостепной зоне Алтайского края в 1940—1948 гг. (Барнаул)

Участки наблюдений	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	За пять месяцев
Воздух						
Средняя температура	-27	-35	-39	-84	-80	-33
Абсолютный минимум	-44	-46	-49	-44	-39	-49
Оголенный участок						
Средняя температура	-8,7	-13,2	-17,5	-18,4	-14,1	-14,4
Абсолютный минимум	-16,5	-21,5	-25,2	-31,6	-19,0	-31,6
Участок с естественным снежным покровом (10—30 см)						
Средняя температура	-6,5	-10,2	-11,6	-12,9	-9,4	-10,1
Абсолютный минимум	-12,3	-19,4	-19,2	-21,9	-19,7	-21,9
Участок со снегозадержанием (30—50 см)						
Средняя температура	-4,8	-6,6	-7,8	-9,0	-5,3	-6,7
Абсолютный минимум	-10,1	-12,5	-13,0	-15,1	-13,3	-15,1

Под снежным покровом в 30—50 см высоты средняя из минимальных температур почвы на 7,7° выше, чем на оголенном участке; по сравнению же с воздухом она выше на 26,3°. Абсолютный минимум температуры почвы под снежным покровом в 30—50 см выше, чем на оголенном участке на 16,5°, а по сравнению с абсолютным минимумом воздуха — на 34°.

Ход температуры (минимумов за сутки) в почве под снежным покровом плавный и тем больше, чем выше слой снега. Амплитуда средней из минимальных температуры почвы под снежным покровом высотой в 30—50 см составила 4,2°, на оголенном участке она равнялась уже 9,7°, а в воздухе 12°. Ежедневные наблюдения за ходом температуры почвы на разных участках и темпера-

туры воздуха за восемь зим (рис. 8—15) показали, что изменения минимальной температуры в почве под снежным покровом в 30—50 см высоты не превышали 8°, и то время как на оголенном участке они были до 20°, а в воздухе до 40°.

Особенности температурного режима почвы на глубине 3 см и колебания разности между температурой воздуха

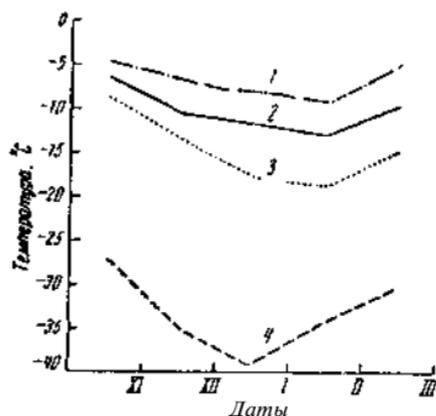


Рис. 16. Средние из абсолютных минимумов температуры воздуха и почвы на глубине 3 см в зимы 1940—1948 гг.

1 — температура почвы (3 см) на участке со снегозадержанием; 2 — температура почвы (3 см) на участке с естественным снежным покровом; 3 — температура почвы (3 см) на оголенном участке; 4 — температура воздуха

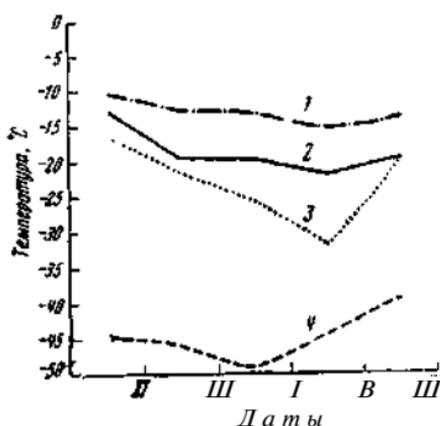


Рис. 17. Абсолютные минимумы температуры воздуха и почвы на глубине 3 см в зимы 1940—1948 гг.

1 — температура почвы (3 см) на участке со снегозадержанием; 2 — температура почвы (3 см) на участке с естественным снежным покровом; 3 — температура почвы (3 см) на оголенном участке; 4 — температура воздуха

и почвы на этой глубине зависят от целого ряда условий: от высоты снежного покрова, от времени выпадения снега, от плотности, от величины абсолютных минимумов воздуха и их повторяемости, от степени охлаждения нижележащих слоев почвы. Главное значение имеет снежный покров.

При одинаковой температуре воздуха температура почвы на глубине 3 см находится в тесной связи с высотой снежного покрова. Это видно из данных наблюдений и лесостепной зоне Алтайского края в дни с сильными морозами (табл. 18).

Не меньшее значение для величины разности между температурой воздуха и почвы имеет продолжительность и величина низкой температуры воздуха. При сильных,

Влияние снежного покрова разной высоты на температуру почвы в 1945 г.

Дата наблюдений	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Высота снежного покрова, см	Минимальная температура почвы за сутки, °С	Высота снежного покрова, см	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С	Высота снежного покрова, см	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С
Январь							
1	-39,6	18	-22,2	36	-17,5	48	-10,0
2	-38,1	18	-22,0	36	-17,3	48	-10,7
3	-41,2	19	-23,0	36	-17,3	48	-10,9
4	-38,6	19	-22,2	36	-17,2	48	-11,4
5	-36,5	19	-22,2	36	-17,3	48	-11,7
6	-34,2	19	-21,0	36	-17,2	48	-11,7

Таблица 19

Изменения температуры почвы под снежным покровом при похолоданиях в 1943 и 1944 гг.

Дата наблюдений	Высота снежного покрова, см	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С	Разность температуры воздуха и почвы, °С
1943 г.				
февраль				
14	21	-20,0	-13,5	- 6,5
15	21	-23,0	-13,7	- 9,3
16	22	-23,1	-14,0	- 9,1
17	22	-26,4	-14,0	-12,4
1944 г.				
февраль				
27	36	- 8,1	- 7,7	- 0,4
28	35	-11,7	- 8,5	- 3,2
29	35	-15,6	- 9,2	- 6,4
март				
1	35	-26,4	-10,6	-15,8
2	35	-22,8	- 9,6	-13,2

но кратковременных морозах разность между температурой воздуха и почвы больше, чем при более слабых, но продолжительных (табл. 19).

Большое значение имеет плотность снежного покрова и характер его поверхности. Уплотнение снега увеличивает его теплопроводность и ведет к ухудшению термоизолирующих свойств.

Иногда днем под действием солнечных лучей поверхность снежного покрова слегка подтаивает, а к вечеру образуется ледяная корочка. Если последующий снег покрывает такую ледяную прослойку и она останется в снежном покрове, то термоизолирующий эффект снега увеличится. Наоборот, если верхние слои снежного покрова ежедневно оттаивают, то, помимо уменьшения его мощности за счет таяния и испарения, происходит пропитывание его водой и вытеснение воздуха. В таком случае теплопроводность снежного покрова увеличивается и термоизолирующий эффект его значительно снижается.

Температура поверхностных слоев почвы в значительной мере определяется временем выпадения первого снега и в особенности мощностью снежного покрова в начале зимы. Зимой 1943/44 г. был поставлен следующий опыт.

Таблица 20

Температура почвы при различной длительности лежания снежного покрова высотой в 25 см в начале зимы (7 января 1943 г.)

Участки озимой пшеницы очищались от снега на различные периоды, а затем поддерживался снежный покров одной и той же высоты в 25 см. Результаты наблюдений приведены в табл. 20.

Число дней, в течение которых участок находился в оголенном состоянии, начиная с 5 декабря 1942 г.	Минимальная температура почвы на глубине 3 см
30	-17,8
20	-13,7
10	-11,8
0	- 8,1

Из табл. 20 видно, что разность температуры почвы оголенного в течение одного месяца участка и неоголенного достигала 9,7°.

Рассмотрение всего приведенного выше материала позволяет сделать следующие обобщения.

Температура почвы на глубине 3 см под снежным покровом значительно выше, чем температура на оголенных участках. Разность доходила:

на Северном Кавказе (1939—1940 г., снежный покров 15—17 см) до 6°;
 в Поволжье (1940 г., снежный покров 40—80 см)
 в Алтайском крае (1940—1948 гг. снежный покров 30—50 см). до 25°.

Разность температуры воздуха и почвы под одинаковым снежным покровом в 15 см в отдельные дни достигала:

на Северном Кавказе (1939—1940 гг.) от 4 до 18°,
 на Украине (1933—1938 гг.) » 11 » 23°,
 в Алтайском крае (1940—1948 гг.) » 12 » 27°.

Под снежным покровом в 50—60 см разность температуры воздуха и почвы (3 см) достигала в Алтайском крае 37°.

По восьмилетним наблюдениям в Барнауле разность температуры воздуха и почвы на 1 см снежного покрова составляет в среднем 0,5°, с колебанием от 0,1 до 2,0°. Величина эта зависит в значительной мере от высоты снежного покрова, его плотности и длительности лежания. С увеличением снежного покрова общая разность температуры воздуха и почвы повышается, но относительно каждого последующего сантиметра снежного покрова она уменьшается. Так, на основании наблюдений за эти годы установлено, что разность температуры на один сантиметр снежного покрова составляет:

от 0	до 10	см — 1,1°	от 41	до 50	см — 0,3
» 11	» 20	» — 0,7	» 51	» 60	» — 0,2
» 21	» 30	» — 0,6	» 61	» 70	» — 0,1
» 31	» 40	» — 0,4	» 71	» 80	» — 0,1

Термоизолирующий эффект снежного покрова в поверхностных слоях почвы связан с величиной температуры воздуха и высотой снежного покрова. Чем ниже температура и меньше снежный покров, тем больше разность температуры воздуха и почвы по расчету на 1 см снежного покрова (табл. 21).

Путем статистической обработки суточных наблюдений за 1941—1945 гг. в Барнауле выведена эмпирическая связь минимальной температуры почвы (3 см) с минимальной температурой воздуха при разной высоте снежного покрова, которая представлена в форме графика (рис. 18).

Таблица 21

Разность температуры воздуха и почвы на 1 см
снежного покрова

Высота снежного покрова, см	Минимальная температура воздуха, °С		
	-10	-30	-50
20	0,2	0,8	1,6
40	0,2	0,5	0,9
60	0,2	0,3	0,3

Таким образом в поверхностных слоях почвы под
снежным покровом создается особый почвенный климат,

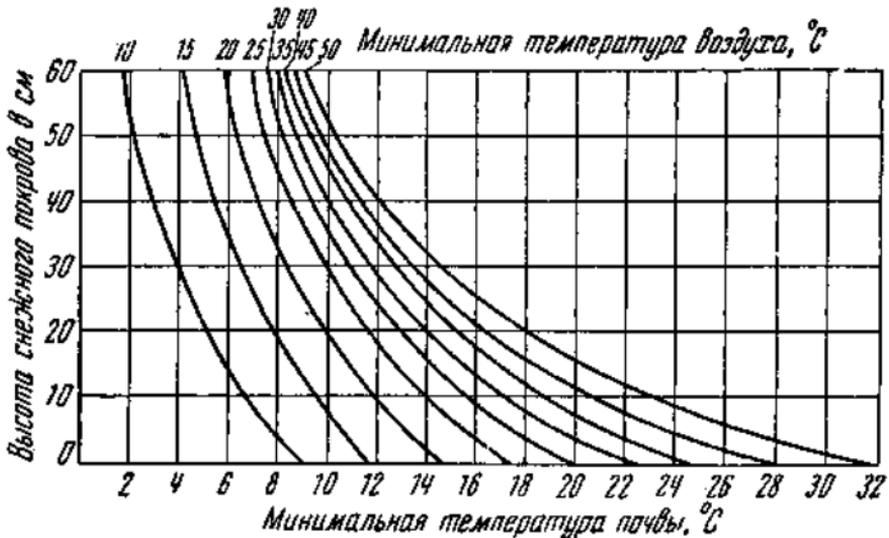


Рис. 18. График связи минимальной температуры почвы на
глубине 3 см с минимальной температурой воздуха и высо-
той снежного покрова (по данным суточных наблюдений
за 1941—1945 гг. Барнаульской агрометеорологической
станции)

который характеризуется значительно меньшими абсо-
лютными величинами отрицательной температуры и
равномерным ее ходом в течение зимы.

Особенности температурного режима промерзшей
почвы на глубине 3 см и колебания разности между тем-
пературой воздуха и почвы на этой глубине зависят:

от высоты снежного покрова, от времени выпадения снега, от плотности снежного покрова и характера его поверхности, от величины и устойчивости температуры воздуха.

Связь между температурой почвы, температурой воздуха и высотой снежного покрова, установленная на основе многолетних наблюдений и оформленная в виде графика для каждого конкретного района, позволяет использовать ее в практических целях при составлении прогнозов и оценки состояния зимующих растений.

Глава IV

ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ И ПЕРЕЗИМОВКА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

Великий русский естествоиспытатель К. А. Тимирязев указывал, что климатические условия представляют для земледельца интерес лишь тогда, когда рядом с ними известны требования, предъявляемые им растением, когда они увязаны с развитием последних и относятся к той среде, в которой фактически обитает растение.

Литературные данные по вопросу о критической и оптимальной температуре почвы во время зимования растений немногочисленны. Они относятся преимущественно к Европейской части СССР и основаны главным образом на результатах искусственного промораживания растений в лабораторных условиях.

По материалам И. И. Туманова (1940), озимая пшеница гибнет при воздействии температуры в -15° на глубине узла кущения озимых. По данным Ф. М. Куперман (1936) озимая пшеница на Украине выживала в отдельные годы при температуре на глубине узла кущения до -18 , -20° , а озимая рожь до -22 , -24° . В большинстве же зим на Украине пшеница повреждалась при -16 , -17° , а рожь при -20 , -21° . В Приморском крае, как указывает М. А. Бокунов (1949), при неблагоприятном сочетании метеорологических условий гибель озимой ржи наблюдалась при -20° , при более благоприятных условиях рожь повреждалась при -22 , -24° на глубине узла кущения.

Устойчивость озимых растений зависит от их состояния и степени закалки осенью. И. И. Туманов (1940) отмечает, что незакаленные вегетирующие растения выносят

температуру до -7° ; растения, прошедшие только первую фазу закалки, до -10° , а прошедшие первую и вторую фазы закалки способны выносить температуру до -23° . Крайние пределы выносливости озимой пшеницы, по мнению И. И. Туманова, от -10 до -23° , а озимой ржи от -10 до -25° и даже до -30° .

Устойчивость растений к низкой температуре зависит от фазы развития. Она изменяется в течение зимы. Так, всходы озимых осенью повреждаются при температуре немного ниже -10° . В самом начале зимы растения могут выдержать до -15° , в середине зимы — до -20° (иногда и ниже), а во второй ее половине устойчивость озимых к морозам падает, постепенно приближаясь к начальной, осенней устойчивости (И. М. Петунии, 1949),

Большое значение для перезимовки растений имеет не только величина температуры почвы, но и ее устойчивость. В литературе имеются данные о влиянии низкой температуры различной продолжительности на жизнеспособность озимых. Опыты Ф. М. Куперман (1936) с промораживанием в холодильных камерах лаборатории физиологии Украинского института зернового хозяйства растений весьма зимостойкой озимой пшеницы Ферругинеум 1239, взятых с поля в середине зимы, показали (табл. 22), что при снижении температуры до $-13,5^{\circ}$ на протяжении пяти дней растения не повреждались и лишь при промораживании их в течение 8—12 дней 21—33% растений погибли.

Таблица 22

Влияние длительности и температуры промораживания на озимую пшеницу Ферругинеум 1239 (по данным Ф. М. Куперман, 1936 г.)

Продолжительность промораживания, в днях	Количество погибших растений, %		
	от $-12,5$ До $-13,5$	от $-15,0$ до $-16,0$	от $-17,5$ До $-18,5$
2	0,0	31,2	30,0
5	8,0	31,0	92,0
8	20,8	31,3	92,0
12	33,0	68,2	90,0

При кратковременном действии температуры около 16° погибло более 30% растений. Промораживание и точение пяти и восьми дней не меняло картины и лишь при 12-дневном промораживании погибало 68% растений. Даже при температуре около -18° кратковременное промораживание в течение двух дней давало не более трети изреживания растений; однако пятидневное промораживание при этой температуре приводило к почти полной гибели растений.

В опытах И. М. Петунина (1949) озимые при температуре в -10° , -12° в течение четырех суток в фазе 2-го листа погибали осенью и сохранялись зимой при односуточном действии такой же температуры. Те же растения погибали при воздействии температуры -11° , -14° в течение двух суток. Растения, прекратившие вегетацию, изреживались на 20—25% под воздействием температуры в -10° , -15° в течение четырех-шести суток, и до 50% под воздействием температуры в -10° , -17° в течение восьми-девяти суток.

Эти немногочисленные данные относятся к озимой пшенице, прошедшей подготовку к зимованию в условиях Европейской части Советского Союза и подвергшейся искусственному промораживанию в лабораториях. В отношении же озимой ржи данные по этому вопросу совершенно отсутствуют, за исключением указаний о том, что озимая рожь обычно выдерживает температуру на $3-5^{\circ}$ ниже, чем озимая пшеница.

На Барнаульской агрометеорологической станции Алтайского края в 1942—1945 гг. проводились опыты по изучению перезимовки озимых с использованием естественного холода зимой. Цель опытов — установить критическую и оптимальную температуру почвы, необходимую для перезимовки наиболее распространенного в северной части Европейской территории Союза и в Сибири сорта озимой ржи Вятка, а также среднезимостойкого для Сибири сорта озимой пшеницы Ферругинеум 1239.

Методика этих опытов заключалась в следующем. Зимой, во время слабых морозов, с полей из-под большого снежного покрова брались образцы почвы с растениями — монолиты размером $20 \times 20 \times 25$ см. Они закладывались в траншею, глубиной в 15 см так, чтобы поверхность их и почва вокруг траншеи были на одном уровне. Затем траншея с

монолитами и окружающая площадка покрывались слоем снега такой же мощности, как и снежный покров в местах взятия монолитов. Для опытов брались 12 монолитов. Два из них, контрольные, помещались сразу же в теплое помещение для отращивания, и они показали полную жизнеспособность растений, взятых с поля. Остальные находились в течение нескольких недель в траншее.

При наступлении резкого похолодания, поверхность траншеи очищалась от снега, и затем растения с почвой подвергались воздействию отрицательной температуры воздуха и почвы в течение периодов разной длительности. Поочередно, по истечении срока промораживания, два монолита вносились в лабораторию, где производилось отращивание растений по принятой в Гидрометеорологической службе методике. Во время опытов измерялась температура на поверхности монолитов и температура почвы на глубине 3 см. Опыты проводились в двукратной повторности. Результаты их приведены в табл. 23.

Таблица 23

Влияние температуры почвы на озимую рожь Вятка в 1943 г.

Дата наблюдений	Продолжительность промораживания, в сутках	Температура на поверхности монолитов, °С	Температура почвы (3 см),	Гибель кустов, %	Гибель стеблей, %
Январь					
27	1	-15,7	-16,7	0	0
28	2	-24,0	-18,0	0	0
29	3	-26,5	-20,0	0	0
30	4	-28,9	-22,0	0	0
31	5	-28,0	-22,1	12	20
Февраль					
1	6	-34,5	-23,0	20	33
2	7	-41,0	-25,8	37	40
3	8	-44,2	-31,6	40	55
4	9	-38,0	-27,4	43	65
5	10	-18,0	-25,4	55	80

Из этих данных видно, что температура на глубине 3 см от -17 до -22° в течение четырех суток не вызвала повреждений растений. Добавочное промораживание в те-

чение двух-трех суток при температуре от -22 до -26° дало 20—37% изреживания кустов, пять-семь суток добавочного охлаждения почвы при температуре от -25 до -32° привело к гибели 55% кустов и 80% стеблей.

В зиму 1943/44 г. по аналогичной методике было проведено промораживание озимой пшеницы Ферругинеум 1239. Из табл. 24 видно, что значительные повреждения озимой пшеницы наблюдались при действии температуры в -18 , -20° в течение одних суток и почти полная гибель при воздействии такой же температуры в течение двух суток.

Таблица 24

Влияние температуры почвы на озимую пшеницу Ферругинеум 1239 (27—29 января 1944 г.)

Продолжительность промораживания, часы	Температура поверхности монолитов, $^{\circ}\text{C}$	Температура почвы (3 см),	Гибель кустов, %
22	-26	-18	7
26	-26	-20	43
29	-26	-20	52
36	-26	-20	65
46	-26	-20	96

В течение четырех лет (1942—1945) проводились также и полевые опыты по изучению перезимовки растений.

Осенью 1942 г., на большом открытом паровом поле размером в 4,1 гектара, была посеяна озимая рожь Вятка в оптимальный срок — 31 августа. Рожь к началу зимы была в хорошем состоянии, в фазе полного кущения. На этом поле нами проводились детальные и систематические наблюдения за перезимовкой озимых, распределением снежного покрова и температурным режимом почвы¹.

Все поле было разбито на 408 одинаковых участков размером в 100 м^2 ($10 \times 10 \text{ м}$). На каждом из них в центре участка после каждого снегопада измерялась высота снежного покрова. Наблюдения над температурой почвы на глубине 3 см производились на соседнем участке ози-

¹ Зима оказалась типичной по условиям погоды для лесостепной зоны Алтайского края.

мых. Здесь была установлена серия минимальных термометров на трех площадках: а) на участке с естественным снежным покровом; б) на участке со снегозадержанием путем расстановки стеблей подсолнечника, в) на участке, снег с которого ежедневно счищался. Периодически с основного поля в разных его частях брались в трехкратной повторности на отращивание образцы озимых, под снежным покровом различной высоты — в местах с полным

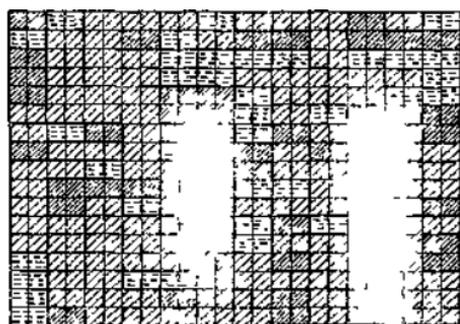


Рис. 19. Распределение снежного покрова на открытом поле озимой ржи 18. XII. 1942 г.

1 — высота снежного покрова до 10 см; 2 — высота снежного покрова от 10 до 20 см; 3 — высота снежного покрова более 20 см

Рис. 20. Распределение снежного покрова на открытом поле озимой ржи 21. XII. 1942 г.

1 — высота снежного покрова до 10 см; 2 — высота снежного покрова от 10 до 20 см; 3 — высота снежного покрова более 20 см

его отсутствием (или до 5 см высоты), под снежным покровом в 5—10, 10—20, 20—30 см и больше. Весной после схода снега проводилась оценка состояния растений по пятибальной системе, а также учет изреживания посевов по каждому из 408 участков поля.

Измерения снежного покрова на основном участке показали, что его высота была крайне неравномерной — от 0 до 50 см и больше. Имелись многочисленные участки, где снежный покров был крайне малым или совершенно отсутствовал. После каждого снегопада с сильными ветрами происходило интенсивное перемещение снега, в результате чего сохранялась большая дифференциация поля по высоте снежного покрова. Поле представляло собой своеобразную мозаику. В отличие от этого участка поле со снегозадержанием было покрыто равномерным

снежным покровом. Планы распределения снежного покрова на основном поле в периоды резких похолоданий приведены на рис. 19—24.

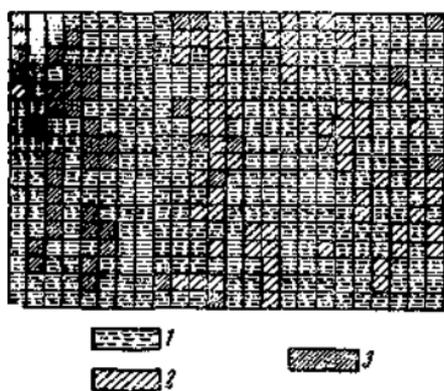


Рис. 21. Распределение снежного покрова на открытом поле озимой ржи 24. XII. 1942 г.

1 — высота снежного покрова до 10 см;
2 — высота снежного покрова от 10 до 20 см;
3 — высота снежного покрова более 20 см

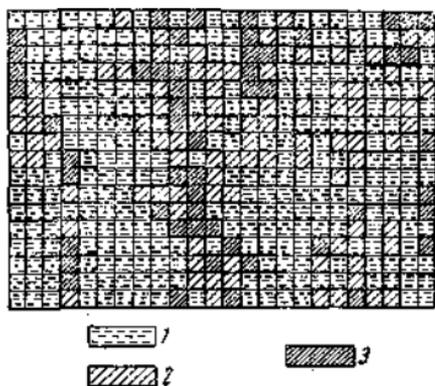


Рис. 22. Распределение снежного покрова на открытом поле озимой ржи 31. XII. 1942 г.

1 — высота снежного покрова до 10 см;
2 — высота снежного покрова от 10 до 20 см;
3 — высота снежного покрова более 20 см

Первое значительное снижение температуры воздуха, до $-31,6^{\circ}$, наблюдалось 25 декабря 1942 г. В это время

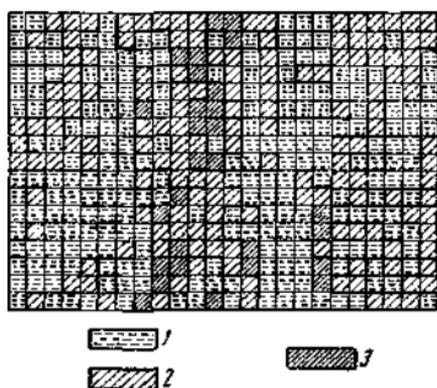


Рис. 23. Распределение снежного покрова на открытом поле озимой ржи 19. I. 1943 г.

1 — высота снежного покрова до 10 см;
2 — высота снежного покрова от 10 до 20 см;
3 — высота снежного покрова более 20 см

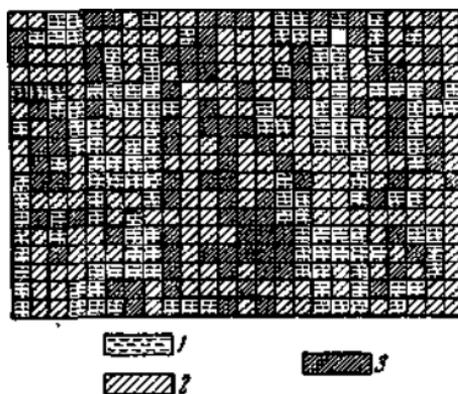


Рис. 24. Распределение снежного покрова на открытом поле озимой ржи 10. II. 1943 г.

1 — высота снежного покрова до 10 см;
2 — высота снежного покрова от 10 до 20 см;
3 — высота снежного покрова, более 20 см

в почве на бесснежном участке минимальная температура на глубине 3 см опустилась до $-21,5^{\circ}$, на участке озими под снегом в 10 см высотой до $-13,5^{\circ}$ и под 30-сантиметровым снежным покровом только до $-4,5^{\circ}$. Второе, более значительное снижение температуры воздуха, до $-37,0^{\circ}$, имело место 19 января 1943 г. В почве на оголенном (от снега) участке минимальная температура опустилась в это время до -26° , на участке, покрытом слоем снега в 20 см высоты — до $-18,5^{\circ}$, а под снежным покровом в 50 см высоты — только до $-7,1^{\circ}$. Самое значительное похолодание за указанную зиму было 3 февраля 1943 г. В это время в воздухе минимальная температура опустилась до $-43,5^{\circ}$, а в почве на глубине 3 см на бесснежном участке — до $-31,6^{\circ}$, на участке озими со снегом в 20 см высоты до $-20,8^{\circ}$ и под снежным покровом в 50 см высоты — только до $-6,5^{\circ}$. Следовательно, в периоды резких похолоданий температура почвы на трех разных участках, представляющих площади с различным снежным покровом на основном поле, была существенно различна.

О тесной связи между температурой почвы на глубине узла кушения и перезимовкой озимой ржи свидетельствуют данные отращивания образцов растений к концу зимы (табл. 25).

Т а б л и ц а 25

Результаты отращивания озимой ржи в связи с различной температурой почвы и высотой снежного покрова зимой 1942/43 г.

Высота снежного покрова, см	Абсолютный минимум температуры почвы (3 см)	Гибель кустов озимой ржи, %	
		25.II	25.III
0	$-32,0$	100	100
5	$-26,0$	32	40
20	$-20,8$	10	14
50	$- 8,0$	0	0

Весной после схода снега в разных частях поля наблюдалась мозаичная гибель озимой ржи (рис. 25). Следует отметить, что под снежным покровом выше 30 см глубина промерзания почвы составила от 50 до 70 см. На участке же

озими под слоем снега в 5—10 см почва на 15 марта 1943 г. промерзла на глубину до 150 см.

Зимой 1944/45 г. был поставлен опыт на трех участках поля с различной высотой снежного покрова. На первом — слой снега был от 40 до 76 см, на втором — от 15 до 36 см и на третьем от 10 до 15 см. Температура почвы на глубине 3 см на первом участке опыта не опускалась ниже $-11,2^{\circ}$; озимая рожь полностью перезимовала. На втором участке температура почвы колебалась в пределах от -16 до -19° ; растения также полностью сохранились. На третьем же участке опыта температура почвы колебалась от $-18,8$ до $-21,9^{\circ}$, и здесь наблюдалось повреждение озимой ржи.

Снижение температуры почвы 25 декабря 1944 г. и 25 января 1945 г. до $-19,6^{\circ}$ привело к повреждениям лишь 12—15% растений. В то же время понижение температуры почвы 25 февраля 1945 г. до $-21,9^{\circ}$ вызвало гибель уже 58% растений (табл. 26).

Осенью 1943 г. был проведен опыт с озимой пшеницей Ферругинеум 1239, посеянной по пару на площади в один гектар. На половине площади опыта проводилось снегозадержание, на другой половине оно не велось. Зима была исключительно теплой, но малоснежной. Высота снежного покрова на обоих участках опыта приведена в табл. 27.

Метеорологические условия первой половины зимы были весьма благоприятны для перезимовки озимой пшеницы. Отращивание образцов растений до конца января показывало полную жизнеспособность озимых на обоих участках опыта. Сильное похолодание наблюдалось лишь в период с 28 января по 3 февраля; в это время минимальная температура воздуха опускалась до $-30,6^{\circ}$. Температурный режим почвы на глубине 3 см в течение этого периода представлен в табл. 28.

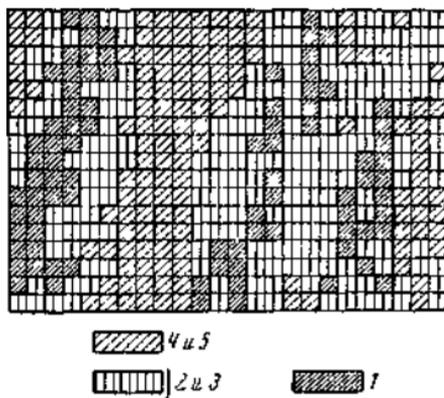


Рис. 25. Состояние посевов озимой ржи после перезимовки весной 1943 г.

1 — плохое; 2 — ниже среднего; 3 — среднее; 4 — хорошее; 5 — отличное

Результаты полевого опыта с перезимовкой озимой ржи
зимой 1944/45 г.

Участки опыта	Дата наблюдений			
	25. XII	25. I	25. II	25. III
Высота снежного покрова, см				
1	45	63	76	76
2	16	25	31	36
3	10	15	14	14
Минимальная температура почвы (3 см), °С				
1	- 5,9	-10,2	-11,2	- 8,0
2	-18,4	-16,8	-18,8	-16,8
3	-19,6	-18,8	-21,9	-19,7
Гибель кустов, %				
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	12	15	50	58

Таблица 27

Высота снежного покрова в опыте с пере-
зимовкой озимой пшеницы зимой
1943/44 г., см

Дата наблюдений	Пар без сне- гозадержания	Пар со снего- задержанием
23. XI. 1943 г.	6	13
26. XI. 1943 г.	8	14
20. XII. 1943 г.	4	20
2. II. 1944 г.	7	35
21. III. 1944 г.	0	28
28. III. 1944 г.	0	12

Отрачивание образцов озимой пшеницы, взятых после прошедших морозов, показало гибель 95% растений на участке пара без снегозадержания. Весенним обследованием состояния растений было установлено также следующее: на пару со снегозадержанием, под

Минимальная температура воздуха и почвы 28 января—3 февраля 1944 г.

Дата наблюдений	Минимальная температура воздуха за сутки, °С	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С		
		бесснежье	пар без снегозадержания	пар со снегозадержанием
Январь				
28	—29,2	—14,6	—10,0	— 7,0
29	—29,4	—20,5	—12,0	- 7,7
30	—20,2	—20,3	—13,0	— 9,8
31	—27,0	—22,0	—12,5	-10,0
Февраль				
1	—25,0	—22,2	—15,6	—13,0
2	—22,0	—20,9	—14,7	—11,5
3	—30,6	—23,1	—18,0	—15,1

снежным покровом в 30—40 см, все растения перезимовали полностью. В отличие от этого на участке пара без снегозадержания, под снежным покровом меньше 15—17 см, имела место гибель озимой пшеницы в размере 60%. Следовательно, минимальная температура почвы на глубине узла кушения до -15° оказалась не опасной для озимой пшеницы; при температуре же в почве от -15 до -18° имела место частичная гибель растений.

В 1944/45 г. снова был проведен полевой опыт с озимой пшеницей на площади 10 га, из которых одна часть — со снегозадержанием, другая — без снегозадержания. Зима 1944/45 г., в отличие от зимы 1943/44 г., была весьма холодной, но, так же как и предыдущая, малоснежной. Сильные морозы, доходившие до -37 , -41° , наблюдались уже в начале зимы. В течение 18 дней первой и второй декад февраля имело место наиболее длительное и значительное снижение температуры почвы на участке пара без снегозадержания; снежный покров здесь не достигал 15 см, а минимальная температура в почве при этом опускалась до $-21,9^{\circ}$. На другом же участке опыта, где велось снегозадержание, минимальная температура в почве не опускалась ниже $-12,2^{\circ}$, при высоте снежного покрова в 30—48 см. В результате этого наблюдалась гибель ози-

мой пшеницы па пару без снегозадержания и полная ее сохранность на пару со снегозадержанием (табл. 29).

Таблица 29

Гибель кустов в опыте с перезимовкой озимой пшеницы зимой 1944/45 г., %

Название участков	7. XII	4. I	7. III	Весной
Пар без снегозадержания	19	31	48	100
Пар со снегозадержанием	3			4

Глубина промерзания почвы, измеренная на пару без снегозадержания 15 марта 1945 г., составила 150 см, в то время как на пару со снегозадержанием почва промерзла на глубину 70 см.

Таким образом, полевые опыты полностью подтвердили результаты опытов по промораживанию озимой ржи и пшеницы естественным холодом. Критической температурой почвы, при которой наблюдались повреждения озимой ржи Вятка, посеянной на пару в эти годы, была температура в -20 , -22° и озимой пшеницы Ферругинеум 1239 -16 , -18° . Эти величины температуры нельзя рассматривать как некоторые константы. Работами физиологов установлено, что критическая температура подвержена значительным изменениям в зависимости от условий осеннего развития растений, хода стадийных процессов в растениях и степени их закалки. Приведенные данные относятся в основном к условиям перезимовки районированных в Алтайском крае сортов озимых культур, посеянных по парам.

Для озимых растений неблагоприятна также и отрицательная температура, близкая к нулю. Как показали исследования В. И. Разумова (1950), стадия яровизации озимой ржи сорта Вятка в северных районах заканчивается даже при -4 , -5° . В проведенных опытах во всех наблюдаемых случаях хорошей перезимовки озимых минимальная температура зимой на глубине узла кущения была не выше -5° .

Известную связь с перезимовкой растений имеет также глубина промерзания почв. При глубоком зимнем промер-

зании почва весной оттаивает в поверхностных слоях, будучи еще мерзлой в зоне корней, что в ряде случаев приводит к засыханию поврежденных, но начинающих вегетировать растений, а также нередко это приводит весной к механическим повреждениям корней и узлов кушения озимых.

Из изложенного в этой главе следует:

1. Решающее значение для исхода перезимовки озимых хлебов имеет не атмосферный, а почвенный климат. Важнейшим элементом почвенного климата, оказывающим влияние в зимний период на почву и зимующие растения, является температура почвы на глубине узла кушения озимых хлебов (3 см). Несомненно, известное значение имеет также влажность почвы и ее механическое воздействие на растения.

2. Для перезимовки озимых по парам оптимальной является температура на глубине 3 см почвы в пределах от -5 до -15° . Что касается критической температуры для отдельных культур и сортов в разных районах, то она определяется конкретными условиями перезимовки растений и устанавливается экспериментальным путем.

3. Для обеспечения нормальной перезимовки растений необходимо, наряду с введением более зимостойких сортов и применением агротехнических мероприятий, также осуществление приемов по регулированию почвенного климата в холодное время года, в связи с особенностями зимнего периода каждого отдельного года.

РЕГУЛИРОВАНИЕ КЛИМАТА ПОЧВЫ
СНЕГОЗАДЕРЖАНИЕМ

Регулирование климата поверхностных слоев почвы в холодное время года имеет большое значение, так как сохранность зимующих растений, а также в значительной мере высота урожая озимых и яровых культур зависят от климата почвы — ее температуры и влажности.

Условием, влияющим на температуру почвы на глубине 3 см, являются снежный и растительный покровы. Еще А. И. Воейков отмечал, что нигде снежный покров не играет такой важной роли, как на огромных просторах нашей страны. П. А. Костычев также указывал на огромное значение накопления и сохранения снега на полях. Дальнейшие исследования показали эффективность снегозадержания, а практика сельского хозяйства широко использует его в борьбе за урожайность хлебов. Недаром народная мудрость выразила значение снега пословицей: «Снег на полях — хлеб в закромах».

Снегозадержание первоначально возникло как агротехнический прием для засушливых районов страны, главным образом в целях накопления влаги для борьбы с засухой. Затем оно начало применяться также и для сохранения зимующих культур от вымерзания.

Несмотря на то, что снегозадержание широко осуществляется в последние 20—30 лет, оно проводится еще без достаточной системы и климатологического обоснования и потому далеко не всегда в полной мере эффективно.

Практика его проведения во многих случаях заключается в увеличении мощности снежного покрова без

достаточного обоснования необходимой его высоты и длительности залегания в каждой зоне, районе и хозяйстве, а также сроков его проведения. Задержанием снега очень часто начинают заниматься лишь во второй половине зимы.

При проведении снегозадержания весьма мало внимания уделяется равномерному распределению снежного покрова на полях; количество снегозадерживающих препятствий нередко бывает малым. Поэтому наряду с положительным влиянием снегозадержания на урожай растений можно отметить немало случаев, когда эффективность его была недостаточна, а в отдельных случаях имели место и отрицательные результаты.

Только при детальном изучении особенностей почвенного климата и биологии культурных растений можно более эффективно и направленно использовать приемы снегозадержания для регулирования климата почвы. Основные принципиальные положения метода и приемов регулирования почвенного климата следующие.

1. Снежный покров должен быть такой высоты, при которой в поверхностном слое почвы создается оптимальный режим отрицательной температуры, благоприятный для растений в течение всей зимы и ранней весной. В умеренных широтах с сезонным промерзанием почвы как излишняя, так и особенно недостаточная высота снежного покрова сказываются отрицательно на зимующих растениях. При малом снежном укрытии полей температура почвы на глубине 3 см опускается нередко ниже критической для растений, что ведет к прямой их гибели. Под большим же снежным покровом температура почвы на этой глубине может быть близкой к 0°, что понижает холодостойкость растений.

2. Высота снежного покрова должна быть дифференцированной в зависимости от степени холодостойкости культур (многолетние травы, озимые: рожь, пшеница, ячмень, овес; яровые зерновые, подсолнечник, огородные культуры при подзимнем их посеве), от холодостойкости их сортов и агротехники посева, от условий осеннего развития растений и состояния их к началу зимы.

3. Высота снежного покрова должна быть дифференцированной в зимы различных типов и в течение каждой зимы, поддерживая оптимальную температуру почвы.

4. Накопление снега, как правило, должно быть возможно ранним, начиная с первых же снегопадов. Это имеет огромное значение в районах степной и лесостепной зон потому, что рыхлый снежный покров предохраняет почву от глубокого ее промерзания, а также от снижения температуры. В силу этого такая почва весной оттаивает раньше, сток воды бывает меньшим и большая часть талых вод впитывается в землю.

5. Снежный покров должен залегать равномерно на всей площади, что обеспечивает одинаковый температурный режим в почве, накопление запасов почвенной влаги и сохранность зимующих растений на всем массиве, а также возможность сплошной механизированной обработки почвы ранней весной на каждом поле.

Помимо снежного покрова, климат почвы зависит также от растительного покрова и самой почвы; поэтому его изменение можно осуществить, регулируя:

- а) густоту стояния растительности — посевом в разные сроки, а также различными нормами высева;
- б) густоту и высоту жнивья и плотность растительных остатков, создающих мульчирующий слой на почве;
- в) плотность поверхностных слоев почвы.

Исходя из этих положений, метод регулирования климата почвы, главным образом температурного режима поверхностных слоев почвы, на полях, занятых зимующими растениями, должен состоять в следующем.

Прежде всего необходимо выяснить оптимальную температуру перезимовки растений. Для этого несколько раз в течение зимы (в начале, середине и к концу ее) должна определяться критическая температура каждого из сортов зимующих культур, возделываемых в данном месте. Это возможно осуществить путем промораживания взятых с полей образцов растений разных культур, сортов, по срокам сева и предшественникам, либо естественным холодом (как описано было выше), либо в специальных холодильниках, или же в стационарных холодильных камерах научно-исследовательских учреждений.

Промораживание растений должно проводиться ежегодно, чтобы установить степень устойчивости их к перезимовке в связи с предшествующим развитием растений, в конкретных условиях осени и зимы. Можно воспользоваться также установленными за ряд лет, на основании анализа перезимовки растений в той или иной зоне соот-

ветствующей агрометеорологической станцией, средними и крайними пределами критической температуры.

Пользуясь указанными данными, можно исчислить необходимую наименьшую высоту снежного покрова. Она должна быть такой, чтобы минимальная температура почвы на глубине узла кущения была выше критической температуры растений в наиболее холодные зимы. Для этого можно воспользоваться расчетным графиком, составляемым на основе многолетних данных наблюдений в той или иной зоне агрометеорологическими станциями за минимальной температурой почвы на глубине узла кущения в зависимости от высоты снежного покрова при той или иной минимальной температуре воздуха.

Так, например, по данным наблюдений Барнаульской агрометеорологической станции за 1941—1945 гг. для лесостепной зоны Алтайского края был составлен специальный расчетный график (рис. 18), который служил для составления диагноза состояния озимых культур (Шульгин, 1949). Он может быть использован также и для ориентировочного расчета необходимой высоты снежного покрова. График исчислен при средней плотности снега зимой. Во вторую половину зимы (а иногда при сильных ветрах и в первую ее половину) плотность снежного покрова больше, что следует учитывать при расчетах.

Приведем пример расчета. В Западной Сибири в весьма холодные зимы абсолютный минимум температуры воздуха опускается до -50° . Допустим, что критическая температура перезимовки озимой пшеницы в лесостепи и начале зимы составляет -16° . Тогда, пользуясь графиком, устанавливаем, что высота снежного покрова в первую половину зимы должна быть не меньше 30 см. Допустим, что во вторую половину зимы критическая температура составляет уже -10° . Тогда наименьшая высота снежного покрова должна быть 50 см.

Так как снежный покров во вторую половину зимы имеет несколько большую плотность, чем в первую ее половину, то необходимо сделать поправку на плотность снежного покрова; кроме того, различная плотность и влажность почвы на тех или иных участках изменяет температуру почвы. Эти поправки устанавливаются наблюдениями и специальными опытами в каждой зоне.

Что касается наибольшей высоты снежного покрова, то она корректируется путем непосредственных наблюде-

ний за температурой верхнего слоя почвы, которая не должна подниматься выше определенного верхнего предела отрицательной температуры, различного для разных сортов (в среднем от -5 до 0°).

Для многолетних трав, как, например, люцерны, более устойчивой к низкой температуре по сравнению с зерновыми культурами, соответствующие расчеты производятся на основании предварительного выяснения критической температуры. В тех зонах, где в качестве зимующих культур высеваются озимый ячмень, озимый овес, а также яровые культуры при подзимнем посеве, высота снежного покрова, необходимая для нормальной их перезимовки, может быть также исчислена при помощи аналогичных графиков на основании критической температуры, устанавливаемой опытным путем.

Однако для регулирования климата почвы в отдельных хозяйствах важны и те изменения, какие вносятся в ее режим как растительным покровом, так и состоянием его и почвы. При изреженных поздних посевах растения в слабой степени могут изменять температуру почвы на глубине 3 см, в то время как загущенные посевы ранних сроков при большой вегетативной массе могут уменьшать зимой охлаждение почвы на $1-2^{\circ}$. Точно так же различная плотность (и влажность) почвы изменяет температуру почвы на $2-3^{\circ}$ и больше. Эти поправки должны быть установлены наблюдениями и специальными опытами в каждой почвенно-климатической зоне.

Изложенный выше агроклиматический метод может оказывать помощь в рекомендации мероприятий по снегозадержанию в разных зонах, в зимы различных типов, в отдельные периоды зимы для зимующих культур и их сортов. Это дает возможность дифференцированно подходить к планированию тех или иных приемов снегозадержания в зависимости от зональных особенностей почвенного климата и ожидаемой зимой погоды.

Этот метод позволяет также регулировать зимой температуру почвы при помощи снежного покрова. Выясняя, как указывалось выше, ежегодно опытным путем критическую температуру растений и наблюдая за температурой почвы на глубине узла кущения, можно давать достаточно обоснованные рекомендации тех или иных дополнительных агротехнических мероприятий. Так, например, при температуре почвы, близкой к кри-

тической для той или иной культуры, необходимо осуществлять мероприятия по увеличению снежного покрова: повышение высоты снегозадерживающих препятствий, уменьшение ширины полос между ними, дополнительная расстановка щитов в тех или иных местах и др. Наоборот, в тех случаях, когда температура почвы на глубине 3 см близка к -5° , желательны мероприятия по уменьшению избыточного снежного покрова: уменьшение количества и высоты снегозадерживающих препятствий, увеличение ширины между ними, каткование снежного покрова и др.

Регулирование климата почвы в зимнее время осуществляется путем снегозадержания и снегонакопления. Строго разграничить понятия снегозадержания и снегонакопления нельзя, принципиальное различие между ними отсутствует, однако целевое назначение этих двух мероприятий, способы их осуществления и объекты воздействия часто бывают различными.

Снегозадержание направлено на удержание и сохранение выпавшего снега от сдувания сильными ветрами. Количество снега, сносимого ветрами с открытых водораздельных пространств юго-востока Европейской части СССР, составляет в среднем 50% всего выпавшего снега. Значительная часть его собирается в оврагах. Путем снегозадержания можно удержать и сохранить выпадающие в виде снега атмосферные осадки на полях, занятых сельскохозяйственными растениями.

Снегозадержание обычно проводится на посевах озимых культур и многолетних трав главным образом для защиты их от вымерзания, а также и для увеличения запасов почвенной влаги, необходимой растениям в весенне-летний период их вегетации. При снегозадержании необходимо создать равномерный слой снега достаточной высоты, который может обеспечить зимующим растениям оптимальный температурный режим почвы, а также благоприятный водный режим ее в вегетационный период.

Таким образом, снегозадержанием зимой регулируется в основном температурный режим почвы и попутно водный ее режим. В отличие от этого снегонакопление регулирует в основном водный режим почвы.

Снегонакопление осуществляется путем вторичного отложения снега, снесенного ветром с окружающих про-

странств. На открытых пространствах ровных степных районов снег зимой переносится низовыми метелями на десятки километров. Перенос снега происходит всю зиму при скорости ветра больше 2—4 метров в секунду и особенно при скорости ветра больше 8—9 метров в секунду. Поэтому за счет участков сноса можно накопить снег значительной высоты в местах его отложения.

Снегонакопление обычно проводится на парах и зяби, предназначенных под посев яровых культур, с целью увеличения запасов почвенной влаги, необходимой растениям в вегетационный период. При снегонакоплении необходимо и возможно создать наибольшей высоты снежный покров. Несомненно, что при снегонакоплении существенно изменяется и температурный режим почвы зимой, который в свою очередь содействует улучшению водного режима почвы весной и летом. Под большим снежным покровом температура почвы близка к 0°, почва промерзает неглубоко, весной она оттаивает раньше схода снега и потому талые воды полностью впитываются в почву.

Следовательно, снегонакоплением и снегозадержанием можно регулировать почвенный климат. При этом, воздействуя на один из элементов почвенного климата — температуру почвы или ее влажность, мы тем самым оказываем влияние и на другой элемент почвенного климата. Поэтому проводить строгое различие этих двух способов регулирования почвенного климата не следует, так как они, как и все в природе, связаны между собою и обуславливают друг друга.

В практике и литературе обычно принят термин снегозадержание, который охватывает и снегонакопление. При этом имеют в виду, что при снегозадержания частично используется и переносимый с других площадей снег, а при снегонакоплении удерживается также снег, выпадающий на той или иной территории.

Снегозадержание широко применяется на юге и юго-востоке Европейской части СССР, в Западной Сибири, Северном Казахстане и в некоторых районах Восточной Сибири, т. е. в континентальных районах, где снежный покров обычно невелик — не превышает 30—50 см высоты, где сильные морозы начинаются задолго до образования снежного покрова достаточной толщины, где зимующие растения могут подвергаться повреждениям и

гибели и где весной может быть недостаток влаги в почве. В большинство этих районов важное значение имеет раннее снегозадержание. При этом по мере увеличения континентальности климата все большее значение приобретают ранние сроки снегозадержания.

Лишь в юго-западных районах Европейской территории СССР, где снежный покров обычно образуется до наступления сильных морозов и тем самым имеется угроза гибели зимующих растений от выпревания и вымокания, снегозадержание должно проводиться лишь после того, как земля достаточно промерзнет, и температура почвы на глубине узла кущения озимых будет ниже -5° .

Снегонакопление применяется в основном в районах возможного снегозадержания, особенно в степных и лесостепных районах, где запасы почвенной влаги к началу зимы невелики и могут быть значительно пополнены за счет влаги снежного покрова. Снегонакопление весьма эффективно в тех районах южной половины СССР, особенно в континентальных районах, где сильные ветры производят значительный перенос снега. Используя подвижность снега, можно в 2—3 раза, а нередко и больше, увеличить естественный снежный покров как за счет удержания выпадающего на месте снега, так и главным образом за счет переноса его из других мест.

В северной половине СССР в лесной зоне, где снежный покров в среднем превышает 50—60 см и устойчиво сохраняется в течение зимы, мероприятия по снегозадержанию и снегонакоплению могут применяться лишь в отдельные малоснежные зимы на открытых местах.

Для использования снежного покрова в земледелии применяется ряд агротехнических приемов. Рассмотрим вначале приемы снегозадержания. Приемы задержания (снега, как широко применяемые в практике сельского хозяйства, так и новые, разрабатываемые в последнее время, можно разделить на три основных группы:

- 1) снегозадержание при помощи ежегодно расставляемых искусственных преград;
- 2) снегозадержание при помощи преград из уплотненного снега;
- 3) снегозадержание при помощи растений.

Первая группа приемов осуществляется расстановкой па полях щитов, сухих стеблей, пучков или снопов соломы, камыша, хвороста. Преимущество щитов состоит

в том, что их можно легко переставлять несколько раз в течение зимы, охватывая одним и тем же количеством большую площадь. Однако при этом не достигается равномерное залегание снежного покрова. У щитов создаются большие сугробы, в то время как между ними снежный покров невелик. Точно так же они не обеспечивают удержание самого первого рыхлого снега, значение которого для термоизоляции особенно велико.

Снегозадержание сухими стеблями растений подсолнечника или кукурузы, применяемое преимущественно на озимых посевах, требует до 15—20 тысяч стеблей на гектар, причем работа по их расстановке чрезвычайно трудоемка. Раскладывание же веток, хвороста, соломы, навоза имеет весьма небольшой эффект, так как высота образующегося снежного покрова невелика, залегание его неравномерно, к тому же требуется значительное количество соломы или хвороста.

Снегозадержание из самого снега проводится путем устройства снежных валиков, куч и снежных кирпичей; однако для его проведения требуется затрата значительного количества труда в зимнее время. Распашка снега снегопахами-снегособирателями на тракторной тяге является сравнительно простым приемом снегозадержания. Но она может применяться только на участках паров и зяби, предназначенных под посев яровых культур.

Большинство указанных приемов снегозадержания на озимых посевах требует значительных затрат труда на изготовление снегозадерживающих препятствий и еще больше на их расстановку и перестановку в течение зимы; для их изготовления и ремонта требуются лесоматериалы, которые в степных районах часто отсутствуют; проводятся они при наличии снежного покрова уже достаточной высоты, лишь после больших снегопадов, упуская наиболее важный период — начало зимы.

Запаздывание с проведением снегозадержания в известной мере объясняется тем, что осуществление многих приемов возможно лишь при наличии снежного покрова определенной высоты. Между тем он в первую половину зимы часто бывает невелик. Так, устройство снежных валов, распашка снега снегопахами, перестановка щитов возможны лишь с того времени, когда на полях уже имеется слой снега достаточной высоты. Позднее же использование снега не позволяет эффективно сохранить

снег, выпавший в первой половине зимы, количества которого во многих континентальных районах превосходит количество осадков, выпадающих во вторую половину зимы. Запаздывание с использованием снежного покрова влечет за собой увеличение охлаждения почвы и глубины ее промерзания. Наконец, большинство приемов снегозадержания основано на примитивной технике и требует большой затраты труда в суровых зимних условиях на поле. Все это в значительной мере обуславливает недостаточную эффективность многих распространенных приемов снегозадержания.

Наиболее эффективными и малотрудоемкими являются приемы снегозадержания при помощи растений: лесными полосами и кулисами. Полезащитные лесные полосы имеют основное и наиболее широкое значение. Будучи раз посаженными или посеянными, они действуют много лет, умеряя силу ветра и накапливая ежегодно значительной высоты снежный покров. Однако лесные полосы не всегда обеспечивают равномерное распределение снежного покрова на всей площади поля. В полосах и около них образуется снежный покров большой высоты, тогда как на середине поля слой снега значительно меньше.

Измерения, проведенные в условиях Тимашевских полезащитных лесных полос Куйбышевской области 12 декабря 1938 г., показали, что в то время как в лесной полосе высота снежного покрова составляла от 75 до 123 см, между полосами она была всего от 20 до 42 см. Точно так же 12 марта 1939 г. на том же месте в полосе накопился слой снега от 38 до 148 см высоты, а между полосами высота снежного покрова составляла 28 — 65 см.

Как показывают опыты, наилучшими являются ажурные полосы. Но и в этом случае наблюдается некоторая неравномерность в снегозадержании по мере удаления от опушки лесных полос. Так, например, по данным Лебязьинской лесомелиоративной станции Алтайского края, на участке в 80 га, при ширине межполосного пространства в 400 м, ширине полосы в 17 м и высоте ее в 10 м, высота снежного покрова у полосы была 95 см, на расстоянии 25 м от полосы — 70 см; 50 м — 57 см; 100 м — 42 см и 200 м — 35 см (С. С. Голубинский, 1942). Поэтому в степных и лесостепных районах, наряду с основным мероприятием регулирования климата почвы лесонасаждениями, необходимо использовать дополни-

тельно и другие приемы снегозадержания путем создания равномерного и достаточной высоты снежного покрова при помощи однолетней растительности.

В начале 90-х годов прошлого столетия П. Ф. Бараков, Л. А. Измаильский (1892) и П. А. Костычев (1893) предложили накапливать снег при помощи живых изгородей вокруг полей, а также путем посева высокостебельных растений с оставлением их на зиму. В своей работе «О борьбе с засухами в чернозёмной области посредством обработки полей и накопления на них снега» П. А. Костычев писал следующее: «...Небольшие и неширокие живые изгороди могут задерживать очень большие количества снега; действие их, разумеется, сильнее всего будет в тех случаях, когда они будут иметь направление, перекрёстное с направлением господствующих ветров. Достигнуть задержания на полях снега можно и другими способами, например разведением толстостебельных высоких растений, как, например, кукурузы или подсолнечника, если у них убирать только шляпки и початки, оставляя стебли на зиму в поле. Несмотря на то, что подсолнечник, например, растёт редко, его стебли, как показывают наблюдения, достаточны для задержания снега. На поле с подсолнечными стеблями снег ложится ровным слоем, но вокруг каждого стебля остаётся узкая воронка, почти до самой земли. Для просачивания снеговой воды в землю эти воронки имеют весьма важное значение, потому что весной снег здесь протаивает скоро до самой земли и на таких местах начинается первое поглощение снеговой воды; этому способствует отчасти и то, что возле твёрдых предметов, отражающих солнечные лучи, снег тает быстрее; просачивание воды затем будет происходить на краях таких круглых проталин, которые по мере таяния снега становятся всё шире и шире»¹.

Первые опыты по сохранению снежного покрова при помощи оставленных на зиму стеблей кукурузы были проведены на Полтавском опытном поле в зиму 1893/94 г. На засеянном кукурузой паровом поле с междурядьями в 1 м высевалась озимая пшеница. В конце 90-х годов прошлого столетия была выдвинута идея пара с междурядьями кукурузы, расширенными до 2—3 м, которому

¹ В. В. Докучаев, П. А. Костычев К. А. Тимирязев, В. Р. Вильямс. Избранные произведения. М., 4949, стр 63, 64—65.

агрономы Елисаветградского уездного земства Херсонской губернии дали название «херсонского пара». Большую работу по изучению его вела Херсонская опытная станция. В период 1908—1914 гг. херсонский пар был весьма широко распространен в степной части Украины. В первую мировую войну, из-за отсутствия тягла и рабочей силы, он был забыт. Однако с 1925—1927 гг. и в последующие 30-е годы он снова получил широкое распространение на юге Украины и особенно в Поволжье. Значительную работу по его изучению вели сибирский Институт зернового хозяйства (Журавлев, 1930, Цицин Н., Горюнов Д., 1942), Украинский институт зернового хозяйства (А. И. Задонцев, 1936), Институт зернового хозяйства Юго-востока (П. Г. Кабанов, 1940) и Безенчукская опытная станция. Одна из разновидностей этого пара носит название «безенчукского кулисного пара».

Кулисные пары, являясь одним из лучших способов снегозадержания и снегонакопления, не получили еще того размаха в их применении, какой они заслуживают. Объясняется это тем, что кулисные пары, применявшиеся до последнего времени, имели ряд существенных недостатков. Так, херсонские пары с узкими междурядьями и весенним высевом кулисных растений затрудняли механизированную обработку парового поля и посев озимых культур, требовали значительной затраты труда на обработку кулисных лент и прополку в них сорняков. Влажность почвы на херсонских парах осенью была ниже, чем на чистых нарах. Кроме того, кулисные пары снижали урожай весьма ценной продовольственной культуры — озимой пшеницы — за счет менее ценной — кукурузы.

Для устранения указанных недостатков стали применять весной посев на парах кукурузы и подсолнечника кулисами с междурядьями в 10—15 м и больше. Однако расширение междурядий не всегда обеспечивало равномерное накопление снежного покрова достаточной высоты. Носыма удачным разрешением этих затруднений является посев высокостебельных растений кулисами не весной, а летом, с оптимальными междурядьями от 3 до 7 м, позволяющими вести механизированную обработку поля и накапливать зимой высокий и равномерный слой снега.

Первые агротехнические опыты с летним посевом растений кукурузы кулисами были произведены Украинским институтом зернового хозяйства на Новоукраинском

пункте в Одесской области в 1932 г. и на Михайловском и Красноградском пунктах Днепропетровской области в 1933 г. (А. И. Задонцев, 1936, стр. 125). В производственных условиях летний посев подсолнечника кулисами начали широко изучать и применять в Алтайском крае.

В 1940 г. по инициативе Барнаульской селекционной станции (лесостепная зона Алтайского края) был предложен новый тип кулисного пара с летним посевом кулисных растений, который разрабатывался и испытывался в 1941—1945 гг. этой станцией совместно с Барнаульской агрометеорологической станцией (Ф. Кондратенко, Ф. Куперман, А. Шульгин, 1943; А. Шульгин, 1945, 1948). Новый вид кулисного пара имеет целью главным образом снегозадержание и снегонакопление; перед ним не ставится задача получения дополнительного урожая кулисных растений.

Посев подсолнечника кулисами на парах под озимые культуры был проведен в колхозах и совхозах Алтайского края в 1941 г. на 50 га, 1942 г. — 5000 га, 1943 г. — 18 000 га, 1944 г. — 7394 га. В 1952 г. площадь кулисных паров в этом крае составила как под озимые, так и под яровые 130 тыс. га, в 1953 г. — 250 тыс. га. В 1953 г. посев кулисных растений на несколько десятках тысяч гектаров проведен в Сев. Казахстане и Поволжье.

Изучение летних посевов подсолнечника кулисами проводилось и проводится также Бийской и Славгородской селекционными станциями (П. Денисов, М. Калугин, 1954), расположенными — первая в лесостепной, а вторая — в степной зоне Алтайского края, а также и другими научно-исследовательскими учреждениями Сибири, Сев. Казахстана и Европейской части СССР.

Как показали наблюдения, в условиях лесостепи и степных районов наилучшими кулисными растениями, весьма удобными для снегозадержания, являются подсолнечник и горчица. Подсолнечник быстро растет, хорошо деревенеет, имеет большую облиственность, обладает в определенном возрасте значительной холодоустойчивостью. Горчица также является хорошим кулисным растением, обладающим меньшим ростом, но зато большей облиственностью, чем подсолнечник. Регулируя соотношение подсолнечника и горчицы, можно получить разную степень ажурности кулисных лент.

И качестве кулисных растений могут также служить кукуруза, сорго, суданка и другие высокостебельные растения.

Посев на парах подсолнечника, горчицы или их смеси производился в лесостепи Алтайского края в конце июня — начале июля, примерно за 35—40 дней до посева озимых. При этом сроке посева кулисные растения, заделанные по влажный слой почвы, своевременно всходили и давали к зиме крепкий и высокий стебель. Запоздание с посевом кулисных растений приводит к тому, что неокрепшие зеленые стебли подсолнечника (или других культур) падают при осенних заморозках и тем самым плохо задерживают снег зимой. Кулисные растения высевались прямолинейными рядами, перпендикулярно господствующим зимним ветрам, двурядными кулисами на расстоянии кулиса от кулисы в 3,6; 7,2 или 10,8 м (один—два—три прохода культиваторов и сеялки), а в кулисе между рядами 15 см. Необходимость посева двурядными кулисами была вызвана тем, что при последующей обработке паров и посеве озимых небольшая часть растений в кулисах повреждалась. При однорядных же кулисах это приводило к разрыву ряда. В случае смешанных посевов — подсолнечника и горчицы — растения высевались однорядными кулисами.

Посев кулисных растений производился лотом одновременно с очередной культивацией пара тракторной сеялкой, прицеплявшейся за тракторным культиватором. В рядах на погонном метре высевалось 6—7 растений подсолнечника, либо 3 растения подсолнечника и 8—10 растений горчицы. Обработка паров (вспашка и культивация) до посева кулисных растений производилась и обычно принятом порядке и в любом направлении; после же появления всходов культивация пара велась вдоль кулис.

Посев озимых культур проводился тракторными сеялками сплошь и в любом направлении: вдоль или поперек кулис, как это оказывалось более удобным, в зависимости от конфигурации участка. Наиболее целесообразным оказался посев озимых поперек кулис, так как при этом получался сплошной посев озимых, такой же, как обычно получался при их посеве без кулис. Положительными сторонами посева озимых поперек кулис является полное использование ими всего поля, а также борьба озимых

с сорняками. К моменту посева озимых высота подсолнечника достигала в среднем 20—30 см, и еще гибкий стебель его при проходе колес трактора легко пригибался; размер повреждений растений не превышал 5—7%. К зиме стебли достигали высоты в 70—80 см, успевали одревенеть и хорошо задерживали снег на полях. Весной при бороновании озимых стебли подсолнечника легко ломались, так как они сильно размочаливались (мацерировались) и их свободно можно было удалить с поля.

Опыты по изучению регулирования климата почвы посевом кулисных растений для снегозадержания проводились на специальных участках Барнаульской агрометеорологической станции, а также на производственных массивах Барнаульской государственной селекционной станции, площадь которых ежегодно составляла от 10 до 60 га, а также в совхозах и колхозах края.

Увеличение высоты снежного покрова в результате применения кулис на Барнаульской станции показано в табл. 30.

Таблица 30

Высота снежного покрова на озимых посевах по парам кулисным и без кулис в 1941—1948 гг. (в см)

Зима	Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март	
	кулисный пар	пар без кулис								
1941/42 г.	—	—	32	26	38	31	30	20	39	26
1942/43 г.	—	—	18	8	30	3	60	24	51	18
1943/44 г.	18	6	41	11	45	14	51	17	40	0
1944/45 г.	33	13	48	13	50	18	58	19	76	10
1945/46 г.	20	0	31	4	48	17	53	4	75	5
1946/47 г.	17	12	24	9	32	10	44	12	40	7
1947/48 г.	17	8	53	20	73	22	67	26	53	18
Средняя	20	8	35	13	45	16	52	17	58	12

Как показывают данные табл.30, кулисы подсолнечника позволяют задержать снег с первых же снегопадов, что имеет особо важное значение как в смысле использования твердых атмосферных осадков, наиболее зна-

чительных в первой половине зимы, так и для предохранения растений от зимних повреждений. В среднем высота снежного покрова на кулисных парах была в эти годы в 3-4 раза больше, чем на открытых парах.

Накопление снега на кулисных парах происходило неодинаково в зимы различных типов. В многоснежные и относительно безветренные зимы, как, например, к зиме 1941/42 г., различие в высоте снежного покрова между кулисным и открытым паром невелико. В боль-

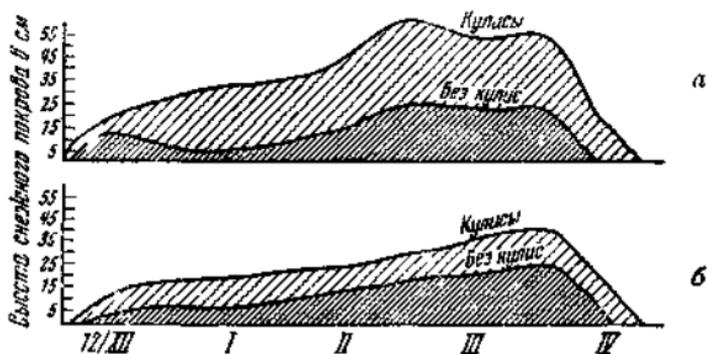


Рис. 26. Высота снежного покрова на озимых посевах по кулисам и без кулис зимой 1942/43 г.

a — степь; *b* — лесостепь.

шинстве малоснежных и ветреных зим, как, например, в 1942/43, 1945/46 гг., различие в пользу кулисного пара было весьма значительным. С первых же снегопадов и до конца зимы на кулисных парах в эти зимы имело место неуклонное увеличение снежного покрова, в то время как на открытых парах в первую половину зимы наблюдалось даже его уменьшение (рис. 26). Необходимо подчеркнуть, что кулисные растения тем самым автоматически регулируют высоту снежного покрова. Например, среднее отклонение по годам высоты снежного покрова за декабрь составляет на кулисных парах 31%, а без кулис 46%; в феврале — на кулисных парах всего 12%, а на парах без кулис — 35%.

Кулисные растения с самого начала зимы обеспечивают зимующие культуры снежным укрытием такой высоты, которая гарантирует их от вредного действия морозов. Самый первый рыхлый снег, накопленный кулисными растениями, имеет огромное значение для перезимовки

зимующих культур. К моменту сильных морозов, наблюдающихся в декабре и январе в Западной Сибири, когда в воздухе температуры опускаются до -40° и ниже, на кулисных парах лежит снежный покров выше 30 см, а к концу зимы он имеет большую мощность и предохраняет растения от весенних морозов.

Весьма важно, что кулисные растения прекрасно сохраняют выпадающие атмосферные осадки в первую половину зимы и удерживают их от сдувания (табл. 31).

Таблица 31

Среднее количество атмосферных осадков и высота снежного покрова (Барнаул)

Среднее количество атмосферных осадков, высота и плотность снежного покрова	Атмосферные осадки по месяцам				
	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
Количество атмосферных осадков (среднее многолетнее), мм . .	45	40	37	26	25
Высота снежного покрова по постоянной рейке на метеорологической площадке (средняя многолетняя), см	8	21	32	36	34
Высота снежного покрова на полях без снегозадержания (средняя за 1941—1948 гг.), см . .	8	13	16	17	12
Высота снежного покрова на полях со снегозадержанием кулисными растениями (средняя за 1941—1948 гг.), см	20	35	45	52	59
Плотность снежного покрова по измерениям в поле (средняя за 1941—1948 гг.)	0,20	0,24	0,26	0,28	0,30

Как видно из данных этой сравнительной таблицы, 60% (104 мм) атмосферных осадков выпадает в ноябре, декабре и первой половине января. Анализ многолетних климатических данных показывает, что даже в большинстве малоснежных зим атмосферных осадков в первую половину зимы выпадает больше, чем во вторую половину зимы.

Однако в большую часть зим обильные снегопады первой половины зимы в Западной Сибири все же не создают снежный покров достаточной высоты, так как фактически большая часть выпавших осадков сносится с полей сильными ветрами. Поэтому высота снежного покрова на полях с культурными растениями находится в резком несоответствии с количеством выпадающих осадков.

Снегозадержание кулисными растениями позволяет использовать выпадающие осадки, предохранить их от сдувания и частично накопить снег за счет снегноса с открытых полей.

Следует указать, что данные о высоте снежного покрова по постоянной рейке на метеорологической площадке, как и величина выпадающих атмосферных осадков, измеряемая там же, не являются достаточно характерными и точными, позволяющими распространить их на участки полей под сельскохозяйственными культурами зяби и паров. Количество атмосферных осадков, регистрируемых дождемерами, обычно преуменьшено, а высота снежного покрова на площадке метеорологической станции преувеличена по сравнению с открытыми полями. Кроме того, залегание снега на различных угодьях неодинаково. Приведенные выше данные все же показывают значение задержания осадков. Все количество выпавших за зиму осадков равно 173 мм. Высота снежного покрова при задержании снега кулисными растениями составляет к концу зимы 59 см, что при плотности снега 0,3 будет равно 177 мм осадков. Следовательно, вся влага атмосферных осадков, выпавших за зиму, сохраняется путем эффективного снегозадержания. На открытых же полях, где снегозадержание не проводилось и высота снежного покрова равна 17 см, запасы влаги в снеге составляют всего 51 мм, т. е. 30% от всего количества выпавших атмосферных осадков.

В результате накопления на кулисных парах снежного покрова заданной высоты температурный режим почвы на этих участках в течение большинства зимних дней был в пределах оптимального для перезимовки растений: от -15 до -5° . Это видно из табл. 32.

Температура почвы и требуемая высота снежного покрова различны для каждой из зимующих культур по степени их холодостойкости, а также для одной и той же культуры, но в разные годы по условиям подготовки

Влияние снегозадержания на температуру почвы

Зима	Пар	Высота снежного покрова, см	Минимальная температура почвы (3 см) за сутки, °С
1941/42 г.	кулисный	30—50	от -14,0 до - 9,7
	Без кулис	0—30	» -26,0 » -16,5
1942/43 г.	Кулисный	30—60	» -10,0 » - 5,0
	Без кулис	0—20	» -32,0 » -10,8
1943/44 г.	Кулисный	30—50	» -15,1 » -9,5
	Без кулис	0—20	» -23,1 » -11,0
1944/45 г.	Кулисный	30—ПО	» -12,1 » -5,0
	Без кулис	0—20	» -19,2 » -13,8

растений к зимованию. Тем самым необходимо регулировать высоту снежного покрова на зимующих сельскохозяйственных растениях.

Высоту снежного покрова и температуру почвы на кулисных парах можно регулировать прежде всего различной шириной межкулисных полос (табл. 33 и рис. 27).

Т а б л и ц а 33

Высота снежного покрова и температура почвы на парах с разной шириной межкулисных полос в 1942/43 г. (Барнаул)

Ширина межкулисных полос, м	Высота снежного покрова в течение зимы, см	Минимальная за сутки температура почвы (3 см), °С
10,8	8—33	-22,0
7,2	14—45	-16,4
3,6	19—60	-13,-,

Таким образом, если для озимой пшеницы в условиях Западной Сибири наилучшими являются кулисы с расстоянием между ними в 3,6 м, то для озимой ржи, критическая температура которой ниже, чем у пшеницы, приемлемы кулисы с межкулисными полосами в 7,2 м. Расстояние же между кулисами в 10,8 м нецелесообразно здесь во многие годы даже для озимой ржи.

О том, что для озимой пшеницы наилучшее расстояние междюлисных полос в этой зоне составляет 3,6 м, свидетельствуют также подсчеты изреженности растений озимой пшеницы весной (табл. 34).

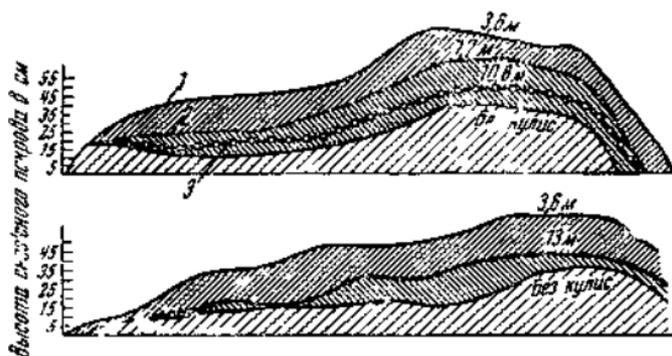


Рис. 27. Высота снежного покрова на озимых посевах по кулисам с различной шириной междюлисных полос и без кулис зимой 1942/43 г.

а — степь; б — лесостепь
 1 — на междюлисных полосах в 3,6 м; 2 — на междюлисных полосах в 7,2 м; 3 — на междюлисных полосах в 19,8 м

В районах Европейской части Союза под озимые культуры ширина междюлисных пространств может быть

Т а б л и ц а 34

Изреженность озимой пшеницы при раз-
 ной ширине междюлисных полос (Барнаул)

Ширина междюлисных полос, м	Изреженность, %	
	1942 г.	1943 г.
3,6	14	14
7,2	50	43
10,4	45	50
Без кулис	72	92

принята и несколько большая — до 10—15 м, в зависимости от климатических условий (температура воздуха, скорость ветра и др.) и от возможности создать в почве оптимальный температурный режим почвы для перезимовки растений и благоприятный водный режим во время вегетации растений.

Регулировать высоту снежного покрова можно и высевом растений, достигающих различной высоты к началу зимы. В зиму 1943/44 г. велись опыты задержания снега кулисами подсолнечника высотой в 80 см, горчицы высотой в 70 см, а также стерней различной высоты — 42, 23 и 13 см. Контрольным участком служил пар без снегозадержания. Площадь опыта при трехкратной его повторности — 4 га. Динамика снежного покрова видна из рис. 28.

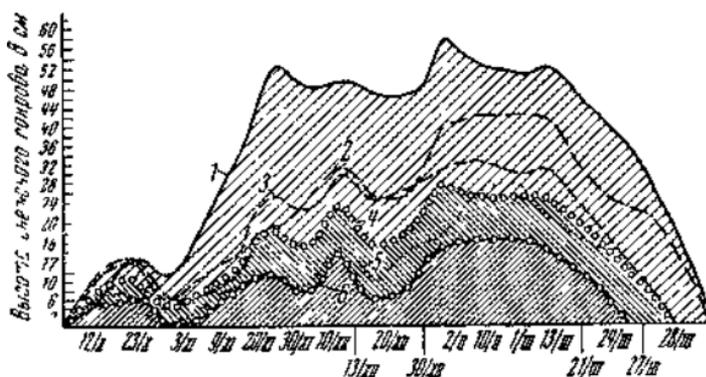


Рис. 28. Динамика высоты снежного покрова при различных способах снегозадержания зимой 1943/44 г.

1 — кулисы горчицы, 2 — кулисы подсолнечника; 3 — высокая стерня; 4 — средняя стерня; 5 — низкая стерня, 6 — пар без кулис

В начале и первой половине зимы стерня хорошо задерживала снег. С конца октября и до начала февраля высота снежного покрова на стерне в 42 см высоты и на подсолнечниковых кулисах была одинаковой. В последующем накопление снега на кулисах шло интенсивней. Особенно значительный рост снежного покрова был на кулисах горчицы в силу густой облиственности нижнего яруса растений, в отличие от растений подсолнечника, совершенно не облиственных в нижней своей части.

Были также поставлены опыты совместного высева подсолнечника и горчицы в качестве кулисных растений. При этом в верхнем ярусе (60—80 см) снег задерживал подсолнечник, а в нижнем (20—50 см) — горчица, которые по совокупности лучше задерживали снег в межкулисных полосах.

Регулирование снежного покрова, осуществляемое парами с летним высевом кулисных растений, не только уменьшает охлаждение почвы, но и значительно увеличивает запасы почвенной влаги весной. Трехлетние измерения показали, что в метровом слое почвы прибавка влаги с осени до весны на кулисных парах составила 44—95 мм, в то время как на парах без снегозадержания она была лишь 7—25 мм (табл. 35).

Т а б л и ц а 35

Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм
(Барнаул)

Название участков	1943/44 г.			1944/45 г.			1945/46 г.		
	осень	весна	прибавка	осень	весна	прибавка	осень	весна	прибавка
Без снегозадержания	116	131	15	98	105	7	88	108	25
Со снегозадержанием	115	180	65	95	189	44	84	177	93

Следовательно, снегозадержание оказывает влияние не только на решающий перезимовку растений элемент почвенного климата — температуру, но и на другой, не менее важный элемент климата — влажность почвы. Последний оказывает значительное влияние уже в весенне-летний период вегетации растений. Сводная таблица климатической эффективности регулирования климата почвы дана ниже (табл. 36).

Таблица 36

Эффективность регулирования климата поверхностных слоев почвы в холодное время года снегозадержанием в 1940—1948 гг.
(Барнаул, лесостепная зона Алтайского края)

Название участков	Средняя высота снежного покрова, см	Минимальная температура почвы (3 см), °С		Запас продуктивной почвенной влаги в метровом слое, мм			Средняя из наибольших глубин промерзания почвы, см
		средняя за зиму	абсолютный минимум	осень	весна	прибавка	
Без снегозадержания	12	--14,4	--31,6	99	115	16	150
Со снегозадержанием	43	--6,5	--15,1	98	165	67	50

Таким образом, регулирование климата почвы путем снегозадержания кулисными растениями позволило в среднем за 8 зим увеличивать высоту снежного покрова более чем втрое, повышать среднюю из минимальных температуру почвы на 8° , увеличивать запасы влаги в метровом слое почвы на 50 мм и уменьшать глубину ее промерзания на 100 см.

Своевременно и правильно проведенное снегозадержание кулисными растениями в течение всех лет опытов обеспечивало заданную высоту снежного покрова, которая создавала оптимальный для растений температурный режим почвы.

Приведенные данные о значении раннего снегонакопления нашли свое подтверждение в опытах, проведенных на Убинской опытно-мелиоративной станции Новосибирской области (А. Р. Вернер и М. Ф. Вернер, 1950). Схема этих опытов была такова: без снегозадержания (участок I), снегозадержание с середины января (участок II), снегозадержание с первых снегопадов (участок III). Исследования велись на чернозотно-луговой слабосолонцеватой почве. Учетная площадь каждого участка составляла 0,1 га при двукратной повторности. Задержание снега проводилось подсолнечниковыми кулисами (в 10 м одна от другой), расставлявшихся осенью на участке III и в снежный покров на участке II опыта. Результаты наблюдения приведены в табл. 37.

Данные табл. 37 показывают эффективность раннего снегозадержания. Высота снежного покрова на участке с ранним снегозадержанием была в ноябре и декабре в 3—8 раз больше, чем на участке без снегозадержания. В зависимости от времени задержания снега и мощности снежного покрова температура почвы также резко изменялась. При раннем начале снегозадержания температура почвы на глубине 80—100 см к концу зимы колебалась около 0° , в то время как при позднем начале снегозадержания она доходила до $-3,7^{\circ}$, а в контроле до $-5,2^{\circ}$. Еще резче это различие для глубины в 40 см, где температура в марте при раннем задержании снега доходила до $-2,9^{\circ}$, при позднем до -5° и без снегозадержания до $-9,1^{\circ}$.

Интерес представляют также данные А. Р. и М. Ф. Вернер (1950) о влиянии времени снегозадержания и мощности снежного покрова на глубину промерзания

Высота снежной покрова при разных сроках начала снегозадержания
(по А. Р. и М. Ф. Вернер, 1950), см

Дата наблюдения	Участок без снегозадержания	Участок со снегозадержанием с 14 января	Участок со снегозадержанием с первых снегопадов (24 ноября)
1947 г.			
ноябрь			
4	5	5	37
15	7	7	49
25	8	8	51
декабрь			
1	9	9	55
31	20	20	64
1948 г.			
январь			
20	25	40	71
февраль			
16	25	71	78
март			
10	20	82	79
20	17	76	71
апрель			
10	21	72	75

почвы. На участке без снегозадержания (I) уже к середине января почва промерзла от 40 до 78—95 см, а к концу снеготаяния — до 150—165 см. Задержание снега первых снегопадов (участок III) сразу же сказывается замедлением хода промерзания почвы. При снежном покрове в 60—70 см промерзание почвы на III участке опыта в январе было не больше 18—30 см, доходя к концу зимы лишь до 55—70 см.

Совсем иначе шло промерзание почвы на II участке с поздним снегозадержанием (с середины января). Даже достаточно большой слой снега при этом сроке мало влияет на глубину промерзания почвы; почва здесь про-

Глубина промерзания и оттаивания почвы при различных сроках начала снегозадержания
(по А. Р. и М. Ф. Вернер. 1950). см

1946/47 г.		1947/48 г.			1948/49 г.					
Дата наблюдений	участки			участки			участки			
	I	II	III	I	II	III				
		Дата наблюдений			Дата наблюдений					
10.XII	30	50	15	45	45	0	45	45	25	
6.I	80	40	14	78	78	10	95	95	80	
5.II	120	90	55	140	120	65	145	145	55	
24.IV	165	150	70	150	120	70	160	160	55	
Промерзание										
24.IV	24	24	30	31	30	32	25.IV	20	50	мерзлоты нет
13.V	70	65	мерзлоты нет	45	55	мерзлоты нет	10.V	50	60	
3.VI	120	115		70	100		9.VI	110	125	
20.VI	мерзлоты нет	нет		110	мерзлоты нет		20.VI	115	мерзлоты нет	
				мерзлоты нет						
				16.VI	мерзлоты нет					

мерзает почти так же глубоко, как и без снегозадержания (табл. 38).

Таким образом, чем раньше и мощнее лег на землю снежный покров, тем меньше промерзает почва и тем раньше весной она оттаивает. Защитив почву от мороза снежным покровом, мы уменьшаем влияние мороза на почву и глубину ее промерзания и создаем условия возможно раннего оттаивания ее весной еще до схода снега.

Снегозадержание кулисными растениями имеет большие преимущества не только климато-мелиоративного, но и организационно-хозяйственного характера.

1. Высев кулисных растений устраняет необходимость проведения работ по расстановке снегозадерживающих препятствий в конце осени и в начале зимы, а также перестановке их в течение зимы.

2. До высева кулисных растений возможно производить нормальную вспашку и обработку черного или раннего пара и вести последующий механизированный уход за ним.

3. Затрата семян для посева кулисных растений составляет не более 2—3 кг подсолнечника на гектар, т. е. в четыре раза меньше, чем при весеннем посеве, 1—5 кг сорго, 0,3 кг горчицы. При посеве же смешанных кулис достаточно одного килограмма семян подсолнечника и 0,2 кг семян горчицы на гектар.

4. Затрата труда при летнем посеве кулисных растений вместе с необходимым уходом за ними не превышает 1—1,5 дня на гектар, в то время как при других способах снегозадержания она составляет от 15 до 20 дней на га.

5. Особенно важно то обстоятельство, что при осуществлении летнего посева кулисных растений на парах затраты труда и тягла производятся в наименее напряженный для сельскохозяйственных работ период — между окончанием посева яровых и началом уборки хлебов — во время культивации паров.

6. При этом способе снегозадержания обеспечивается также полное использование всей площади поля под озимые культуры, так как посев их производится поперек рядов кулисных растений.

7. Наконец, что самое важное, посеянные летом кулисные растения начинают с самого начала зимы «автоматически» накапливать снежный покров достаточной высоты, устойчиво регулируя его по годам и равномерно рас-

пределяя по полям. Ветер, который оголяет с наибольшей силой поля зимой, позволяет заблаговременно посеянными летом кулисным растениям увеличивать снежный покров и тем самым изменять в нужном направлении климат почвы.

8. Улучшение климата почвы снегозадержанием при помощи специально высеваемых растений (температурного режима почвы зимой и водного режима весной и летом) оказывает положительный эффект и на урожайность озимых культур, что видно из данных опытов Барнаульской селекционной станции (табл. 39).

Таблица 39

Урожай озимых культур на Барнаульской селекционной станции при снегозадержании

Годы	Озимая рожь, ц/га		Озимая пшеница, ц/га		Прибавка урожая, ц/га	
	пар без кулис	кулисный пар	пар без кулис	кулисный пар	озимая рожь	озимая пшеница
1941	24,7	29,0	10,0	15,0	4,3	5,0
1942	14,2	25,3	1,5	22,5	11,1	21,0
1943	17,5	22,0	1,0	21,7	4,5	20,7
1944	9,2	14,8	1,0	15,0	5,6	14,0
1945	2,9	6,0	0	8,9	3,1	8,9
1946	9,4	17,1	0	6,0	8,0	6,0
1947	12,0	19,5	0	16,5	7,5	16,5

Таблица 40

Влияние ширины межкулисных полос на урожайность озимой пшеницы на Барнаульской селекционной станции

Ширина межкулисных полос, м	Урожай в центнерах на га	
	1942 г.	1943 г.
10,8	8,5	14,8
7,2	16,8	15,4
3,6	22,6	21,4

Регулирование климата почвы снегозадержанием сказывается неодинаково на высоте урожая при различной ширине межкулисных полос (табл. 39).

Значительный эффект от снегозадержания летними посевами кулисных растений отмечается Славгородской и Бийской селекционными станциями Алтайского края, а также Новосибирской селекционной станцией и др.

Урожай озимой ржи по кулисным парам на Славгородской селекционной станции и Славгородском сорто-испытательном участке за последние четыре года составил 15,3 ц/га, а без кулис всего 8,3 ц/га. Озимая пшеница, посеянная по куливному пару, за последние 10 лет да, а на Бийской селекционной станции урожай в 14,6 ц/га, а без кулис — 4,7 ц/га. На Макушинском опытном поле Курганской области за 10 лет (1941—1951) урожай озимой пшеницы по кулисам получен в 21,6 ц/га, а без кулис озимая пшеница из-за суровых условий перезимовки погибала полностью (П. Денисов, М. Калугин, 1954). В 1942/43 г. в ряде свеклосовхозов Алтайского края — Косихинском, Троицком, Алейском, Чистюньковском — на посевах озимых со снегозадержанием при помощи кулисных растений на площади в 1459 га высота снежного покрова в 2—3 раза и урожай озимой ржи на 2,7 ц/га были выше, чем на парах без снегозадержания. В 1951 г. в Косихинском свеклосовхозе (лесостепная зона Алтайского края) урожай озимой ржи на 52 гектарах по кулисным парам составил 16 ц/га, а на парах без кулис всего 8,5 ц.

Повышение урожаев в результате снегозадержания кулисными растениями обусловлено как полной сохранностью озимых культур при перезимовке благодаря созданию оптимального температурного режима почвы, так и значительной влагообеспеченностью озимых растений в весенне-летний период за счет накопленного зимой снега. Как показано было в табл. 45, запасы почвенной влаги на кулисных парах весной в полтора раза в среднем больше, чем на посевах озимых без кулис.

Это подтверждает и опыт колхозов и совхозов. Измерения, проведенные в зиму 1942/43 г. в четырех совхозах Алтайского края, показали, что высота снежного покрова на посевах озимых с кулисами в первую половину зимы составила 20 см, а на посевах без кулис всего 5—10 см, во вторую половину зимы на посевах с кулисами 40—60 см,

а без кулис 20 см. В 14 колхозах Ключевского района того же края, проводивших снегозадержание кулисами подсолнечника, слой снега в марте 1943 г. составил от 30 до 50 см, а на полях без кулис всего от 5 до 20 см.

Повышение урожаев озимой ржи по парам с кулисами из подсолнечника и горчицы имеет место во многих сорто-



Рис. 29. Вид летних кулис для снегозадержания в колхозах Ново-Анненского района Сталинградской области (по П. Н. Сергееву)

участках и колхозах Павлодарской области (Казахская ССР); в 1953 г. оно составило по 2—3 ц/га.

Снегозадержание кулисными растениями при летнем их высеве получает распространение и в Европейской части СССР. А. И. Носатовский (1951) указывает, что практикующийся в последние годы в колхозах и совхозах Северного Кавказа летний посев кулисных растений на парах при правильном уходе за ними обеспечивает высокий урожай озимых хлебов. В колхозах Ново-Анненского района Сталинградской области в последние годы в широких размерах, на тысячах гектаров, применяется снегозадержание под озимые при помощи кулис подсолнечника

и кукурузы на парах при весеннем и летнем их посеве (рис. 29, 30).

В 1949—1951 гг. в Ново-Анненском районе до 40—50% посевов озимых имели кулисы из кукурузы и подсолнечника. На полях, занятых кулисами кукурузы и подсолнечника, при посеве их в первой половине июля



Рис. 30. Обработка пара с летними кулисами (по П. Н. Сергееву)

хорошо задерживается зимой снег, увеличивается влажность почвы и поэтому урожаи озимых повышаются на 20—30% (П. Н. Сергеев, 1954). В 1951 г. колхозы, обслуживаемые Деминской МТС, собрали озимой пшеницы свыше 20 ц/га, а озимой ржи до 20 ц/га.

В 1951 г. колхозы им. Фрунзе и им. Андреева Ставропольского края получили по 24—27 центнеров зерна, а без кулис 22—25 центнеров. В колхозе «Новая жизнь» Ипатьевского района Ставропольского края в 1951 г. по кулисам был получен урожай в 20,4 центнера зерна, а без кулис 11,8 центнера.

В колхозе им. Молотова Богучарского района Воронежской области в 1951 г. по кулисам получено 32 ц/га озимой пшеницы, а без кулис — 26 ц/га.

Институт земледелия центрально-черноземной полосы им. В. В. Докучаева применяет одно- и двухрядные летние кулисные посевы подсолнечника, которые к зиме достигают 50—100 см высоты. Посев кулисных растений на пару увеличивает здесь накопление снега в полтора раза и повышает урожай озимых культур на 3—4 ц/га. Кулисные пары получают также распространение в колхозах Таловского и Богучарского районов Воронежской области. Урожай озимой пшеницы в 1951 г. в ряде колхозов при посеве ее по кулисным парам был на 6 ц/га выше, чем на посевах без кулис.

Не менее интересные данные приводит А. А. Вербин (1948) об опытах, проведенных им на юге Украины. Озимая пшеница, посеянная по черному пару, дала 17,4 ц/га, а по пару с посевом кулис — 19,4 ц/га.

В 1953 г. в колхозе им. Сталина Снегиревского района Николаевской области по кулисным парам на площади 70 га был получен урожай озимой пшеницы по 22 ц/га, а на чистых парах без кулис всего по 16—17 ц/га.

Летний посев на парах подсолнечника кулисами весьма эффективен и во многих колхозах и совхозах Поволжья. Озимая пшеница на юго-востоке Европейской части Союза хорошо перезимовывает на кулисных парах, в то время как на парах без применения кулис посевы озимых нередко зимой сильно повреждаются. На 2—3 ц/га повышение урожая озимых культур при посеве их по кулисным парам отмечается и в колхозах Ульяновской области.

Опыт Ставропольской селекционной станции показал, что летние посевы кулис подсолнечника весьма эффективны в качестве приема снегозадержания при летних посевах многолетних трав. Б. М. Брик (1951) указывает, что кулисы летом защищают посевы трав от жарких сухих ветров, зимой хорошо задерживают на полях снег. На рис. 31 показан зимний вид участка многолетних трав со снегозадержанием летними кулисами. Под защитой летних кулис растения развиваются быстрее, лучше и дают урожай сена больше, чем на открытых полях. Этот прием, существенно улучшающий условия развития летних посевов многолетних трав и значительно повышающий их урожайность, по рекомендации этой станции начал внедряться в колхозы и совхозы Ставропольского края.

В совхозе «Гигант» Ростовской области летний посев кулисных растений совместно с посевом (в июне) люцерны на семена также дал положительный результат (Ф. Бойко, 1950).

Сосновский зерносовхоз Омской области, начиная с 1947 г., одновременно с летним посевом люцерны высе-

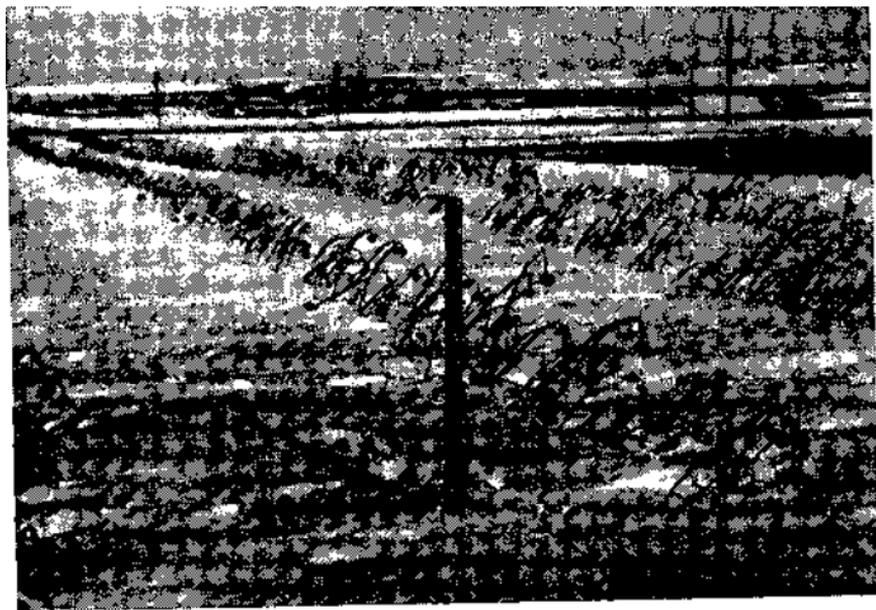


Рис. 31. Участок многолетних трав зимой со снегозадержанием летними кулисами подсолнечника. Ставропольская селекционная станция

вал кулисами подсолнечник, который к концу осени достигал более 100 см высоты. Всходы люцерны к зиме имели высоту в 30—35 см и хорошо зимовали под защитой снежного покрова, создаваемого кулисами подсолнечника. Новый прием снегозадержания на фоне высокой агротехники позволил Сосновскому зерносовхозу с 1949 г. и во все последующие годы получать урожай сена и семян люцерны на летних посевах в два с лишним раза выше, чем на весенних подпокровных, а также на чистых посевах по пару и зяби (П. С. Крутиков, 1952).

В 1951 г. в этом совхозе урожай сена люцерны по пару с кулисами на 500 га получен в сумме за два укоса по 65 ц/га, а без кулис 30 ц/га. Семян люцерны по пару

С кулисами на площади в 380 га собрано по 3,2 ц/га, а без кулис — 1,5 ц/га.

На полях Славгородской селекционной станции в 1945 г. урожай сена житнякаво-люцерновой травосмеси, высеянной с кулисами на площади 50 га, составил 20 ц/га, а на полях без кулис 13 ц/га. На поле люцерны при посеве с кулисами получен урожай семян по 4 ц/га, а без кулис — 1,5 ц/га (П. Денисов, М. Калугин, 1954).

Большое значение имеет снегонакопление под яровые культуры, особенно зерновые хлеба. Наряду с повышением урожайности зерновых культур во всех районах страны огромное значение в увеличении производства зерна имеет освоение новых земель под посевы зерновых культур в юго-восточных и восточных районах СССР. Освоение миллионов гектаров плодородных целинных и залежных земель в районах Сибири, Казахстана, Поволжья, Урала позволяет получать на черноземных и каштановых почвах этих районов страны высокие урожаи зерновых хлебов без больших дополнительных капитальных вложений. Серьезную роль среди других мероприятий по повышению урожайности яровых зерновых хлебов имеет снегонакопление.

В большинстве зерновых районов климатические условия в летний период не во все годы являются достаточно благоприятными. Кроме того, в зоне недостаточного и среднего увлажнения количество атмосферных осадков в период вегетации невелико. Из общего количества осадков в 150—300 мм за год в районах сухих степей выпадает в период активной вегетации хлебов (май, июнь) 50—100 мм; в районах степей из годового количества осадков в 300—400 мм в мае и июне выпадает всего 100—150 мм; в лесостепных районах при общей сумме осадков за год от 400 до 500 мм в период активной вегетации хлебов выпадает 150—200 мм атмосферных осадков.

Большую роль в создании урожая играют зимние осадки. По многолетним данным, зимние атмосферные осадки в виде снега составляют в районах сухих степей в среднем от 50 до 100 мм, в степных районах от 100 до 150 мм и в лесостепных районах от 150 до 200 мм, т. е. примерно такое же количество осадков, какое выпадает в период активной вегетации хлебов.

Так как каждый миллиметр осадков равен 10 тоннам воды на гектар, то запас воды, содержащейся

в снежном покрове, составляет в районах сухих степей от 500 до 1000 т, в районах степей от 1000 до 1500 т и в лесостепных районах — от 1500 до 2000 т воды на гектар.

К тем же результатам можно прийти, если сделать расчеты иным способом. Средняя высота снежного покрова в южных районах составляет от 15 до 30 см, а в северных от 30 до 60 см. При средней плотности снежного покрова к концу зимы в 0,33, запасы влаги в нем составляют от 500 до 1000 т на юге и от 1000 до 2000 т в северных районах.

Таковы средние запасы влаги, находящиеся в лежащем снеге на больших просторах страны. Если же путем снегонакопления увеличить высоту снежного покрова в степных и лесостепных районах на посевах вдвое-втрое, т. е. до 60—100 см, то запасы воды будут равны 2000—3300 т на гектар.

На создание одного центнера сухого вещества урожая зерновых культур в условиях влажного климата требуется от 250 до 350 центнеров воды, а в условиях юга и юго-востока СССР от 450 до 500 центнеров воды. Следовательно, для получения урожая яровой пшеницы в 20 центнеров зерна и 30 центнеров соломы с гектара, т. е. 50 центнеров сухого вещества, растениям необходимо израсходовать в процессе транспирации от 2250 до 2500 тонн воды на гектар. Эти требования растений могут быть удовлетворены за счет влаги в мощном снежном покрове, созданном путем снегонакопления, если вся влага полностью будет впитана почвой, и сохранена от бесполезного испарения весной и летом.

В засушливых районах дополнительное увлажнение почвы за счет снега имеет решающее значение для получения высоких и устойчивых урожаев хлебов. Возможности снегонакопления в этих районах имеются. Зимы характеризуются здесь большими переносами снега при сильных и устойчивых ветрах, что позволяет накапливать большие запасы влаги в виде снежного покрова. Площадь снегосноса во много раз больше площади снегосбора, т. е. вторичного отложения снега. Сохранив выпадающие осадки и накопив снесенные с открытых пространств, можно в среднем удвоить высоту снежного покрова.

Снегонакопление и последующее задержание талых вод, увеличивая запасы почвенной влаги в глубоких слоях почвы, повышают урожай хлебов. Так, по данным

Института зернового хозяйства юго-востока СССР, за 1918—1937 гг. снегонакопление повысило урожай яровой пшеницы на 3,8 ц/га, а подсолнечника—на 5,9 ц/га.

Снегонакопление, кроме того, значительно усиливает действие вносимых удобрений. На Синельниковской опытной станции Института зернового хозяйства УССР урожай пшеницы без снегонакопления и без удобрения был равен 21,1 ц/га (100%), со снегонакоплением, но без удобрения — 25,1 ц/га (119%), без снегонакопления, но с применением фосфорных и калийных удобрений — 29,1 ц/га (138%), а со снегонакоплением и теми же удобрениями — 35,4 ц/га (170%). По данным Института зернового хозяйства юго-востока СССР, одно и то же количество удобрений (50 кг фосфорных, 30 кг калийных и 20 кг азотных) при запасах продуктивной влаги в слое 0—150 см почвы в 95 мм повысило урожай на 1 ц/га при запасе влаги в этом слое в 157 мм — на 3,2 ц/га и при запасах влаги в 261 мм — на 4 ц/га. Следовательно, увеличение водных запасов в почве путем снегонакопления резко повышает эффективность удобрений и урожай хлебов.

Приемы, при помощи которых осуществляется снегонакопление под яровые культуры, следующие:

- 1) расстановка временных преград (переносные щиты, снопики соломы или камыша);
- 2) устройство валов из снега путем снегопахания;
- 3) лесные полосы;
- 4) кулисы из высокостебельных растений.

Расстановка временных преград, главным образом щитов, является весьма трудоемким приемом. Наиболее целесообразны приемы снегонакопления лесными полосами, кулисными растениями и снегопаханием.

Совещание по обработке целинных и залежных земель под посев яровой пшеницы и проса в 1954/55 г. в восточных и юго-восточных районах страны, созванное в начале 1954 г. Всесоюзной академией сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, рекомендовало применять снегопахание, а также широко практиковать летний посев кулис из высокостебельных растений («Сельское хозяйство», № 19 от 23/1 1954 г.).

Одним из механизированных приемов снегонакопления под яровые культуры служит снегопахание. Распашка снега осуществляется специальными снегопахами. Раньше с этой целью применяли специальный плуг —

снегопах, представляющий собой сколоченный из досок клин, который при движении по полю раздвигает своим острым углом снежный покров и образует борозды; последующие снегопады заполняют их снегом. Однако этот плуг крайне несовершенен.

В настоящее время применяют специальные снегопахи — снегособиратели на тракторной тяге. Преимущество их заключается в том, что, двигаясь широкой стороной вперед и пропуская снег в узкое отверстие сзади, они собирают снег в плотные и высокие валы (40—60 см). Плотные снежные валы вскоре затвердевают и не разбиваются ветром. Валы располагают перпендикулярно господствующим в данной местности ветрам, на расстоянии 5—10—15 метров друг от друга, в зависимости от местных условий. Последующие снегопады заполняют пространства между валами снегом, образуя высокий снежный покров.

Снегопахание производят при снежном покрове не менее 10—15 см в мягкую безветреную погоду при липком снеге, когда он поддается уплотнению, и после прохода снегопаха образует плотные валы, способствующие задержанию снега. В морозную погоду, когда снег сухой и рыхлый, пахание не проводят, так как такой снег может быть снесен ветрами.

Достоинством снегопахания является механизированный способ его осуществления. Применяя тракторы «СТЗ—НАТИ» и «ДТ-54» с тремя снегопахами, за день можно обработать от 50 до 80 га.

Снегопах состоит из двух деревянных стенок (бортов) высотой в 75—80 см. В передней части расстояние между стенками составляет 2,5 м, в задней— 80 см. Передние края снегопаха (торцовую часть) срезают вперед под углом в 45° и обивают листовым железом, что позволяет вести работу на плотном снегу. Снизу стенок снегопаха для облегчения хода делают подрезы так же, как и у саней. Таково устройство снегопаха, предложенного Макушинским опытным полем.

Не менее перспективно снегонакопление под яровые культуры летним посевом кулисных растений на парах и зяби. Здесь преследуется цель максимально увеличить запасы почвенной влаги для повышения урожаев яровых культур. Достоинство этого нового приема состоит в том, что он малотрудоемкий и позволяет накопить в наиболь-

шей мере первый выпавший снег, что имеет важное значение, уменьшая глубину промерзания почвы с самого начала зимы. Кулисы из высокостебельных растений так же, как и на озимых посевах, равномерно распределяют снежный покров и увеличивают его высоту. При этом приеме снегонакопления устраняется необходимость работ в зимний период. Посеянные заблаговременно летом высокостебельные растения автоматически накапливают снег большой мощности, устраняя дополнительные затраты горючего и труда.

В засушливых степных районах для получения дружных и быстрых всходов посев летом кулисных растений должен производиться при достаточной влажности верхнего слоя почвы. Нередко при иссушении верхнего слоя почвы в жаркую погоду всходы растений для кулис долго не появляются. Для ускорения появления всходов после обработки пара одновременно с посевом кулисных растений почву прикатывают легким катком, присоединяемым к сеялке.

Срок посева кулисных растений под яровые культуры должен соответствовать местным климатическим условиям и устанавливаться с таким расчетом, чтобы стебли кулисных растений успели окрепнуть и стать устойчивыми к осенним заморозкам.

В последние годы в Западной Сибири начали применять посевы кулисных растений на черных (осенних) и ранних (весенних) парах под яровую пшеницу. Значительное увеличение почвенной влаги за счет снегонакопления обеспечивает резкое увеличение урожайности. Средние урожаи яровой пшеницы на Славгородской селекционной станции и Славгородском сортоиспытательном участке Алтайского края по кулисным парам оказались в последние годы почти вдвое выше, чем на парах без кулис.

В 1949 г. по черному кулисному пару эта станция получила урожай яровой пшеницы в 30 ц/га, а по черному пару, но без кулис, — 20 ц/га. В засушливом 1953 г. по кулисному пару получено 13,7 ц/га, а на парах без кулис только 5,4 ц/га. Это же подтверждает и опыт передовых колхозов и совхозов. Ряд колхозов в Кулундинской степи в том же 1953 г. увеличил урожай яровой пшеницы, в результате применения снегозадержания кулисами, от 6 до 10 ц/га.

В 1951 г. посев яровой пшеницы по кулисному пару в Змеиногорском свеклосовхозе Алтайского края позволил получить урожай в 13,5 ц/га, а без кулис всего 7 ц/га. При внесении удобрений эффективность кулисных паров резко повышается. Так, в 1949 г. в колхозе «Восход» Ключевского района Алтайского края, по раннему кулисному пару, удобренному навозом, урожай яровой пшеницы составил 27,5 ц/га, а на удобренном поле, но без снегонакопления кулисами он был равен всего 12,5 ц/га (П. Денисов, М. Калугин, 1954).

В северных и западных областях Казахской ССР многие опытные сельскохозяйственные научные учреждения изучают и применяют в производственных условиях кулисы подсолнечника, горчицы и других культур для снегонакопления. Шортандинская опытная станция Акмолинской области получила в результате снегонакопления в последние три года урожай яровой пшеницы в 15,8 ц/га, а без снегонакопления всего 8 ц/га. Таким образом, кулисное снегонакопление почти удваивает урожай пшеницы.

В условиях Келлеровского опорного пункта Казахского научно-исследовательского института земледелия (Кокчетавская область) на кулисах накапливается слой снега высотой в 60—70 см. В самый засушливый год колхоз «Заря» получил урожай пшеницы не менее 17 ц/га. Посев подсолнечника кулисами здесь производится при очередной обработке почвы, трехстрочными лентами с расстоянием в 10—12 м. Посев кулисных растений производится в конце июня, начале июля; при этом обязательно одновременно применяется прикатывание, для чего к сеялкам прицепляется средняя секция кольчатого катка.

Весьма эффективно снегонакопление кулисами при посеве яровых культур по пласту трав. Урожай яровой пшеницы по пласту трав с кулисами на Славгородской селекционной станции получен за три года — 12—15 ц/га, а без кулис — 2,8 ц/га. В Сосновском зерносовхозе Омской области в засушливом 1949 г. получен урожай яровой пшеницы по пласту с кулисами — 20 ц/га, а без кулис — 4—8 ц/га.

Кулисы из высокостебельных растений применяются на полезащитных лесных полосах и в садах в первые годы их жизни, а также на посевах овощных культур. Защитные кулисы из подсолнечника под овощные куль-

туры применялись в колхозах Алтайского края в степной его части и в лесостепи (Западно-Сибирская овощная опытная станция); они повышали урожай овощных культур в 2—3 раза. Участки этих культур защищались от сухих ветров с наветренной стороны кулисами с расстоянием их в 10 м друг от друга; после уборки урожая стебли кулис оставляются на поле для задержания снега и накопления влаги в почве.

Мероприятия по снегозадержанию и снегонакоплению должны быть дополнены приемами по задержанию талых снеговых вод. Мощный снежный покров содействует лучшему впитыванию талых вод, так как неглубоко промерзшая почва быстрое весной оттаивает. Поэтому все приемы по снегозадержанию и снегонакоплению служат также и для задержания талых вод. Однако в ряде районов на полях с неровным рельефом наблюдается сток талых вод, который достигает иногда 50—60%. Поэтому незадолго перед сходом снега устраивают снежные валы, снежные плотины рядами поперек направления стока воды.

На ровных массивах проводят чересполосное прикапывание снежного покрова. При этом полосы уплотненного снежного покрова чередуются с полосами неуплотненного. На неуплотненных полосах раньше появляются проталины, и они впитывают талые воды, стекающие с соседних полос уплотненного снежного покрова. Некоторый эффект дает также посыпка отдельными полосами темноокрашенных тел — черной земли, золы, перегноя на снежный покров, что содействует более раннему оттаиванию почвы под ними и впитыванию талых вод соседних полос.

В северо-восточных районах Европейской территории СССР во многие годы, а в некоторых центральных районах лишь в отдельные годы регулирование почвенного климата имеет своей целью увеличить охлаждение почвы. В многоснежные зимы, а также в те зимы, когда мощный снежный покров выпадает на талую почву, для предохранения зимующих растений от выпревания, вымокания и повреждении грибными заболеваниями, необходимо защитить растения от излишнего тепла или влаги. В такие зимы температурный режим почвы выше оптимального для перезимовки растений. Нередко под большим снежным покровом температура почвы в верхнем слое почвы —

на глубине узла кущения озимых поднимается до 0° и даже выше.

О целью увеличения охлаждения почвы и создания оптимального температурного режима почвы на глубине узла кущения озимых применяют уплотнение снежного покрова: это позволяет увеличить его теплопроводность. Опыты по уплотнению снежного покрова, проведенные Красноуфимской селекционной станцией в 1946 и 1947 гг., показали эффективность этого мероприятия. Под уплотненным снежным покровом в январе 1946 г. температура почвы составила -9° , в феврале $-7,6^{\circ}$, а под неуплотненным снежным покровом — в январе $-4,2^{\circ}$, в феврале -4° . Таким образом, уплотнение снежного покрова сильно снижает температуру. Опыты 1947 г. дали аналогичные результаты. При этом имело место повышение урожая на 5,5 ц/га.

Замедление таяния снега весной имеет целью предохранить посевы от низкой температуры на поверхности почвы и в верхнем ее слое, а также улучшить впитывание талых вод. Особое значение это имеет в некоторых районах Восточной Сибири. Весной здесь из-за большой сухости воздуха снег испаряется, не давая стока. После исчезновения снежного покрова почва теряет в верхних слоях влагу. Сильные весенние заморозки сковывают почву и повреждают вышедшие из-под снежного покрова всходы. Поэтому весьма важно здесь задержание снеготаяния. Сход большого снежного покрова происходит на 7—10 дней позже, чем на участках без снегонакопления.

В северо-восточных районах Сибири, где распространена вечная мерзлота, медленное таяние слоя снега большой высоты замедляет прогревание почвы весной и значительно сокращает короткий вегетационный период. Поэтому здесь необходимо ускорение схода снежного покрова. Более ранний сход снежного покрова в ряде зим целесообразен и в некоторых районах Европейской части СССР с целью лучшего впитывания талых вод в почву.

Мероприятия по правильному использованию снега в земледелии должны быть строго дифференцированы в зависимости от почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий. При оценке почвенно-климатических условий необходимо учитывать: время выпадения снега и начало сильных морозов, состояние

почвы (талое, мерзлое) перед уходом под снежный покров, влажность почвы к началу зимы, рост снежного покрова, его устойчивость зимой, среднюю и наибольшую высоту, среднюю и минимальную температуру воздуха, минимальную температуру почвы на глубине 3 см зимой, силу и направление ветра, глубину промерзания почвы, сроки схода снега с полей.

В пределах каждого совхоза и колхоза мероприятия по использованию снежного покрова и регулированию почвенного климата зимой должны быть также дифференцированными. Не может быть допущен шаблон в применении тех или иных приемов снегозадержания, снегонакопления и задержания талых вод. Каждое хозяйство должно хорошо знать климатические и почвенные условия своей зоны и района, особенности микроклимата отдельных полей.

Для эффективного регулирования климата почвы зимой необходимо вести систематические наблюдения за высотой снежного покрова на отдельных полях, за температурой почвы, глубиной ее промерзания, влажностью. Ведя такие наблюдения за важнейшими почвенно-климатическими условиями и зная конкретно отношения растений к последним, можно правильно регулировать почвенный климат, используя его в целях повышения урожая наших полей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регулирование климата поверхностных слоев почвы в зимний период дает значительный эффект. Вместо холодного, сухого, резко изменчивого и неоднородного на открытых полях почвенного климата зимой — можно в континентальных районах путем правильного снегозадержания и снегонакопления создать более ровный, однородный умеренно-холодный зимой и более влажный весной климат почвы, благоприятный для земледелия.

Применяемое в сельском хозяйстве снегозадержание может дать значительно больший народнохозяйственный результат при климатологическом его обосновании и использовании более эффективных приемов его осуществления.

Зная особенности почвенного климата как в холодный, так и в теплый период года, можно более обоснованно и планомерно изменять почвенно-климатические условия, необходимые для роста и развития растений, устойчивости их к неблагоприятным явлениям погоды и повышения их урожая.

ЛИТЕРАТУРА

- Б а р а к о в П. Ф. О возможных мерах борьбы с засухой. Одесса, 1892.
- Б л и з н и н Г. Б. Влажность почвы по наблюдениям в Елисаветградской земской метеорологической станции с 1889 по 1893 гг., 1896.
- Б о к у н о в М. А. Агрометеорологические условия сева и перезимовки озимой ржи на юге Приморского края. Труды центр. ин-та прогнозов, вып. 18 (45), 1949.
- Б р и к Б. М. Кулисы на летних посевах многолетних трав, «Селекция и семеноводство», 1931, № 5.
- В е р б и н А. А. Засуха и борьба с нею в степи Украины. Одесса, 1948.
- В е р н е р А. Р. и В е р н е р М. Ф. Температура и влажность почвы при снегозадержании. «Почвоведение», 1950, № 6.
- В о е й к о в А. И. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду и способы исследования. Записки Русского географич. об-ва, 1889, т. XVIII.
- Г а л а х о в Н. Н. Снеговой покров в лесу. «Метеорология и гидрология», 1940, № 3.
- Г а р с к о в а К. И. и С о к о л о в а Н. П. Агрометеорологическая оценка условий перезимовки, роста и развития озимой пшеницы при посеве по стерне и черному пару. Труды Центр. ин-та прогнозов, вып. 18 (45), 1949.
- Г о л у б и н с к и й С. С. Лес тт урожай. Барнаул, 1942.
- Д е н и с о в И. С. Влияние кулис па урожай. Барнаул, 1954.
- Д е н и с о в П., К а л у г и н М. Кулисы — мощное средство повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур. Сб. «Освоение целинных и залежных земель па Алтае», Барнаул, 1954.
- Ж у р а в л е в М. З. Культура озимой пшеницы в Западной Сибири, 1930.
- З а д о н ц е в А. И. Влияние снегозадержания па перезимовку и урожай озимых пшениц. Труды Украинского ин-та зернового хозяйства, вып. 4, Киев, 1936.
- И з м а и л ь с к и й А. А. Сбережение снега в поле. «Метеорологический вестник», 1892.
- К а б а н о в И. Г. Снежные мелиорации. «Социалистич. зерновое хозяйство», Саратов, вып. 6, 1940.

- К а ч и н с к и й Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний период в лесу и на полевых участках. М., 1927.
- К о л о с к о в П. П. Климатические основы сельского хозяйства Амурской губернии. Благовещенск, 1925.
- К о л о с к о в И. П. Почвенная климатология. «Почвоведение», 1940, № 3.
- К о л о с к о в И. П. Агроклиматическое районирование Казахстана. М., 1947.
- К о н д р а т е н к о Ф., К у п е р м а н Ф. и Ш у л ь г и н А. Снегозадержание летними подсолнечниковыми кулисами. «Социалистич. сельское хозяйство», М., 1943, № 7.
- К о с т ы ч е в П. А. Почвы черноземной области России, их происхождение и свойства, 1886.
- К о с т ы ч е в П. А. О борьбе с засухами в черноземной области посредством обработки полей и накопления на них снега. СПб., 1893.
- К р у т и к о в И. С. Летние посевы люцерны в Сибири. «Агробиология», 1952, № 3.
- К у п е р м а н Ф. М. Диагностика состояния озимых посевов в осенне-зимне-весенний период методом картографирования решающих комплексов перезимовки. Труды Украинского ин-та зернового хозяйства, Киев—Полтава, 1936.
- К у п е р м а н Ф. М. Пути получения высоких урожаев озимой пшеницы и ржи в восточных районах края. Алтайский агротехнический съезд, Барнаул, 1948.
- К у п е р м а н Ф. М. Биологические основы культуры пшеницы, ч. 1, М., 1950; ч. 2, М., 1953.
- Л е б е д е в А. Ф. Роль парообразной воды в режиме почвенных и грунтовых вод. Труды по с.-х. метеорологии, вып. XII, СПб., 1913.
- Л ю б о с л а в с к и й Г. А. Влияние поверхностного покрова на температуру и обмен тепла в верхних слоях почвы. СПб., 1909.
- Л я у б е А. Я. О глубине заделки озимой пшеницы и влиянии ее на вымерзание. «Хозяйство», вып. 33, 1912.
- М о с о л о в В. П. Размерзание почвы и использование снеговой воды. «Научно-агротехнический журнал», вып. II, 1925.
- М о с о л о в В. П. Агротехника в борьбе с гибелью озимых культур, Казань, 1938.
- Н е б о л ь с и н С. М. Тепловой режим почвы. Труды Ин-та геофизики, М., 1925.
- П е т у н и н И. М. К вопросу о вымерзании озимых посевов пшеницы и ржи. Труды Центр., ин-та прогнозов, вып. 18 (45), 1949.
- Р и х т е р Г. Д. Снежный покров, его формирование и свойства. М.—Л., 1945.
- Р и х т е р Г. Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. Труды Ин-та географии, вып. X, М.—Л., 1948.
- Р и х т е р Г. Д. Использование снега и снежного покрова в целях борьбы за высокий и устойчивый урожай. Сб. «Роль снежного покрова в земледелии», М., 1953.
- С а п о ж н и к о в а С. А. Микроклимат и местный климат, Л., 1950.
- С е р г е е в П. Н. Ново-Анненский район, М., 1954.

- Т о л ь с к и й А. П. К вопросу о снежном покрове в лесу и на поле. «Метеорологический вестник», вып. 5, 1903.
- Т о п о р к о в С. Г. К биологии озимой пшеницы. «Сельское хозяйство и лесоводство», 1899, № 1—4.
- Т у м а н о в И. И. Физиологические основы зимостойкости растений, М., 1940.
- Н. Ц и ц и н , Д. Г о р ю н о в. Озимые культуры в восточных районах СССР. «Соц. сельское хозяйство», 1942, № 6—7.
- Ч и р и к о в В. и М а л ю г и н А. Ход влажности в подзолистой почве при замерзании и оттаивании. «Научно-агронимический журнал», вып. 1, 1926.
- Ч у д н о в с к и й А. Ф. Физика теплообмена в почве, Л., 1948.
- Ш у л ь г и н А. М. Минимальные температуры почвы на глубине 3 см в осенне-зимне-весенний период. «Метеорология и гидрология», 1938, № 2.
- Ш у л ь г и н А. М. Снегозадержание. Барнаул, 1948.
- Ш у л ь г и н А. М. Мелиорация климата почвы снегозадержанием. Труды Алтайского с.-х. ин-та, вып. 1, Барнаул, 1948.
- Ш у л ь г и н А. М. Регулирование снежного покрова в сельскохозяйственных целях. Сб. «Роль снежного покрова в земледелии», М., 1953.
- Я к у ш к и н И. В. Растениеводство. М.—Л., 1953.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
В в е д е н и е	3
Г л а в а I. Тепловые свойства почвы и снежного покрова . .	7
Г л а в а II. Особенности климата поверхностных слоев почвы.	17
Г л а в а III. Влияние снежного покрова на температуру почвы.	34
Г л а в а IV. Температура почвы и перезимовка озимых культур.	49
Г л а в а V. Регулирование климата почвы снегозадер- жанием.	62
З а к л ю ч е н и е	103
Л и т е р а т у р а	104

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР*

Редактор издательства *Н. И. Володина*
Технический редактор *Г. А. Астафьева*
Корректор *Р. Н. Пагге*

РИСО АН СССР № 5443. Т-06204. Издат. № 653.
Тип. зак. № 1159. Подп. к печ. 24/УШ 1954 г.
Формат бум. 84x1087Л Бум. л. 1,69.
Печ. л. 5,535. Уч.-издат. л. 5,6. Тираж 15 000.

Цена по прейскуранту 1952 г. 1. 70 к.
1-я тип. Изд-ва Академии Наук СССР.
Ленинград, В. О., 9 лин., д. 12.

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
26	1 св.	Таблица	Таблица 8
46	3 св.	(1940 г., снежный покров 40—80 см)	(1940 г., снежный покров 40—80 см)... ... до 17°
73	11 стр	59	53
	6 колонка	177 мм	159 мм
79	16 стр.	59 см	53 см
79	17 стр.		

А. М. Шульгин. Почвенный климат и снегозадержание.