

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ПРОВЕРЕНО  
1961 г.

ПРОВЕРЕНО  
1961 г.

ПРОВЕРЕНО  
1960 г.

# Т Р У Д Ы

## ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ВЫПУСК 17 (79)

*И. А. ГОЛЬЦБЕРГ*

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ЗАМОРОЗКОВ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ В СССР

Под редакцией  
докт. физ.-мат. наук  
М. И. Ю Д И Н А

БИБЛИОТЕКА  
ЛЕНИНГРАДСКОГО  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД • 1949

47157

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
<i>Глава I.</i> Процесс возникновения и типы заморозков . . . . .	5
1. Заморозки адвективные, радиационные и смешанные . . . . .	5
2. Определение заморозков, опасных для растений . . . . .	7
<i>Глава II.</i> Географическое распространение заморозков в СССР . . . . .	11
1. Карты дат заморозков и длительности безморозного периода для ровного открытого места . . . . .	11
2. Изменения во времени наступления заморозков под влиянием местных условий . . . . .	20
3. Зависимость между временем наступления заморозков разной интенсивности . . . . .	25
4. Изменения в интенсивности заморозков под влиянием местных условий . . . . .	31
<i>Глава III.</i> Зависимость между средней суточной амплитудой температуры и временем наступления заморозков . . . . .	36
1. Географическое распределение средней температуры средней даты заморозков . . . . .	36
2. Длительность заморозков . . . . .	41
3. Изменение средней температуры средней даты заморозка под влиянием местных условий . . . . .	44
<i>Глава IV.</i> Вероятность заморозков . . . . .	46
1. Географическая изменчивость вероятности заморозков . . . . .	46
2. Изменение вероятности заморозков под влиянием местных условий . . . . .	51
3. Определение вероятности наступления заморозков разной интенсивности . . . . .	52
4. Крайние даты возможного наступления заморозков . . . . .	55
<i>Глава V.</i> Вероятность повреждений заморозками культур разной морозостойкости . . . . .	65
1. Яровая пшеница . . . . .	66
2. Картофель . . . . .	71
3. Плодовые и виноград . . . . .	74
4. Теплолюбивые, неустойчивые к заморозкам полевые и огородные культуры . . . . .	76
5. Субтропические культуры . . . . .	82
<i>Глава VI.</i> Карта опасности заморозков для СССР . . . . .	86
<i>Глава VII.</i> Характеристика погоды во время заморозков по районам . . . . .	89
<i>Глава VIII.</i> Географические особенности в применении методов борьбы с заморозками в СССР . . . . .	102
1. Дымление . . . . .	102
2. Открытый обогрев . . . . .	107
3. Покрышки . . . . .	107
4. Прочие методы борьбы с заморозками . . . . .	107
5. Климатическая оценка применимости отдельных методов борьбы с заморозками в разных районах СССР . . . . .	108
Литература . . . . .	111

Редактор *М. И. Юдин.*

Техн. ред. *Л. Б. Кононова.*

Сдано в набор 10/V 1949 г. Подписано к печати 4/VIII 1949 г. Изд. № 33. Индекс М-Л-33.  
Тираж 800 экз. Бумага 70 × 105<sup>1/16</sup>. Зн. в 1 печ. л. 60.968. Печ. л. 7. Уч.-изд. л. 10.86.  
Цена 10 руб. М 23535. г. Ленинград. Гидрометеиздат. 1949 г. Зак. 950.

2-я типо-литография Гидрометеиздата. г. Ленинград, Прачечный, 6.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Вредные явления погоды, как засуха, заморозки, гололёд, градобития и т. п., периодически наносят большой ущерб народному хозяйству Советского Союза.

Всестороннее изучение таких явлений даёт возможность разработать систему мероприятий для успешной борьбы с их вредными последствиями. Блестящим примером широкой, плановой борьбы с вредными последствиями засухи является вели-

### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
10 52	Табл. 1 Табл. 24, примечание	Киев   5/V   22/IV   17. знак минус — уменьшение ее	Киев   5/V   18/IV   17, знак минус — уменьшение ее; вероятность заморозка на ровном месте равна 50%.	авт. "

Труды ГГО, вып. 17 (79)

щую местные особенности района.

Детальное агроклиматическое изучение заморозков, дающее географическое распределение этого явления, увязывающее «метеорологический» заморозок с воздействием его на сельскохозяйственные культуры, является необходимым звеном в разрешении этой проблемы. Только таким путем можно обосновать специфику мероприятий по борьбе с заморозками в зависимости от особенностей режима их в разных климатических районах.

Недостаточность приводимых в климатологических справочниках по областям СССР элементарных данных о заморозках в виде средних и крайних дат наступления и прекращения их в воздухе вызвала необходимость разработки дополнительных характеристик этого явления в виде учета заморозков разной интенсивности и вероятности наступления их. Эти новые величины закономерно связаны с приводимыми в климатологических справочниках. Последние, являющиеся основным, доступным широкому кругу практических работников массовым климатологическим материалом, положены, таким образом, в основу всей работы.

Пользуясь полученными в настоящей работе закономерностями в распределении заморозков и климатологическим справочником по району, можно рассчитать ряд необходимых в практике сельскохозяйственного производства величин, характеризующих заморозки как климатологическое явление.

Первая часть книги является, таким образом, чисто климатологическим, но необходимым этапом в разработке проблемы опасных для сельскохозяйственных

культур заморозков, изучению которых посвящена вторая часть книги, дающая оценку территории СССР по опасности заморозков и агроклиматологическое обоснование методов борьбы с ними в разных частях страны.

Работа в основной своей части проведена в отделе прикладной метеорологии Главной геофизической обсерватории. Но значительный раздел ее, связанный с изучением фенологии культурных растений и повреждаемости их заморозками, был проведен автором в отделе сельскохозяйственной метеорологии Всесоюзного института растениеводства на базе имеющихся в этом отделе больших материалов по изучавшемуся вопросу.

За предоставление материалов и ценные советы в процессе работы выражаю искреннюю благодарность доктору сельскохозяйственных наук Г. Т. Селянинову и кандидату сельскохозяйственных наук Ф. Ф. Давитая.

За неизменную поддержку в проведении работы и ценные критические замечания при оформлении ее выражаю искреннюю благодарность доктору физико-математических наук М. И. Юдину.

## ПРОЦЕСС ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ТИПЫ ЗАМОРОЗКОВ

### 1. ЗАМОРОЗКИ АДВЕКТИВНЫЕ, РАДИАЦИОННЫЕ И СМЕШАННЫЕ

Вопросу изучения заморозков и методов борьбы с ними в СССР и в дореволюционной России посвящена обширная литература. Уже в 1857 г. профессор Веселовский [1] выделяет раздел о заморозках в своем капитальном труде „О климате России“, в котором затрагивает проблемы, разрабатывающиеся и в настоящее время. Ввиду скудности материала наблюдений и неправильного представления о физической сущности явления, профессор Веселовский не смог разрешить поставленную перед собой задачу, которая полностью не разрешена и по настоящее время.

Заморозки — нормальное климатическое явление в умеренной зоне для переходных периодов года от зимы к лету и лета к зиме. Они становятся вредными для сельского хозяйства, приносящими в отдельные годы огромный материальный ущерб, лишь в случаях наступления их очень поздно весной или слишком рано осенью.

Проведенные в 1935—1940 гг. исследования процесса возникновения заморозков в разных частях Союза (Каминский [2], Темникова [3] для средней части ЕТС; Нарышкина [4] — Туркетти [5] — для юга ЕТС, Травина [6] — для средней Азии, Шишков [7] — для ДВК) показали, что поздние весенние и ранние осенние заморозки всегда возникают в результате адвекции холодной воздушной массы. Интенсивность заморозка, помимо температуры поступившей воздушной массы, зависит от целого ряда факторов, главным образом от свойств подстилающей поверхности и погодных условий во время заморозка.

Названные работы опровергают сложившееся в метеорологической литературе деление заморозков на два резко различных типа — адвективный и чисто радиационный — и обосновывают выделение трех типов процесса возникновения заморозков.

1. Заморозки адвективные, возникающие в результате проникновения интенсивной волны холода с температурой ниже  $0^{\circ}$ , как правило, наблюдаются в течение нескольких суток подряд в начальный период весны и поздней осенью при общем низком уровне температуры, полной облачности и ветре и вызывают снижение ниже  $0^{\circ}$  не только минимальной, но часто и среднесуточной температуры. Иногда при интенсивной адвекции, сопровождающейся облачностью и ветром, дневные температуры также остаются близкими к  $0^{\circ}$ . При последующем радиационном выстывании такой волны холода возникают значительные заморозки — до  $-8^{\circ}$  —  $-10^{\circ}$  ночью.

2. Радиационные заморозки возникают в тихие, ясные ночи в результате суточного хода температуры, при относительно низких среднесуточных температурах и интенсивном ночном излучении. Уровень среднесуточных температур, при которых наблюдаются заморозки этого типа, различен в разных климатических условиях и резко возрастает от морских климатов к континентальным. Как показали исследования автора, в приморских районах Союза они прекращаются при среднесуточных температурах порядка  $5-6^{\circ}$ , в континентальной части (Северный Казахстан, Средняя Азия, Забайкалье) — только при  $12-13^{\circ}$  и в долинных условиях континентального климата — при среднесуточной температуре  $14-15^{\circ}$ .

Микроклиматические различия интенсивности заморозка при этом типе выражены очень резко, в отличие от чисто адвективных заморозков, при которых

интенсивное поступление холодного воздуха со стороны, по крайней мере в первую фазу холодной волны, значительно сглаживает микроклиматические различия и в отдельных случаях ведет к наибольшему снижению температуры на наветренных склонах и вершинах возвышенностей, наиболее подверженных холодному ветру.

3. Наиболее поздние заморозки весной наблюдаются, как правило, после более или менее длительного периода с теплой погодой, при относительно высоких среднесуточных температурах. При этом ночные понижения температуры в результате суточного хода ее уже не приводят к падению минимальной температуры в ясные ночи ниже  $0^{\circ}$ , и заморозки всегда связаны с адвекцией холодных масс воздуха северного происхождения, главным образом арктическо-полярного или континентально-арктического, проникающего к югу в тылу циклона.

При поступлении на континент температура этих масс воздуха выше  $0^{\circ}$  и падает ниже  $0^{\circ}$  только в результате ночного радиационного выхолаживания. Таким образом, в этом случае возникновения заморозка, процессы адвекции и радиации дополняют друг друга, являясь необходимыми компонентами явления. Каждый из этих процессов в отдельности в эти периоды весны и осени не может снизить температуру ниже  $0^{\circ}$  и является недостаточным для возникновения заморозка. Микроклиматические условия в этом случае играют решающую роль. Снижение температуры ниже  $0^{\circ}$  при этом типе заморозка обычно незначительно (порядка  $-2$ ,  $-3^{\circ}$ ) и часто отмечается лишь в припочвенных слоях воздуха при положительной температуре в метеорологической будке.

Летние заморозки на севере Союза и ранние осенние заморозки (главным образом в августе и начале сентября) умеренной зоны относятся также к этому типу. В этом случае ранние, слабые волны холода сменяются периодами довольно длительной теплой погоды.

Термический уровень, на фоне которого проходят эти адвекции, весьма различен в разных частях Союза и резко возрастает в континентальной части его, где заморозки этого типа в отдельных случаях могут наблюдаться после установления среднесуточных температур  $15^{\circ}$  и дневных температур выше  $20^{\circ}$ .

По распределению во времени заморозки первых двух типов смешаны между собой и наблюдаются в начальные фазы весны, после установления среднесуточной температуры  $0^{\circ}$ , и позднюю осень, перед установлением морозов. Заморозки третьего типа, как было указано выше, наблюдаются при довольно высоком уровне среднесуточных температур и поэтому падают на конец весны, лето и раннюю осень, являясь наиболее опасными для сельскохозяйственного производства полярной и умеренной зон.

Продолжительность заморозков всех трех типов также различна.

Наиболее длительными являются заморозки первого типа, чисто адвективные. Прогревание холодной волны и трансформация принесенного воздуха в местный занимает 3—4 дня, причем в начале холодной волны температура может держаться ниже  $0^{\circ}$  в течение суток и более. К концу этого процесса температура ниже  $0^{\circ}$  наблюдается только ночью, постепенно повышаясь от ночи к ночи.

Длительность заморозков второго типа, радиационного (или, точнее, заморозков суточного хода температуры) ограничивается длительностью ночи или немного дольше ее, т. е. порядка 8—12 часов, чаще же только 5—6 часов подряд. Но эти заморозки, обычно называемые „утренниками“, могут наблюдаться при ясной погоде ежедневно, в течение довольно длительного времени.

Третий тип заморозков, адвективно-радиационных, так же как и второй, ограничен ночными часами, причем эти заморозки наблюдаются, главным образом, под утро или с половины ночи, и длятся 3—4 часа, в большинстве случаев в течение одной—двух ночей подряд, сменяясь опять теплой погодой.

В климатологической и агрономической литературе до сих пор нет четкого разграничения понятия „дня с морозом“, „заморозка“, „утренника“, хотя все эти термины употребляются в отношении одного и того же явления.

Как справедливо указывает Е. С. Рубинштейн [8] переход от морозов к заморозкам в умеренной зоне совершается постепенно, и нет четкого критерия для раз-

граничения этих двух понятий. В субтропической зоне зимние морозы, вследствие прохождения их на фоне положительных среднесуточных температур, кратковременности и неустойчивости, могут быть полностью отнесены к категории заморозков.

В климатологических справочниках данные о заморозках представлены в виде средних и крайних дат первого и последнего мороза, т. е. дат последнего весны и первого осенью падения минимальной температуры ниже  $0^{\circ}$  в метеорологической будке на высоте 2 м от поверхности почвы.

Эти морозы всегда наблюдаются на фоне положительных среднесуточных температур, обычно сопровождаются падением температуры ниже  $0^{\circ}$  на поверхности почвы и растений, приходится на активный вегетационный период и, таким образом, могут служить средней характеристикой заморозка. Представляя единственный массовый материал для характеристики заморозков, эти данные по последнему и первому „дню с морозом“ положены в основу всего исследования.

Под заморозком в дальнейшем изложении понимается падение минимальной температуры ниже  $0^{\circ}$  на поверхности почвы и травостоя во время вегетационного периода, на фоне положительных среднесуточных температур. В метеорологической будке во время заморозка в этом понимании минимальная температура может быть как ниже  $0^{\circ}$  (день с морозом), так и несколько выше его, порядка  $+2$ ,  $+3^{\circ}$  (утренник, день с инеем).

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАМОРОЗКОВ, ОПАСНЫХ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

Степень опасности заморозка для сельскохозяйственных растений весьма различна и зависит от времени наступления, интенсивности и длительности его, а также от состояния самого растения — фазы его развития, культуры, сорта и условий агротехники (густоты стояния, характера удобрений, развития растения). Каждая отдельная культура и часто сорт растения предъявляют определенные требования к термическому режиму периода вегетации. Одной из важных характеристик этого режима является наличие и интенсивность заморозков в течение вегетационного периода.

Вопросу чувствительности растений к низким температурам посвящена очень большая литература, но она трактует преимущественно вопросы зимостойкости озимых и многолетних растений. В отношении же изучения морозостойкости растений к кратковременным понижениям температуры в период активной вегетации их, т. е. к заморозкам, сделано очень мало, хотя явление заморозка существенно отличается от явления зимнего мороза, протекающего в период покоя растения.

Большая работа в направлении определения низких температур, повреждающих сельскохозяйственные культуры в полевых условиях во время заморозков, была выполнена в бывшем Агрогидрометеорологическом институте под руководством профессора Г. Т. Селянинова; на агрометстанциях, проводивших массовые наблюдения над повреждаемостью культур заморозками в разных климатических зонах Союза, а также на полевой станции Академии с.-х. наук им. Тимирязева под руководством В. П. Степанова [9]. Последний критически объединил имеющийся цифровой материал и дал сводку устойчивости 49 сельскохозяйственных культур по отношению к заморозку в разные фазы их развития (всходы, цветение и созревание или молочная спелость), причем температуры повреждений в этой сводке указываются с колебанием в пределах  $1-2^{\circ}$ . Такая малая точность критической температуры повреждений вызывается довольно большой изменчивостью ее под влиянием целого ряда факторов, изменяющих устойчивость растения к действию заморозка в отдельном конкретном случае. Сюда относится общее состояние растения, режим его питания, закалка, условия предшествовавшей погоды, влажность почвы и т. п.

На основании этих наблюдений и исследований В. Н. Степанов выделяет пять основных экологических групп полевых культур по степени устойчивости к заморозкам их вегетативных органов:

„1. Наиболее устойчивые, выносящие кратковременные заморозки до  $-7$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  и более, к числу которых относится ряд растений умеренного пояса: ранние яровые хлеба, зернобобовые и масличные раннего высева, кок-сагыз.

2. Устойчивые к заморозкам, выдерживающие заморозки до  $-5$ ,  $-8^{\circ}\text{C}$ , — корнеплоды, большинство масличных, прядильные раннего высева (лен, конопля).

3. Среднестойкие, выносящие заморозки до  $-3$ ,  $-4^{\circ}\text{C}$ , — соя, могар, канатник и др.

4. Малоустойчивые к заморозкам растения южных широт, к которым могут быть отнесены кукуруза, просо, сорго, картофель и др., способные выносить заморозки до  $-2$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$ .

5. Неустойчивые к заморозкам, всходы которых повреждаются при снижении температуры до  $-0,5$ ,  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Сюда входят наиболее теплолюбивые растения: фасоль, рис, хлопчатник, кунжут, арахис и др., а из растений умеренного пояса — гречиха, отличающаяся высокой чувствительностью к заморозкам“.

Генеративные органы растений значительно более чувствительны к заморозкам и повреждаются уже слабыми, кратковременными заморозками порядка  $0$ ,  $-2^{\circ}\text{C}$ . Гибель цветов большинства растений наблюдается при  $-3$ ,  $-4^{\circ}\text{C}$ , причем нет оснований выделять группы растений по их устойчивости к заморозкам в эту фазу.

С переходом растений в фазу восковой спелости устойчивость созревающих семян к низким температурам резко возрастает, достигая наивысшего выражения при полной спелости.

Изменение чувствительности растений к действию заморозков в разных фазах развития создает большие трудности для климатологической оценки опасности заморозков, необходимой для правильной организации мер борьбы с ними.

Профессор А. А. Каминский [2], изучая действие заморозков на растения в б. Воронежской губернии, приходит к выводу, что заморозки становятся весной опасными для сельскохозяйственных культур только в том случае, когда они наступают после теплого периода длительностью не менее  $8-10$  дней подряд, причем температуры за этот период должны достигать  $10-12^{\circ}\text{C}$ , обеспечивая быстрое развитие растений. Осенью заморозки приносят повреждения тоже только в том случае, когда они прерывают теплую погоду.

На основе этих наблюдений профессор Каминский делит весну и осень соответственно на два периода — ранний весенний и поздний осенний, с почти ежедневными заморозками, не повреждающими растений, и поздний весенний и ранний осенний с отдельными заморозками, после относительно теплой погоды в течение  $8-10$  дней подряд, от которых растения могут пострадать даже при положительной температуре в метеорологической будке. Предлагая такой критерий опасного заморозка, Каминский не указывает, каким образом его следует применять для многолетних средних, ограничиваясь только сообщением, что в пределах бывшей Воронежской губернии опасные заморозки наблюдаются не ежегодно.

Е. П. Нарышкина [4], изучая вредные весенние морозы южной части ЕТС по материалам фактической повреждаемости заморозками сельскохозяйственных культур, приходит к выводу, что: „весной наиболее опасными для сельского хозяйства являются заморозки после наступления первой среднесуточной температуры в  $15^{\circ}$  или, что то же, после наступления устойчивой температуры в  $10^{\circ}$ “.

Г. Т. Селянинов [10], изучавший опасность заморозков для сельскохозяйственных культур на опытной станции Каменная Степь, пишет:

„Как известно, заморозки тем более опасны, чем более энергично вегетируют растения при их появлении. Если заморозку предшествует температура, при которой вегетация ослаблена, или до того, как появились всходы, они почти безвредны. Следовательно, опасными заморозками для данной культуры весной будут те, которые появляются после некоторого периода с температурой выше уровня вегетации данного растения и во всяком случае не менее периода от посева до всходов. Считая последний не менее  $5$  дней для пшеницы и овса и не менее  $10$  дней для подсолнуха, сорго, кукурузы и бахчевых, можно принять, что объективными признаками опасных заморозков следует считать появление их спустя  $5$  дней после



наступления средней суточной температуры  $5^{\circ}$  — для овса и пшеницы, спустя 10 дней после появления средней суточной температуры  $10^{\circ}$  — для подсолнуха и спустя тот же период (10 дней) после средней суточной температуры  $12^{\circ}$  — для кукурузы, сорго и  $15^{\circ}$  — для бахчевых. При этом, так как овес и пшеница, даже во время роста легко переносят понижение температуры до  $-5^{\circ}$ , а подсолнух до  $-3^{\circ}$ , сорго же, кукуруза и бахчевые вовсе не переносят отрицательных температур, то признаком опасности заморозков, кроме времени их наступления, будет также и вышеуказанная их абсолютная величина“.

З. Туркетти [5] считает, что переломным моментом весны в южных районах Союза, после которого заморозки становятся опасными для сельскохозяйственных культур, является зацветание черемухи, устанавливая, таким образом, определенный фитоиндикатор для оценки явления. А. А. Шиголев [63] в статье, появившейся после сдачи в набор настоящей работы, характеризует темп развития растительности весной для Московской области, указывает, что „очень ранние весны отличаются поздним прекращением заморозков, тогда как очень поздние — ранним наступлением безморозного периода“ и считает возможным распространить этот вывод для юга ЕТС.

Наиболее ценной для сельхозпроизводства является установка профессора Селянинова, дающая конкретные указания для оценки опасности заморозка для отдельных культур. Применение его метода приводит к необходимости очень сложной обработки материала и создания системы подсчетов, отправляющихся от разных уровней средних и минимальных температур, причем отдельные принятые комбинации объединяют обычно лишь небольшую группу культур, сходных по температурам начала вегетации и повреждений.

Выводы Е. П. Нарышкиной очень удобны для климатологической обработки и дают хорошие результаты для юга Украины, для которого они и получены. Как указывалось выше, среднее время окончания заморозков в разных условиях климата падает на различные температуры, в связи с чем жесткий термический критерий, одинаковый для территорий, различающихся по характеру и скорости нарастания среднесуточных температур весной, показывает резкое нарастание опасности заморозка при переходе в район с континентальным климатом.

То же относится и к критерию, предложенному З. Туркетти. Сопоставление средних изоант черемухи (*Prunus padus*; рис. 1), составленных П. В. Корчагиным [11, 12], со средними датами заморозков показывает, что соотношение их не остается постоянным на ЕТС, изменяясь от положительной разности в 6—7 дней для Украины, для которой этот критерий морозоопасности был предложен З. Туркетти, до отрицательных величин того же порядка для некоторых частей Сибири (табл. 1), отличающихся большой опасностью заморозков. Закономерное изменение разности

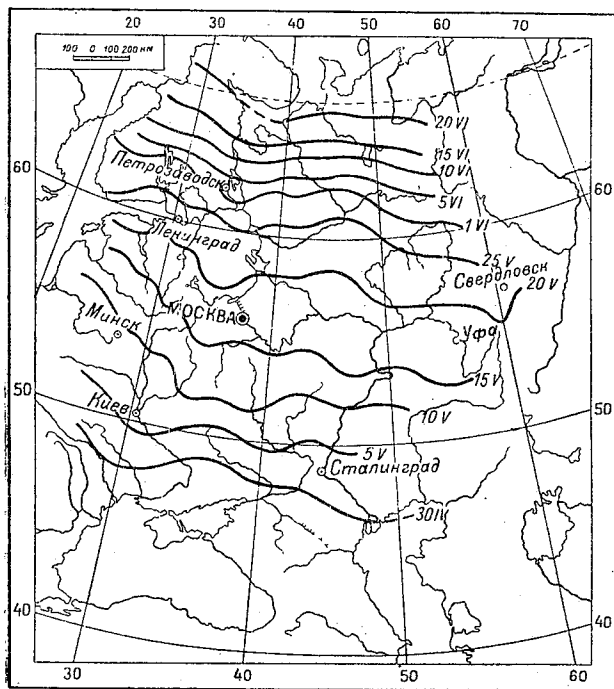


Рис. 1. Карта средних изоант черемухи (по П. В. Корчагину).

по территории Союза дает представление о соответствующем нарастании морозоопасности заморозков.

Таблица 1

Разность в днях между средними датами зацветания черемухи и прекращением заморозков

Название станций	Средняя дата		Разность в днях	Название станций	Средняя дата		Разность в днях
	зацветания черемухи	прекращения заморозков			зацветания черемухи	прекращения заморозков	
Астрахань . . . . .	30/IV	12/IV	18	Кинешма . . . . .	18/V	15/V	3
Умань . . . . .	5/V	29/IV	6	Ярославль . . . . .	17/V	14/V	3
Полтава . . . . .	30/IV	23/IV	7	Псков . . . . .	16/V	13/V	3
Купянск . . . . .	4/V	28/IV	6	Новгород . . . . .	19/V	18/V	1
Харьков . . . . .	3/V	30/IV	3	Орлов-Халтурин . . . . .	23/V	20/V	3
Киев . . . . .	5/V	22/IV	17	Вятка (Киров) . . . . .	18/V	23/V	-5
Богородицкое-Фенино	10/V	3/V	7	Вологда . . . . .	23/V	21/V	2
Севск . . . . .	11/V	2/V	9	Сиверская . . . . .	20/V	16/V	4
Петровка . . . . .	12/V	5/V	7	Ленинград, Лесной . . . . .	23/V	15/V	8
Новозыбков . . . . .	7/V	1/V	6	Шенкурск . . . . .	30/V	28/V	2
Орел . . . . .	13/V	10/V	3	Усть-Цыльма . . . . .	19/VI	8/VI	11
Муратово . . . . .	13/V	10/V	3	Ковно . . . . .	7/V	1/V	6
Лазаревичи . . . . .	10/V	5/V	5	Гродно . . . . .	8/V	1/V	7
Мценск . . . . .	10/V	8/V	2	Варшава . . . . .	4/V	20/IV	14
Атмис . . . . .	13/V	9/V	4	Свердловск . . . . .	21/V	29/V	-8
Скопин . . . . .	13/V	5/V	8	Тюмень . . . . .	20/V	21/V	-1
Тула . . . . .	13/V	8/V	5	Тобольск . . . . .	25/V	25/V	0
Рязань . . . . .	13/V	9/V	4	Омск . . . . .	22/V	27/V	-5
Уфа . . . . .	17/V	6/V	11	Новосибирск . . . . .	28/V	21/V	7
Серпухов . . . . .	16/V	14/V	2	Томск . . . . .	28/V	25/V	3
Итманово . . . . .	17/V	12/V	5	Минусинск . . . . .	20/V	23/V	-3
Казань . . . . .	16/V	12/V	4	Красноярск . . . . .	26/V	22/V	4
Москва . . . . .	15/V	12/V	3	Казачинское . . . . .	1/VI	9/VI	-8
Юрьев (Тарту) . . . . .	16/V	14/V	2	Иркутск . . . . .	24/V	4/VI	-11
Опочка . . . . .	14/V	8/V	6				

Для определения опасности заморозков для ЕТС автором [13] были обработаны данные о повреждениях сельскохозяйственных культур заморозками за период с 1882 по 1902 гг., помещенные в издании „N год в сельскохозяйственном отношении“, в котором сведения о повреждаемости сельскохозяйственных культур заморозками собраны на основании корреспондентских отчетов по отдельным губерниям бывшей царской России. Нанесение на карту этих сведений по отдельным годам и анализ географического распространения повреждений от заморозков и сроков этих повреждений показывают правильность положения синоптиков об адвективном происхождении поздних весенних и ранних осенних заморозков с последующим радиационным выстыванием занесенной воздушной массы.

Как показывают эти данные, наибольшие повреждения, как в отношении охвата территории, так и количества разных поврежденных культур для всей ЕТС, кроме севера ее, приносят заморозки конца мая. Для юга ЕТС и в некоторые годы с ранней теплой весной для средней полосы Союза опасны заморозки начала и середины мая. В Бессарабии, Крыму и на Северном Кавказе опасны заморозки конца марта—начала апреля, повреждающие виноград и рано зацветающие плодовые.

На севере Союза, севернее 60° широты, отметки о повреждении сельскохозяйственных культур заморозками единичны и падают на середину июня. Повреждаются

картофель, яровые зерновые, лен и огородные овощи (главным образом рассада капусты). Как правило, повреждения сельскохозяйственных культур заморозками отмечаются лишь после того, как культуры тронулись в рост, что сопровождается быстрым снижением их морозостойкости. Последнее явление особенно заметно на яровых зерновых, которые при появлении всходов переносят значительные заморозки, до  $-7$ ,  $-8^{\circ}$ , без заметных повреждений, но при колошении и трубковании повреждаются заморозком в  $-3$ — $-4^{\circ}$ , а при цветении в  $-1$ ,  $-2^{\circ}$  (В. Н. Степанов) [9].

Особенно опасными оказываются заморозки в момент цветения и образования завязей, хотя интенсивность их невелика и в некоторых случаях заморозок может быть отмечен только в припочвенных слоях воздуха.

Анализ годового хода интенсивности заморозков показывает, что ослабление их в среднем многолетнем выводе идет строго параллельно с повышением среднесуточной температуры. С увеличением континентальности климата, которая выражается и в увеличении среднесуточных амплитуд температуры, граница заморозков передвигается на более высокие среднесуточные температуры, которые, в свою очередь, сопровождаются более интенсивным развитием растительности и ослаблением ее морозостойкости, т. е. увеличением опасности заморозков. Более подробно этот вопрос будет рассмотрен ниже.

На основе всего изложенного, можно считать, что опасными для сельскохозяйственных растений являются наблюдающиеся после появления всходов культур заморозки определенной интенсивности, разной для отдельных культур и их фаз.

Интенсивность опасного заморозка постепенно понижается от весны к лету, осенью же, наоборот, она повышается. Для особо теплолюбивых растений южного происхождения уровень температуры повреждения не изменяется в течение всего вегетационного периода.

Климатологически под опасными заморозками в умеренной зоне можно понимать заморозки, наблюдающиеся со времени появления всходов сельскохозяйственных культур разных экологических групп, до момента полного прекращения заморозков в начале лета, осенью же — со времени наступления заморозков до прекращения вегетации.

## Глава II

### ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАМОРОЗКОВ В СССР

#### 1. КАРТЫ ДАТ ЗАМОРОЗКОВ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ БЕЗМОРОЗНОГО ПЕРИОДА ДЛЯ РОВНОГО ОТКРЫТОГО МЕСТА

Большое разнообразие во времени возникновения и интенсивности заморозков на малом расстоянии в вертикальном и горизонтальном направлениях представляет большие трудности при картировании этого элемента. В 1925 г. профессор Каминский [2], первый установивший адвективно-радиационное происхождение поздних заморозков, писал: „сам собою напрашивается вопрос, не явится ли обреченной на полную неудачу всякая попытка климатолога уловить связь между проявлениями охлаждения у поверхности земли на данной более или менее обширной территории при чрезвычайном разнообразии условий, оказывающих влияние на степень охлаждения. Трудность задачи усугубляется еще и недостаточностью и несовершенством имеющихся наблюдений. Действительно, много от такой попытки ожидать нельзя, но некоторые зависимости могут быть установлены, а это позволит случаи весенних и осенних заморозков, при разнообразных местных условиях, ввести в систему по определенным признакам“.

За истекшие годы система наблюдений над заморозками на метсети не изменилась. Поэтому замечание Каминского о несовершенстве этих наблюдений остается в силе. Но накопленный большой цифровой материал метсети по датам первого и последнего мороза, обработанный и опубликованный в климатологических справочниках Союза, а также ряд специальных исследований микроклиматического порядка

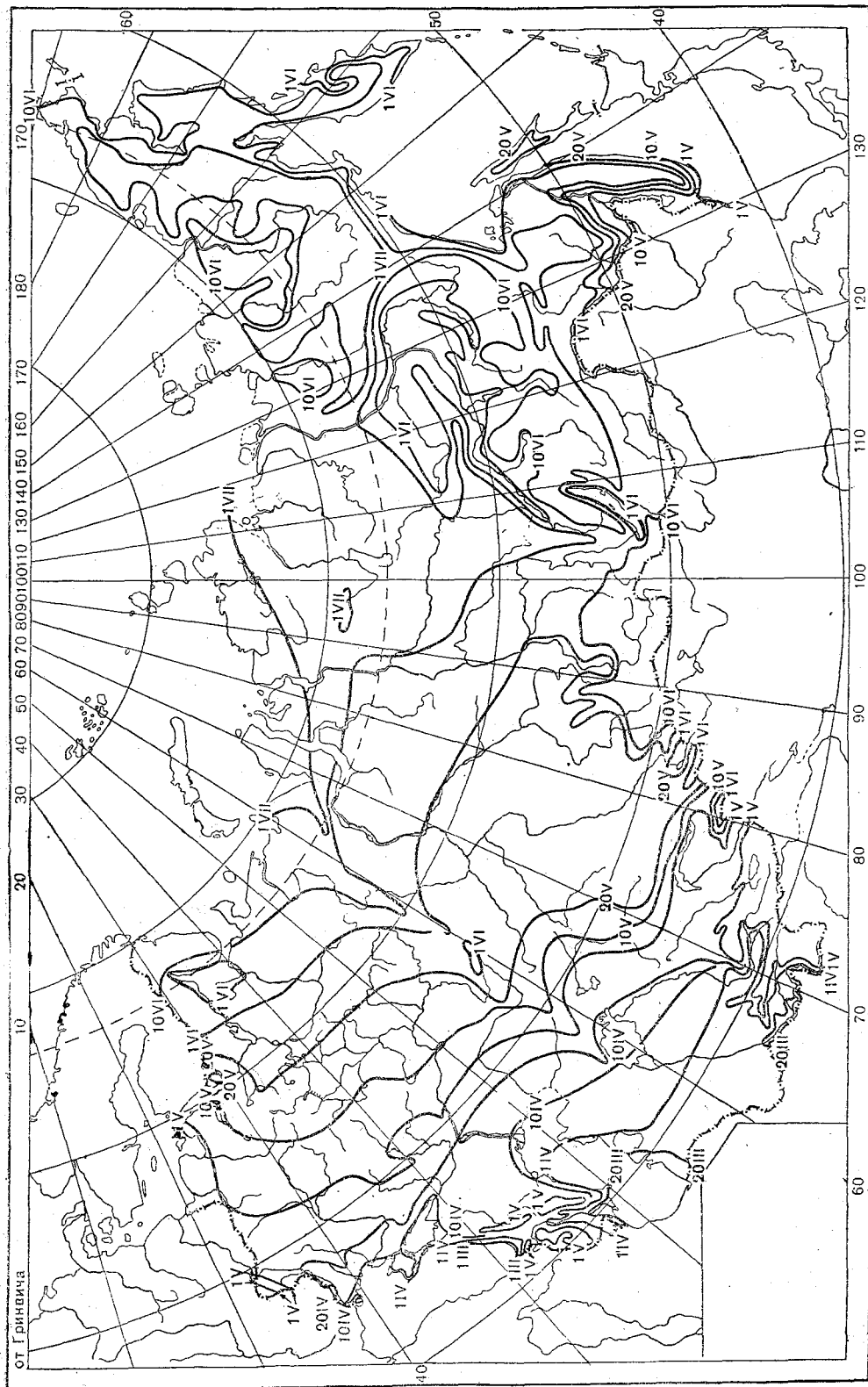


Рис. 2. Средняя дата начала безморозного периода (минимальная температура ниже 0° в метеорологической будке на ровном открытом месте).

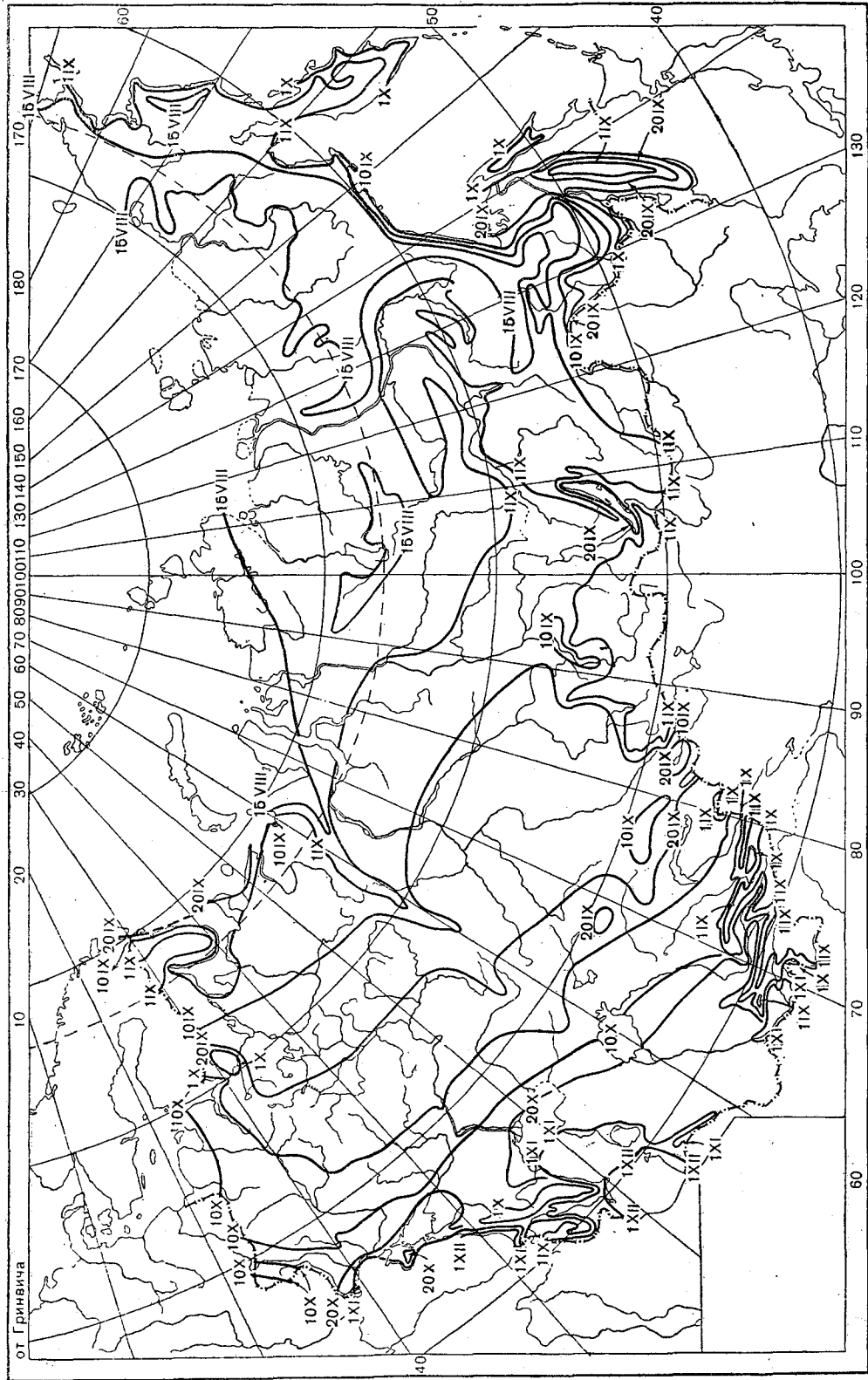


Рис. 3. Средняя дата конца безморозного периода (минимальная температура ниже 0° в метеорологической будке на ровном открытом месте).

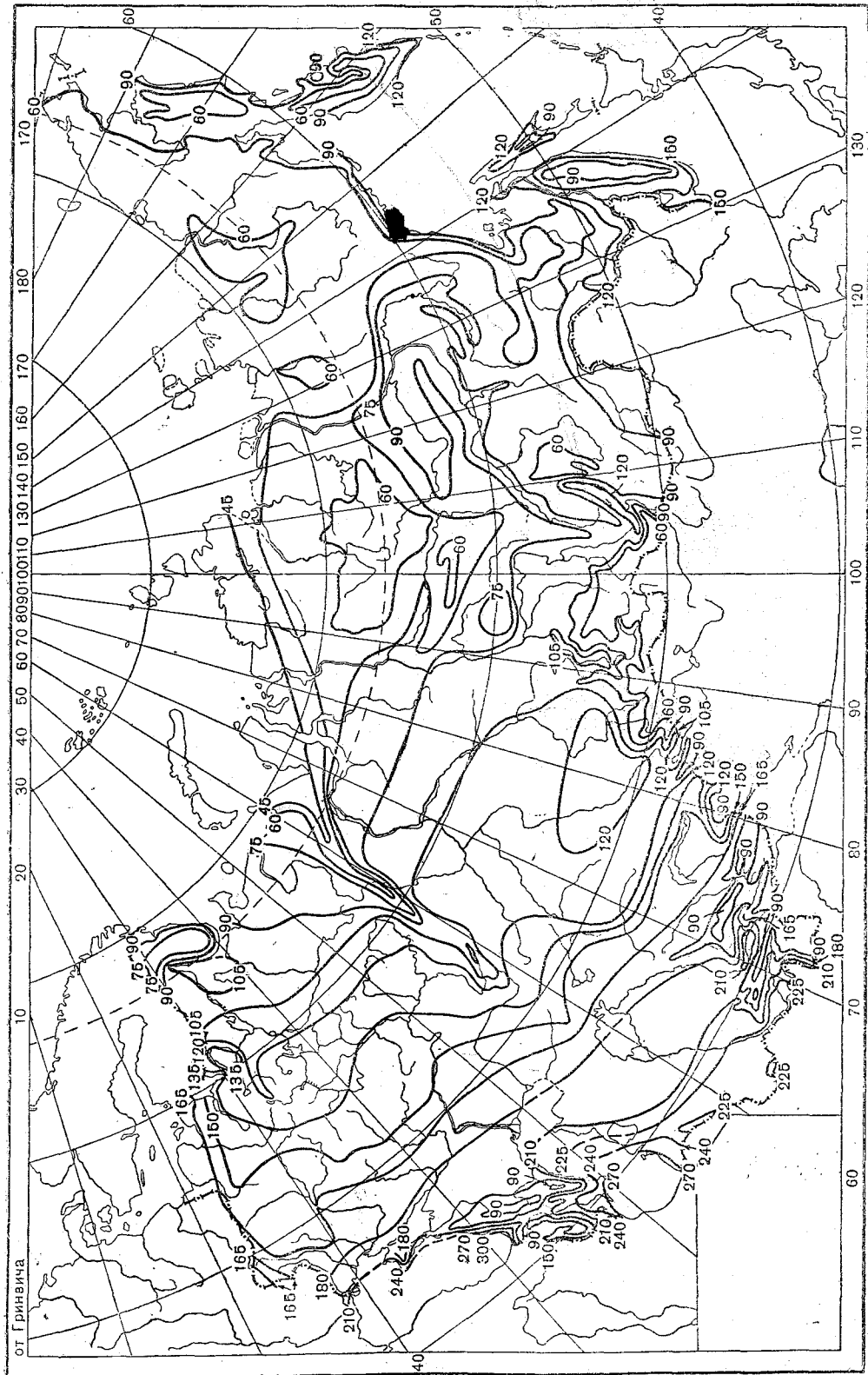


Рис. 4. Средняя длительность безморозного периода в днях (минимальная температура выше 0° в метеорологической будке на ровном открытом месте).

позволяют в настоящее время не только дать схематические карты времени прекращения и начала заморозков по Союзу, но и попытаться наметить некоторые зависимости проявления заморозков в различных условиях рельефа и подстилающей поверхности, дающие возможность использовать эти карты для производственных расчетов в обстановке конкретного места.

Для составления карт средних дат прекращения заморозков весной и начала их осенью, а также карты средней длительности безморозного периода (рис. 2, 3 и 4) были использованы массовые данные по средним датам последнего и первого мороза в метеорологической будке из климатологических справочников Союза, частью уже напечатанных.

Составление карт средних дат заморозков и длительности безморозного периода для обширных равнинных территорий ЕТС и Западной Сибири не представляло больших методических трудностей. Средние многолетние даты соседних станций, расположенных в открытых, ровных местах, достаточно хорошо согласуются между собой. В случае значительных отклонений данных станции от ближайших к ней пунктов, обычно удавалось по паспортам станций установить причины этих отклонений, определить особенности местоположения станций и объяснить влияние этих особенностей на даты заморозков.

Но построение даже схематических карт заморозков для горных районов представляет большие трудности. Станций в этих районах, как правило, мало, особенно в более высоких горизонтах. Они часто расположены в долинах, получить объективные характеристики влияния которых, особенно при редкой сети станций, очень трудно.

Для хребтов, вытянутых по меридиану (Урал, Алтай), вопрос осложняется еще влиянием широты на изменение дат начала и конца заморозков. Кроме того, проведение изолиний в горных районах всегда связано с учетом высоты, которая на картах малого масштаба изображается очень схематично и при печатании климатологических карт на бланковых географических картах дается в виде изгиба изолиний. Снять с такой карты с достаточной точностью соответствующую величину для точки в горных районах практически невозможно. Но изгибы изолиний для горных районов на климатических картах показывать все же необходимо, так как только при наличии их возможно сопоставление любой климатологической величины, вычерченной для реальной поверхности суши, с другими физико-географическими картами (ботаническими, почвенными и т. п.).

Для того чтобы иметь возможность судить о высоте прохождения изолиний в горных районах, были составлены табл. 2—5 изменений средних дат заморозков и длительности безморозного периода с высотой и широтой для основных горных систем Союза, кроме Восточной Сибири и ДВК. Составить аналогичные таблицы для этих территорий с достаточной точностью не представилось возможным вследствие почти полного отсутствия материала по этому району ко времени составления карт.

Для составления таблиц и построения карт дат заморозков в горных странах по описаниям станций отбирались все станции, расположенные вне резко выраженных местных влияний, преимущественно на склонах, а также в широких (свыше 4—5 км в поперечнике) долинах предгорий. Отобранные станции группировались по склонам и высотам, и дальнейшая обработка материала велась общепринятыми в климатологии методами для определения высотного градиента путем подсчета средних дат каждого высотного слоя и графической обработки данных.

Стремление сохранить местные особенности в высотном распределении дат заморозков не позволило применять в таблицах общие высотные и широтные градиенты, чем и определяются довольно значительные колебания градиентов. Особенно значительны эти колебания в Закавказье, на побережье Черного моря, что всецело определяется в этом районе большими различиями климата на малых расстояниях. Изменение длительности безморозного периода с высотой в табл. 2—5 определялось по разности между датами и поэтому вследствие округлений градиенты как высотные, так и широтные не могут идти плавно.

Таблица 2

Изменение средних дат заморозков и длительности безморозного периода  
с высотой и широтой места в Предуралье

Высота, м	Широта, градусы													
	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49
<b>Весна</b>	— — 4/V 31/V	— 6/VI 2/VI 29/V	— 4/VI 31/V 27/V 23/V	6/VI 2/VI 29/V 25/V	4/VI 31/V 27/V 23/V	2/VI 29/V 25/V 21/V	31/V 27/V 23/V 19/V	29/V 25/V 21/V 17/V <sup>1</sup>	27/V 23/V 19/V 15/V	25/V 21/V 17/V 14/V	23/V 19/V 15/V 11/V	21/V 17/V 13/V 9/V	19/V 15/V 11/V 7/V	17/V 13/V 9/V 5/V
<b>Осень</b>	— — 8/IX 12/IX	— 8/IX 10/IX 14/IX	— 10/IX 12/IX 16/IX	8/IX 12/IX 15/IX 18/IX	10/IX 15/IX 17/IX 19/IX	12/IX 16/IX 18/IX 20/IX	15/IX 18/IX 20/IX 22/IX	17/IX 20/IX 21/IX 23/IX	19/IX 21/IX 23/IX 24/IX	21/IX 22/IX 24/IX 25/IX	23/IX 24/IX 25/IX 26/IX	25/IX 25/IX 26/IX 28/IX	27/IX 27/IX 28/IX 29/IX	29/IX 29/IX 30 IX 1/X
<b>Безморозный период</b>	— — 96 104	— 94 101 108	— 99 104 112	94 102 109 116	98 107 113 119	103 110 117 122	107 114 120 126	111 118 123 129	115 121 127 132	119 124 130 134	123 128 133 138	127 131 136 142	131 135 140 145	135 139 144 149



Изменение средних дат заморозков и длительности безморозного периода с высотой и широтой места в Зауралье

Высота, м	Широта, градусы									
	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49
<b>Весна</b>										
400	—	—	5/VI	1/VI	28/V	24/V	21/V	18/V	15/V	11/V
300	—	5/VI	1/VI	28/V	24/V	20/V	17/V	14/V	11/V	8/V
200	5/VI	1/VI	28/V	24/V	20/V	16/V	13/V	10/V	7/V	4/V
100	1/VI	28/V	24/V	20/V	16/V	12/V	9/V	6/V	3/V	1/V
<b>Осень</b>										
400	—	—	8/IX	10/IX	12/IX	14/IX	16/IX	18/IX	20/IX	22/IX
300	—	7/IX	10/IX	12/IX	15/IX	17/IX	19/IX	21/IX	23/IX	25/IX
200	7/IX	10/IX	12/IX	15/IX	17/IX	19/IX	21/IX	24/IX	26/IX	28/IX
100	10/IX	12/IX	15/IX	18/IX	20/IX	22/IX	25/IX	27/IX	29/IX	2/X
<b>Безморозный период</b>										
400	—	—	95	102	107	113	118	123	128	134
300	—	94	101	107	114	120	125	130	135	140
200	96	102	107	114	120	126	131	137	142	148
100	102	107	114	121	127	133	139	144	149	155

Таблица 4

Изменение средних дат заморозков и длительности безморозного периода с высотой и широтой места на северных отрогах Алтая (Кузнецкий и Салаирский хребты)

Высота, м	Широта, градусы				
	55	54	53	52	51
<b>Весна</b>					
400	29/V	27/V	24/V	22/V	19/V
300	26/V	23/V	21/V	19/V	17/V
200	23/V	20/V	18/V	16/V	14/V
<b>Осень</b>					
400	12/IX	14/IX	16/IX	18/IX	20/IX
300	14/IX	16/IX	18/IX	20/IX	22/IX
200	16/IX	18/IX	20/IX	22/IX	24/IX
<b>Безморозный период</b>					
400	106	110	114	119	124
300	111	116	120	124	128
200	116	121	124	129	132

Таблица 5

Изменение средних дат заморозков и длительности безморозного периода с высотой

Район	Высота, м									
	300	600	900	1 200	1 500	2 000	2 500	3 000		
<b>Весна</b>										
Черноморское побережье (Западная Грузия)	17/III	7/IV	21/IV	26/IV	3/IV	17/V	17/VI	1/VII		
Северный Кавказ (западная половина)	12/IV	16/IV	10/IV	20/IV	1/V	18/V	—	—		
Закавказье (Восточная Грузия)	20/III	1/IV	—	—	—	—	—	—		
Малый Кавказ (Армения и юг Азербайджана)	20/III	29/III	8/IV	18/IV	28/IV	12/IV	—	—		
Северный склон Тянь-Шаня	—	10/IV	18/IV	25/IV	1/V	6/V	—	—		
Ферганская долина	—	29/III	1/IV	—	—	—	—	—		
Юго-запад Таджикской ССР, под защитой Гиссарского хребта	10/III	16/III	22/III	27/III	4/IV	14/IV	3/V	20/VI		
<b>Осень</b>										
Черноморское побережье (Западная Грузия)	10/XII	20/XI	13/X	9/X	6/X	28/IX	18/IX	5/IX		
Северный Кавказ (западная половина)	20/X	18/X	2/XI	22/X	11/X	25/IX	—	—		
Закавказье (Восточная Грузия)	21/XI	12/XI	—	—	—	—	—	—		
Малый Кавказ (Армения и юг Азербайджана)	25/XI	17/XI	8/XI	29/X	18 X	4/X	—	—		
Северный склон Тянь-Шаня	—	11/X	9/X	8/X	6/X	2/X	—	—		
Ферганская долина	—	26/X	20/X	—	—	—	—	—		
Юго-запад Таджикской ССР, под защитой Гиссарского хребта	25/XI	22/XI	11/XI	6/XI	27/X	19/X	5/X	19/IX		
<b>Безморозный период</b>										
Черноморское побережье (Западная Грузия)	265	226	175	166	156	133	92	65		
Северный Кавказ (западная половина)	190	185	206	185	164	130	—	—		
Закавказье (Восточная Грузия)	245	225	—	—	—	—	—	—		
Малый Кавказ (Армения и юг Азербайджана)	250	233	214	194	173	145	—	—		
Северный склон Тянь-Шаня	—	184	173	165	158	150	—	—		
Ферганская долина	—	210	203	—	—	—	—	—		
Юго-запад Таджикской ССР, под защитой Гиссарского хребта	260	251	234	224	203	188	155	114		

*Вторичный фронт - Малашев*

В среднем, высотный градиент весной колеблется от 2 до 4 дней на 100 м поднятия, а осенью — от 2 до 3 дней. Широтный градиент для Урала и Алтая как весной, так и осенью около двух дней на 1° широты.

Соответственно с этим длительность безморозного периода уменьшается с высотой от 4 до 7 дней на 100 м поднятия и на 4—5 дней при продвижении на 1° широты с юга на север. } 7.1

Изолинии дат заморозков для обширных горных систем и плоскогорий Восточной Сибири и Якутии могли быть проведены только путем расчета дат и длительности безморозного периода с применением указанных выше средних градиентов и с учетом местоположения большинства станций этой части Союза главным образом в широких речных долинах больших сибирских рек.

Для побережья ДВК (Охотское море) указанные широтные градиенты неприменимы, так как влияние географической широты перекрывается влиянием протянувшегося вдоль берега моря.

Среднее время прекращения заморозков весной в воздухе по территории СССР очень изменчиво. Направление изолиний носит, в основном, широтный характер. Они идут параллельно общему нарастанию температуры и продвижению весны с юга на север и характеризуют переломный момент при переходе весны к лету. } 7.1

Самое раннее окончание заморозков наблюдается в прибрежной полосе Черноморского побережья Кавказа, где они прекращаются в последних числах февраля, и где в отдельные, наиболее теплые зимы минимальная температура в метеорологической будке вообще не опускается ниже 0°.

На побережьях южной части Каспийского моря и в юго-западной части Таджикской ССР, под защитой Гиссарского хребта, заморозки в среднем прекращаются к 15—20 марта. По ЕТС среднее время прекращения заморозков в воздухе довольно равномерно продвигается с юга на север от первых чисел апреля — на побережье Черного и Азовского морей до 20—25 июня — в районе Большеземельской тундры.

Широтное распределение изолиний нарушается на западе территории, где под влиянием относительно теплых морских воздушных масс, поступающих с запада и юго-запада, отмечается раннее прекращение заморозков в западных частях БССР, УССР и в Прибалтике.

Смягчающее влияние Балтийского моря отмечается по всему побережью его, а также по берегам Финского залива, где заморозки прекращаются на 6—8 дней раньше, чем вдали от берега. } 2.1

Нарушение в широтном распределении изолиний наблюдается и на Северном Кавказе. Высокий хребет, являясь естественным препятствием для продвижения волн холода, ведет к застою холодных воздушных масс у его подножия, в результате чего заморозки здесь держатся на 7—8 дней дольше, чем на открытых территориях под той же широтой.

В Средней Азии и Западной Сибири изолинии прекращения заморозков в основном также следуют по широтам. Ненормально большой интервал между ними отмечается только между 50 и 60° с. ш. в Западной Сибири. Вызывается он постепенным поднятием рельефа и резким нарастанием континентальности климата с севера на юг. Действуя в одном направлении, эти два фактора приводят к запозданию заморозков в районе Казахстанского мелкосопочника на 8—10 дней по сравнению со своей широтой.

Влияние высоты на изменение дат заморозков весьма значительно, что видно как из табл. 2—5 для горных районов, так и по картам, на которых даже незначительные по высоте возвышенности ЕТС и Западной Сибири выделяются изгибами изолиний.

В Восточной Сибири, ДВК и горных районах страны время прекращения заморозков весной и начало их осенью тесно связано с высотой места над уровнем моря, и конфигурация изолиний следует за изогипсами, за исключением побережий Тихого океана.

Необходимо также отметить очень сильное отепляющее влияние Байкала. Длительность безморозного периода на его берегах достигает 120 дней, а на островах даже 130 дней, тогда как на станциях, находящихся вне его влияния, средний безморозный период не превышает 100 дней. Так как Байкал окружен горами, его влияние не может широко распространяться и охватывает только береговую полосу.

На карте средних дат начала заморозков также отмечается широтное распределение изолиний, следующих за общим снижением температуры с севера к югу. На севере Союза средняя дата начала заморозков 10—15 августа, на Черноморском побережье Кавказа и на берегах южной части Каспийского моря — первые числа декабря. Так же как и на весенней карте, наблюдаются нарушения в широтном распределении дат на западе ЕТС, на Северном Кавказе и в Западной Сибири между 50 и 60° с. ш. и значительное запоздание заморозков по берегам крупных водоемов.

Карты средних дат наступления и прекращения заморозков в воздухе, а также карта длительности безморозного периода показывают географическое распределение этого элемента в макроклиматическом масштабе, как определенную термическую характеристику весенне-осеннего периода. Она определяется общегеографическими факторами и динамикой атмосферы переходных периодов года наряду со средним термическим режимом района, с которым она органически связана, являясь частным случаем в нормальной смене теплых и более холодных масс воздуха, свойственных погоде весны и осени.

Эти карты дают общий фон, средние сроки явления на больших территориях, определяемые макроклиматическими условиями района. Они характеризуют средние условия открытого ровного места — для равнины и положение на склоне, вне влияния инверсии, — для горных стран.

Зная эти средние условия и учитывая основные закономерности изменений в датах заморозков под влиянием местных условий как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, можно, с достаточной для практических целей точностью, определять действительное время начала и конца заморозков для конкретной точки. Построение крупномасштабных карт небольших районов с изображением деталей в распределении заморозков возможно при проведении кратковременных специальных микроклиматических наблюдений, дополняющих и уточняющих приводимые ниже поправки на местные условия для конкретного района.

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ НАСТУПЛЕНИЯ ЗАМОРОЗКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ

Для определения влияния местных условий на изменение дат заморозков были использованы данные климатологических справочников Союза. При разработке этого вопроса были использованы данные всех станций, по которым средние даты последнего и первого мороза отклонялись от средних, снятых с карты для соответствующего района, свыше  $\pm 5$  дней. Эти данные подвергались детальному анализу на основании паспортов станций.

Для всех станций, имевших достаточно четкое описание местоположения, позволявшее судить о местных особенностях в работе станции и в особенности об окружающем ее рельефе, были составлены отклонения в днях их дат от соответствующей средней даты заморозков по району, снятой с карты (рис. 2 и 3) для ровного открытого места. Для горных местностей для этой цели были использованы приведенные выше в табл. 2—5 изменения средних дат заморозков с высотой, рассчитанные на условия склона вне инверсий. Полученный в результате этой обработки цифровой материал по отдельным станциям в основном опубликован в работе автора [13], поэтому здесь приводятся только выводы и некоторые дополнения к вопросу.

Морозоопасность различных форм рельефа определяется условиями стока и подтока охлажденного воздуха из прилегающих мест. По степени морозоопасности С. А. Сапожникова [14] выделяет формы рельефа, приведенные в табл. 6.

Кроме стока и подтока холодного воздуха, на степень морозоопасности вогнутых форм рельефа сильно влияет площадь воздухообора. Чем больше площадь склонов, с которых стекает в долину охлажденный воздух, тем интенсивнее и чаще заморозки в этой долине.

Таблица 6

Морозоопасность различных форм рельефа (по С. А. Сапожниковой)

Формы рельефа	Характер стока охлажденного воздуха	Степень морозоопасности
Вершины и верхние части склонов . . . . .	Отток	Наименьшая
Равнины и плоские вершины . . . . .	Нет	Нормальная
Широкие плоские долины . . . . .	Слабый подток	Средняя
Широкие извилистые долины . . . . .	Подток преобладает над стоком	Большая
Котловины . . . . .	Подток при отсутствии стока	Наибольшая

Таблица 7

Изменение средних дат заморозков в воздухе под влиянием местоположения

Местоположение	Изменение средних дат заморозков <sup>1</sup>		
	весной	осенью	длительность безморозного периода
Вершины и верхние части склонов . . . . .	+10	+10	+20
Долины в холмистой местности с относительной разностью высот бровка — дно от 50 до 100 м . . . . .	-5	-10	-15
Долины в горах. Относительная разность высот бровка — дно свыше 100 м . . . . .	-12	-13	-25
Котловины и замкнутые долины в горах . . . . .	-18	-22	-40
Горные плато . . . . .	-5	-10	-15
Плоские котловины в континентальном климате (степи Казахской ССР) . . . . .	-11	-14	-25
Сырые низины . . . . .	-11	-14	-25
Поляны . . . . .	-11	-14	-25
Острова среди моря . . . . .	+10	+25	+35
Косы на взморье . . . . .	+10	+15	+25
Побережье моря . . . . .	+8	+12	+20
Долины больших рек . . . . .	+5	+10	+15
Города . . . . .	+5	+10	+15

<sup>1</sup> Знак плюс означает увеличение безморозного периода, знак минус — уменьшение его.

Имеющийся в распоряжении автора материал по изменению среднего времени наступления и прекращения заморозков не дает возможности выделить геоморфологические типы долин и провести четкое деление по площадям воздухообора, из-за дефектов в описаниях местоположения станций. Поэтому в табл. 7 все долины разделены на три больших категории:

1. Долины в холмистой местности, к которым отнесены плоские, довольно широкие долины возвышенных районов ЕТС, характеризующиеся относительной разностью высот между дном долины и бровкой порядка 50—100 м, (главным образом, между 50—80 м), с некоторым преобладанием подтока холодного воздуха над стоком его. Площадь воздухообора в долинах этого типа незначительна. В этих условиях длительность безморозного периода уменьшается в среднем на 5 дней весной и на 10 дней осенью, с большими колебаниями по отдельным годам. Отклонения от этих средних для отдельных станций от 3 до 10 дней весной и от 5 до 12 осенью.

2. К горным отнесены долины с относительной разностью высот между бровкой и дном свыше 100 м и с соответствующим увеличением площади воздухообора. В этой группе среднее уменьшение длительности безморозного периода весной 12 дней, осенью 13 дней, а всего 25 дней. Колебание по отдельным долинам для всего периода от 18 до 30 дней. Величины порядка 18—20 дней получены для открытых, хорошо продуваемых долин, по типу приближающихся к долинам в холмистой местности. Наиболее глубокие и закрытые, извилистые долины, приближающиеся по типу рельефа к замкнутым, дают уменьшение длительности безморозного периода по сравнению со склонами на 25—30 дней.

3. Расположение на дне или в нижней части склона котловины или замкнутой долины, с сильным подтоком холодного воздуха и отсутствием или слабым стоком его дает повсеместно уменьшение длительности безморозного периода в воздухе свыше 30 дней (преимущественно от 35 до 50 дней), при средней в 40 дней.

Положительные формы рельефа, вершины с хорошим воздушным дренажем, а также верхние части склонов дают увеличение безморозного периода весной и осенью до 10 дней по сравнению со средними частями склонов.

Таким образом, длительность безморозного периода на одной и той же высоте в горной местности на близком расстоянии; но при разных формах рельефа, может изменяться в пределах до двух месяцев (разность вершина — замкнутая долина или котловина) и в холмистой местности, аналогично, — до 1,5 месяца.

Положение на закрытых горных плато и сырых низинах в равнине также дает уменьшение длительности безморозного периода.

Здесь же следует отметить резкое сокращение безморозного периода в пределах мелкосопочника Казахстана, выделенного в таблице на особое место по географическому положению и своеобразию рельефа. Здесь станции расположены в почти ровной степи, часто возле небольших озер, без каких-либо резко выраженных особенностей рельефа. Повидимому, здесь проявляется влияние мелких неровностей рельефа в виде плоских котловин, характерных для этого района и ведущих при отсутствии стока холодного воздуха к образованию очень интенсивных ночных инверсий в условиях континентального климата Казахстана.

Для характеристики изрезанности рельефа ЕТС использована составленная С. С. Соболевым [15] карта глубин местных базисов эрозии ЕТС, которая в несколько схематизированном виде приводится на рис. 5. В равнинной части Союза, с относительной разностью высот между бровкой и дном долины менее 50 м, влияние мезорельефа на изменение длительности безморозного периода незначительно, порядка 10—12 дней. Полученное для холмистой местности уменьшение длительности безморозного периода в долинах на 15 дней относится к разностям высот от 50 до 100 м и, как видно из рис. 5, имеет широкое распространение в ЕТС, внося соответствующую поправку на использование пониженных частей рельефа под теплолюбивые культуры.

Резкое уменьшение длительности безморозного периода в гористом рельефе ЕТС наблюдается небольшими пятнами (Средневожская и Вольно-Подольская возвышенности) и характерно для долин Кавказа и Урала.

Уменьшением длительности безморозного периода в воздухе по сравнению с открытым ровным местом отличаются не только вогнутые формы рельефа, но также и лесные поляны. На последних, вследствие застоя воздуха, образующаяся под влиянием излучения инверсия температуры очень велика. В результате даже на обширных лесных полянах, с диаметром порядка 0,5—0,8 км и выше, сокращение безморозного периода по сравнению с открытым полем достигает в среднем 20—25 дней.

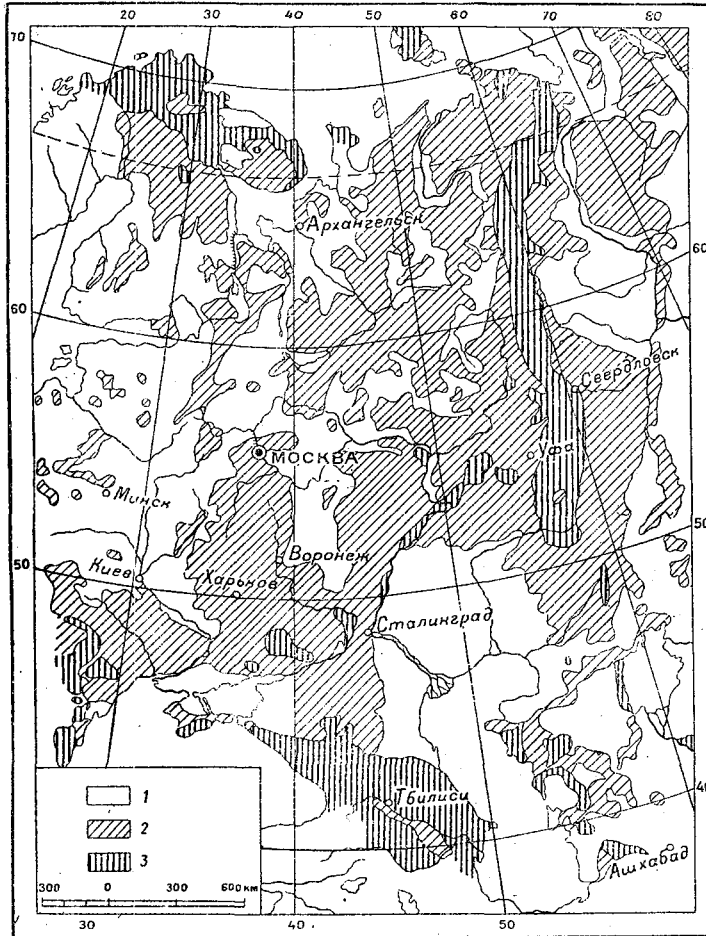


Рис. 5. Схематическая карта географического распределения поправок на уменьшение длительности безморозного периода под влиянием рельефа.

1 — долина местных базисов эрозии: 1 — до 50 м; 2 — от 50 до 150 м; 3 — более 150 м. Уменьшение длительности безморозного периода: 1 — менее 12 дней; 2 — от 12 до 20 дней; 3 — более 20 дней.

Увеличение длительности безморозного периода наблюдается не только в местах с хорошим воздушным дренажем, но и в местах, находящихся под влиянием водоемов, смягчающих ночные минимумы температуры, а также и в городах.

Положение станции на островах среди моря, на косах и побережьях до 0,5—1,0 км от берега дает увеличение безморозного периода от 25 до 35 дней, в зависимости от степени открытости места к морю и расстояния до него.

Но это отепляющее влияние моря в тихие, безветренные ночи или при слабом ветре, т. е. в условиях, характерных для поздних весенних и ранних осенних заморозков с преобладанием радиационного процесса выстывания, простирается недалеко в глубь суши. Оно ограничено местной циркуляцией воздуха, возникающей между относительно теплым морем и холодной сушей, типа бризов, которые в тихие весенние и осенние ночи развиваются слабо, захватывая лишь небольшую полосу в глубь побережья. При этих условиях погоды влияние моря простирается не далее 5—6 км в глубь берега, а крупных озер, например Ладожского, на 3—4 км.

При наличии ветра, дующего перпендикулярно к берегу или под небольшим углом к нему, влияние водоемов простирается значительно дальше от берега (до 12—15 км).

Некоторое увеличение длительности безморозного периода (до +15 дней) отмечается и в долинах больших рек.

Только наиболее старые метустановки были расположены в центре городов, преимущественно около университетов, гимназий и училищ. Как показывает сопоставление довольно многочисленных в настоящее время данных парных станций типа город и аэродром, город и железнодорожная станция, находящихся одна от другой на расстоянии порядка 5—12 км, влияние города даже в этом случае не превышает 15—18 дней в сторону увеличения длительности безморозного периода в воздухе (табл. 8).

Довольно значительное количество „городских“ станций не дает и этого увеличения безморозного периода вследствие того, что современные метстанции, как

Таблица 8

Влияние больших городов на изменение длительности безморозного периода в воздухе

Название станции	Средняя дата заморозков		Длительность безморозного периода	Разность в днях		
	весной	осенью		весной	осенью	всего
Ленинград, порт . . .	1/V	11/X	162	14	16	30
Ленинград, ГГО . . .	3/V	10/X	159			
Ленинград, Лесной . . .	15/V	26/IX	133			
Пушкин . . . . .	18/V	26/IX	130	8	16	24
Москва, Межевой институт . . . . .	6/V	2/X	148			
Собякино . . . . .	14/V	16/IX	124	15	13	28
Москва, Межевой институт . . . . .	6/V	2/X	148			
Турчиново . . . . .	21/V	19/IX	120	9	9	18
Москва, Межевой институт . . . . .	6/V	2/X	148			
Щаповская . . . . .	15/V	23/IX	130	10	12	22
Одесса, Обсерватория . . . . .	7/IV	6/XI	212			
Одесса, университет . . . . .	6/IV	5/XI	213			
Одесса, ин-т генетики	16/IV	24/X	190			

правило, располагаются за чертой города в открытом месте, иногда в нескольких километрах от города, хотя и называются его именем (Молотов, Куйбышев, Новосибирск, Тихвин и т. д.).

Наибольшие изменения длительности безморозного периода в воздухе под влиянием города дают Ленинград (+30 дней), Москва (+23 дня) и Одесса (+22 дня), причем в Ленинграде и Одессе к непосредственному влиянию города прибавляется специфика положения их на берегу моря.



### 3. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ВРЕМЕНЕМ НАСТУПЛЕНИЯ ЗАМОРОЗКОВ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Карты рис. 2, 3 и 4 составлены по данным климатологических справочников Союза для средних дат последнего и первого мороза, т. е. для времени прекращения и начала падения минимальной температуры ниже  $0^{\circ}$  в метбудке и, следовательно, характеризуют только одну определенную интенсивность заморозка.

Но заморозки являются лишь частным случаем ежедневных суточных минимумов температуры, которые уменьшаются параллельно общему нарастанию средней суточной температуры от зимы к лету и следуют за падением ее осенью. В связи с этим интенсивность заморозков постепенно ослабевает от зимы к лету и соответственно нарастает осенью, следуя за годовым ходом средних суточных температур. По годовому ходу интенсивности заморозков в среднем многолетнем выводе можно

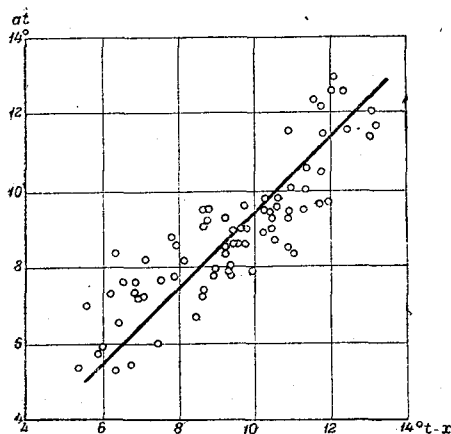


Рис. 6. Зависимость между средней суточной амплитудой температуры и интенсивностью заморозков. Весна.

$at$  — средняя суточная амплитуда температуры воздуха;  $t-x$  — разность между средней суточной температурой воздуха и интенсивностью заморозка в воздухе.

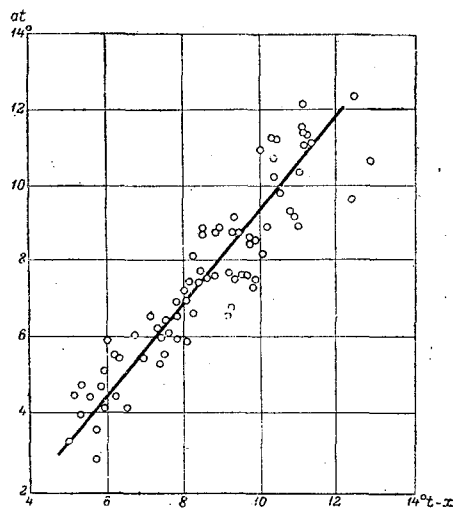


Рис. 7. Зависимость между средней суточной амплитудой температуры и интенсивностью заморозков. Осень.

Условные обозначения см. рис. 6.

определить средние даты заморозков разной интенсивности, подобно тому, как с кривой годового хода температуры снимаются даты перехода средних суточных температур через определенные ее градации.

Соотношение между средней суточной и средней минимальной температурой изменяется в разных климатических условиях, причем разность этих двух величин возрастает в континентальном климате вследствие нарастания среднесуточных амплитуд температуры. Следствием этого является некоторое передвижение кривой интенсивности заморозков в сторону повышения среднесуточных температур в континентальном климате, что видно из табл. 9 и рис. 6 и 7, на которых дана зависимость между средней суточной амплитудой температуры воздуха ( $at$ ) и разность между средней температурой воздуха и интенсивностью заморозков ( $t-x$ ).

Определяя по годовому ходу интенсивности заморозков средние даты перехода их для любой минимальной температуры, можно установить соотношение дат заморозков разной интенсивности с последним и первым днем с морозом и получить, таким образом, возможность определять по данным климатологических справочников и картам рис. 2—4 среднюю длительность периодов без заморозков в воздухе для разных интенсивностей.

Табл. 10, 11 и 12 дают осередненные величины этих зависимостей для всего Союза, полученные на основании материалов 40 станций, для которых по многолетним данным был определен годовой ход интенсивности заморозков.

Таблица 9

Годовой ход средней суточной температуры воздуха (1), средней суточной амплитуды температуры воздуха (2), средней интенсивности заморозков в воздухе (3) и разности средней суточной температуры воздуха и интенсивности заморозков (4) по декадам

	Май			Июнь			Сентябрь			Октябрь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<b>Архангельск</b>												
1	3,0	5,2	7,3	9,5	11,7	14,0	9,5	7,3	5,2	3,0	1,0	-1,0
2	7,2	7,2	7,5	7,8	7,9	8,4	6,6	5,6	4,8	4,5	4,0	3,3
3	-4,0	-1,7	-0,7	0,6	1,8	3,1	2,4	1,1	-0,3	-2,5	-4,3	-6,0
4	7,0	6,9	8,0	8,9	9,9	10,9	7,1	6,2	5,5	5,5	5,3	5,0
<b>Свердловск</b>												
1	7,3	9,9	11,7	13,4	15,2	16,9	11,7	9,0	6,5	4,3	1,2	—
2	9,5	9,7	9,5	9,4	9,4	9,5	8,7	7,8	7,5	6,2	5,2	—
3	-3,8	-2,0	0,0	2,0	—	—	2,0	-0,4	-1,5	-3,3	-5,0	—
4	11,1	11,9	11,7	11,4	—	—	9,7	9,4	8,0	7,6	6,2	—
<b>Томск</b>												
1	6,3	8,4	11,0	13,0	15,3	17,5	12,0	9,2	5,4	3,5	0,6	—
2	8,5	9,3	9,5	9,8	10,3	10,6	11,0	8,9	7,8	7,0	5,9	—
3	-4,5	-2,0	0,5	2,5	—	—	2,0	0,3	-2,0	-4,3	-6,3	—
4	10,8	10,4	10,5	10,5	—	—	10,0	8,9	7,4	7,8	6,9	—
<b>Иркутск</b>												
1	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	10,3	8,0	5,8	—	—	—
2	12,2	12,4	12,7	13,0	12,6	12,1	11,4	11,3	11,3	—	—	—
3	-5,7	-3,5	-2,0	0,0	1,7	—	-0,9	-2,4	-4,3	—	—	—
4	11,7	11,5	12,0	12,0	12,3	—	11,2	10,4	10,1	—	—	—
<b>Чита</b>												
1	5,6	8,0	10,3	12,8	15,2	17,5	10,9	8,4	6,0	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	-5,5	-3,5	-1,0	0,8	3,0	—	0,5	-2,0	-4,8	—	—	—
4	11,1	11,5	11,3	12,0	12,2	—	10,4	10,4	10,8	—	—	—

	Апрель			Май			Сентябрь			Октябрь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<b>Ленинград</b>												
1	0,3	2,6	4,8	7,2	9,4	11,6	12,7	10,7	8,7	6,7	4,7	2,9
2	7,0	7,3	7,6	8,2	8,8	9,2	6,2	5,3	4,7	4,2	3,6	2,8
3	-5,3	-3,6	-2,0	0,1	1,6	—	—	—	2,9	0,8	-1,0	-2,8
4	5,6	6,2	6,8	7,1	7,8	—	—	—	5,8	5,9	5,7	5,7
<b>Москва</b>												
1	0,6	3,4	6,3	9,0	11,8	14,5	12,5	10,1	8,0	5,8	3,7	1,7
2	6,8	7,1	7,9	8,7	9,3	10,1	8,0	7,5	6,8	6,2	5,2	4,4
3	-6,0	-4,4	-3,0	-2,2	-0,9	1,8	—	1,7	0,3	-1,3	-3,4	-5,5
4	6,6	7,8	9,3	11,2	12,7	12,7	—	8,4	7,7	7,1	7,1	7,2
<b>Минск</b>												
1	2,8	5,1	7,6	10,0	12,5	15,0	13,5	11,4	9,5	7,7	5,7	3,6
2	6,7	7,3	8,0	9,0	9,6	10,1	8,8	8,2	7,3	6,6	5,9	5,0
3	-5,6	-3,5	-1,7	0,3	2,0	—	—	3,2	1,5	-0,5	-2,4	-4,5
4	8,4	8,6	9,3	9,7	10,5	—	—	8,2	8,0	8,2	8,1	8,1
<b>Безенчук</b>												
1	—	4,5	7,5	10,8	14,3	17,4	—	12,5	10,0	7,4	4,6	—
2	—	9,2	10,3	10,5	11,7	11,7	—	10,8	9,9	9,0	7,7	—
3	—	-5,7	-2,7	-0,7	1,2	—	—	2,2	-0,5	-2,8	-5,0	—
4	—	10,2	10,2	11,5	13,1	—	—	10,3	10,5	10,2	9,6	8,6
<b>Красноярск</b>												
1	—	—	3,2	5,5	8,4	11,2	12,0	9,0	6,5	3,5	0,9	—
2	—	—	7,8	8,5	9,0	9,5	8,8	7,8	7,0	6,5	5,6	—
3	—	—	-5,7	-3,7	-1,0	1,0	3,5	0,6	-1,5	-4,0	-6,5	—
4	—	—	8,9	9,2	9,4	10,2	8,5	8,4	8,0	7,5	7,4	—
<b>Хабаровск</b>												
1	1,9	2,8	4,0	9,7	11,2	12,6	17,1	13,9	10,9	8,0	4,8	1,6
2	7,9	8,2	8,4	8,6	8,6	8,4	7,8	7,5	7,6	7,6	7,4	7,1
3	—	-4,7	-2,0	-0,2	1,7	—	—	—	2,3	-1,3	-5,0	—
4	—	7,5	6,0	9,9	9,5	—	—	—	8,6	9,3	9,8	—

	Март			Апрель		
	I	II	III	I	II	III
Полтавское опытное поле						
1	—	—	1,6	4,4	7,1	9,7
2	—	—	6,0	7,3	7,7	8,0
3	—	—	-5,8	-2,4	-0,4	0,8
4	—	—	7,4	6,8	7,5	8,9
Поти						
1	—	—	3,8	6,0	8,3	10,5
2	—	—	7,4	8,6	9,5	10,0
3	—	—	-5,4	-3,4	-2,0	-0,4
4	—	—	9,2	9,4	10,3	10,9
Ростов на Дону						
1	—	0,2	3,0	5,5	8,6	11,0
2	—	5,9	6,5	7,6	8,6	9,1
3	—	-5,8	-3,4	-1,0	0,7	2,4
4	—	6,0	6,4	6,5	7,9	8,6
Астрахань						
1	—	—	3,2	6,4	9,3	12,2
2	—	—	8,2	9,5	9,5	9,3
3	—	—	-4,9	-2,3	0,7	—
4	—	—	8,1	8,7	8,6	—
Владивосток						
1	—	—	—	2,6	4,0	6,3
2	—	—	—	5,4	5,7	5,3
3	—	—	—	-4,2	-1,8	0,0
4	—	—	—	6,8	5,8	6,3
Алма-Ата						
1	—	—	—	8,0	10,0	11,7
2	—	—	—	11,4	11,6	11,5
3	—	—	—	-5,0	-2,4	0,0
4	—	—	—	13,0	12,4	11,7
Ташкент						
1	5,5	7,8	10,0	12,3	14,7	16,8
2	8,7	9,3	10,1	10,1	10,6	10,8
3	-5,0	-3,0	-0,9	1,4	3,4	—
4	10,5	10,8	10,9	10,9	11,3	—
Ашхабад						
1	7,4	9,3	11,2	—	—	—
2	8,4	9,0	9,6	—	—	—
3	-1,8	-0,3	1,5	—	—	—
4	9,2	9,6	9,7	—	—	—

Май			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
12,4	14,9	17,3	16,2	14,1	12,0	10,0	7,6	5,7	2,2	—	—
9,0	9,7	9,9	10,7	9,7	9,0	8,6	7,6	6,6	5,5	—	—
2,0	—	—	—	1,7	1,0	0,3	-2,2	-3,4	-4,7	—	—
10,4	—	—	—	12,4	11,0	9,7	9,8	9,1	6,9	—	—
13,1	15,5	—	17,4	15,2	13,2	11,3	9,3	7,2	5,0	—	—
10,4	10,8	—	11,8	10,9	10,0	9,4	8,6	7,7	6,8	—	—
1,5	—	—	—	—	2,7	1,0	-0,5	-2,3	-4,2	—	—
11,6	—	—	—	—	10,5	10,3	9,8	9,5	9,2	—	—
—	—	—	—	—	—	11,2	9,3	6,5	4,2	2,0	-0,3
—	—	—	—	—	—	8,8	8,8	7,5	6,0	6,4	4,7
—	—	—	—	—	—	1,8	0,0	-1,6	-3,6	-5,4	—
—	—	—	—	—	—	9,4	9,3	8,1	7,8	7,4	—
—	—	—	—	—	—	12,5	9,9	7,3	4,5	2,3	-0,3
—	—	—	—	—	—	9,0	8,8	7,7	6,6	6,3	5,8
—	—	—	—	—	—	2,5	1,1	-1,4	-3,3	-5,0	—
—	—	—	—	—	—	10,0	8,8	8,7	7,8	7,3	—
7,3	8,9	10,3	—	—	—	12,3	8,7	5,5	2,3	-1,0	—
5,8	5,8	5,7	—	—	—	6,1	6,1	6,0	5,5	5,2	—
2,0	—	—	—	—	—	—	2,0	-0,5	-4,0	-7,0	—
5,3	—	—	—	—	—	—	6,7	6,0	6,3	6,0	—
13,8	15,7	17,8	—	—	—	10,0	7,6	5,0	—	—	—
11,6	11,8	11,9	—	—	—	15,2	14,4	13,0	—	—	—
3,0	—	—	—	—	—	-0,7	-2,5	-5,0	—	—	—
10,8	—	—	—	—	—	10,7	10,1	10,0	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	12,7	10,7	8,6	6,7	4,9
—	—	—	—	—	—	—	13,2	12,2	11,5	10,4	9,3
—	—	—	—	—	—	—	1,8	-0,4	-2,5	-4,3	-6,0
—	—	—	—	—	—	—	10,9	11,1	11,1	11,0	10,9
—	—	—	—	—	—	19,2	16,2	14,0	11,2	8,6	6,1
—	—	—	—	—	—	3,8	13,3	12,4	11,2	10,3	9,2
—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,1	-1,7	-3,2
—	—	—	—	—	—	—	—	12,5	11,1	10,3	9,3

Таблица 10

Средние даты прекращения заморозков разной интенсивности весной, в зависимости от средней даты прекращения заморозков при минимальной температуре 0° в воздухе для ровного открытого места

Минимальные температуры в воздухе	Средняя дата прекращения минимальной температуры 0° в воздухе										
	11/III	21/III	31/III	10/IV	20/IV	30/IV	10/V	20/V	30/V	9/VI	19/VI
	Средние даты прекращения заморозков разной интенсивности										
+2	22/III	1/IV	11/IV	21/IV	1/V	11/V	21/V	31/V	10/VI	20/VI	30/VI
+1	16/III	26/III	6/IV	15/IV	25/IV	5/V	15/V	25/V	4/VI	14/VI	24/VI
0	11/III	21/III	31/III	10/IV	20/IV	30/IV	10/V	20/V	30/V	9/VI	19/VI
-1	4/III	14/III	24/III	3/IV	14/IV	25/IV	5/V	14/V	26/V	5/VI	15/VI
-2	25/II	7/III	18/III	28/III	8/IV	20/IV	1/V	11/V	22/V	2/VI	12/VI
-3	17/II	1/III	12/III	22/III	2/IV	13/IV	24/IV	5/V	16/V	27/V	8/VI
-4	10/II	21/II	6/III	16/III	26/III	7/IV	18/IV	29/IV	10/V	22/V	3/VI
-5	3/II	15/II	28/II	11/III	22/III	1/IV	12/IV	23/IV	5/V	17/V	29/V

Таблица 11

Средние даты начала заморозков разной интенсивности осенью, в зависимости от средней даты начала заморозков при минимальной температуре 0° в воздухе, для ровного открытого места

Минимальные температуры в воздухе	Средняя дата начала минимальной температуры 0° в воздухе									
	1/IX	10/IX	20/IX	30/IX	10/X	20/X	30/X	9/XI	19/XI	
	Средние даты начала заморозков разной интенсивности									
+2	21/VIII	31/VIII	10/IX	20/IX	30/IX	10/X	20/X	30/X	9/XI	
+1	26/VIII	5/IX	15/IX	25/IX	5/X	15/X	25/X	4/XI	14/XI	
0	1/IX	10/IX	20/IX	30/IX	10/X	20/X	30/X	9/XI	19/XI	
-1	4/IX	14/IX	24/IX	5/X	16/X	27/X	7/XI	18/XI	29/XI	
-2	7/IX	18/IX	29/IX	11/X	22/X	2/XI	14/XI	27/XI	9/XII	
-3	11/IX	21/IX	3/X	15/X	27/X	8/XI	19/XI	2/XII	15/XII	
-4	14/IX	24/IX	7/X	19/X	2/XI	14/XI	24/XI	8/XII	21/XII	
-5	18/IX	29/IX	11/X	24/X	7/XI	19/XI	1/XII	14/XII	27/XII	

Таблица 12

Средняя длительность безморозных периодов разной интенсивности, в зависимости от средней длительности безморозного периода при минимальной температуре 0° в воздухе, для ровного открытого места

Минимальные температуры в воздухе	Средняя длительность безморозного периода 0° в воздухе									
	80	100	120	140	160	180	200	220	240	
	Средняя длительность безморозного периода разной интенсивности									
+2	60	80	100	120	140	160	180	200	220	
+1	70	90	110	130	150	170	190	210	230	
0	80	100	120	140	160	180	200	220	240	
-1	88	110	130	150	170	192	212	232	252	
-2	95	120	140	160	180	205	225	245	265	
-3	105	129	150	170	190	214	236	257	277	
-4	115	138	160	180	200	223	247	268	288	
-5	125	148	170	190	210	232	258	280	300	

Дальнейшая разработка этой методики по отдельным районам Союза дает возможность территориально уточнить эти зависимости. Применение ее на местном материале для Западной Сибири и северо-восточных областей Казахстана (Д. И. Шашко) [16] и для Ленобласти (автором) [17] показало, что для этих, столь различных в отношении климата районов величина поправок существенно не изменяется.

Характерной чертой табл. 10, 11 и 12 является сближение дат заморозков разной интенсивности на севере и увеличение интервала между ними на юге Союза, определяемое особенностями в ходе весенне-осенних процессов и более частыми возвратами холодов на севере.

Табл. 11 и 12 и карты рис. 2 и 3 позволяют определить среднее время начала и конца заморозков в воздухе любой интенсивности на высоте 2 м над поверхностью почвы, в условиях ровного открытого места. Но давно известно, что в ясные тихие ночи поверхность земли, как оголенная, так и покрытая растительным покровом, в силу интенсивного излучения охлаждается значительно ниже температуры воздуха на высоте 2 м над почвой, причем интенсивность этого выстывания определяется свойствами подстилающей поверхности. Изменение этих свойств на близких расстояниях и мелкие неровности рельефа создают ту пестроту в распределении минимальных температур в пространстве, которая наблюдается в припочвенных слоях воздуха в тихие ясные ночи и, как правило, уже не регистрируется на высоте 2 м над почвой.

#### 4. ИЗМЕНЕНИЯ В ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАМОРОЗКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ

По вопросу возникновения ночных инверсий в припочвенном слое воздуха имеется целый ряд исследований, начиная с конца прошлого века, как в русской, так и в иностранной литературе.

Наблюдениями было установлено, что разница температур между поверхностью почвы и высотой в 2—3 м над почвой в условиях, благоприятных для интенсивного охлаждения посредством излучения, может в отдельных случаях превышать  $10^{\circ}$ . В частности, в Западной и особенно в Восточной Сибири наблюдаются случаи сильно повреждающих культуры заморозков, с интенсивностью до  $-5, -7^{\circ}$  на поверхности почвы, при положительной температуре в метбудке [18]. Однако почти нет работ, систематически устанавливающих количественные показатели разности минимальных температур на уровне деятельного слоя травостоя и метбудки. Наблюдения по этому вопросу начались уже в конце прошлого века (Любославский, [19], Хомен [20], Вольни [21] и др.) и продолжают по настоящее время. Серии наблюдений, проведенные различными исследователями, установили большую изменчивость разности минимальных температур поверхности травостоя — воздух в зависимости от состояния травостоя (его высоты и густоты, характера листвы, степени увлажнения и т. п.) и условий погоды, но не дают в настоящее время возможности наметить схему этих разностей, достаточно близкую к условиям в поле, чтобы можно было использовать ее для определения поправок к данным метеорологической будки.

Массовых сетевых наблюдений по этому вопросу не производится.

Для определения средней разности минимальной температуры будка — поверхность оголенной почвы в ночи с заморозками, обозначаемой в дальнейшем  $\Delta t$ , были использованы массовые сетевые наблюдения минимальных термометров в будке и на поверхности почвы за период 1936—1940 гг. Для вычисления  $\Delta t$  отбирались все случаи с заморозками, наблюдавшимися после установления устойчивой среднесуточной температуры выше  $5^{\circ}$ , и полученные значения  $\Delta t$  анализировались по особенностям местоположения станции и условиям погоды [13].

При адвективных заморозках, сопровождаемых ветром и облачностью,  $\Delta t$  уменьшается до десятых долей градуса и в некоторых случаях наблюдается перемена знака на положительный, т. е. при адвективных заморозках ночью минимальная температура воздуха на высоте 2 м над почвой может быть ниже минимальной температуры на поверхности почвы.

Такое же изменение  $\Delta t$  наблюдается и при наличии местной адвекции холодного воздуха, например, в долинах и котловинах, почва которых днем сильно прогревается, и ночью оказывается несколько теплее возникающего подтока охлажденного воздуха из более высоких частей склонов и самой долины. Воздух этого потока оказывается несколько холоднее местного приземного слоя даже в условиях ясных ночей. В ясные заморозочные ночи в долинах и котловинах  $\Delta t$  часто оказывается очень незначительным также в силу того, что слой охлажденного воздуха, притекающего со склонов и верхних частей самой долины, значительно превышает 2 м, и граница слоя инверсии поднимается выше уровня метеорологической будки.

То же явление отмечается на лесных полянах, где слой охлажденного воздуха создается не только на месте, но пополняется стоком с поверхности крон окружающего поляну леса. Наибольшие средние  $\Delta t$  (от 4—5° и несколько выше), наблюдаются в местах с узко местным подпором самого нижнего слоя охлажденного воздуха (до высоты 0,5—1 м), ведущим к застою этого нижнего слоя.

Преобладающее число заморозков проходит при слабом ветре и ясном небе. На открытых ровных местах, с нормальным ночным излучением, средняя  $\Delta t$  колеблется около 2,5—3,0°, без какой-либо ясно выраженной географической изменчивости. Последнее объясняется сходными условиями погоды во время заморозков под разными широтами.

Применяя для исследуемого частного случая  $\Delta t$  при заморозках формулу С. А. Сапожниковой [22] для определения разности температур слоя 20—150 см при инверсии под разными широтами в зависимости от условий погоды, получаем подтверждение приведенного выше вывода:

$$\Delta t_{20-150} = ab \Delta t_{\text{макс } 20-150}.$$

В этой формуле  $a$  — характеризует условия увлажнения поверхности почвы и для  $\Delta t$  при инверсии равняется 1,0;  $b$  — зависит от ветра и облачности и его значение снимается с приводимых в работе С. А. Сапожниковой изоплет;  $\Delta t_{\text{макс } 20-150}$  дано также в виде изоплет в зависимости от широты и времени года.

Производим соответствующие подсчеты  $\Delta t_{20-150}$  для периодов с заморозками (табл. 13).

Таблица 13

Величина  $\Delta t_{20-150}$  для периода с заморозками

	Широта									
	40°		45°		50°		55°		60°	
	дата	$\Delta t_{20-150}$	дата	$\Delta t_{20-150}$	дата	$\Delta t_{20-150}$	дата	$\Delta t_{20-150}$	дата	$\Delta t_{20-150}$
Весной . . . . .	1/IV	0,8	15/IV	0,8	1/V	0,9	15/V	0,8	25/V	0,8
Осенью . . . . .	20/X	0,5	20/X	0,5	5/X	0,5	25/IX	0,5	15/IX	0,4

Как видно из таблицы,  $\Delta t_{20-150}$  остаются неизменными по широте за период с заморозками и отличаются от определенных выше  $\Delta t$  только по абсолютной величине.

Как показали наблюдения автора в Сельцах [17], наибольшая разность температуры поверхность почвы — будка наблюдается через 1,5—2 часа после захода солнца, когда поверхность почвы уже интенсивно излучает, но процесс охлаждения еще не успел захватить значительного слоя воздуха. К утру, ко времени наступления минимальной температуры за ночь,  $\Delta t$  уменьшается за счет охлаждения всего приземного слоя, и после восхода солнца наблюдается изотермия. Поэтому полученные по разности минимальных температур будка — поверхность почвы  $\Delta t$  не характери-



зуют максимальную  $\Delta t$  за ночь. Действительные  $\Delta t$  могут быть несколько больше приведенных и за счет некоторого разрыва во времени наступления минимальных температур в будке и на поверхности почвы.

Максимальные  $\Delta t$  достигают 7—8° по всему Союзу. Повышение  $\Delta t$  в отдельных случаях до 10—11° наблюдается не только в континентальной части Союза, но и во влажных западных частях его, где эти величины связаны с торфяными почвами и неудачным микроклиматическим положением.

Приведенные выше значения  $\Delta t$  показывают порядок этой величины при разных условиях погоды и местоположения и дают возможность оценить среднее значение интенсивности заморозка на поверхности почвы по наблюдениям в будке. Величина  $\Delta t$  не зависит от интенсивности заморозка, что дает возможность пользоваться постоянными поправками на высоту приземного слоя.

Таблица 14

Поправка для определения интенсивности заморозков на поверхности почвы по наблюдениям в метеорологической будке ( $\Delta t$ )

Местоположение	$\Delta t$	
	среднее	максимальное
Нормальная инверсия (ровное открытое место) . . . . .	3°	6—8°
Мощная инверсия (подток холодного воздуха, долины, поляны) . . . . .	1°	3—4°

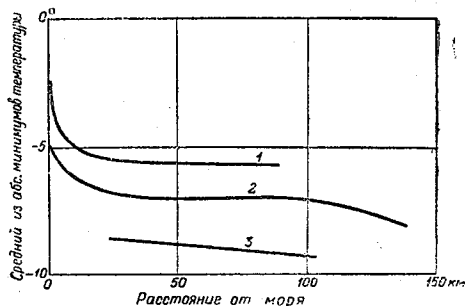


Рис. 8. Изменение средних из абсолютных минимумов температуры по мере удаления от моря для различных типов рельефа (приведено к уровню моря) по С. А. Сапожниковой.

Средний из абсолютных минимумов температур метстанций: 1 — свободных от инверсии; 2 — с нормальной инверсией; 3 — с сильной инверсией

Определение поправок на среднюю интенсивность заморозка в разных условиях мезо- и микроклимата представляет большие трудности как вследствие сложности вопроса, так и почти полного отсутствия материалов специальных наблюдений на частой сети пунктов. Использование же для этой цели способов расчета поправок, примененных к датам заморозков, на редкой сети метстанций, в этом случае не представляется возможным.

Специальные микроклиматические наблюдения, посвященные распределению минимальных температур во время заморозка, очень ограничены.

Детальные микроклиматические исследования, посвященные вопросу распределения среднего из абсолютных минимумов температуры, были проведены Г. Т. Селяниновым [23, 24] и С. А. Сапожниковой [25] в субтропической зоне Западной Грузии.

Подведя итоги этого исследования, С. А. Сапожникова приводит график изменения средних из абсолютных минимальных температур по мере удаления от моря для различных типов рельефа (рис. 8). Для построения этого графика ею были использованы длинные ряды наблюдений 21 метеорологической станции, данные которых для удобства сравнения приведены к уровню моря. Все станции разделены на три группы: нормально-инверсионную, в которую вошли равнины, плоские вершины и V-образные прямые долины; сильно-инверсионную, куда отнесены все прочие долинны станции; с отсутствием инверсии, в которую вошли вершины и верхние части склонов.

Из графика видно, что при удалении от моря на 15—20 км влияние его на величину средних из абсолютных минимальных температур прекращается. Дальше осередненные линии идут плавно и в основном параллельно друг другу, причем места со слабой инверсией (выпуклые формы рельефа) отличаются от долинных положений в среднем на 3°. Местности с нормальной инверсией занимают приблизительно среднее положение.

Этот порядок величин подтверждается и данными микроклиматических съемок, проведенных в том же районе. Эти съемки также показали, что наиболее сильное изменение абсолютного минимума, а следовательно, и среднего из абсолютных минимумов происходит в нижней части профиля долины, до 75 м над дном ее, где при разнице высот в 25 м над дном и при расстоянии между точками около 100 м в тихие, ясные ночи возможны различия минимальной температуры до 2°.

Исследования Г. Т. Селянинова в Западной Грузии [23, 24], Сочинском районе [27] и на Урале [28] показали, что морозоопасность долин определяется их типом.

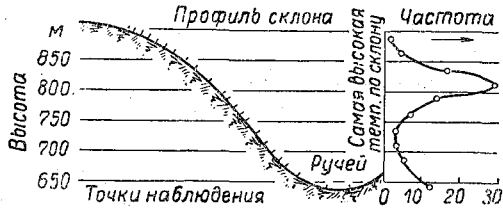


Рис. 9. Распределение минимальных температур по склону (по Гейгеру).

Наименее морозоопасными являются прямые V-образные долины верхней части рек, с хорошим воздушным дренажем. Наиболее морозоопасны глубокие U-образные долины с падением склонов более 10° и с хорошо выраженным дном, шириной менее 300 м, и затрудненным проветриванием. Дно этих долин в среднем на 3—4° холоднее ровного места и середины склонов. Чем шире дно долины, чем ниже и менее круты ограничивающие ее

склоны, тем она менее морозоопасна, приближаясь к условиям нормальной равнины.

Стационарные наблюдения, проведенные на Майкопской опытной станции Всесоюзного института растениеводства Отделом сельскохозяйственной метеорологии в U-образной долине реки Шунтук, с разностью высот бровка—дно долины около 100 м, при ширине дна около 300—400 м, показали разность минимальных температур в ясные, тихие ночи между верхней частью склона и дном долины около 3,5—4,0°.

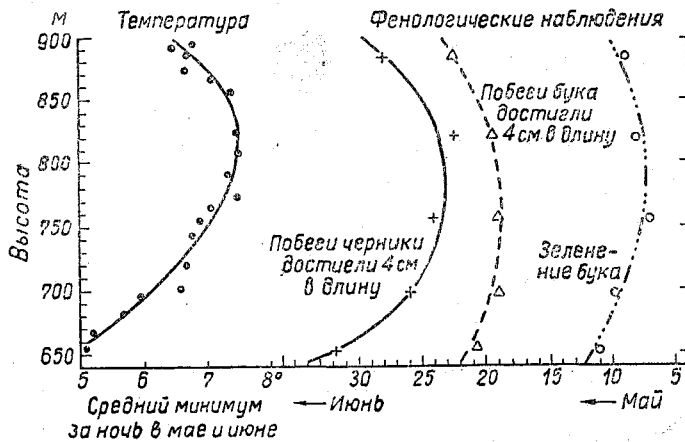


Рис. 10. Влияние распределения минимальных температур по склону на развитие растительности (по Гейгеру).

Серия микроклиматических наблюдений, проведенных Т. В. Покровской под Ленинградом осенью 1932 г. показала, что средние минимальные температур на низине за август и сентябрь были на 1,2° ниже, чем на возвышенности. (Разность высот возвышенность—низина около 20 м).

Наблюдения в холмистом рельефе Ленинградской области, проведенные весной и осенью 1945 г. под руководством автора [17], показали разность минимальных температур долина—холм в ясную, тихую ночь в 3,5—4,0° при разности высот точек наблюдений 40 м и расстоянии между ними около 1 км.

Аналогичные данные получены немецкой Гидрометслужбой, проводившей оценку морозоопасности в области нижнего течения Эльбы.

Гейгер [29] приводит схему распределения минимальных температур по склону, составленную по данным систематических микроклиматических наблюдений на склонах Большого Арбера, при относительной разности высот около 800 м (рис. 9). На рис. 10 показано воздействие этих особенностей в распределении температуры по склону на состояние растительности, весеннее развитие которой ускоряется в пределах теплой зоны склона и значительно замедляется в пределах его холодной зоны, на дне долины и в нижней части склонов.

Влияние экспозиции на морозоопасность склонов во время заморозков проявляется только косвенно. Отмечаются более сильные повреждения от заморозков на восточных и юго-восточных склонах, на которые лучи солнца падают сразу после восхода. В результате быстрого нагрева легко пострадавшие от заморозка растения плохо оправляются, и процент пострадавших растений на этих склонах больше, чем на остальных, хотя сила заморозка не изменяется под влиянием экспозиции.

Как отмечает Ф. Ф. Давитая [30] виноградники на южных склонах в районах с частыми весенними заморозками страдают от них сильнее, чем на западных склонах, вследствие более раннего развития растений на южных склонах, сопровождающегося понижением морозостойкости лоз.

Все указанные выше наблюдения дают довольно устойчивые разности минимальных температур в разных условиях рельефа при ясной, тихой погоде. Ветер и облачность очень быстро сглаживают разности в минимальных температурах, обусловленных рельефом и подстилающей поверхностью, особенно в условиях не глубоких и достаточно широких долин.

Эти же наблюдения показывают, что изучение вопроса путем сопоставления и статистического подсчета только минимальных температур недостаточно; необходимо планомерное изучение физических закономерностей явления с учетом всех основных элементов погоды, в первую очередь влияния скорости и направления ветра на изменение минимальных температур в пространстве.

На основании имеющихся в настоящее время микроклиматических наблюдений, а также материалов метстанций, можно ориентировочно принять средние поправки на изменение интенсивности заморозка под влиянием мезорельефа в умеренной зоне СССР в тихие, ясные ночи, приведенные в табл. 15.

Таблица 15

Изменение интенсивности весенних и осенних заморозков в воздухе под влиянием местоположения в умеренной зоне СССР

Местоположение	Изменение интенсивности заморозка
Вершины и верхние части склонов . . . . .	Около +2°
Долины в холмистой местности . . . . .	-1,5° -2
Долины в горах . . . . .	-2 -3
Котловины . . . . .	-4 -5
Поляны . . . . .	Около -2
Острова и побережья . . . . .	+2° +3
Города . . . . .	+2 +3

Знак плюс в таблице означает более высокую температуру по сравнению с ровным местом, знак минус соответственное понижение ее.

## ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ АМПЛИТУДОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВРЕМЕНЕМ НАСТУПЛЕНИЯ ЗАМОРОЗКОВ

### 1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДНЕЙ ДАТЫ ЗАМОРОЗКОВ

Средние даты заморозков не дают возможности непосредственно по ним судить о периоде весны и осени, на который они падают, не дают представления о сельскохозяйственном значении заморозка [31]. Но как уже было указано выше, падение минимальной температуры ниже  $0^{\circ}$  связано с общим ходом среднесуточных температур и средней суточной амплитудой температуры. Поэтому средние даты заморозков в разных климатических условиях падают на определенные среднесуточные температуры, которые достаточно устойчивы в пространстве.

На рис. 11 и 12 дано географическое распределение средней температуры средней даты заморозка (падение минимальной температуры ниже  $0^{\circ}$  в метеобудке) для ровного открытого места. Эта характеристика показывает сельскохозяйственное значение заморозков, передвижение их на более поздний период весны и ранний осени в континентальных районах страны, т. е. возрастание опасности их для сельскохозяйственных культур по мере перехода от морского климата к континентальному.

Карты рис. 11 и 12 показывают, что в наиболее континентальных районах Союза (Казахстан, Средняя Азия, Забайкалье) средняя температура средней даты заморозка поднимается до  $12-13^{\circ}$  весной и до  $10-11^{\circ}$  осенью на ровном открытом месте.

На морских побережьях и на севере Союза заморозки прекращаются при средних суточных температурах порядка  $5-6^{\circ}$ , причем по мере продвижения вглубь страны средняя температура заморозков быстро нарастает.

Изучение среднесуточной амплитуды температуры весенне-осеннего периода дает возможность наметить термические границы радиационных заморозков, возникающих в результате суточного хода температуры, в разных условиях климата.

Табл. 16 дает среднесуточные амплитуды температуры по ряду станций Союза, вычисленные по ежедневным наблюдениям за 7—12-летний период как разность между температурой воздуха в 13 часов и минимумом за сутки, с разбивкой этой средней месячной амплитуды по облачности на три срока: на дни ясные (облачность менее 10 баллов в сумме по трем срокам), полуясные (от 11 до 23 баллов) и пасмурные (от 24 до 30 баллов).

Чем больше суточная амплитуда температуры, тем более вероятно, что самая низкая точка ее окажется ниже  $0^{\circ}$ , т. е. что будет наблюдаться радиационный заморозок. Табл. 16 показывает, что в наиболее континентальной части Союза (Барнаул, Иркутск, Чита, Нерчинский завод) радиационные заморозки в воздухе весной могут наблюдаться при дневной температуре до  $16-18^{\circ}$  в среднем и до  $19-20^{\circ}$  в отдельных случаях. На приморских станциях (Ленинград, Астрахань, Владивосток) суточная амплитуда в ясные дни не превышает  $9-10^{\circ}$  как весной, так и осенью.

Учитывая поправку на инверсию в приземном слое воздуха, можно считать, что в сухих, континентальных районах Союза легкие радиационные заморозки (за счет суточного хода температуры) возможны при дневной температуре до  $22-23^{\circ}$ , в приморских районах — при дневной температуре до  $11-12^{\circ}$ . Все более поздние заморозки относятся к смешанному адвективно-радиационному типу и сопровождаются снижением температуры до указанных ниже пределов.

Таким образом, растения в начальные фазы своего развития в разных климатических районах оказываются в совершенно разных условиях.

Низкие температуры ночи в континентальных условиях снижают расход ассимилятов на дыхание и способствуют накоплению сахара в растительных тканях, вследствие чего устойчивость растений к низким температурам возрастает. Однако непо-

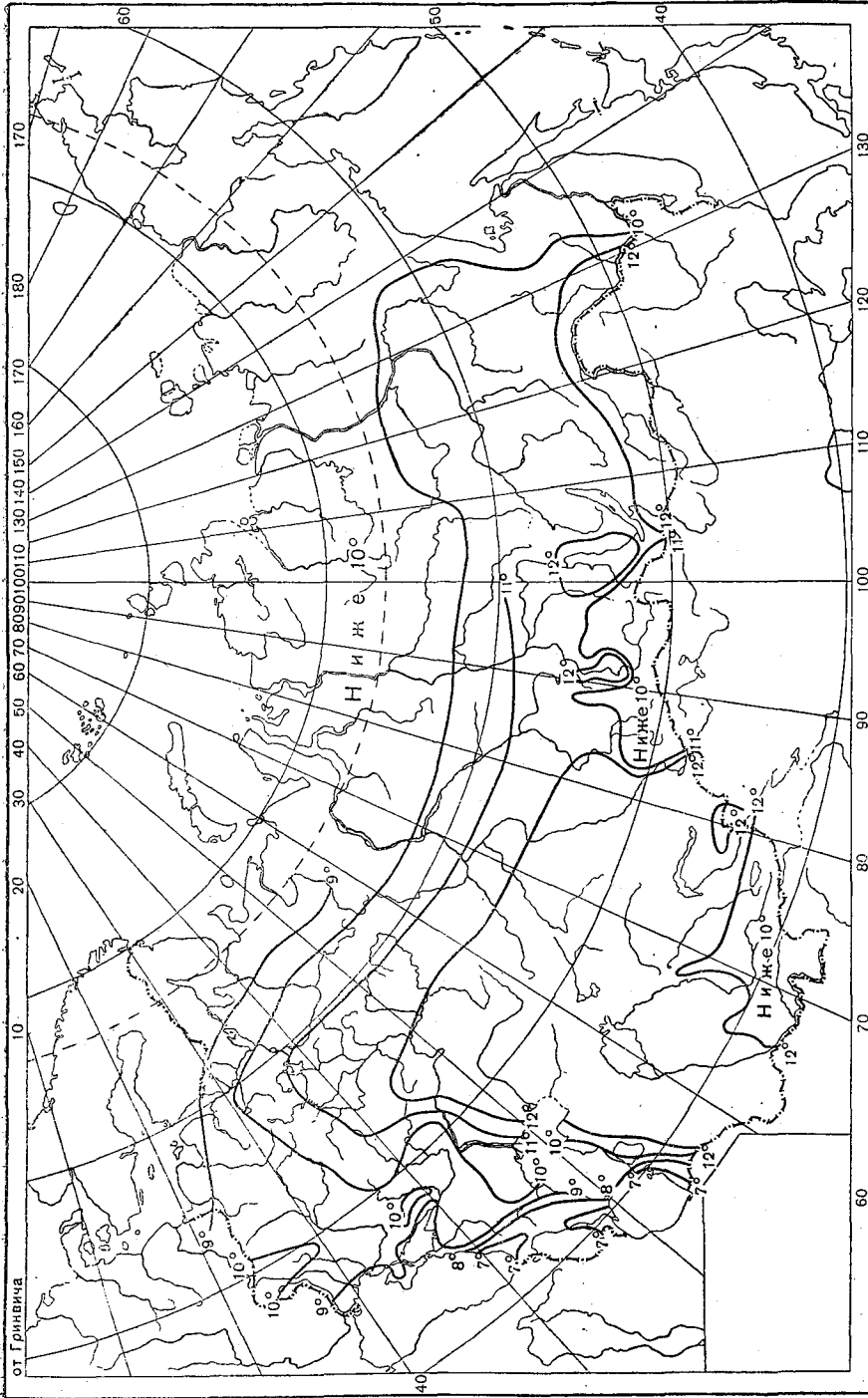


Рис. 11. Средняя температура средней даты последнего заморозка в воздухе.

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха  
(13 час. — минимум)

Название станций	Средняя суточная амплитуда температуры (at)	Облачность						Средняя суточная амплитуда температуры	Облачность					
		Пасмурно		Полуясно		Ясно			Пасмурно		Полуясно		Ясно	
		число дней	at	число дней	at	число дней	at		число дней	at	число дней	at	число дней	at
<b>ВЕСНА</b>														
<b>Март</b>														
Астрахань . . . . .	7,0	13	5,0	9	7,2	9	9,6	8	5,9	9	7,8	13	9,5	
Владивосток . . . . .	9,1	5	6,6	10	7,1	16	11,0	10	4,8	11	7,1	19	8,8	
Ташкент . . . . .	10,1	12	6,5	10	10,3	9	13,2	8	6,8	10	10,1	12	14,0	
Самарканд . . . . .	10,5	8	8,8	15	10,4	8	12,4	4	8,3	12	10,8	14	12,5	
<b>Апрель</b>														
Чкалов . . . . .	8,2	8	5,3	8	8,3	14	9,8	5	7,2	10	11,6	16	13,7	
Поти 1 . . . . .	9,3	10	5,6	12	9,2	8	13,9	7	6,9	14	10,2	10	13,8	
Омск . . . . .	9,3	9	5,3	9	8,4	12	13,6	6	8,5	12	10,8	13	13,5	
<b>Май</b>														
Архангельск . . . . .	6,8	16	6,0	10	7,3	5	10,5	12	5,6	11	8,0	7	10,5	
Ленинград . . . . .	7,3	9	4,8	11	6,8	11	9,8	9	4,9	11	6,4	10	8,4	
Вологда . . . . .	8,7	12	5,7	12	9,5	7	11,9	2	7,1	11	9,2	7	11,6	
Вятка . . . . .	8,7	7	4,9	12	8,9	12	10,8	7	6,7	14	8,7	9	11,1	
Вышний Волочок . . . . .	10,1	15	7,0	11	10,4	5	12,9	13	6,6	12	10,4	5	10,9	
Свердловск . . . . .	10,1	8	5,1	14	10,6	9	13,7	10	5,2	12	9,8	8	12,0	
<b>Июнь</b>														

Канск . . . . .	9,8	12	7,1	14	10,0	5	16,2	13,0	8	9,8	11	11,1	11	14,4
Полбино 2 . . . . .	13,4	6	8,4	9	12,0	16	16,0	13,1	6	8,1	11	12,0	13	14,4
Барнаул . . . . .	12,0	8	8,0	14	11,8	9	15,9	12,1	6	8,3	16	12,0	8	15,7
Иркутск . . . . .	12,2	12	7,4	11	13,0	8	18,7	13,6	10	8,9	11	13,9	9	18,6
Чита . . . . .	12,9	10	8,9	12	12,9	9	16,7	14,4	9	10,7	11	14,6	10	18,9
Нерчинский завод . . . . .	10,4	6	5,1	10	8,9	15	13,8	12,5	6	6,2	7	10,0	17	16,2

Август

Сентябрь

ОСЕНЬ														
Барнаул . . . . .	10,5	10	7,1	11	10,2	10	13,6	11,4	11	7,3	10	11,5	9	16,8
Иркутск . . . . .	12,2	10	6,9	12	12,3	9	17,7	11,7	10	6,4	10	12,0	10	16,7
Чита . . . . .	11,6	9	7,6	12	11,3	10	15,5	12,4	7	8,4	11	10,6	12	16,4
Нерчинский завод . . . . .	10,0	8	4,9	10	9,3	13	13,3	11,8	5	6,1	8	9,0	17	14,4

Сентябрь

Октябрь

Архангельск . . . . .	4,7	20	4,0	8	5,6	2	8,3	3,6	20	3,1	9	4,1	2	6,8
Ленинград . . . . .	5,5	10	3,7	12	5,5	8	7,7	3,8	19	2,8	8	4,7	4	6,5
Вологда . . . . .	6,2	16	5,0	11	7,0	3	11,0	4,8	20	3,8	8	5,9	3	8,3
Вятка . . . . .	6,4	14	4,5	10	6,7	6	11,6	4,8	18	3,4	8	6,0	5	9,2
Вышний Волочок . . . . .	6,7	18	5,2	9	8,8	3	11,0	5,1	21	3,8	6	6,9	4	8,9
Свердловск . . . . .	7,9	12	5,4	12	8,1	6	12,1	5,9	17	4,5	8	5,6	6	10,5
Канск . . . . .	10,7	7	6,7	14	9,8	9	15,0	11,7	8	6,1	14	11,7	9	16,7
Омск . . . . .	9,8	9	6,5	14	10,0	7	14,1	8,2	9	4,3	14	8,3	8	12,6
Полбино . . . . .	11,4	8	8,6	13	10,2	9	16,1	8,4	14	5,1	9	9,0	8	15,0
Чкалов . . . . .	9,8	7	6,4	11	9,4	12	12,9	8,4	11	4,8	7	7,2	13	12,1
Поти . . . . .	10,7	6	6,1	10	10,0	14	13,0	9,6	10	5,7	11	9,3	10	13,9

Октябрь

Ноябрь

Астрахань . . . . .	10,3	3	9,5	8	12,4	20	14,6	9,8	8	5,7	10	10,7	12	11,7
Владивосток . . . . .	8,9	5	6,0	11	8,1	15	10,2	8,6	2	7,4	11	7,2	17	9,6
Ташкент . . . . .	13,5	4	7,0	7	9,8	20	15,9	9,8	12	5,9	6	9,8	12	13,7
Самарканд . . . . .	13,7	3	9,5	8	12,4	20	14,6	9,8	8	5,7	10	10,7	12	11,7

1 Станция в долне.  
2 Станция в закрытой долине.

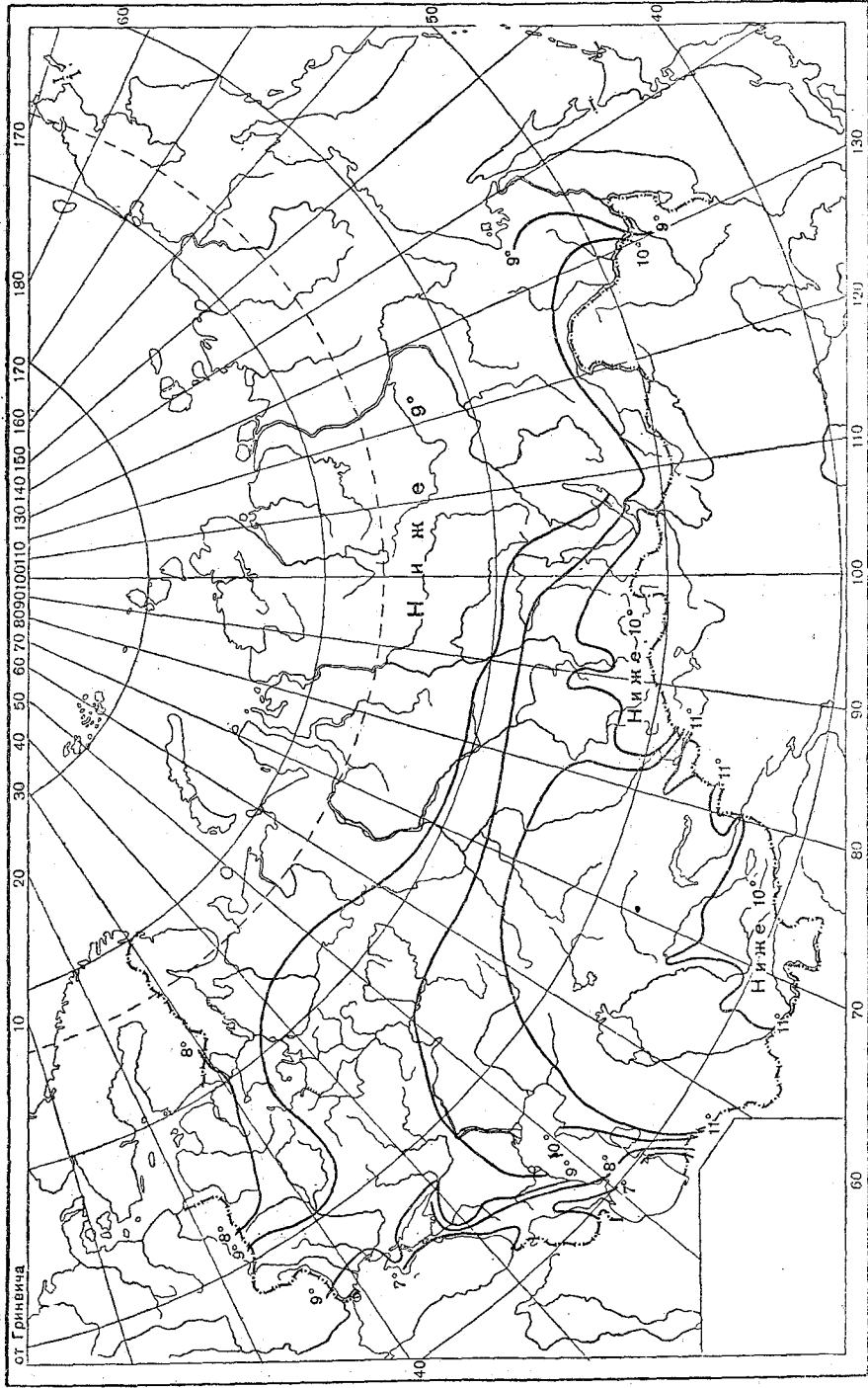


Рис. 12. Средняя температура средней даты первого заморозка в воздухе.



средственных наблюдений в этом направлении в континентальных районах не проведено, за исключением общеизвестного факта значительного увеличения морозостойкости культурных растений на плоскогорьях Памира [31а], где в силу больших суточных амплитуд температуры, заморозки наблюдаются в течение почти всего вегетационного периода и земледелие возможно только вследствие резкого увеличения морозостойкости культур, определяемого значительным увеличением процентного содержания сахара в их тканях.

## 2. ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЗАМОРОЗКОВ

Опасность заморозка для растения определяется не только интенсивностью, но и длительностью его. Как известно из полевых наблюдений и опытов, сильный, но кратковременный заморозок может оказать меньший вред растению, чем более слабый, но длительный заморозок.

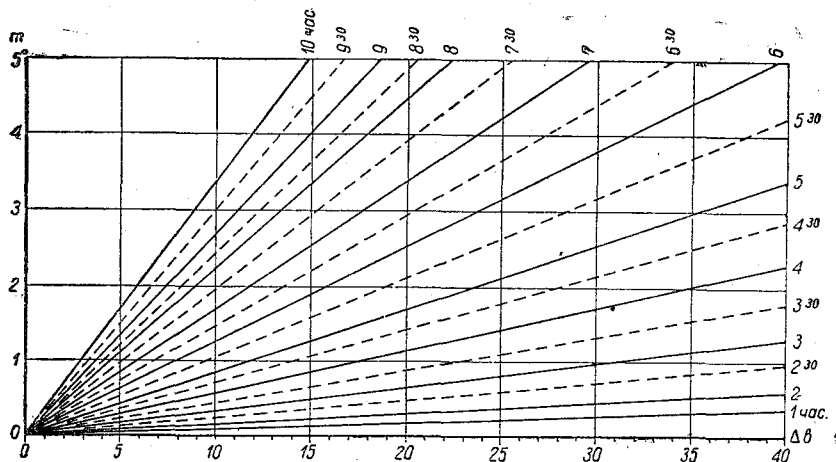


Рис. 13. Номограмма для определения длительности радиационных заморозков в часах.

На рис. 14 показана в годовом ходе средняя многолетняя длительность заморозков в воздухе в часах. Цифровой материал получен на основании подсчета длительности заморозков по ежедневным наблюдениям, с учетом суточного хода температуры, по номограмме, предложенной М. И. Юдиным (рис. 13).

В номограмме  $m$  означает минимум за ночь,  $\Delta b = (t_{21} - m) + 2(t_7 - m)$ , где  $t_{21}$  и  $t_7$  обозначают температуру воздуха в вечерние (21 час) и утренние (7 час.) часы наблюдений.

Контроль этого метода определения заморозков был произведен по данным термографов на нескольких станциях по относительно небольшому числу лет и показал удовлетворительное совпадение длительностей, рассчитанных обоими способами.

Средняя длительность заморозка определялась при среднесуточных температурах от 5 до 10° и выше 10°, а также бралась средняя за последний день с морозом в году. Даты и длительности этих трех основных точек определены непосредственным подсчетом. За 12 часов для конца кривых приняты средняя дата перехода среднесуточных температур через 0° весной и осенью и крайние даты заморозка для 0 часов. Все приведенные данные относятся к метеорологической будке (рис. 14).

Наклон и длина кривых годового хода длительности заморозков определяются годовым ходом температуры, скоростью ее изменений от месяца к месяцу и устойчивостью погоды переходных периодов года. Вследствие этого наиболее быстрые изменения в средней многолетней длительности заморозка наблюдаются на востоке Союза, где весенние процессы наиболее устойчивы из года в год.

Наименьшая средняя длительность заморозка (в среднюю дату последнего дня с заморозком в воздухе) наблюдается в наиболее континентальных районах Союза (рис. 15), что является прямым следствием большой суточной амплитуды температуры.

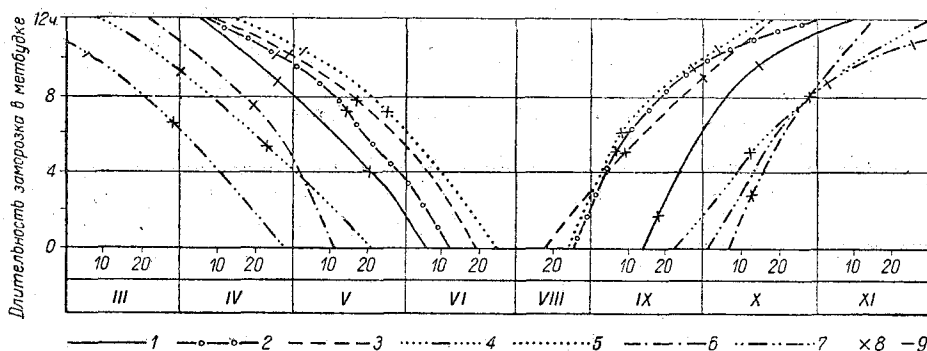


Рис. 14. Годовой ход средней многолетней длительности заморозков в воздухе (в часах) для некоторых метеостанций СССР.

1 — Ленинград, 2 — Вологда, 3 — Свердловск, 4 — Потс, 5 — Иркутск, 6 — Владивосток, 7 — Ташкент, 8 — средние даты начала и конца периода со средней суточной температурой выше 10°, 9 — средние даты начала и конца периода со средней суточной температурой выше 5°.

Установление зависимости длительности заморозков от величины суточной амплитуды температуры и длительности ночи показало хорошую связь лишь с первой из этих величин (рис. 16) и отсутствие связи с длительностью ночи. Последний, несколько

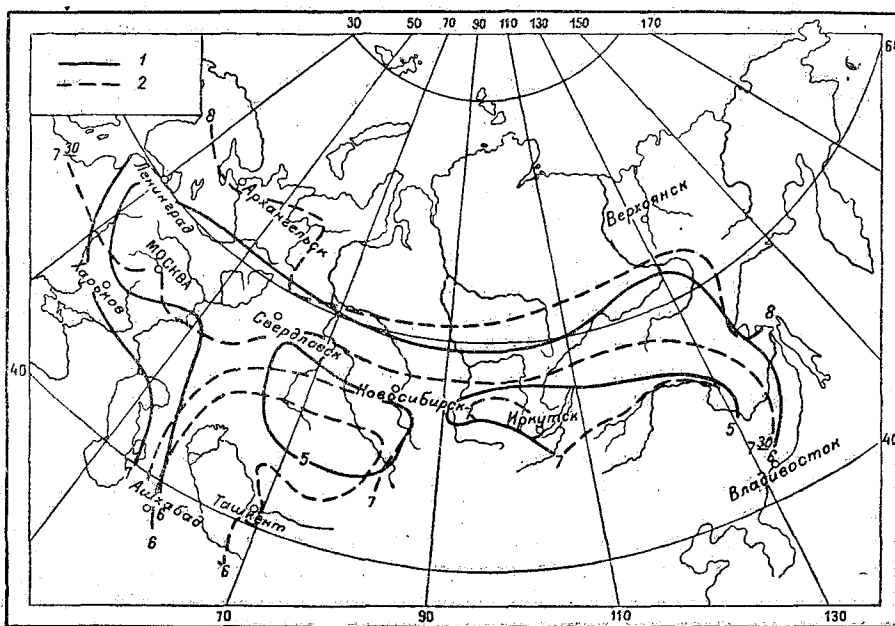


Рис. 15. Средняя длительность заморозков в часах (минимальная температура в метеорологической будке ниже 0°).

1 — весна, 2 — осень.

неожиданный вывод определяется различиями в процессе возникновения заморозков. На юге во время поздних заморозков весной при адвективно-радиационном происхождении их в момент заморозка преобладают радиационные процессы. На севере

поздние заморозки во время белых ночей являются преимущественно адвективными, не зависящими от длины ночи. Осенью на севере тоже часты адвективные заморозки. Кроме того, на сентябрь месяц, на который падает среднее время начала осенних заморозков в большей части СССР, приходится время равноденствия, и длина ночи почти одинакова на всех широтах.

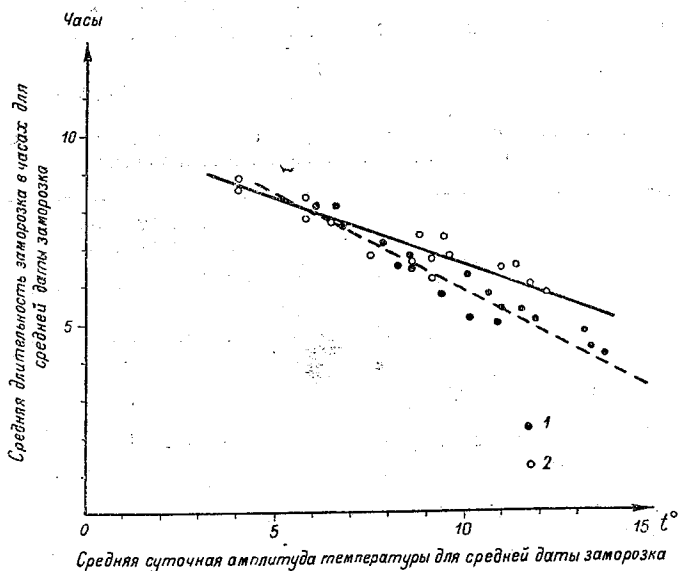


Рис. 16. Зависимость между средней суточной амплитудой температуры воздуха и средней длительностью заморозков (для средней даты последнего и первого мороза).  
1 — весна, 2 — осень.

Вследствие этого, основным фактором, определяющим длительность заморозков осенью также является суточная амплитуда температуры.

Данные о длительности ночи на разных широтах Союза приводятся в табл. 17.

Таблица 17

Длительность ночи на 15 число каждого месяца (в час. и мин.)

φ	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
38	11 53	10 38	9 39	9 11	9 33	10 32	11 44	13 02	14 06
40	11 53	10 33	9 29	8 59	9 21	10 27	11 43	13 06	14 13
42	11 53	10 27	9 17	8 45	9 05	10 19	11 42	13 10	14 24
44	11 53	10 20	9 04	8 29	8 56	10 13	11 41	13 16	14 34
46	11 53	10 13	8 47	8 14	8 42	10 05	11 40	13 20	14 44
48	11 52	10 05	8 35	7 56	8 27	9 56	11 39	13 26	14 58
50	11 52	9 57	8 23	7 38	8 11	9 48	11 39	13 30	15 12
52	11 52	9 47	8 01	7 08	7 59	9 38	11 37	13 38	15 32
54	11 51	9 35	7 37	6 38	7 22	9 23	11 37	13 47	15 52
56	11 51	9 23	7 15	6 07	6 58	9 11	11 34	13 56	16 09
58	11 50	9 11	6 53	5 38	6 34	8 57	11 32	14 06	16 32
60	11 50	9 01	6 30	5 08	6 09	8 42	11 30	14 14	16 53
62	11 46	8 42	5 52	4 14	5 30	8 27	11 27	14 25	17 21
64	11 46	8 24	5 07	2 58	4 42	8 07	11 26	14 37	17 59
66	11 45	8 00	4 08	0 0	3 35	7 42	11 22	14 54	18 44

### 3. ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДНЕЙ ДАТЫ ЗАМОРОЗКА ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ

Изменения в средних датах заморозков в разных условиях рельефа сопровождаются изменениями в средней температуре средней даты их. Последнее выражено настолько четко, что отклонение средней температуры средней даты заморозка на какой-либо станции свыше  $1-1,5^{\circ}$  от средней по району является объективным критерием для определения особенностей местоположения станции.

Таблица 18

Изменение средней температуры средней даты заморозка в воздухе под влиянием местоположения

Местоположение	Изменение температуры средней даты заморозка	
	весной	осенью
Вершины и верхние части склонов . . . . .	-2,0	-2,5
Долины в холмистой местности . . . . .	+1,0	+2,0
Долины в горах . . . . .	+2,0	+2,5
Котловины и замкнутые долины . . . . .	+3,5	+4,0
Поляны . . . . .	+2,0	+3,0
Побережье моря . . . . .	-2,0	-4,5
Города . . . . .	-1,0	-2,0

Примечание. Знак минус означает понижение температуры по сравнению с нормой, знак плюс — повышение ее.

В вогнутых формах рельефа и на полянах средняя температура средней даты заморозков возрастает пропорционально возрастанию суточной амплитуды температуры воздуха в этих условиях. В положениях, смягчающих суточную амплитуду температуры, наблюдается соответственное уменьшение средней температуры средней даты заморозков.

Четко выраженную закономерность в запоздании времени наступления заморозков весной и более раннем наступлении их осенью, с увеличением суточной амплитуды температуры для ровного места, показывают рис. 17 и 18, на которых для весны и осени дана зависимость между средней температурой средней даты заморозка и средней суточной амплитудой температуры, соответствующей этой дате.

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха определена по данным климатологических справочников СССР как разность между средней температурой воздуха в 13 час. и средней минимальной температурой воздуха и поэтому несколько ниже действительной суточной амплитуды температуры, весной на  $1,5-2,0^{\circ}$ , осенью на  $1,0-1,5^{\circ}$ . Следствием этого же уменьшения амплитуды является некоторое превышение над ней средней температуры средней даты заморозка, отмеченное на рис. 17—18.

При подъеме в горы среднее время прекращения заморозков весной запаздывает на 2—4 дня на каждые 100 м высоты. Осенью заморозки на высотах начинаются раньше, чем в нижних горизонтах гор, причем изменение идет со скоростью 2—3 дней на 100 м высоты. Анализ средней температуры средней даты заморозков показывает, однако, что опасность заморозков в средних горизонтах гор смягчена, по сравнению с нижними горизонтами, вследствие смягчения континентальности климата в горах и соответственного уменьшения средней суточной амплитуды температуры (табл. 19).

Из табл. 19, рассчитанной для условий склона вне влияния долинной инверсии, видно, что опасность заморозков в нижних горизонтах гор определяется общеклиматическими условиями прилегающей низменности. Как на Северном Кавказе, так и в Средней Азии нижние горизонты гор (до 900—1000 м высоты) имеют одинаковую с прилегающей низменно-

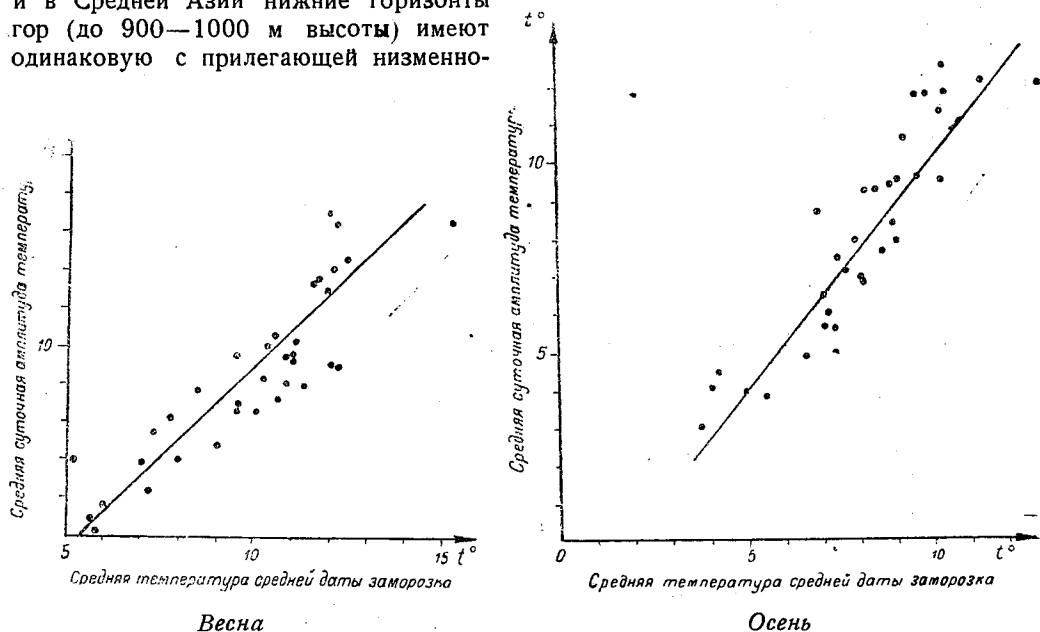


Рис. 17—18. Зависимость между средней температурой средней даты заморозка и средней суточной амплитудой температуры воздуха в ту же дату.

стью среднюю температуру средней даты заморозков, но при подъеме свыше 1000—1200 м преобладающее влияние оказывает высота. С высоты 1000—1200 мет-

Таблица 19

Изменение средней температуры средней даты заморозков с высотой

Район	Высота, в м					
	300	600	900	1 200	1 500	2 000
<b>Весна</b>						
Черноморское побережье . . . . .	7,7	8,7	—	—	—	—
Северный Кавказ (западная половина) . .	9,0	8,5	8,0	7,6	7,4	7,4
Закавказье (Восточная Грузия) . . . . .	8,6	8,2	7,9	7,6	7,5	7,4
Малый Кавказ (Армения и юг Азербайджана) . . . . .	8,0	8,2	8,4	8,5	8,4	7,5
Северный склон Тянь-Шаня . . . . .	—	13,0	11,0	10,5	10,2	10,0
Ферганская долина . . . . .	—	10,0	9,5	—	—	—
Юго-запад Таджикской ССР, под защитой Гиссарского хребта . . . . .	11,5	10,5	9,0	8,2	8,0	7,5
<b>Осень</b>						
Черноморское побережье . . . . .	7,0	7,4	—	—	—	—
Северный Кавказ (западная половина) . .	10,0	9,5	9,0	8,5	8,5	7,5
Закавказье (Восточная Грузия) . . . . .	6,8	7,6	8,2	8,4	8,5	8,5
Малый Кавказ (Армения и юг Азербайджана) . . . . .	7,0	7,3	7,4	7,5	7,7	8,0
Северный склон Тянь-Шаня . . . . .	—	10,5	9,7	9,5	9,5	9,2
Ферганская долина . . . . .	—	10,0	9,5	—	—	—
Юго-запад Таджикской ССР, под защитой Гиссарского хребта . . . . .	11,5	10,5	9,0	8,2	8,0	7,5

ров и до 2000 м средняя температура средней даты заморозков почти постоянна на всех рассматриваемых хребтах, что показывает сходные условия опасности заморозков на этих высотах. Средняя температура средней даты заморозков в пределах этих высот порядка 7,5—8,0°, т. е. заморозки на склонах прекращаются до начала интенсивной вегетации растений, чувствительных к низким температурам. Исключение представляет только северный склон Тянь-Шаня. Однако это исключение становится понятным, если принять во внимание малое число станций, использованных для определения градиента, и специфичность расположения их на плоскогорьях, повышающих морозоопасность по сравнению со склонами.

В континентальных районах высоты до 1000 м отличаются большой опасностью заморозков, прекращающихся в среднем только после установления среднесуточных температур выше 10° (Казахстан и Средняя Азия).

Особые условия создаются в приморских районах Западной Грузии, где заморозки в нижней зоне менее опасны, чем в средних горизонтах, что является следствием смягчающего морозы влияния теплого Черного моря, проявляющегося особенно интенсивно осенью.

Осенью влияние высоты на опасность заморозков аналогично весне. Нижние горизонты гор в пределах Восточной Грузии (долина Алазани) и Армении (долина Аракса) осенью оказываются хорошо изолированными горным хребтом Большого Кавказа от вторжения холодных масс воздуха и отличаются большим запасом тепла, накопленного летом. Поэтому осенние заморозки в этих районах наступают очень поздно, при средней температуре 7,0°, следствием чего является увеличение средней температуры средней даты заморозка с высотой в Закавказье и на Малом Кавказе.

На больших высотах, свыше 2000 м на Северном Кавказе и 2500 м на хребтах южной части Средней Азии, опасность заморозков увеличивается за счет увеличения числа и интенсивности заморозков в связи с общим недостатком тепла на этих высотах и особенностями в балансе лучистой энергии (увеличение интенсивности излучения).

Имеющиеся метеорологические наблюдения на высотах свыше 1000 м Урала и Алтая очень разрознены, часть немногочисленных станций находится в специфических условиях (например, Таганай — вершина, Орловский поселок — котловина и т. д.) и поэтому эти наблюдения не являются типичными и не могут быть использованы для анализа средней температуры средней даты заморозка.

Как на Урале, так и на Алтае расчет времени наступления заморозков может быть проведен только до высоты 400—600 м, где смягчающее влияние высоты еще мало заметно и опасность заморозков на склонах мало отличается от ровного места на прилегающих низменностях.

## Глава IV

### ВЕРОЯТНОСТЬ ЗАМОРОЗКОВ

#### 1. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАМОРОЗКОВ

В предыдущих главах заморозки характеризовались средней многолетней датой для весны и осени. Но известно, что средняя многолетняя климатологическая величина очень редко наблюдается в отдельный, конкретный год и получается в результате того, что половина всех лет имеет величины меньше ее, в данном частном случае — окончание заморозков весной ранее средней даты их, а вторая половина лет имеет величины, большие средней, т. е. заморозки в эти годы заканчиваются позднее средней даты их.

Для расшифровки средней многолетней климатологической величины служат повторяемости ее по отдельным грациям и вероятности наступления явления, дающие более четкое представление об изменчивости изучаемой величины по годам. Повторяемости и вероятности любой климатологической характеристики опреде-

ляются по длинному, не менее 30—40 лет ряду наблюдений, и поэтому, как правило, могут быть получены только для ограниченного числа метеорологических станций, удовлетворяющих этому условию.

Для оценки опасности заморозков для сельскохозяйственных культур и оценки морозоопасности территории недостаточно знать средние даты заморозков, но необходимо иметь сведения о вероятности наступления их в определенные отрезки времени, соответствующие наиболее морозоопасным фенологическим периодам в жизни растений, например, цветению плодовых, появлению всходов бахчевых, созреванию коробочек хлопчатника и т. п.

Для расшифровки средних дат заморозков в этом направлении служат „кривые вероятности“ явления, дающие в процентах вероятность того, что заморозки наступят в определенное число лет не позднее указанной даты весной и не ранее ее осенью.

Кривые вероятности в СССР были применены А. И. Барановым [32] к изучению вероятности наступления низких температур в Крыму еще в 1923 г. и затем нашли широкое применение в работах профессора Селянинова и его сотрудников, детально разработавших методику их построения и использования для целого ряда климатологических характеристик (низкие температуры, суммы температур, даты наступления температур, осадки и т. д.).

Для определения вида кривых вероятности дат наступления и прекращения заморозков [33] может быть использована формула квадратического отклонения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}},$$

где  $\sum d^2$  — сумма квадратов отклонений от средней даты,  $n$  — число лет наблюдений.

Для получения кривой вероятности к средней дате заморозков  $M$  прибавляют (или вычитают) коэффициенты (табл. 20), выражая их в днях отклонения от средней.

Таблица 20

Процент вероятности . . . . .	50	40	30	20	10	0
Коэффициент . . . . .	0	0,25 $\sigma$	0,52 $\sigma$	0,84 $\sigma$	1,28 $\sigma$	2,25 $\sigma$

Поясним построение кривой вероятности дат заморозков на примере: Москва, Межевой институт.

Средняя дата последнего заморозка за период с 1891 по 1930 г. была 7 мая;  $\sigma$ , вычисленная по указанной выше формуле для этого периода, равна 13,1.

Отклонения от средней даты заморозков по отдельным годам симметричны для положительной и отрицательной ветвей кривой, поэтому коэффициенты для обеих численно одинаковы и отличаются только знаком (табл. 21).

Таблица 21

Пример вычисления кривой вероятности прекращения заморозков весной

Вероятность прекращения заморозков (проценты) . . . . .	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Расчет отклонений от средней (в днях) . . . . .	-29,5	-16,7	-11,0	-6,8	-3,3	0	+3,3	+6,8	+11,0	+16,7	+29,5
Кривая вероятности . . . . .	7/IV	20/IV	26/IV	30/IV	4/V	7/V	10/V	14/V	18/V	24/V	6/VI

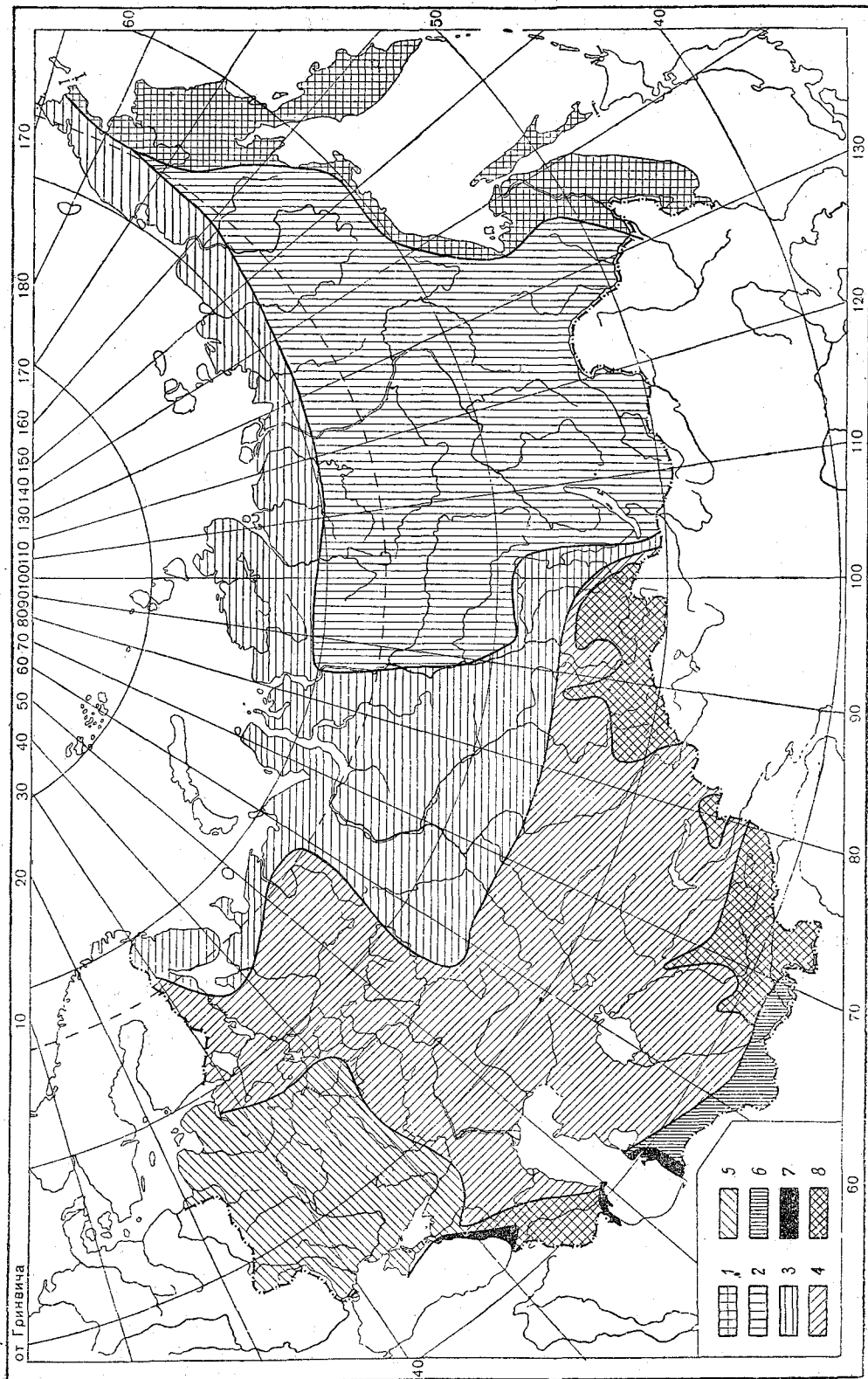


Рис. 19. Карта типов кривых вероятностей заморозков (φ). Весна.

Величина φ: 1 — от 5 до 7; 2 — от 7 до 9; 3 — от 9 до 11; 4 — от 11 до 13; 5 — от 13 до 15; 6 — от 15 до 17; 7 — от 17 до 19; 8 — от 19 до 20; 8 — горные районы φ возрастают с высотой.



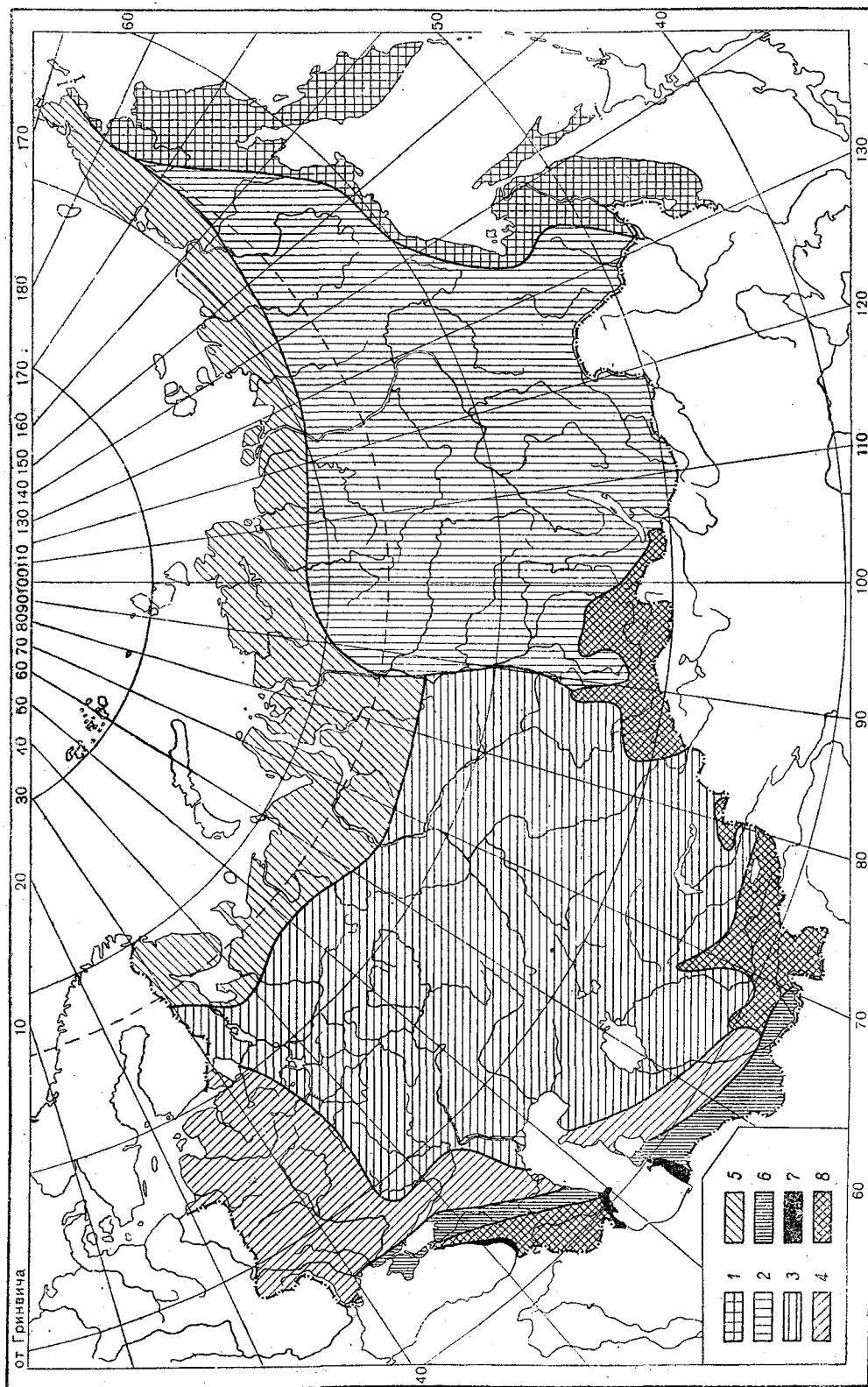


Рис. 20. Карта типов кривых вероятностей заморозков (а). Осень.  
Условные обозначения см. рис. 19.

Приведенная кривая вероятности прекращения заморозков показывает, что до 7 апреля заморозки наблюдаются ежегодно, вероятность прекращения их на это число равна 0%. Ранее 26 апреля заморозки прекращаются в 20% случаев или, переводя эту величину на десять лет, в два года из десяти.

7 мая (средняя дата заморозков) вероятность прекращения их ранее этой даты равна 50%, т. е. в пять лет из десяти. Крайняя возможная дата наступления заморозков 6 июня соответствует 100% вероятности их прекращения. Более поздних заморозков в воздухе в Москве ожидать нельзя. Раз в десять лет заморозки возможны до 24 мая (90% прекращения их ранее этого числа), раз в пять лет (80%) — до 18 мая.

Вычисление кривых вероятности наступления заморозков осенью производится по той же схеме, причем 0% означает самый ранний возможный заморозок в воздухе, 100% — ежегодное наступление их к указанному сроку.

Для проверки устойчивости  $\sigma$  за разновременные периоды разной длительности были определены  $\sigma$  за 40-, 30-летних и два последующих 20-летних периода для ряда станций.

Таблица 22

Величина  $\sigma$  за периоды разной длительности

Станции	Последний заморозок				Первый заморозок			
	число лет							
	40	30	20	20	40	30	20	20
Ленинград . . . . .	11	12	10	12	12	12	11	12
Москва . . . . .	13	12	13	13	9	9	9	9
Полтава . . . . .	14	15	14	14	11	10	12	9
Сочи . . . . .	20	21	20	20	24	24	23	25
Чкалов . . . . .	12	13	12	12	10	9	10	9
Ташкент . . . . .	17	16	16	18	10	10	10	9
Иркутск . . . . .	11	11	10	11	8	8	8	8
Ворошилов . . . . .	8	8	8	7	8	8	7	8

Из табл. 22 видно, что в самых различных климатических условиях разные 20-летние ряды дают отклонение  $\sigma$  от 40-летнего ряда порядка  $\pm 1$  и отличаются между собой не более 2, т. е. ошибка малых повторяемостей (менее 10—15%) не более  $\pm 2$  дней.

Указанная точность получения  $\sigma$  из 20-летних рядов вполне достаточна для определения типа кривой вероятности и использования его для производственных расчетов. Возможность привлечения 20-летних несинхронных рядов для получения  $\sigma$  очень увеличивает число возможных к использованию метеонаблюдений станций, что обеспечивает возможность картирования этой величины.

Наклон и размах кривой вероятности определяются параметром  $\sigma$ , который является характеристикой устойчивости погодных условий переходного времени года (весны и осени).  $\sigma$  зависит от общеклиматических условий района и в силу этого оказывается очень устойчивой на больших территориях (рис. 19—20).

Как видно из рис. 19 и 20, самые малые  $\sigma$  (около 5) наблюдаются в Приморском крае и долине реки Уссури до Буреинского хребта, т. е. в пределах дальневосточного муссонного климата, в котором переход от зимы к лету и обратно проходит очень быстро, с большой устойчивостью из года в год в отношении календарных сроков, что было отмечено еще Воейковым [32а].

Некоторое увеличение  $\sigma$  (до 8) наблюдается в Восточной Сибири и Якутии, на территории к востоку от Енисея до Буреинского хребта и к северу до Полярного круга. Здесь погодные условия весны и осени также весьма устойчивы, в резуль-

тате чего период между наиболее ранним и самым поздним возможным прекращением заморозков весной по разным годам укладывается в 40 дней. То же самое наблюдается осенью.

В равнинной части умеренной зоны Союза самые большие  $\sigma$  наблюдаются весной на юго-западе Союза (УССР, БССР), где под влиянием неустойчивого переноса воздушных масс с Атлантики погодные условия весны сильно меняются от года к году, и период между самым ранним возможным прекращением заморозков и самым поздним их прекращением весной растянут до 68—70 дней.

Осенью аналогичные условия наблюдаются на крайнем севере Союза, где в некоторые холодные годы интенсивные волны холода из Арктики, ведущие к заморозкам, начинаются уже в июле—начале августа, в теплые же годы начало заморозков запаздывает до конца сентября.

Самые большие  $\sigma$ , как весной, так и осенью наблюдаются на Черноморском побережье Кавказа, где зимние морозы носят характер заморозков умеренной зоны, протекая в виде отдельных похолоданий на фоне положительной среднесуточной температуры воздуха. В отдельные годы в прибрежных положениях минимальная температура за год не опускается ниже  $0^{\circ}$ , и ни один день в году не имеет 100% вероятности заморозков (например, Сочи, Батуми, рис. 21).

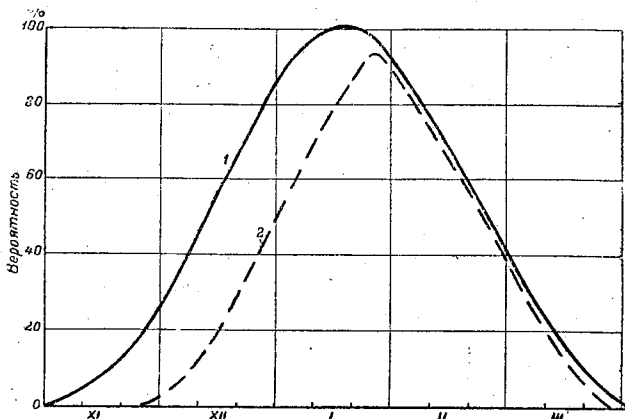


Рис. 21. Кривые вероятности наступления и прекращения заморозков на Черноморском побережье.  
1 — Сочи; 2 — Батуми.

## 2. ИЗМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАМОРОЗКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ

Зависимость  $\sigma$  от климатических условий района проявляется и в изменении ее с высотой. Как показывает табл. 23,  $\sigma$  растет при подъеме в горы соответственно уменьшению устойчивости погодных условий.

Этот рост  $\sigma$  с высотой нарушается только при наличии специфических условий на нижней станции, как например в Потти, стоящем на берегу Черного моря и находящемся под непосредственным его влиянием [33].

Таблица 23

Изменение  $\sigma$  с высотой

Станция	$\sigma$		Станция	$\sigma$	
	весна	осень		весна	осень
Дзауджикау . . . . .	9,3	12,8	Кюрдамир . . . . .	8,5	11,3
Коби . . . . .	15,7	15,1	Тбилиси . . . . .	12,8	11,7
Потти . . . . .	24,5	20,0	Напареули . . . . .	11,6	15,7
Гашперди . . . . .	15,7	12,1	Гудаури . . . . .	15,5	15,0
Ципа . . . . .	16,7	13,9	Алма-Ата . . . . .	11,0	9,4
Ереван . . . . .	10,7	13,7	Каракол . . . . .	18,6	11,7
Ленинакан . . . . .	13,6	14,2	Ташкент . . . . .	17,3	10,7
Севан . . . . .	13,0	17,9	Андижан . . . . .	12,4	11,4

Так же различны климатические условия Ташкента и Андижана. Ташкент расположен в открытой равнине, лишь слабо защищенной горами с северо-востока и востока и вполне открытой для адвекции воздушных масс с севера, юга и запада, что приводит из года в год к большой неустойчивости погоды весны и осени. Андижан же, расположенный в Ферганской долине, меньше подвергается воздействию резких адвекций, и в силу этого имеет  $\sigma$  меньшую, чем Ташкент. Небольшая высота его над уровнем моря (501 м), близкая к высоте Ташкента (479 м), не дает проявиться влиянию высоты на изменение  $\sigma$  по этой паре станций, показывающей влияние на  $\sigma$  защищенности положения.

Нанесенные на карту (рис. 19 и 20) величины  $\sigma$  относятся к датам последнего весной и первого осенью падения минимальной температуры ниже  $0^\circ$  в метбудке, т. е. даны для заморозка в воздухе. Но в умеренной и полярной зонах Союза  $\sigma$  для заморозков разной интенсивности незначительно разнятся между собой, что определяется относительно малым промежутком времени, в течение которого проходит подъем температуры от зимы к лету и обратно, и общностью синоптических и радиационных процессов, его определяющих. Поэтому указанные на рис. 19 и 20  $\sigma$  для интенсивности заморозка  $0^\circ$  в воздухе могут быть ориентировочно использованы для характеристики заморозков и других интенсивностей для ровного открытого места умеренной и полярной зон. Для субтропической зоны и в районах переходных, к ней, отличающихся теплой зимой, с температурой самого холодного месяца, близкой к нулю градусов,  $\sigma$  дат заморозков для интенсивностей их порядка  $-2$ ,  $-3^\circ$  и ниже отличается от указанной на рис. 19 и 20 в сторону увеличения, что является следствием неустойчивости на юге Союза времени наступления морозов указанной силы с переходом их на зимние месяцы.  $\sigma$  на территории Узбекистана и Таджикистана возрастает параллельно с ростом интенсивности заморозков, от  $14-15$  при  $0^\circ$  до  $27-28$  при  $-5^\circ$  для северных районов этих территорий. Для южной части их, а также для субтропической зоны Азербайджана и особенно субтропиков Черноморского побережья Кавказа и для южного берега Крыма, в пределах которых минимумы ниже  $-4$ ,  $-5^\circ$  наблюдаются не ежегодно, определение кривых вероятности дат наступления этим способом не целесообразно.

Исследование изменений  $\sigma$  под влиянием месгных условий (рельефа, водоемов, городов, полей и т. п.) могло быть проведено только на весьма ограниченном

Таблица 24

Изменение вероятности наступления заморозка (процент) в зависимости от местоположения ( $\sigma = 12$ )

Местоположение	Весна	Осень
Вершины . . . . .	-30	-35
Долины в холмистой местности . . . . .	+20	+30
Долины в горах . . . . .	+30	+35
Котловины . . . . .	+40	+45
Поляны . . . . .	+30	+40
Побережья . . . . .	-35	-40
Города . . . . .	-20	-30

Примечание. Знак плюс означает увеличение вероятности заморозков на указанный процент; знак минус — уменьшение ее.

материале как вследствие отсутствия необходимых данных по длинным рядам дат заморозков разной интенсивности в разных условиях мезоклимата, так и вследствие трудоемкости вычислений. Имеющиеся ограниченные материалы показывают, что в долинах параметр  $\sigma$  возрастает на 2—3 единицы по сравнению с ровным местом

Основное же изменение, которое претерпевает кривая вероятности дат заморозков под влиянием положения точки в долине или на полянах, в слое инверсии, заключается в некоторой асимметричности кривой, выражающейся в удлинении нижней ее части в пределах вероятностей менее  $10\%$ . Следует отметить, что предельные значения кривых вероятностей, т. е. в пределах от 0 до 10 и от 90 до  $100\%$ , подвержены значительно большим колебаниям под влиянием местоположения, чем часть кривой между 10 и  $90\%$ , остающаяся почти неизменной на больших территориях и мало изменяющаяся под влиянием мезоклиматических условий. Вид этой основной части кривой определяется общеклиматическими условиями района расположения точки.

Изменение средней даты наступления заморозков под влиянием местоположения точки (табл. 7) влечет за собой соответствующее изменение по той же причине и в вероятности наступления заморозка на одно и то же число (табл. 24).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ ЗАМОРОЗКОВ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Учитывая величину  $\sigma$  для дат заморозков разной интенсивности, можно определить вероятность времени прекращения весной заморозков разной интенсивности в зависимости от заморозка в воздухе (рис. 22).

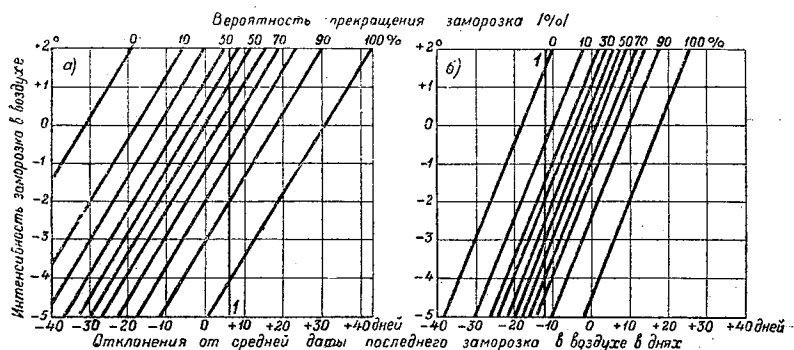


Рис. 22. График для определения вероятности прекращения опасных заморозков разной интенсивности.

а) БССР  $\sigma = 14$ ; б) Забайкалье  $\sigma = 8$ ; I — дата установления среднесуточной температуры воздуха выше  $10^\circ$ .

График показывает связь между временем наступления заморозка весной, интенсивностью и вероятностью наступления его для ровного открытого места для двух разных климатических районов Союза (БССР при  $\sigma = 14$  и Забайкалья при  $\sigma = 8$ , см. рис. 19). График дается в общей форме, вследствие чего время наступления заморозка в днях дано в виде отклонений от средней даты наступления „последнего дня с морозом“, приводимого в климатологических справочниках и характеризующего заморозки с интенсивностью ниже  $0^\circ$  в метеорологической будке. Как было указано выше (гл. II), все остальные интенсивности заморозков связаны с этой датой, которую наиболее легко и надежно можно получить для всех районов Союза из названных справочников.

На оси ординат показана интенсивность заморозков в  $^\circ\text{C}$  в метеорологической будке, начиная от  $+2^\circ$ . Эта температура принята ввиду того, что, при минимуме ниже  $+2^\circ$  в метеорологической будке, на поверхности почвы наблюдаются легкие заморозки, порядка  $-1, -1,5^\circ$  на ровном открытом месте и до  $-3, -4^\circ$  в морозобойных положениях.

В поле графика дана вероятность (от 0 до  $100\%$ ) прекращения заморозков данной интенсивности в виде прямых. Ноль процентов на этом графике означает,

что к указанному времени ни в один год нельзя ожидать прекращения заморозка, а 100% показывают дату полного прекращения их.

Для определения вероятности наступления заморозка любой интенсивности на какое-либо число в определенной географической точке на открытом ровном месте, надо знать среднюю дату прекращения заморозков в метеорологической будке (из климатологического справочника по области), величину  $\sigma$  (с карты рис. 19) и соотношение между заморозками разной интенсивности в районе (осредненно приведено в табл. 10).

Поясним способ определения вероятности заморозка разной интенсивности на примерах.

1. Смоленск. Средняя дата последнего „дня с морозом“, т. е. средняя дата прекращения заморозков с интенсивностью ниже  $0^\circ$  в метеорологической будке, 4 мая  $\sigma = 14$ . Надо определить вероятность прекращения заморозков с интенсивностью ниже  $-1^\circ$  на 12 мая.

Разность между средней датой прекращения заморозков с интенсивностью  $0^\circ$  и заданной датой равна 8 дням. Отыскиваем на графике по оси абсцисс отклонение  $+8$  и в точке пересечения этой даты с интенсивностью заморозка в  $-1^\circ$  снимаем вероятность прекращения заморозков этой интенсивности к 12 мая. Получаем 82%, что означает, что в 8 лет из десяти заморозки ниже  $-1^\circ$  к этому времени прекращаются. Более интенсивные заморозки, до  $-2^\circ$ , возможны позднее этой даты один раз в 10 лет и в исключительно суровый год минимальная температура может упасть до  $-3,5, -4,0^\circ$ .

Слабые заморозки на поверхности почвы к 12 мая прекращаются только в 3—4 года из десяти.

2. Используя ту же разность в 8 дней между датами для Забайкалья, при  $\sigma = 8$ , получаем вероятность прекращения заморозка с интенсивностью  $-1^\circ$  в 92%, т. е. в 9 лет из десяти, на основании чего район Забайкалья оказывается как будто менее морозоопасным весной по сравнению с БССР. На рис. 22 в обеих частях его приведено среднее время наступления среднесуточной температуры в  $10^\circ$ , чтобы показать термический фон, на котором проходят заморозки. В БССР заморозки в среднем оканчиваются на 6 дней раньше наступления температуры  $10^\circ$ , в Забайкалье на 12 дней позднее, из чего ясно видно резкое возрастание опасности их для сельского хозяйства в континентальных районах. В БССР к среднему времени наступления среднесуточных температур выше  $10^\circ$  нельзя ожидать заморозков с интенсивностью ниже  $-4^\circ$ , в Забайкалье соответственно возможны заморозки до  $-6,5^\circ$  в метеорологической будке, при  $-10^\circ$  на поверхности почвы.

Аналогичные графики могут быть построены с учетом любой  $\sigma$ . При уменьшении этого параметра суживается морозоопасный период, в пределах которого возможны колебания во времени прекращения заморозков из года в год, как видно из табл. 25.

Таблица 25

$\sigma$	Вероятность прекращения заморозков (процент)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Отклонения от средней даты в днях

14	-31	-18	-12	-7	-3,5	0	3,5	7	12	18	31
12	-26	-15	-10	-6	-3,0	0	3,0	6	10	15	26
10	-22	-13	-8	-5	-2,5	0	2,5	5	8	13	22
8	-18	-10	-7	-4	-2,0	0	2,0	4	7	10	18
6	-13	-8	-5	-3	-1,5	0	1,5	3	5	8	13

В западной части Союза, например, эти колебания могут превышать 2 месяца (62 дня при  $\sigma = 14$ ; 72 дня при  $\sigma = 16$ ). В Приморье ДВК, где  $\sigma$  близка к 6,

они не превышают 25 дней, что существенно меняет характеристику опасности заморозков для сельскохозяйственного производства. Вид графика рис. 22 также меняется под влиянием изменений в соотношении интенсивностей заморозков, что видно и на приведенном графике и особенно заметно в северной части Союза и в субтропической зоне.

Поэтому в разных климатических условиях требуются уточнения основных параметров графика, которые на рис. 22 даны в виде примера для БССР и Забайкалья.

Построение аналогичных графиков для осени не представляет трудностей, но знаки отклонений меняются на обратные и изменяется направление изолиний вероятностей заморозков, которые осенью соответствуют общему падению температуры.

При необходимости определить вероятность заморозка в условиях, отличающихся от ровного открытого места, необходимо в среднюю дату заморозка при  $0^{\circ}$  внести соответствующую поправку на местный климат по табл. 7. Основная часть кривой под влиянием местных условий в пределах вероятностей от 20 до  $80\%$  не изменяется, а лишь передвигается во времени. Крайние отрезки ее, от 0 до 20 и от 80 до  $100\%$ , изменяются и становятся не вполне симметричными, особенно в части от 90 до  $100\%$ , которая в морозобойных положениях очень растянута. Но малая повторяемость этих величин позволяет и в этом случае пользоваться основным графиком.

Кривые вероятности заморозков дают возможность определить по средней дате их ту дату, после которой наступление заморозка возможно 1 раз в 5 или 10 лет. Эти сведения имеют значительно большую ценность для сельскохозяйственного производства, чем крайние даты заморозков. Последние получаются из длинных рядов метеорологических наблюдений и являются величиной, отмеченной один раз за 35—40 лет. Используя основное свойство кривой вероятности — устойчивость ее в пространстве, можно корректировать крайние даты заморозков, полученные из коротких рядов наблюдений, и вычислить вероятные крайние даты для тех станций, для которых средние даты получены путем приведения по методу, предложенному С. А. Сапожниковой [34] и широко примененному при обработке материалов по заморозкам для климатологических справочников Союза.

#### 4. КРАЙНИЕ ДАТЫ ВОЗМОЖНОГО НАСТУПЛЕНИЯ ЗАМОРОЗКОВ

Прилагаемые карты крайних дат прекращения заморозков весной и наступления их осенью, а также карта длительности наименьшего безморозного периода в воздухе для ровного открытого места (рис. 23—25), составлены с учетом как всех имеющихся в климатологических справочниках сведений по крайним датам заморозков, так и путем привлечения расчетных данных для тех районов, для которых имеющиеся крайние даты из длинных фактических рядов наблюдений оказались недостаточными.

Наблюденные и рассчитанные крайние даты заморозков как весной, так и осенью хорошо совпадают для рядов порядка 35—40 лет, которые были положены в основу расчета для получения  $\sigma$ . В этих случаях разность рассчитанных и наблюдаемых крайних дат не превышает 2—3 дней. В случаях более коротких рядов наблюдений, рассчитанные величины дают более поздние даты весной и более ранние осенью, чем наблюдаемые, причем в отдельных случаях эти расхождения достигают 8—10 дней.

Для нанесения на карту (рис. 23, 24, 25) принимались крайние даты, рассчитанные по кривым вероятностей.

Таким образом, крайние даты заморозков и наименьшей длительности безморозного периода, отмеченные на рис. 23, 24 и 25, относятся к последнему возможному весной и первому возможному осенью заморозку, которые наблюдались в воздухе за период с 1891 по 1935 г. на ровном открытом месте и сопровождалась (в среднем) интенсивностью заморозка до  $-2$ ,  $-3^{\circ}$  на поверхности почвы.

Более слабые заморозки, с интенсивностью до  $-1,0$ ,  $-1,5^{\circ}$  на поверхности почвы, при положительной температуре в метбудке, возможны на ровном открытом

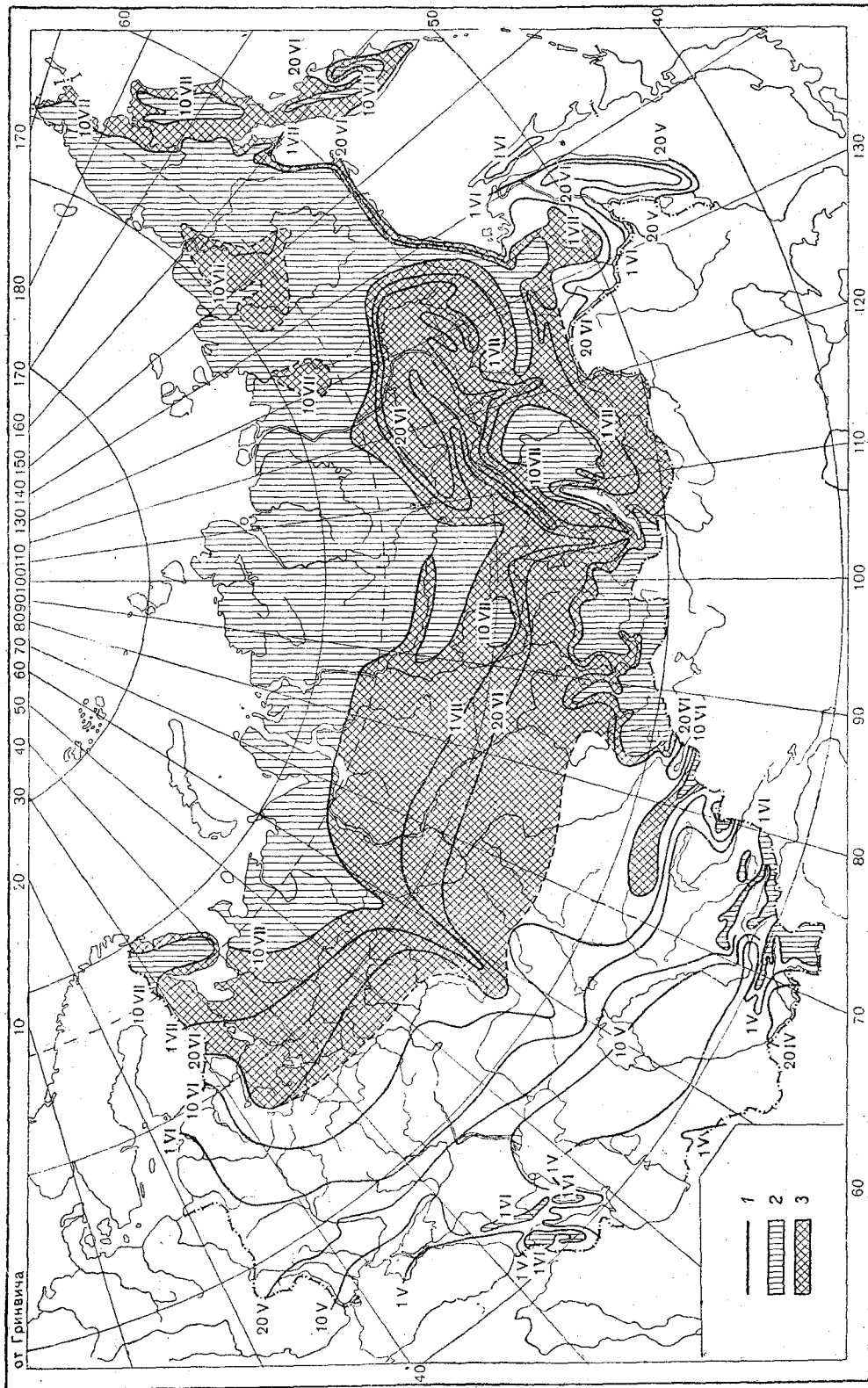


Рис. 23. Самые поздние возможные весенней в воздухе заморозки.

1 — даты самых поздних возможных весенней заморозков в воздухе на речном открытом месте; 2 — заморозки в воздухе возможны в течение всего лета; 3 — в июле и в начале августа возможны заморозки на поверхности почвы и в морозобойных положениях в воздухе.



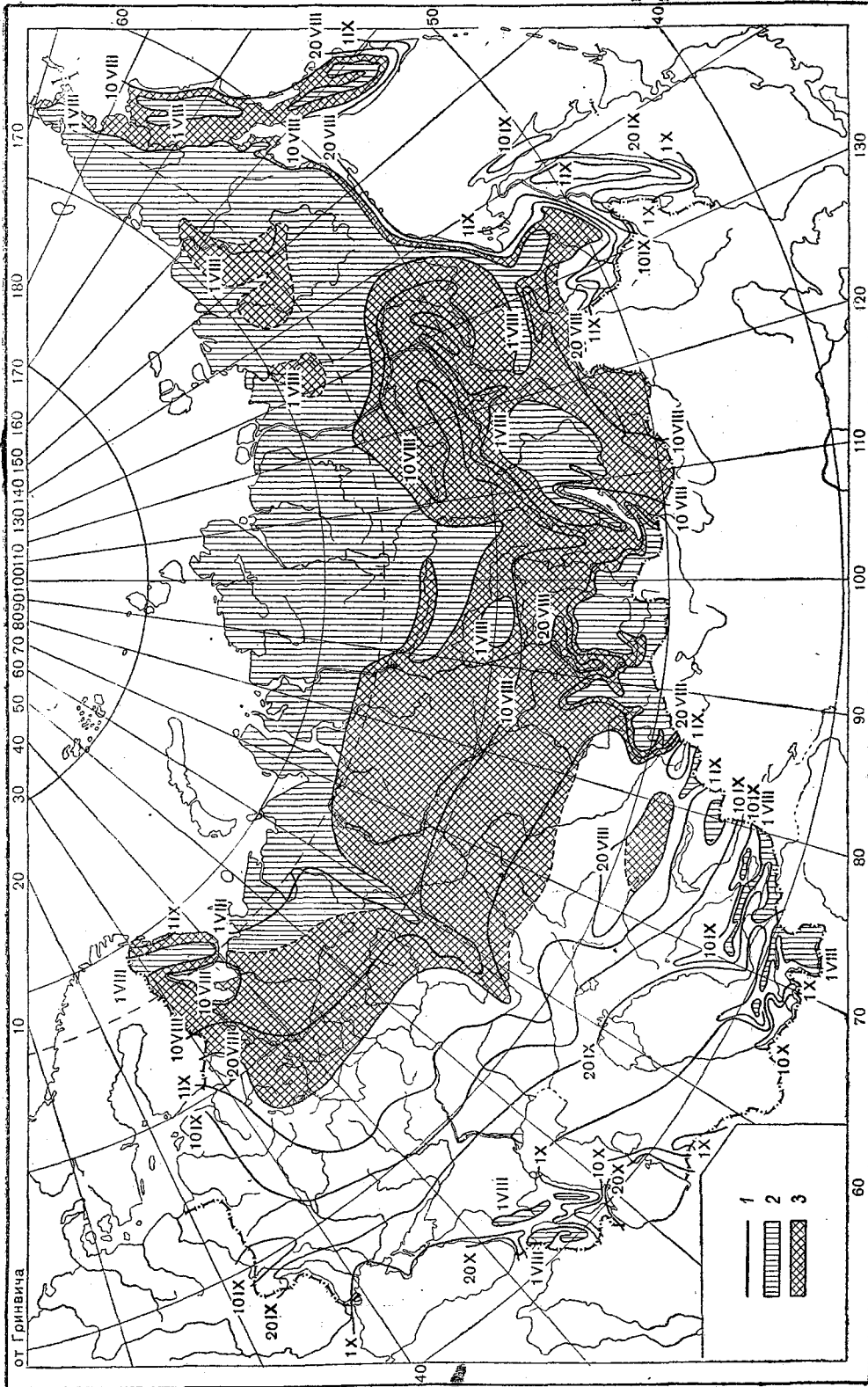


Рис. 24. Самые ранние возможные заморозки в воздухе осенью.

1 --- даты самых ранних возможных заморозков в воздухе на ровном открытом месте; 2 — заморозки в воздухе возможны в течение всего лета; 3 — в июле и в начале августа возможны заморозки на поверхности почвы и в морозобойных положениях в воздухе.

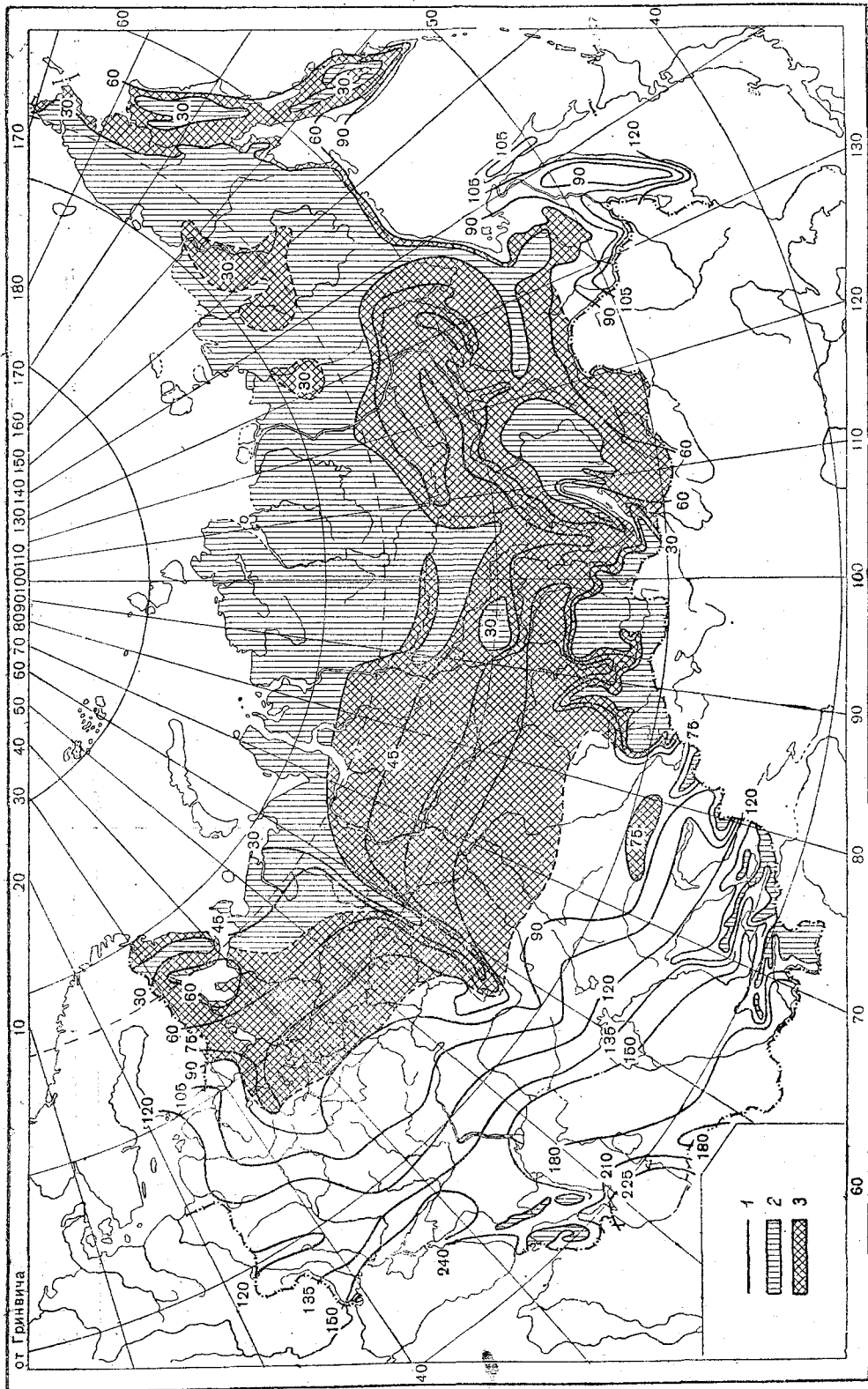


Рис. 25. Наименьший безморозный период.

1 — длительность наименьшего безморозного периода в воздухе в дни на ровном открытом месте; 2 — заморозки в воздухе возможны в течение всего лета; 3 — в июле и начале августа возможны заморозки на поверхности почвы и в морозобойных положениях в воздухе.

месте в среднем на 10—12 дней позднее указанных на карте весной и на столько же раньше осенью (см. выше).

При изменениях в местоположении как в сторону уменьшения морозоопасности (моря, города, положительные формы рельефа), так и при увеличении ее (долины,

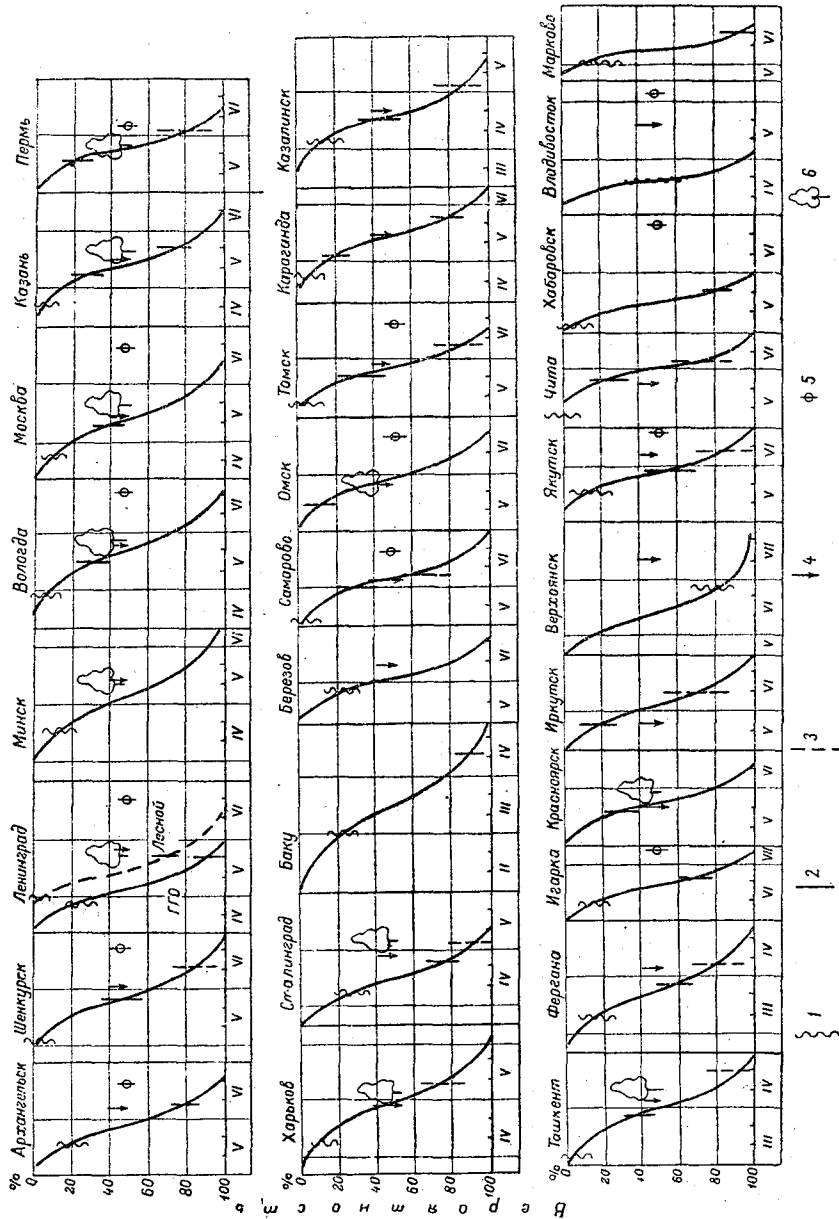


Рис. 26. Вид кривых вероятностей прекращения заморозков в СССР.

1 — средняя дата наступления среднесуточной температуры воздуха выше 5°; 2 — то же выше 10°; 3 — то же выше 15°; 4 — средняя дата появления всходов яровой пшеницы; 5 — то же картофеля; 6 — средняя дата зацветания вишни.

поляны), в снятые с карты даты крайних величин необходимо вносить соответствующие поправки, аналогичные табл. 7, но уменьшенные против таблицы на 3—4 дня как для весны, так и для осени.

Крайние многолетние даты заморозков всегда определяются исключительно сильной, ненормальной для соответствующего периода весны или осени адвекцией холодной воздушной массы, с последующим радиационным выстыванием ее. Вследствие особенностей процесса возникновения, интенсивность заморозков, наблюдающихся

Сводная таблица времени прекращения и наступления заморозков

№ станции	Станции	Широта	Долгота	Высота	Средняя дата заморозка в воздухе	Крайняя возможная дата заморозка в воздухе	Даты установле- суточной		
							5°	10°	
1	Хибины . . . . .	67°43'	33°15'	135	11/VI	14	12/VII	26/V	22/VI
2	Нарьян-Мар . . .	67 39	53 07	10	16/VI	—	13/VII	8/VI	26/VI
3	Архангельск . . .	64 34	40 30	6	29/V	11	23/VI	16/V	8/VI
4	Шенкурск . . . .	62 06	42 54	62	27/V	13	25/VI	1/V	25/V
5	Сыктывкар . . . .	61 43	50 50	121	28/V	12	24/VI	4/V	27/V
6	✓ Ленинград . . . .	59 56	30 16	6	4/V	11	29/V	25/IV	19/V
7	✓ Псков . . . . .	57 50	28 21	52	6/V	16	11/VI	19/IV	11/V
8	✓ Боровичи <i>Ноб.</i>	58 25	33 54	106	14/V	12	14/VI	20/IV	12/V
9	Смоленск . . . . .	54 48	32 05	241	4/V	14	6/VI	18/IV	7/V
10	Минск . . . . .	53 54	27 34	211	4/V	16	12/VI	15/IV	2/V
11	Вологда . . . . .	59 14	39 53	122	21/V	13	19/VI	26/IV	15/V
12	Кострома . . . . .	57 46	40 56	117	7/V	12	3/VI	22/IV	10/V
13	Москва . . . . .	55 50	37 33	167	12/V	14	12/VI	21/IV	9/V
14	Горький . . . . .	56 16	44 00	152	6/V	12	2/VI	19/IV	7/V
15	Киров . . . . .	58 36	49 40	181	20/V	13	18/VI	28/IV	16/V
16	Мологов . . . . .	57 59	56 15	163	23/V	10	15/VI	27/IV	16/V
17	Казань . . . . .	55 47	49 08	80	10/V	13	10/VI	20/IV	6/V
18	Киев . . . . .	50 24	30 27	183	18/IV	12	15/V	8/IV	28/IV
19	Курск . . . . .	51 45	36 12	236	29/IV	15	30/V	14/IV	3/V
20	Харьков . . . . .	50 00	34 14	140	30/IV	16	5/VI	8/IV	28/IV
21	Мичуринск . . . .	52 53	40 31	152	6/V	12	2/VI	17/IV	4/V
22	Пенза . . . . .	53 11	45 01	235	5/V	12	4/VI	18/IV	4/V
23	Саратов . . . . .	51 32	46 03	60	28/IV	15	4/VI	14/IV	26/IV
24	Кировоград . . . .	48 31	32 17	123	24/IV	14	29/V	4/IV	25/IV
25	Одесса . . . . .	46 29	30 44	65	5/IV	14	4/V	31/III	24/IV
26	Николаев . . . . .	46 58	32 04	55	10/IV	10	3/V	28/III	19/IV
27	Ворошиловград . .	48 38	39 29	45	28/IV	14	1/VI	4/IV	22/IV
28	Ростов на Дону . .	47 13	39 42	48	14/IV	13	13/V	31/III	19/IV
29	Сталинград . . . .	48 42	44 31	42	15/IV	12	15/V	7/IV	23/IV
30	Астрахань . . . . .	46 21	48 02	—14	12/IV	10	6/V	1/IV	19/IV
31	Ставрополь . . . .	45 03	41 59	575	23/IV	12	28/V	5/IV	30/IV
32	Симферополь . . .	44 57	34 06	223	23/IV	14	24/V	23/III	22/IV
33	Ялта . . . . .	44 30	34 10	4	24/III	14	24/IV	3/III	12/IV

<sup>1</sup> Массовые всходы ячменя.

<sup>2</sup> Даты в скобках вычислены по климатическим данным.

в воздухе и соответствующих им термических и фенологических явлений

Средние температуры воздуха		Даты массовых всходов		Средние даты зацветания		Распускание почек винограда	Средние даты заморозка в воздухе	°	Крайняя возможная дата заморозка в воздухе	Даты прекращения среднесуточных температур воздуха		№ станции
13°	15°	яровой пшеницы	картофеля	черемухи	вишни					10°	5°	
12/VII	—	10/VI <sup>1</sup>	—	—	—	—	7/IX	13	9/VIII	25/VIII	21/IX	1
—	—	10/V <sup>1</sup>	—	—	—	—	17/IX	—	4/VIII	14/VIII	21/IX	2
27/VI	10/VII	7/VI	21/VI	16/VI	—	—	26/IX	12	30/VIII	1/IX	27/IX	3
12/VI	24/VI	1/VI	—	30/V	—	—	9/IX	14	9/VIII	5/IX	29/IX	4
13/VI	24/VI	1/VI	2/VII	26/V	—	—	9/IX	14	30/VII	3/IX	25/IX	5
6/VI	18/VI	24/V	21/VI	23/V	23/V	—	11/X	14	16/IX	18/IX	15/X	6
30/V	12/VI	21/V	14/VI	16/V	17/V	—	3/X	13	4/IX	19/IX	15/X	7
1/VI	17/VI	23/V	16/VI	22/V	26/V	—	23/IX	12	26/VIII	15/IX	10/X	8
26/V	7/VI	14/V	14/VI	13/V	12/V	—	2/X	11	7/IX	18/IX	14/X	9
25/V	8/VI	13/V	12/VI	9/V	12/V	—	3/X	12	6/IX	23/IX	20/X	10
3/VI	16/VI	24/V	20/VI	23/V	25/V	—	17/IX	14	13/VIII	10/IX	4/X	11
28/V	11/VI	21/V	20/VI	19/V	22/V	—	28/IX	12	1/IX	13/IX	7/X	12
28/V	9/VI	14/V	20/VI	15/V	20/V	—	27/IX	10	4/IX	16/IX	10/X	13
23/V	2/VI	20/V	18/VI	17/V	20/V	—	4/X	10	11/IX	18/IX	9/X	14
4/VI	16/VI	22/V	—	18/V	(20/V) <sup>2</sup>	—	21/IX	10	29/VIII	11/IX	30/IX	15
2/VI	14/VI	23/V	24/VI	24/V	(24/V)	—	19/IX	10	24/VIII	12/IX	1/X	16
15/V	29/V	20/V	17/VI	16/V	19/V	—	25/IX	10	2/IX	19/IX	10/X	17
12/V	21/V	27/IV	—	5/V	8/V	—	16/X	10	20/IX	3/X	27/X	18
17/V	26/V	10/V	—	10/V	12/V	—	9/X	10	16/IX	25/IX	19/X	19
9/V	20/V	28/IV	—	3/V	4/V	—	8/X	11	10/IX	1/X	25/X	20
18/V	26/V	12/V	—	11/V	12/V	15/V	27/IX	11	31/VIII	23/IX	16/X	21
12/V	27/V	12/V	—	13/V	13/V	13/V	4/X	10	11/IX	22/IX	13/X	22
9/V	17/V	8/V	28/V	10/V	9/V	9/V	7/X	11	12/IX	28/IX	17/X	23
7/V	15/V	20/IV	—	28/IV	30/IV	5/V	4/X	13	5/IX	8/X	31/X	24
5/V	15/V	15/IV	—	27/IV	28/IV	4/V	5/XI	16	27/IX	19/X	11/XI	25
2/V	10/V	20/IV	—	27/IV	28/IV	29/IV	30/X	14	25/IX	18/X	9/XI	26
3/V	12/V	25/IV	—	30/IV	3/V	2/V	29/IX	12	31/VIII	7/X	30/X	27
3/V	9/V	20/IV	—	28/IV	30/IV	29/IV	14/X	13	15/IX	15/X	4/XI	28
3/V	10/V	28/IV	—	2/V	4/V	3/V	14/X	10	24/IX	9/X	28/X	29
28/IV	4/V	15/IV	—	30/IV	1/V	29/IV	17/X	11	22/IX	14/X	4/XI	30
16/V	27/V	20/IV	—	—	8/V	10/V	15/X	—	—	11/X	4/XI	31
6/V	17/V	—	—	—	28/IV	2/V	17/X	17	9/IX	23/X	14/XI	32
29/IV	10/V	—	—	—	—	22/IV	24/XI	18	15/X	9/XI	28/XII	33

№ станции	Станции	Широта	Долгота	Высота	Средняя дата заморозка в воздухе	σ	Крайняя возможная дата заморозка в воздухе	Даты установле- суточной	
								5°	10°
34	Сочи . . . . .	43°34'	39°45'	78	26/II	20	6/IV	—	2/IV
35	Батуми . . . . .	41 39	41 38	3	25/II	20	2/IV	—	3/IV
36	Тбилиси . . . . .	41 41	44 57	409	24/III	13	27/IV	4/III	6/IV
37	Баку . . . . .	40 21	49 51	-13	15/III	20	30/IV	1/III	12/IV
38	Березов . . . . .	63 56	65 06	41	2/VI	10	25/VI	25/V	14/VI
39	Самарово . . . . .	60 58	69 04	44	4/VI	11	9/VII	12/V	1/VI
40	Свердловск . . . . .	56 50	60 38	282	29/V	10	21/VI	25/IV	16/V
41	Курган . . . . .	55 26	65 23	75	16/V	12	12/VI	22/IV	8/V
42	Омск . . . . .	55 01	73 19	105	27/V	12	23/VI	27/IV	13/V
43	Томск . . . . .	56 26	84 58	121	25/V	9	15/VI	5/V	21/V
44	Караганда . . . . .	49 48	73 09	537	13/V	12	8/VI	21/IV	3/V
45	Барнаул . . . . .	53 20	83 48	157	22/V	12	18/VI	25/IV	11/V
46	Зайсан . . . . .	47 28	84 55	603	5/V	12	1/VI	13/IV	25/IV
47	Алма-Ата . . . . .	43 11	77 00	674	15/IV	11	16/V	26/III	13/IV
48	Казалинск . . . . .	45 46	62 07	63	18/IV	15	22/V	4/IV	17/IV
49	Туркестан . . . . .	43 18	68 13	223	5/IV	16	11/V	14/III	30/III
50	Ташкент . . . . .	41 20	69 18	479	30/III	17	15/V	5/III	27/III
51	Фергана . . . . .	40 24	71 47	578	23/III	14	23/IV	8/III	25/III
52	Термез . . . . .	37 12	67 15	302	16/III	14	15/IV	14/II	11/III
53	Ашхабад . . . . .	38 00	58 18	227	16/III	16	12/IV	21/II	18/III
54	Игарка . . . . .	67 26	86 29	31	18/VI	—	—	9/VI	23/VI
55	Енисейск . . . . .	58 27	92 09	78	29/V	10	28/VI	10/V	28/V
56	Красноярск . . . . .	56 02	92 45	156	22/V	10	14/VI	29/IV	18/V
57	Иркутск . . . . .	52 16	104 21	467	4/VI	10	27/VI	3/V	25/V
58	Олекминск . . . . .	60 22	120 24	152	29/V	10	21/VI	14/V	28/V
59	Якутск . . . . .	62 05	129 45	102	26/V	10	18/VI	14/V	27/V
60	Верхоянск . . . . .	67 33	133 23	122	5/VI	12	29/VI	24/V	6/VI
61	Чита . . . . .	52 02	113 30	683	1/VI	8	21/VI	5/V	24/V
62	Благовещенск . . . . .	50 16	127 36	142	9/V	5	26/V	21/IV	11/V
63	Хабаровск . . . . .	48 28	135 03	40	4/V	7	23/V	21/IV	10/V
64	Владивосток . . . . .	43 07	131 55	29	20/IV	6	8/V	19/IV	19/V
65	Циммермановка . . . . .	51 19	139 11	26	30/V	8	19/VI	8/V	31/V
66	Охотск . . . . .	59 21	143 17	6	7/VI	6	25/VI	14/VI	2/VII
67	Ключевское . . . . .	56 21	160 48	30	31/V	6	17/VI	19/V	12/VI
68	Марково . . . . .	64 45	170 50	26	6/VI	6	24/VI	31/V	15/VI

<sup>1</sup> Массовые всходы ячменя.

<sup>2</sup> Даты в скобках вычислены по климатическим данным.

Средне-температуры воздуха		Даты массовых всходов		Средние даты зацветания		Распускание почек винограда	Средние даты заморозка в воздухе	°	Крайняя возможная дата заморозка в воздухе	Даты прекращения среднесуточных температур воздуха		№ станции
13°	15°	яровой пшеницы	картофеля	черемухи	вишни					10°	5°	
27/IV	13/V	—	—	—	—	12/IV	12/XII	21	2/XI	24/XI	—	34
27/IV	11/V	—	—	—	—	13/IV	30/XII	21	2/XI	3/XII	—	35
25/IV	6/V	—	—	—	—	16/IV	13/XI	12	16/X	2/XI	29/XI	36
27/IV	7/V	—	—	—	—	22/IV	25/XII	17	21/XI	20/XI	30/XII	37
30/VI	—	10/VI <sup>1</sup>	—	—	—	—	11/IX	15	4/VIII	31/VIII	22/IX	38
12/VI	20/VI	4/VI	18/VI	—	—	—	19/IX	12	23/VIII	8/IX	30/IX	39
3/VI	12/VI	26/V	21/VI	25/V	(26/V) <sup>2</sup>	—	17/IX	10	15/VIII	11/IX	1/X	40
21/V	30/V	17/V	—	23/V	(26/V)	—	20/IX	13	21/VIII	18/IX	6/X	41
25/V	3/VI	24/V	18/VI	22/V	(25/V)	—	20/IX	10	28/VIII	17/IX	5/X	42
6/VI	14/VI	27/V	18/VI	28/V	(30/V)	—	18/IX	10	16/VIII	13/IX	1/X	43
22/V	27/V	14/V	—	—	—	—	20/IX	—	—	21/IX	10/X	44
27/V	2/VI	15/V	14/VI	—	(25/V)	—	16/IX	8	23/VIII	19/IX	8/X	45
10/V	18/V	5/V	—	—	(9/V)	5/V	10/X	9	20/IX	25/IX	13/X	46
3/V	8/V	12/IV	—	—	(25/IV)	23/IV	14/X	9	23/IX	12/X	1/XI	47
27/IV	3/V	20/IV	—	—	—	27/IV	12/X	10	19/IX	9/X	26/X	48
12/IV	18/IV	1/IV	—	—	—	10/IV	19/X	12	22/IX	18/X	7/XI	49
6/IV	19/IV	4/IV	—	—	—	6/IV	21/X	11	26/IX	27/X	28/XI	50
6/IV	15/IV	5/IV	—	—	—	5/IV	24/X	10	1/X	27/X	19/XI	51
23/III	2/IV	7/III	—	—	—	21/III	10/XI	13	8/X	18/XI	17/XII	52
30/III	9/IV	1/III	—	—	—	28/III	1/XI	13	3/X	10/XI	9/XII	53
9/VII	—	10/VI <sup>1</sup>	8/VII	—	—	—	3/IX	—	—	23/VIII	13/IX	54
7/VI	17/VI	3/VI	—	30/V	—	—	10/IX	10	2/VIII	8/IX	25/IX	55
31/V	4/VI	20/V	—	26/V	—	—	18/IX	8	29/VIII	15/IX	2/X	56
10/VI	20/VI	24/V	15/VI	30/V	—	—	8/IX	8	19/VIII	7/IX	27/IX	57
9/VI	17/VI	30/V	16/VI	—	—	—	9/IX	8	11/VIII	4/IX	21/IX	58
7/VI	13/VI	5/VI	17/VI	—	—	—	3/IX	9	13/VIII	2/IX	17/IX	59
20/VI	11/VII	10/VI <sup>1</sup>	—	—	—	—	17/VIII	13	19/VII	20/VIII	7/IX	60
4/VI	12/VI	22/V	—	—	—	—	7/IX	10	5/VIII	9/IX	26/IX	61
27/V	4/VI	20/V	—	—	—	—	29/IX	8	9/IX	22/IX	7/X	62
26/V	2/VI	18/V	14/VI	—	—	—	10/X	7	24/IX	30/IX	15/X	63
10/VI	24/VI	20/V	5/VI	—	—	—	23/X	7	4/X	13/X	30/X	64
12/VI	24/VI	—	—	—	—	—	28/IX	6	2/IX	24/IX	10/X	65
—	—	—	—	—	—	—	23/IX	6	5/IX	9/IX	27/IX	66
—	—	—	—	—	—	—	21/IX	6	3/IX	7/IX	1/X	67
7/VII	—	—	—	—	—	—	23/VIII	6	7/VIII	17/VIII	8/IX	68

в крайние даты, относительно велика и время прекращения заморозков разной интенсивности сближается до 1—2 дней, во многих случаях сливаясь в одну общую дату. Крайние даты прекращения заморозков на поверхности почвы вследствие этой причины во многих случаях наблюдаются лишь на 2—3 дня позднее, чем заморозки в метбудке, определяясь одной общей волной холода.

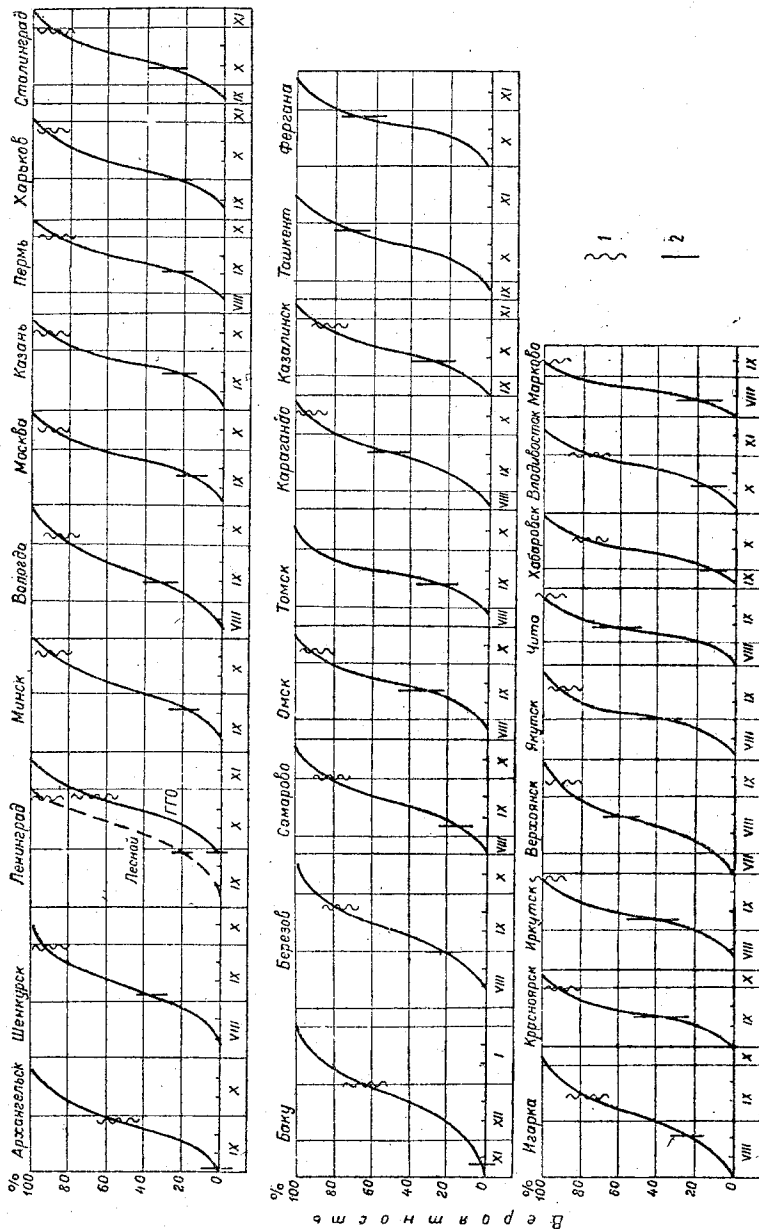


Рис. 27. Вид кривых вероятностей наступления заморозков в СССР.  
1 — средняя дата прекращения среднесуточной температуры воздуха выше 5°; 2 — то же выше 10°.

В силу этой же причины происходит сближение крайних дат весенних заморозков между ровным местом и низменностью, долинами и полянами, которые в средних условиях погоды значительно сокращают безморозный период по сравнению с ровным местом (табл. 7). При интенсивных поздних адвекциях холодных воздушных масс, определяющих крайние даты наступления заморозков, запоздание



этих дат в пониженных формах рельефа ограничивается несколькими днями для весенних заморозков.

Осенью, наоборот, на фоне общего начинающегося падения температуры очень ранняя холодная волна может не вызвать заморозка на ровном месте, но проявиться в пониженных формах рельефа, на заболоченных участках, на свежих пашнях, торфяниках, полянах, давая большой разрыв между крайними датами заморозков на ровном месте и указанными выше местоположениями. Как известно из наблюдений, ранние августовские (для большей части Союза) и июльские заморозки в северной части его возникают только в морозобойных положениях.

Средняя температура средней даты заморозка дает возможность оценить уровень температур весны и осени, при которых заканчиваются заморозки. Графики вероятностей заморозков в воздухе (рис. 26 и 27), а также табл. 26, на цифровом материале которой они были построены, дают наглядное представление о том термическом и фенологическом фоне, на котором проходят периоды заморозков в разных частях СССР.

Рассмотрение этих графиков показывает, что весной в западных районах Союза и на побережьях морей заморозки в некоторые годы оканчиваются до установления среднесуточной температуры  $5^{\circ}$  и лишь изредка могут наблюдаться после установления среднесуточной температуры  $10^{\circ}$ . Соответственно с этим вероятность наступления заморозков во время цветения плодовых и появления всходов теплолюбивых культур незначительна.

В континентальных районах заморозки никогда не прекращаются ранее установления среднесуточной температуры  $5^{\circ}$  и могут продолжаться в течение длительного времени (до месяца) после установления среднесуточной температуры  $10^{\circ}$ . Соответственно с этим изменяется и фенологический фон, на котором происходят заморозки, и вероятность повреждения заморозками ряда теплолюбивых культур резко возрастает.

Используя закономерности, установленные выше в отношении интенсивности заморозков и изменения этих интенсивностей по горизонтали и вертикали, а также во времени, можно на основании данных о датах первого и последнего мороза в воздухе, на высоте 2 м, приводимых в климатологических справочниках, рассчитать целый ряд хозяйственно важных в условиях конкретного места характеристик заморозков с учетом мезоклимата. Так например:

- 1) возможно определить вероятность наступления заморозка любой интенсивности в воздухе на заданное число вегетационного периода для ровного открытого места;
- 2) определить возможные колебания в интенсивности заморозков на любой отрезок времени, с учетом вероятности наступления их;
- 3) перейти от заморозка в воздухе к интенсивности заморозка на поверхности почвы в зависимости от условий погоды и местоположения;
- 4) перейти от заморозков на ровном открытом месте к заморозкам в разных условиях рельефа и близости водоемов, с учетом времени наступления и интенсивности их.

Расчет всех этих основных характеристик и особенностей в распределении заморозков дает возможность перейти к оценке опасности их для растения и частоты этих опасных заморозков в конкретных условиях географического района.

## *Глава V*

### **ВЕРОЯТНОСТЬ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗАМОРОЗКАМИ КУЛЬТУР РАЗНОЙ МОРОЗОСТОЙКОСТИ**

Определение климатологической вероятности наступления заморозка для любой части вегетационного периода еще недостаточно для оценки влияния этого заморозка на сельскохозяйственные культуры. Для этой оценки необходимы сведения о фазе культуры к моменту заморозка, об устойчивости ее к понижению температуры в эту фазу, о длительности и интенсивности самого заморозка.

Для непосредственной оценки опасности заморозков для сельскохозяйственных культур на определенной территории могут служить сведения о повреждениях, причиненных заморозками в течение довольно длинного ряда лет из года в год. Впервые такая работа была проделана Е. П. Нарышкиной [4] для юга ЕТС. Собранный ею фактический материал по повреждаемости различных сельскохозяйственных культур заморозками за период с 1922 по 1929 г. позволил оценить различия в повторяемости опасных заморозков для этой территории.

Автором [13] были собраны данные по повреждаемости сельскохозяйственных культур заморозками по всей ЕТС за 1882—1902 гг., использованы материалы Е. П. Нарышкиной, а также наблюдения 55 агрометстанций Союза за 1931—1940 гг.

Обработка этих материалов, неоднородных по своему качеству, но охватывающих достаточно длинный период наблюдений и большую территорию, показал, что для климатологической характеристики опасного заморозка может быть использована вероятность наступления заморозка той интенсивности, которая повреждает культуру в определенной фазе развития, на среднюю дату наступления этой фазы.

Таким образом, для климатологической оценки территории по опасности заморозков для определенной сельскохозяйственной культуры необходимы сведения: 1) о критической температуре повреждения этой культуры заморозком, которые для наиболее ценных и распространенных культур могут быть взяты из работ В. Н. Степанова [9], П. Т. Селянинова [35] и из некоторых других статей; 2) о средней дате наступления различных фаз развития культурных растений и 3) о вероятности наступления заморозка ниже той интенсивности, которая вызывает повреждение растений в этой фазе.

Подбор фенологических материалов по фазам развития отдельных сельскохозяйственных культур затрудняется необходимостью учета сорта культуры, так как известно, насколько значительные изменения в темп развития культур вносят сортовые различия их. Лишь в отдельных случаях одни и те же сорта возделываются на значительных площадях в разных условиях климата. Как правило, с изменением климатических условий изменяются и культивируемые сорта и соответственно сдвигаются средние сроки фаз растений.

Имеющиеся карты и даты средних сроков фенологических явлений относятся, главным образом, к моменту посева и уборки культур, представляющих наибольший производственный интерес, и лишь в некоторых случаях — к фазе цветения (например плодовых). Данные о времени появления всходов культур на больших площадях обычно отсутствуют. Все указанные моменты создают большие затруднения для сравнительной сельскохозяйственной оценки морозоопасности территории Союза в отношении заморозков.

## 1. ЯРОВАЯ ПШЕНИЦА

По классификации В. Н. Степанова яровая пшеница в фазе формирования листового аппарата (полные всходы) относится к группе наиболее морозостойких сельскохозяйственных культур и способна в это время без заметных повреждений переносить заморозки до  $-7$ ,  $-8^{\circ}$  на уровне листовой поверхности. Начало повреждений и частичная гибель растений в этой фазе наблюдается при  $-9$ ,  $-10^{\circ}$  и гибель большинства растений при  $-10$ ,  $-12^{\circ}$ . Г. Т. Селянинов [35] считает критическую низкую температуру для всходов яровой пшеницы в  $-7^{\circ}$ . П. А. Яхтенфельд [36] указывает, что в районе Иркутска „всходы чрезмерно ранних апрельских посевов пшеницы иногда сильно повреждаются заморозками начала мая, достигающими силы  $-8$ ,  $-9^{\circ}$ . В 1944 г. всходы пшеницы разных сортов попали под сильный заморозок 27 мая. В будке температура упала до  $-5,9^{\circ}$ , а над поверхностью почвы до  $-8,9^{\circ}$ . Внешне заметных повреждений не было“, и дальше в тексте отмечает, что в этом районе весенние заморозки лишь изредка повреждают всходы яровой пшеницы.

Анализ повреждаемости сельскохозяйственных культур заморозками по ЕТС на основании указанных выше материалов показал, что всходы яровой пшеницы в этой части Союза заморозками не повреждаются. Имеющиеся отметки о повреждении

всходов „яровых зерновых“ относятся в большинстве случаев к ячменю, изредка к овсу, критическая температура повреждений всходов которых по сводке Степанова на 2—3° выше, чем у яровой пшеницы.

На рис. 28 в виде графика дается изменение морозостойкости яровой пшеницы в разные фазы ее развития по соответствующим календарным отрезкам, параллельно приведена вероятность наступления заморозков разной интенсивности также с учетом календарного времени. Пересечение линий, характеризующих морозостойкость яровой пшеницы, с вероятностью заморозка означает возможность повреждений

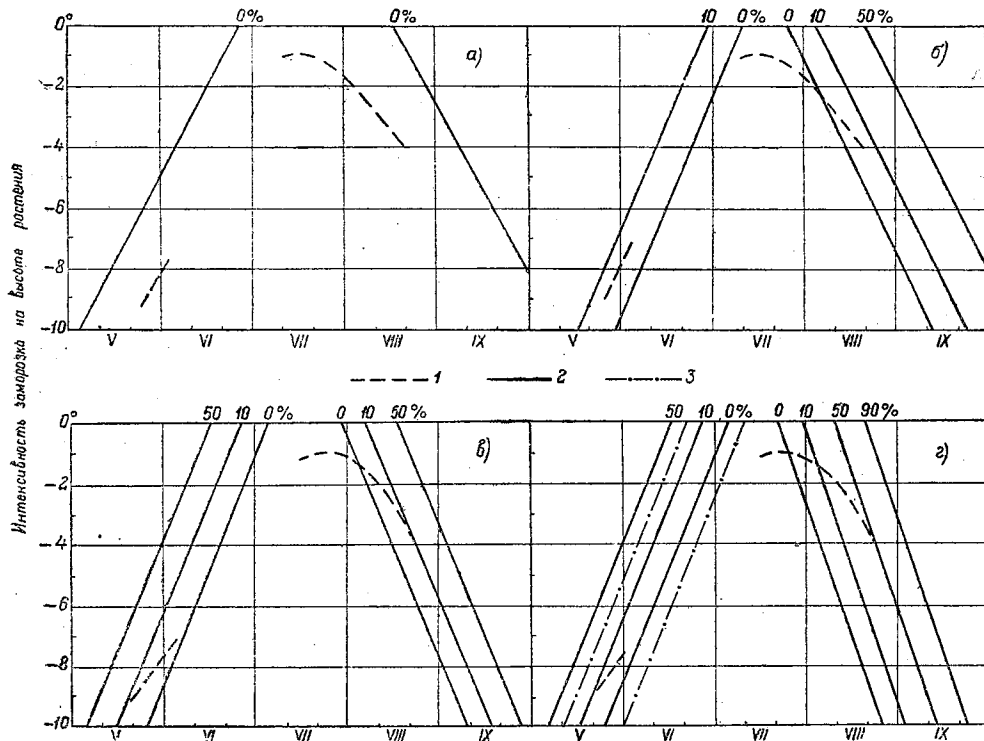


Рис. 28. Вероятность повреждений от заморозков яровой пшеницы на разных фазах развития (Лютестенц 062).

а) Ленинградская область (ровное место); б) Омский район (ровное место) Баяндай; в) Иркутская область (ровное место) Иркутская агрометеостанция; г) Иркутская область (низина) Иркутская агрометеостанция.  
1) — критическая температура повреждения яровой пшеницы заморозком на разных фазах; 2 — вероятность наступления заморозков разной интенсивности (%); 3 — вероятность, после приведения к длинному ряду лет наблюдений.

этой культуры; отсутствие таких пересечений говорит о том, что повреждений от заморозков ожидать нельзя.

Сопоставление среднего времени появления всходов яровой пшеницы с вероятностью наступления заморозков интенсивностью порядка —8, —9° на уровне почвы (—5, —6° в метбудке) для ЕТС показывает, что на этой территории возможность повреждений всходов яровой пшеницы весенними заморозками близка к нулю, что видно и из рис. 28а.

В Западной и Восточной Сибири вероятность повреждений всходов яровой пшеницы, определенная тем же способом, повышается до 10—15% для ровного места и до 30—40% для морозобойных положений в падах, мелких долинах и т. п. Однако эти повреждения в большинстве случаев выражаются в пожелтении имеющих к моменту заморозка листьев, после чего растение оправляется, и урожайность не снижается. Вероятность гибели растения от заморозка и в этих суровых условиях близка к нулю.

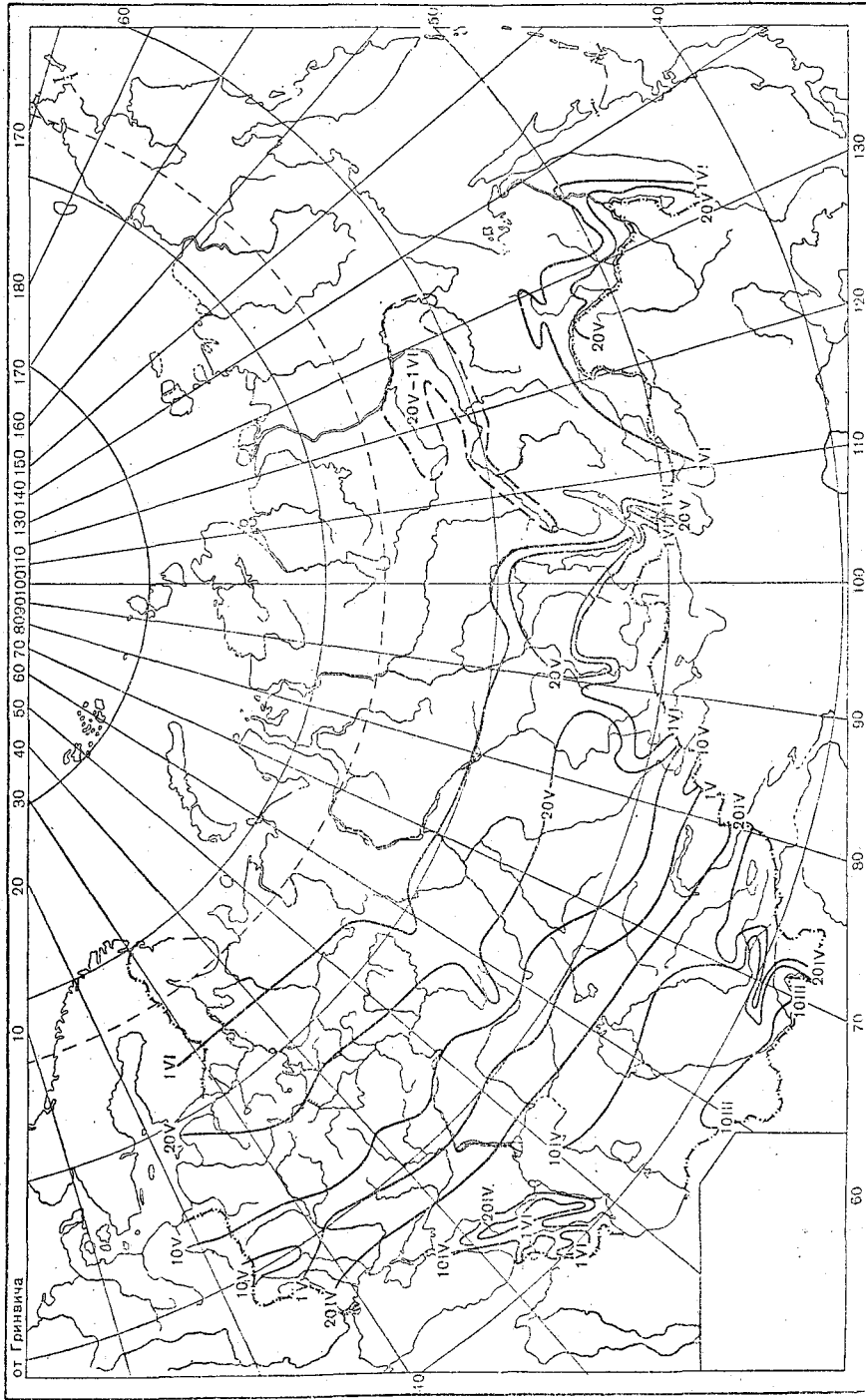


Рис. 29. Изофаны всходов яровой пшеницы.

Данные о среднем времени появления всходов яровой пшеницы сняты с карты (рис. 29), составленной автором по материалам отдела сельскохозяйственной метеорологии Всесоюзного института растениеводства, обработанным А. Я Молибога на основании 11-летних наблюдений Госсортосети (за период 1924—1935 г.)

Во время цветения морозостойкость генеративных органов пшеницы незначительна ( $-1, -2^{\circ}$  на уровне растения) (В. Н. Степанов [9]). Падение минимальной температуры ниже  $-2^{\circ}$  вызывает гибель цветов. В северных районах ЕТС и в Западной, а также Восточной Сибири в пределах фактического ареала яровой пшеницы фаза цветения ее в зависимости от района и сорта падает на вторую и третью декады июля (по тем же материалам ВИРа). Вероятность наступления даже слабых заморозков на поверхности почвы (и растения) порядка  $-1, -2^{\circ}$ , при положительной температуре в будке для ровного открытого места, т. е. для нормального положения поля, в этих районах менее 10%, откуда следует, что возможность повреждения заморозками яровой пшеницы в фазе цветения здесь не превышает одного раза за 10—15 лет, увеличиваясь в морозобойных положениях до 15—20%, т. е. раз в 5—6 лет.

При начале созревания, в фазе молочной спелости, зерно яровой пшеницы повреждается легкими заморозками до  $-2^{\circ}$  на уровне растения. При переходе в фазу полной спелости морозоустойчивость зерна возрастает до  $-5, -7^{\circ}$ .

По исследованиям Н. Н. Кулешова [37], повреждение заморозком зерна яровой пшеницы в фазе молочной спелости дает шуплое зерно, резко снижает урожайность и хлебопекарные качества его. Морозобойное „зяблое“ зерно приводит к значительному понижению всхожести.

По данным П. А. Яхтенфельда [36], проводившего посеы разных сортов яровой пшеницы под Иркутском в течение 7 лет, морозобойное зерно было отмечено три раза для сортов Лютеценс 062 и Камалинка, два раза в сорте Балаганка и один раз в 1945 г. во всех сортах, в том числе в зерне рекордно-скороспелой Сибирки.

Западносибирские сорта Мильтурум 0321, Цезиум 0111, а также твердые пшеницы давали примесь морозобойного зерна почти ежегодно, а в 1945 г. эти сорта пшеницы дали почти только поврежденное зерно, захваченное заморозком 19 августа.

К сожалению, П. А. Яхтенфельд не указывает более точно расположение поля, на котором производился посев разных сортов яровой пшеницы, вследствие чего очень трудно оценить, насколько широко по территории можно распространить полученные им выводы о большой повреждаемости зерна яровой пшеницы разных сортов в Восточной Сибири.

Повидимому, посеы производились на полях Иркутской агрометстанции, расположенной на низине, в 0,5 км от крутой горы, возвышающейся на 100 м над территорией станции и окружающих ее полей.

По приведенным в работе Яхтенфельда данным по датам заморозков на этой станции за 7 лет, с 1939 по 1945 г., видно, что микроклиматическое положение этих полей неблагоприятно. По сравнению с Иркутской обсерваторией осенние заморозки здесь наступают в среднем за 7 лет на 27 дней раньше, чем в Иркутске, где они запаздывают под влиянием положения метеостанции в городе и в долине реки Ангары (19 августа на агрометстанции и 15 сентября в Иркутске). По сравнению с Баяндаем, расположенным на  $1^{\circ}$  широты севернее агрометстанции и на 300 м выше ее, агрометстанция также оказывается в неблагоприятном положении, причем осенние заморозки в среднем за 4 года начинались здесь на 11 дней раньше, чем на Баяндас (табл. 26а). Условия последнего Яхтенфельд считает типичными для большого района.

Сделать оценку репрезентативности всех указанных станций и определить численные показатели влияния местоположения на данные их наблюдений можно только в том случае, если эти данные приведены к одному длинному ряду, что Яхтенфельд не сделал. Поэтому приходится ограничиться ориентировочной оценкой влияния местоположения полей агрометстанции на морозоопасность их, считая, что здесь осенние заморозки в среднем наступают на 10—12 дней ранее наступления

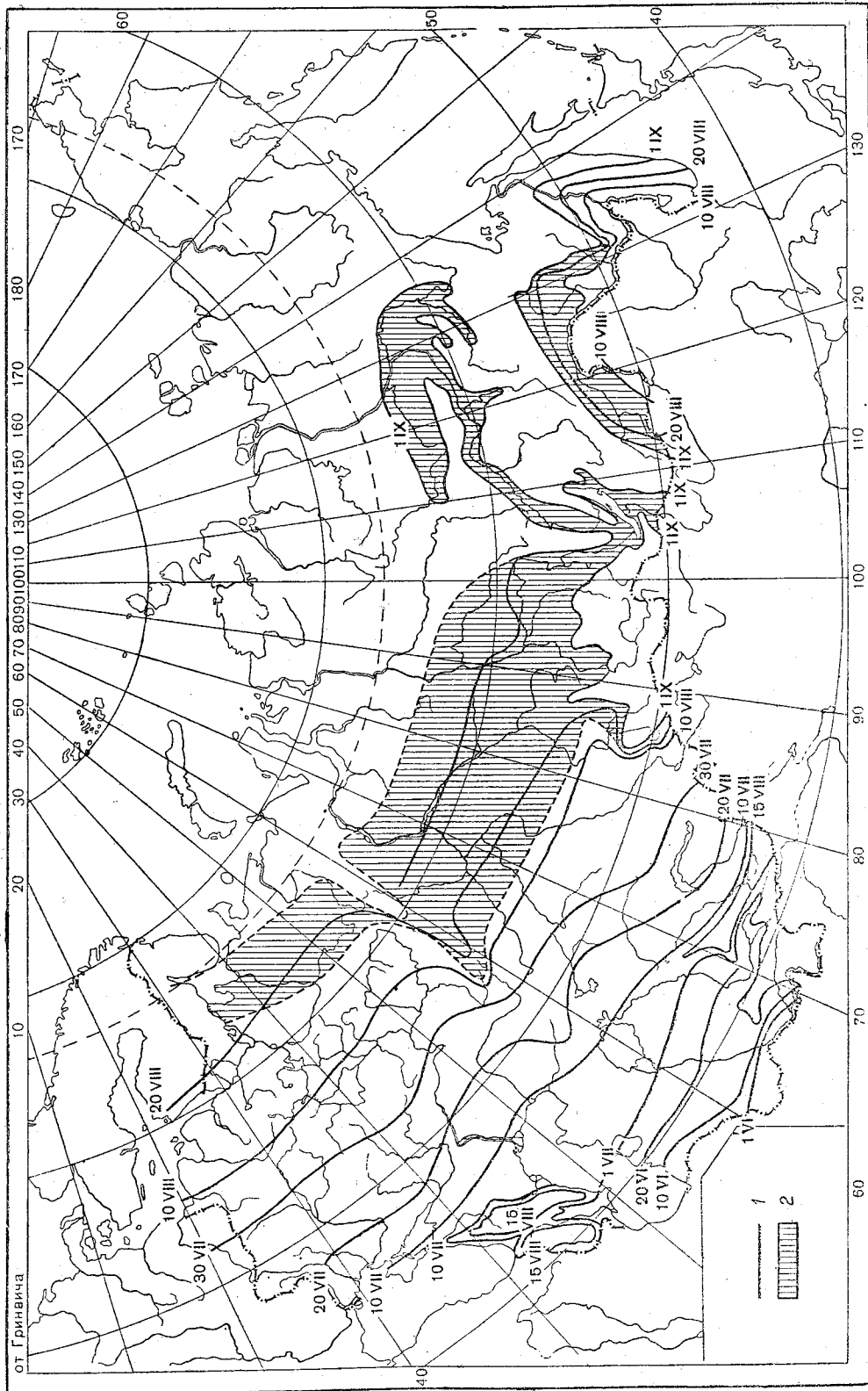


Рис. 30. Изофаны восковой спелости яровой пшеницы Лютестенц 062.

1 — изофаны восковой спелости яровой пшеницы Лютестенц 062; 2 — районы возможных повреждений заморозками яровой пшеницы в период вызревания зерна.

их в нормальном местоположении (Баяндай), вследствие чего морозоопасность их возрастает на 30—35% по сравнению с нормальным положением. При средней дате заморозка в метеобудке 19 августа, вероятность наступления заморозка с интенсивностью до  $-3$ ,  $-4^{\circ}$  на поверхности почвы на 10 августа равна 15%, а на конец месяца (30 августа) — 90%, вследствие чего поздние сорта пшеницы в этих условиях должны давать примесь морозобойного зерна почти ежегодно, что и наблюдалось Яхтенфельдом (рис. 28в и г).

Таблица 26а

Первый осенний заморозок

Год	Агрометстанция		Баяндай	
	дата	сила	дата	сила
1939	28/VIII	-0,2	31/VIII	-4,1
1940	3/VIII	-0,9	9/IX	-0,3
1941	30/VIII	-0,9	28/VIII	-0,4
1942	20/VIII	-0,4	31/VIII	-0,3
	20/VIII		1/IX	

На рис. 28в даны вероятности повреждений яровой пшеницы в Иркутской области при нормальном местоположении (Баяндай), а на рис. 28г учтены даты заморозков Иркутской агрометстанции за 7 лет в том виде, как они приводятся Яхтенфельдом. Учет местоположения Иркутской агрометстанции позволяет считать, что средняя дата заморозков за 7 лет для весны получается раньше многолетней на 6—7 дней, для осени семилетняя дата близка к норме. Поэтому на рис. 28г пунктиром показаны, в дополнение к семилетним средним, определенные нами многолетние вероятности весенних заморозков. Правильность этой поправки подтверждается сильным заморозком 14 июня 1948 г., о котором сообщает Г. В. Анциферов [38]. Все данные по пшенице на рис. 28 относятся к сорту Лютесценс 062.

Для определения вероятности повреждений зерна яровой пшеницы осенними заморозками по территории Союза могли быть использованы данные о времени наступления восковой спелости только для одного сорта пшеницы — Лютесценс 062, территориально наиболее широко распространенного в Союзе, по которому имелся материал в отделе сельскохозяйственной метеорологии ВИРа. Для короткого лета Восточной Сибири этот сорт является слишком позднеспелым и полученные по нему вероятности повреждения зерна заморозками вследствие этого несколько завышены.

На рис. 30 дана оценка морозоопасности территории и выделены районы, в которых яровая пшеница Лютесценс 062 в период созревания подвергается опасности повреждения от заморозков.

Передвижение сроков созревания яровой пшеницы на 10 дней раньше указанных за счет культуры скороспелых сортов ее, может в большинстве районов почти полностью вывести ее из-под угрозы повреждения от осенних заморозков при нормальном положении полей.

## 2. КАРТОФЕЛЬ

Картофель, — культура тропического происхождения, мало устойчивая к заморозкам. По сводке В. Н. Степанова [9], температура повреждения ботвы в течение всего вегетационного периода не меняется. Повреждения ее наблюдаются при минимальной температуре на уровне роста растения ниже  $-2^{\circ}$ , а гибель ботвы при  $-3^{\circ}$ . Цветы повреждаются заморозками той же интенсивности.

По наблюдениям А. И. Руденко [39], цветы картофеля гибнут при  $-1^{\circ}$ , листья при  $-2^{\circ}$ , стебли при  $-3^{\circ}$ , причем температуры повреждения относятся на высоту

2—3 см над поверхностью почвы. Г. Т. Селянинов [35] указывает критически низкую температуру для молодого картофеля в  $-2^{\circ}$ , относя ее к данным метеорологической будки. П. А. Яхтенфельд [36], приводя критическую силу заморозков для ботвы картофеля по наблюдениям в Иркутском районе, указывает интенсивность  $-1,5, -2^{\circ}$  для весенних заморозков и  $-1, -1,5^{\circ}$  для ранних осенних заморозков, относя указанные интенсивности к метбудке. С. А. Сапожникова [40] указывает в работе по Кольскому полуострову что: „заморозки ниже  $-2^{\circ}$  (по данным наблюдений в английской будке) обычно губят всю ботву и тем прекращают вегетацию“. По наблюдениям А. И. Ивановского в северных районах Союза (Институт полярного земледелия), ботва картофеля гибнет при температуре ниже  $-2^{\circ}$  в метеорологической будке.

Таким образом, все авторы указывают критическую температуру гибели ботвы картофеля около  $-2^{\circ}$ , но уровень над поверхностью почвы, к которому относится эта температура, оказывается спорным.

Анализ климатологического материала по вероятности наступления заморозков разной интенсивности и имеющегося в распоряжении автора небольшого материала по повреждаемости ботвы картофеля заморозками в северных районах возделывания его показывает, что заморозки с интенсивностью ниже  $-2^{\circ}$  в метеорологической будке являются губительными для ботвы картофеля. Если заморозок этой интенсивности наблюдается в июле, то ботва заново отрастает и может дать небольшой урожай клубней. Если же ботва погибла от заморозка в первой половине августа, то урожай обычно погибает полностью. Гибель ботвы в конце этого месяца снижает урожай незначительно.

Заморозки до  $-0,5, -1^{\circ}$  в метеорологической будке обычно вызывают лишь частичное подмерзание листьев, после которого растение относительно быстро оправляется.

Л. А. Разумова указывает на большое значение характера почвы, на которой произрастает картофель. Ее наблюдения в течение двух лет на Хибинской опытной станции показали, что один и тот же сорт картофеля (Снежинка) сильно страдал при температурах ниже  $-3,5, -4,0^{\circ}$  на уровне листьев на торфяной влажной почве и почти не повреждался при тех же температурах на минеральных почвах.

Вероятность наступления весной заморозков с интенсивностью ниже  $-2^{\circ}$  в метеорологической будке на ровном открытом месте после появления всходов картофеля практически равна нулю во всем ареале возделывания картофеля, что видно из рис. 26 и табл. 26, в которой средние даты появления массовых всходов картофеля приводятся по данным Госсортсети за 1938—1947 гг., обработанным под руководством А. И. Руденко и любезно предоставленным им автору.

Снижение урожайности картофеля заморозками за счет заморозков в июле и августе отмечается на севере Союза, на Среднем Урале, местами в Восточной Сибири и на Алтае. Карта рис. 31 составлена автором в 1947 г. и рассчитана на интенсивность заморозка ниже  $-2^{\circ}$  в метеорологической будке для ровного открытого места. Как показывает рис. 31, очень большие площади на севере Союза подвергаются сильным заморозкам в июле и особенно часто в августе. В самом северном, выделенном на карте районе ботва картофеля в июле может погибнуть 2—3 раза за 10 лет, а в августе — до 5 раз за 10 лет, причем в 3—4 случаях заморозок наблюдается в течение первой декады месяца, что ведет к полной потере урожая. Общий термический уровень этого района вообще низок, и культура картофеля здесь ведется только в порядке опытов на южной его границе в благоприятных положениях, главным образом, в долинах больших рек (например, в Булуе на р. Лене). Во втором районе гибель ботвы с последующим отрастанием ее возможна в июле 1—2 раза за 10 лет, и в августе от 3 до 5 раз за 10 лет. Процент снижения урожая определяется датой наступления заморозков каждого отдельного года. Заморозки в начале августа имеют такую же вероятность, как в июле, и могут полностью погубить урожай. Возрастание вероятности заморозков в конце месяца сопровождается снижением опасности их для урожая клубней.

В третьем районе опасные заморозки вероятны лишь после 25 августа, т. е. за



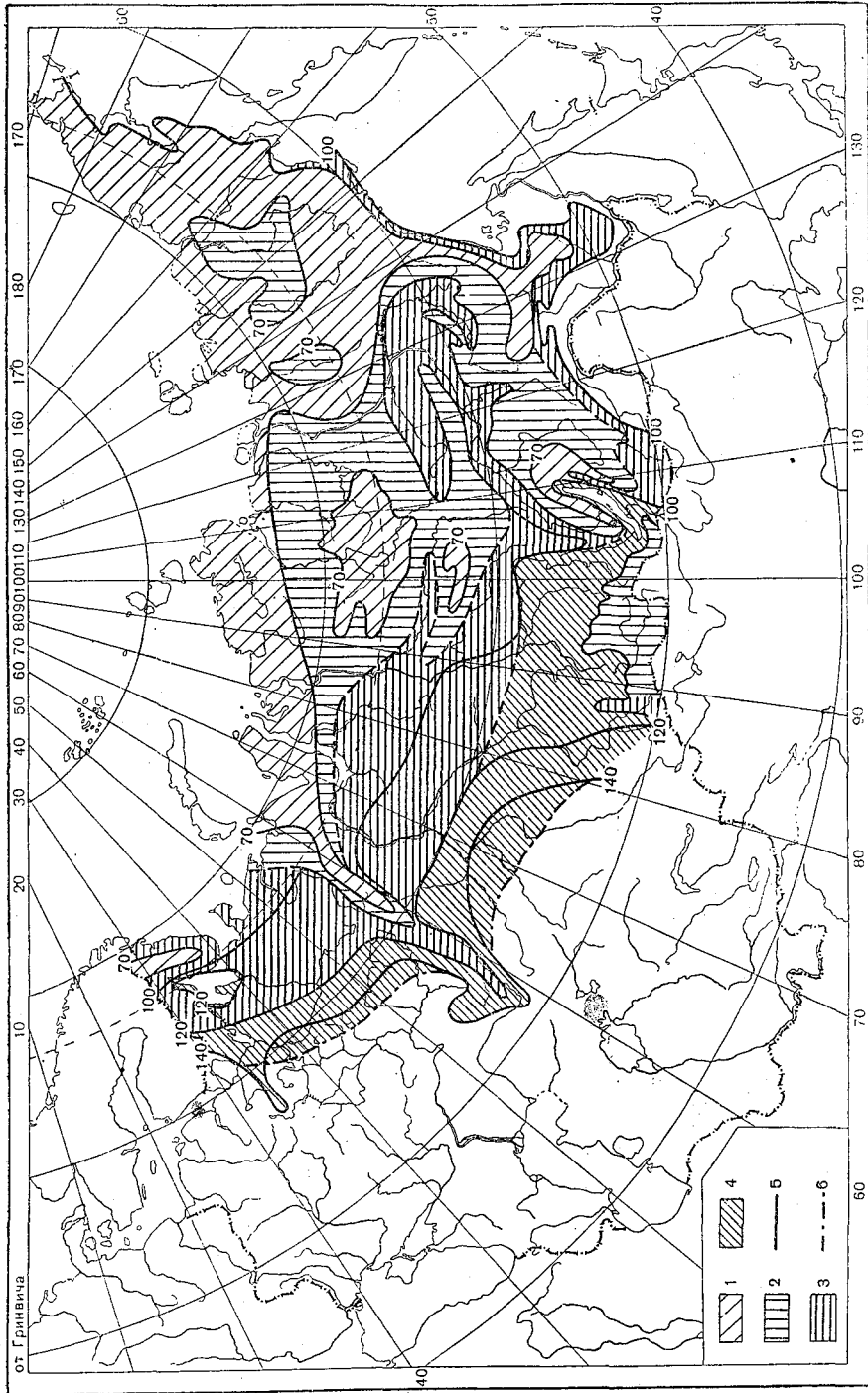


Рис. 31. Вероятность гибели ботвы картофеля от летних и ранних осенних заморозков.

Вероятность опасных заморозков (минимальная температура  $-2^{\circ}$  в метелке).  
 В июле: 1 — более 25%; 2 — от 10 до 25%; 3 — около 10%; 4 — опасных заморозков нет; в августе: 1 — более 5%; 2 — от 25 до 50%; 3 — около 30%;  
 4 — менее 20% в конце месяца; 5 — средняя длительность периода с минимальной температурой выше  $-2^{\circ}$  в днях; 6 — крайняя дата опасного осеннего заморозка 1/IX.

1,5—2 недели до уборки урожая, когда основная масса клубней уже накоплена и гибель ботвы не приводит к резкому снижению урожая.

В четвертом районе снижение урожая районированных сортов картофеля вследствие гибели ботвы от осенних заморозков наблюдается лишь при слишком поздней посадке и плохом микроклиматическом положении поля. Поздние и средние сорта картофеля также находятся здесь под угрозой гибели ботвы от заморозка.

Для средней полосы Союза угроза гибели от осенних заморозков ботвы картофеля нормальных сроков посадки менее 5—8%, т. е. возможна, как исключение, один раз за 15—20 лет.

### 3. ПЛОДОВЫЕ И ВИНОГРАД

Наступление заморозков во время цветения и образования завязи у плодовых деревьев может полностью погубить урожай данного года.

Как показали наблюдения, цветы и молодые завязи погибают при падении температуры ниже 0° в метеорологической будке, хотя в более ранних фазах развития листового аппарата и цветочных почек заморозки значительно большей интенсивности (до -3, -4°) в воздухе переносятся этими растениями без повреждений.

По материалам, приводимым Гарднером, Бредфордом и Гукером [41], а также В. С. Лаврийчук [42], критическая низкая температура, повреждающая тронувшиеся в рост цветочные почки миндаля, абрикоса, персика, вишни, черешни, сливы, яблони и груши, около -4° (-3,8°). Во время цветения первые три из этих культур не переносят падения температуры ниже -3° (-2,8°), остальные — ниже -2° (-2,2°). Молодые завязи всех этих плодовых гибнут при -1°.

Цветочные почки винограда гибнут при -1°, а цветы и завязи его — при -0,5° на уровне роста растений.

Ягодники (ежевика, малина, клубника) теряют цветы и завязи при заморозках около -2° (-2,2°).

Средние даты начала зацветания вишни и яблони (без указания сорта) приводятся в работе Г. Э. Шульца [43] для ЕТС за период 1893—1923 гг. (см. табл. 26). Для азиатской части Союза даты зацветания вишни определены косвенным путем, по изоантам черемухи, зацветание которой почти совпадает с зацветанием ранних сортов сливы, вишни и груши, опережая их в среднем на 2—3 дня. Изоанты черемухи для ЕТС и Сибири взяты из работ П. Корчагина [11, 12].

Яблоня зацветает на 3—4 дня позднее вишни и на 5—6 дней позднее черемухи (по данным Г. Э. Шульца).

В начале вегетации виноградной лозы, которая совпадает с установлением среднесуточных температур воздуха выше 10°, когда почки только что набухают, морозостойкость их относительно велика и заморозки с интенсивностью до -3, -4° не наносят ей серьезных повреждений. Но морозостойкость лозы быстро падает по мере развития почек и, согласно исследованиям Ф. Ф. Давитая [30], дней через 10—12 после начала вегетации заморозки около 0° в метеорологической будке уже могут причинить серьезные повреждения молодой листве и цветочным почкам на лозах.

Принимая начало наиболее морозоопасного периода для виноградной лозы, согласно этим исследованиям, через 10 дней после установления среднесуточной температуры выше 10° для всех сортов ее и сопоставляя его со средними датами зацветания вишни, видим, что эти два явления почти совпадают, отличаясь на 1—2 дня (табл. 26).

Определение возможной повреждаемости заморозком во время цветения — образования завязи — для вишни и фазы после распускания почек — для винограда может быть объединено, причем в расчет принимается падение минимальной температуры ниже 0° в метбудке, показания которой близки к условиям в кроне вишни и лишь в пределах десятых долей градуса превышают минимальные температуры среди лоз (рис. 32) при интенсивности заморозка на поверхности почвы в -3, -4°.

Полученные вероятности повреждений от заморозков также отражают и условия опасности их для ранних сортов сливы и груши. Для яблони, зацветающей на 3—4 дня позднее указанных сроков, опасность заморозков соответственно уменьшается на 5—8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

На юге Молдавии, южном берегу Крыма, Черноморском побережье Кавказа, Талыше, Апшеронском полуострове и к югу от Красноводска эта вероятность близка к нулю, т. е. повреждение возможно лишь в рекордные по запозданию заморозков годы один раз в 30—40 лет.

Один раз в десять лет повреждения могут наблюдаться на побережьях степного Крыма, на побережье Азовского и Каспийского морей, в пределах Северного Кавказа.

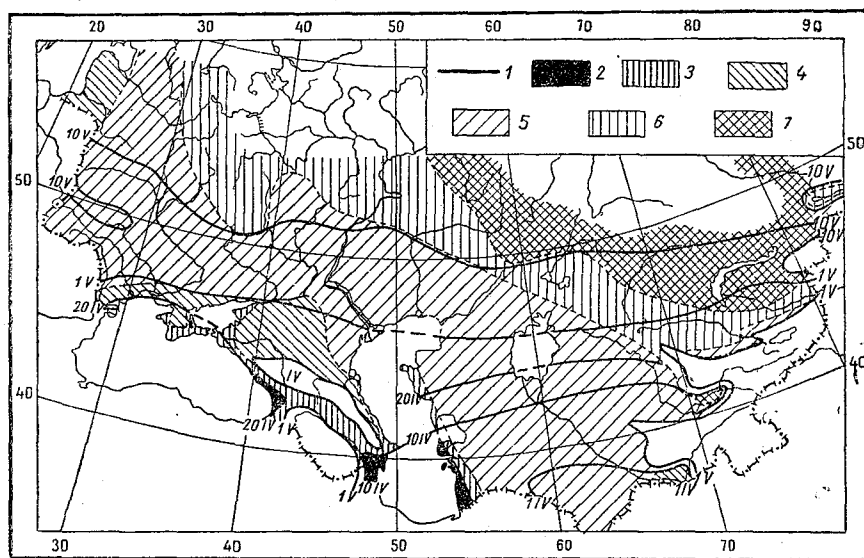


Рис. 32. Карта возможной повреждаемости весенними заморозками виноградной лозы после распускания почек и вишни в период цветения — образования завязи (без применения мер борьбы с заморозками).

1 — средняя дата распускания почек виноградной лозы. Число весен с опасными заморозками за 10 лет: 2 — нет, 3 — от 0—1, 4 — от 1—2, 5 — от 2—3, 6 — от 3—5, 7 — от 5—7.

Относительно невелики площади с возможным повреждением два раза за 10 лет. Сюда относятся юг Украины, плоскостная западная часть Северного Кавказа, а также западная часть БССР и Прибалтика.

Следует отметить относительно малую морозоопасность весной Ферганской долины, закрытой от прорывов холодных масс воздуха северных румбов, а также южных склонов Гиссарского хребта и долин, находящихся под его прикрытием. В этих условиях повторяемость опасного заморозка — менее двух раз за 10 лет.

Повышение морозоопасности до 3—4 раз за 10 лет наблюдается на Волынской, Среднерусской и Приволжской возвышенностях, где расположение садов в пониженных формах рельефа может вести в отдельные годы к потере урожая и для яблони.

Наиболее часты опасные заморозки для виноградной лозы в новых районах возделывания ее в пределах Казахстана, где она может культивироваться при укрытии ее на зиму, так же как и плодовые, культура которых ведется в стелющейся форме по методу Кизюрина. Только западные области Казахской ССР и юг Южноказахстанской области имеют вероятность наступления опасных заморозков меньше 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, т. е. менее трех раз за 10 лет. На большей же части Казахстана опасные заморозки наблюдаются в 6—7 случаев из 10, а при неблагоприятном микроклиматическом положении виноградника или сада могут наступать ежегодно.

В более благоприятном положении находится относительно узкая полоса в горной части Киргизского и Заилийского Ала-Тау, где вероятность наступления опасных заморозков не превышает 20—25%, и в которой расположены основные массивы существующих садов и виноградников этой части Казахстана и Киргизии.

Культура виноградной лозы в степной плоскостной части в Казахстане ведется с прикрытием ее на зиму, что дает возможность избежать указанные опасные заморозки путем искусственной задержки начала вегетации до прекращения их. С этой целью виноградные лозы открывают при среднесуточных температурах порядка 12—14°, значительно позднее возможного начала вегетации.

В основных районах плодоводства и виноградарства в Узбекской и Таджикской ССР вероятность опасного заморозка около 25%, т. е. раз в четыре года, причем эта величина очень сильно варьирует в зависимости от микроклиматического положения точки в условиях изрезанного рельефа. В благоприятных микроклиматических положениях она близка к нулю, повышаясь в морозобойных положениях до 40%.

На Северном Кавказе (Анапа) и в Крыму (Никитский сад) продолжительность межфазного периода от начала вегетации до цветения винограда для среднего сорта равна 40—45 дням [30]. Определяя вероятность наступления опасного заморозка на время цветения винограда получаем: зону, в которой вероятность опасности заморозка на десятый день после начала вегетации винограда менее 10% и ко времени цветения она равна нулю; вторую зону — соответственно 10—20% и нуль, третью зону — 20—30% и менее 5%, четвертую 30—50% и около 8—10% и наиболее морозоопасную — свыше 50% и соответственно 10—15%.

Нельзя забывать, что все приведенные расчеты относятся к ровному месту. В морозобойном положении указанные вероятности возрастают соответственно поправкам, приведенным в табл. 24.

#### 4. ТЕПЛОЛЮБИВЫЕ, НЕУСТОЙЧИВЫЕ К ЗАМОРОЗКАМ ПОЛЕВЫЕ И ОГОРОДНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Целый ряд широко распространенных, главным образом огородных культур, является очень чувствительным к понижению температуры. Часть этих культур южного происхождения, как арбузы, дыни, баклажаны и т. п., культивируется в настоящее время в скороспелых и ультраскороспелых сортах в относительно северных районах — например дыни и арбузы в южной части Ленинградской области.

Как показали наблюдения, все эти культуры не выдерживают длительного понижения температуры ниже +2, +3°, погибая от недостатка тепла. При заморозках вегетативная масса этих культур быстро погибает при понижении температуры ниже —1, —2° (В. Н. Степанов [9], А. И. Руденко [39]) на уровне растений, т. е. в большинстве случаев при заморозках, которые по наблюдениям в метеорологической будке не отмечаются и сопровождаются на этой высоте положительной температурой порядка 1—3°. Критическая температура заморозка для этих культур существенно не изменяется в течение всего вегетационного периода.

Фенологические наблюдения по времени посева, появления всходов или высадки в грунт для большинства культур этой группы отрывочны, охватывают небольшие площади и не сравнимы между собой. Наблюдения агрометстанций и Госсортсети еще не обработаны и трудно доступны, кроме того, они часто охватывают лишь небольшой период наблюдений (по 2—3 года). Имеющиеся в распоряжении автора отрывочные материалы не дают возможности составить карты изофан появления всходов этих культур и поэтому для оценки вероятности наступления опасного для них заморозка время появления всходов было оценено по термическим условиям (табл. 27).

П. И. Колосков [44] группирует исследованные им культуры по температуре начала роста через 5°, приурочивая отдельные группы культур к среднесуточной температуре в 5, 10 и 15°, что дает лишь грубую оценку этой величины. Г. Т. Селя-

нинов [35] и А. И. Руденко [39] приводят температуры начала роста в полевых условиях более точно, причем ими использованы не только литературные материалы, но и результаты широко поставленных наблюдений над сроками посева указанных культур, проведенных на базах б. Агрогидрометеорологического института в разных климатических условиях в период 1936—1940 гг., а также Г. Т. Селяниновым на Сочинской опытной станции в период 1915—1928 гг. Указанные температуры начала роста относятся к прорастанию семян в полевых условиях и поэтому называются на 1—2° ниже среднесуточной температуры появления всходов.

По исследованиям Е. В. Бессоновой, дружные всходы гречихи появляются при среднесуточной температуре около 13°. По исследованиям автора, появление всхо-

Таблица 27.

Температура начала роста и критическая интенсивность заморозка для некоторых теплолюбивых культур

Культура	Температура начала роста, °С	Автор	Температура гибели растений <sup>1</sup>	Автор
Гречиха . . . . .	10	Колосков	—2	Степанов Руденко
		Селянинов	—3	
Фасоль . . . . .	12 10	Селянинов	—2	Степанов Руденко
		Колосков	—2	
Клещевина . . . . .	10	Колосков	—3 —3	Степанов Руденко
Хлопчатник . . . . .	13—14 15 17	Селянинов	—1, —2 —2,	Степанов Руденко
		Колосков		
		Воцелко		
Тыква . . . . .	15	Руденко	—0,5, —0,8,	Руденко Степанов
Дыня . . . . .	16		—1,0	
Арбуз . . . . .	16			
Огурцы . . . . .	14—15 12—13	Селянинов	—2	Руденко
		Гольцберг		
Рис . . . . .	10	Колосков	—0,5, —1,0	Степанов
Томаты . . . . .	10—12	Селянинов	—2	Руденко
Кукуруза . . . . .	10 10 10	Руденко	—2, —3	Степанов Руденко
		Колосков		
		Селянинов		
Подсолнечник . . . . .	5 10	Колосков	—3 всходы —1, —2 цветы	Руденко Степанов
		Руденко	—5 всходы —3 цветы	
Просо . . . . .	10 8 12	Колосков	—3	Руденко Степанов
		Руденко	—3	
Сорго . . . . .	10	Колосков	—3	Степанов

<sup>1</sup> Данные Степанова относятся к высоте растения, а данные Руденко к высоте 2—3 см над уровнем почвы.

дов фасоли и огурцов и высадка в грунт рассады томатов и тыквы на юге и западе Ленинградской области падают на первую декаду июня при среднесуточной температуре около 13—14°.

Как показали исследования Т. Д. Лысенко [45], оптимальная температура для посева проса около 12°, после наступления которой дружные всходы его появляются через 4—5 дней после посева, т. е. при температурах, близких к 13—14°.

Всходы кукурузы, подсолнечника и сорго появляются при среднесуточных температурах около 12—14°.

Хлопчатник представляет более высокие требования к уровню температуры прорастания. По исследованиям Воцелко для новых хлопковых районов, начало прорастания хлопчатника наблюдается при нагревании почвы на глубине 50 см до 14—15°, что соответствует температуре воздуха около 17—18°.

На основании этих наблюдений температура начала появления всходов указанных теплолюбивых культур (кроме хлопчатника) была принята близкой к 13°. На рис. 33 показано среднее время наступления среднесуточной температуры 13° и дана вероятность заморозков на поверхности почвы на эту дату, с интенсивностью —1, —2°, при положительной температуре в метеорологической будке, повреждающих (изреживающих) всходы названных культур, а при несколько большей интенсивности или при неблагоприятном микроклиматическом положении губящих их.

К северу от 62—63° с. ш. на Камчатке и Сахалине заморозки на поверхности почвы после наступления среднесуточной температуры 13° не наблюдаются, вследствие чего опасность их здесь равна нулю (независимо от наличия всходов культур, не выносящих заморозков).

Лишь в исключительных случаях, раз в 15—20 лет, могут быть повреждены заморозком всходы теплолюбивых культур в Прибалтике, на побережьях южных морей и в Западной Грузии, южнее 45° с. ш. в районе Владивостока, а также на островах и побережьях Байкала. Наибольшая вероятность поздних заморозков на поверхности почвы весной наблюдается на равнинах Западной Сибири и Северного Казахстана, где наступление их после установления среднесуточной температуры 13° возможно в 7—8 весен за 10 лет. То же самое отмечается в Минусинской котловине, в Иркутской и Читинской областях и в части Бурят-Монгольской АССР.

Такая исключительно высокая повторяемость опасного заморозка возникает за счет использования в качестве критерия времени появления всходов температуры выше 13°, т. е. климатически возможного срока. Фактические сроки посадки и высадки в грунт теплолюбивых культур для этих морозоопасных районов несколько сдвигаются в сторону повышения температуры, что значительно снижает для них морозоопасность. Тем не менее названные выше районы являются весной наиболее морозоопасными по всему Союзу, что хорошо видно на рис. 33, который дает возможность сравнительной оценки отдельных территорий Союза.

В оазисах Средней Азии вероятность поздних весенних заморозков также велика (около 6 раз за 10 лет). В более благоприятном положении оказываются лишь районы, защищенные с севера горными хребтами, как например, подножья Кара-Тау, Ферганская долина и долины юго-западного Таджикистана. Как уже указывалось выше, очень большое значение в этом районе с изрезанным рельефом имеет микроклиматическое положение точки, под влиянием которого вероятность опасного заморозка может изменяться от 100 до 10—20%. В условиях орошаемых оазисов вероятность опасного заморозка также уменьшается.

Всходы хлопчатника, появляющиеся при среднесуточных температурах около 17—18°, на Украине, Северном Кавказе и Азербайджане опасности заморозка не подвергаются, за исключением неблагоприятных микроклиматических положений.

В плоскостной части Южно-Казахстанской области и Узбекской ССР повреждение всходов хлопчатника заморозками возможно в 25—30% весен, причем растения либо совершенно погибают, либо повреждаются настолько сильно, что развитие их задерживается. Вследствие повреждений от заморозков отрастают неправильно сформированные кусты с пониженной урожайностью. В Ферганской долине

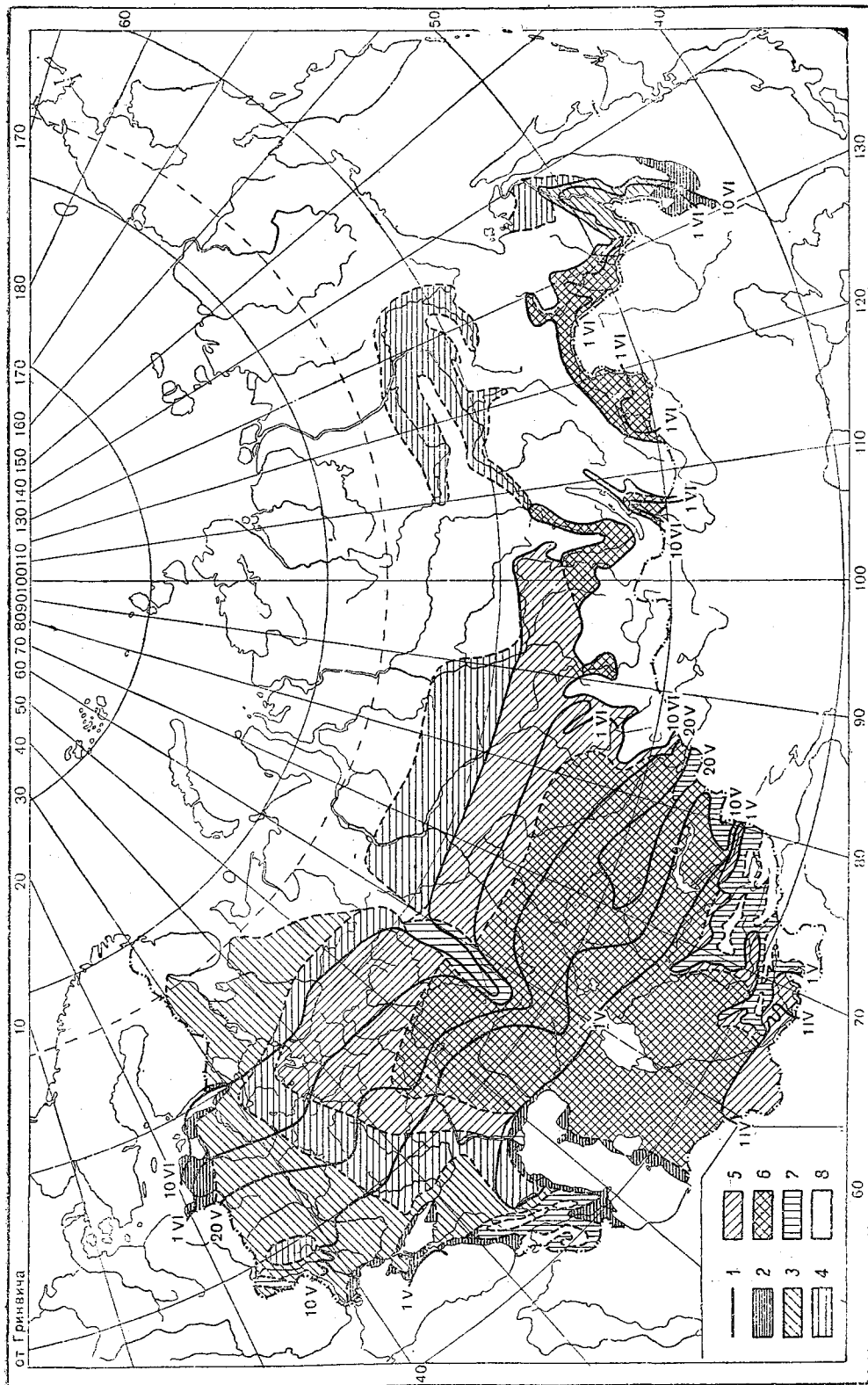


Рис. 33. Карта возможной повреждаемости весенними заморозками всходов теплолюбивых культур.

1 — дата наступления средней суточной температуры 13° весной. Число всен с опасными заморозками за 10 лет; 2 — менее 1 раза; 3 — 1—2 раза; 4 — 2—3 раза; 5 — 3—5 раз; 6 — более 5 раз; 7 — горные районы с повышенной изменчивостью в повторяемости опасного заморозка, 8 — холодная зона с частыми летними заморозками.

вероятность опасного заморозка для хлопчатника не более 10—12%. Такова же повторяемость его для юга Туркменской и для Таджикской ССР.

Наиболее опасным в отношении заморозков периодом для культуры хлопчатника является осень. Хлопчатник — культура с длительным вегетационным периодом, который в условиях Средней Азии часто не успевает полностью закончиться естественным путем, а обрывается ранними осенними заморозками. Но так как хлопчатник принадлежит к культурам, постепенно накапливающим урожай, то прекращение вегетации в начале созревания коробочек его может привести к резкому снижению урожая, вплоть до почти полного отсутствия вызревшего нормального волокна. Характерной особенностью климата Средней Азии является возможность очень ранних интенсивных волн холода в первых числах и середине октября, после

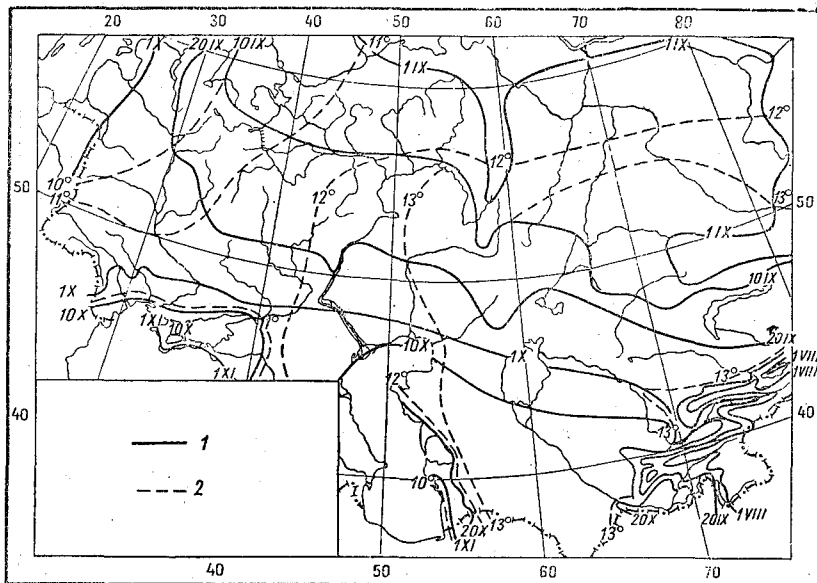


Рис. 34. Средняя дата наступления осенью слабых заморозков на ровном открытом месте.

1 — средняя дата наступления заморозков на поверхности почвы на ровном открытом месте и в морозобойных положениях в воздухе; 2 — средняя суточная температура воздуха, при которой наступают заморозки на поверхности почвы, на ровном открытом месте.

которых наблюдается длительная теплая погода в течение 1—1,5 месяцев, вполне благоприятная для дозревания коробочек хлопчатника и соответствующего увеличения урожая хлопка.

На рис. 34 приводятся средние даты наступления заморозков на поверхности почвы, при падении минимальной температуры ниже  $+2^{\circ}$  в метбудке. Как показывают расчеты, при этом можно ожидать на поверхности почвы интенсивность заморозка до  $-2$ ,  $-3^{\circ}$ , а в пониженных формах рельефа — до  $-5^{\circ}$ . Созревающие коробочки хлопчатника гибнут при температурах  $-2$ ,  $-3^{\circ}$ , так что карта на рис. 34 дает время возможной гибели коробочек один раз в 2 года (50%).

Для оценки термических условий, при которых наблюдаются в среднем заморозки указанной интенсивности, на карте приводятся средние температуры этой даты заморозка. Для Средней Азии она несколько выше  $13^{\circ}$ , что показывает возможность нормального дозревания хлопка при отсутствии заморозка, а следовательно, дает представление и об опасности его.

В плоскостной части Южного Казахстана и Узбекистана наиболее ранние опасные заморозки могут наблюдаться уже в конце сентября, в Туркменской и Таджикской ССР — не ранее начала октября. В наиболее благоприятные годы эти сроки



отодвигаются соответственно на первые числа ноября в северной части района и на конец ноября на юге его.

Ранние осенние заморозки оказываются опасными и для некоторых других культур изучаемой группы, отличающихся длинным вегетационным периодом, как огурцы и томаты, а также бахчевые, которые в средней полосе Союза и на северной гра-

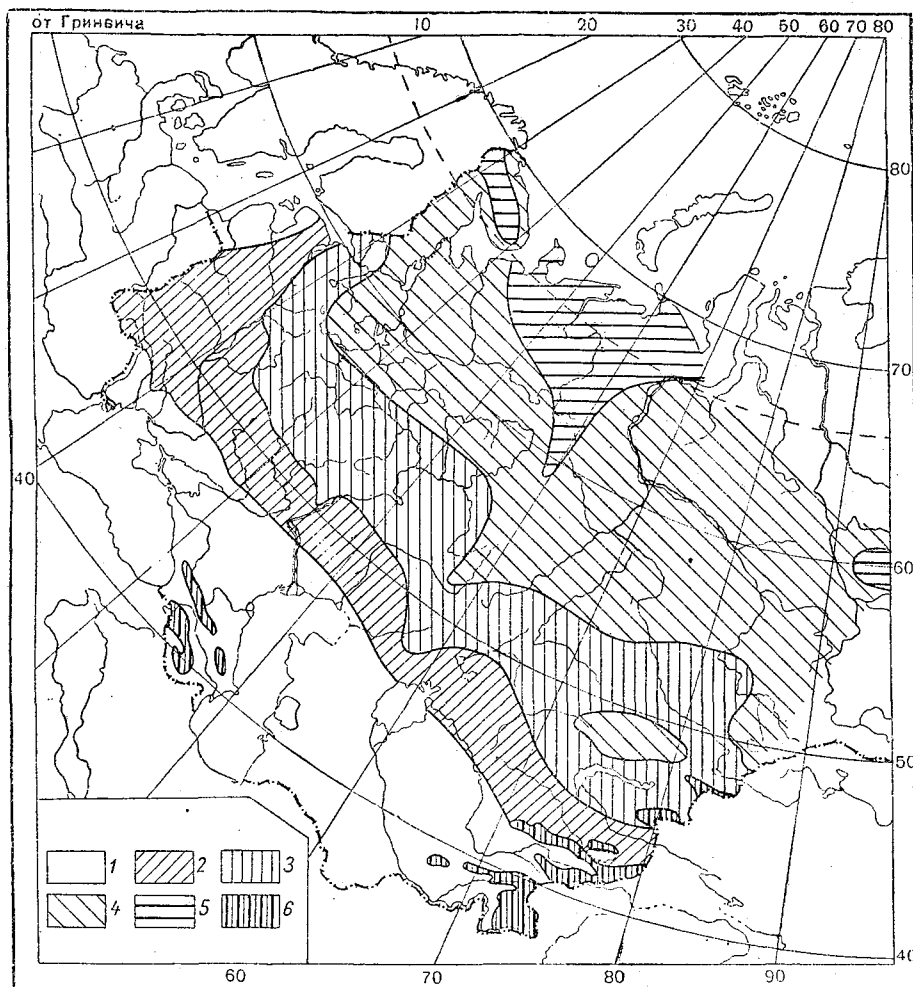


Рис. 35. Карта вероятности наступления летних заморозков (в июле—августе) для ровного открытого места.

1 — заморозков в июле—августе не бывает; 2 — вероятность наступления заморозков на поверхности почвы между 20—30 августа от 5 до 15%; 3 — вероятность наступления заморозков на поверхности почвы между 1—20 августа от 5 до 15%, между 20—30 августа — от 15 до 30%. В конце августа возможны заморозки в воздухе; 4 — вероятность наступления заморозков на поверхности почвы в июле от 10—30%; в первой половине августа — от 10 до 40%, во второй половине августа до 60%. Возможны отдельные заморозки в воздухе в июле и начале августа; 5 — отдельные заморозки в воздухе в июле и августе наблюдаются ежегодно; 6 — высокогорные районы; заморозки возможны в течение всего лета.

нице своего распространения не успевают нормально закончить свой вегетационный период, а погибают либо вследствие общего понижения температуры, либо под влиянием заморозка. Преобладание каждого из этих явлений зависит от климатических особенностей места их произрастания и имеет вполне выраженную географическую закономерность, выявляющуюся на рис. 34. На севере ЕТС опасные для этих культур заморозки начинаются после общего падения среднесуточных температур ниже 9—10°, при которых нормальная вегетация и плодоношение огур-

цов и томатов прекращаются. Урожай к этому времени обычно уже снят и наступающие заморозки, побивая ботву, обычно уже не наносят материального ущерба. Таково положение, например, в Ленинградской области, в которой осенние заморозки почти ежегодно губят ботву огурцов и томатов (а также ботву картофеля слишком поздней посадки), но только в отдельных случаях, при наступлении заморозков в начале и середине августа, являются причиной снижения урожая этих культур.

В южной части ЕТС опасность этих заморозков несколько возрастает, так как они наблюдаются уже на фоне среднесуточных температур выше  $11^{\circ}$ . Наиболее резко они проявляются в Западной и Восточной Сибири, где вегетационный период теплолюбивых культур значительно сокращается за счет наступления заморозков при среднесуточных температурах порядка  $12-13^{\circ}$ .

Проявляясь в отдельных случаях на большей части ЕТС и Западной Сибири уже в августе (рис. 35), эти заморозки могут нанести значительный ущерб бахчам, томатам, гречихе, просу и т. п., хотя вероятность их, как видно из рис. 35, невелика.

## 5. СУБТРОПИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ

В субтропической зоне зимние понижения температуры ниже  $0^{\circ}$  проходят на фоне положительных среднесуточных температур в виде отдельных волн холода разной интенсивности и длительности. В отдельные зимы в наиболее теплых частях

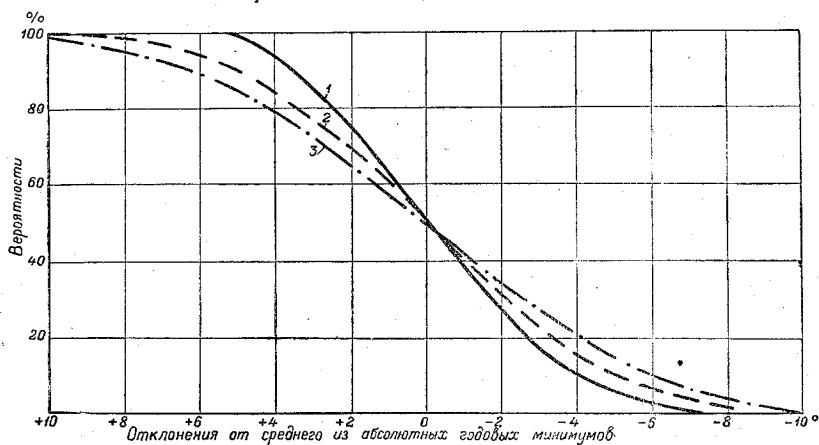


Рис. 36. Типовые кривые вероятности наступления абсолютного годового минимума.

1 — влажные субтропики (Западная Грузия); 2 — юг ЕТС (УССР, Крым, МССР); 3 — сухие субтропики (Туркменская и Узбекская ССР).

субтропической зоны Западной Грузии, а также на Апшеронском полуострове минимальная температура за всю зиму не опускается ниже  $0^{\circ}$ , в наиболее суровые зимы в тех же районах наблюдаются морозы до  $-7$ ,  $-10^{\circ}$  (табл. 28).

Как показали исследования профессора Г. Т. Селянинова [23, 24], критерием морозоопасности для вечнозеленых субтропических культур может служить средний из абсолютных годовых минимумов температуры, позволяющий судить о вероятности наступления опасных для этих культур понижений температуры.

Исследование кривых вероятности наступления низких температур в субтропической зоне Союза, а также и в новых районах (МССР, юг УССР, Крым, Северный Кавказ), в которые предполагается продвижение вечнозеленых субтропических культур, позволяет выделить три типа этих кривых, характеризующих вероятность наступления абсолютных минимумов температуры для этих районов (рис. 36).

На рис. 36 кривые вероятности даны в отклонениях от среднего из абсолютных годовых минимумов, вероятность которого, так же, как и в случае с датами

Классификация древесных субтропических растений по их морозостойкости в период покоя (по Г. Т. Селянину) [23]

Название растений	Критические температуры повреждения		
	слабые повреждения	сильные повреждения	гибель или отмерзание до корня
Группа I			
Анона, дынное дерево, герань, хинное дерево, индийские сорта чая. . . . .	0, -2°	-2, -5°	—
Группа II			
Лимон, эвкалипт ( <i>E. Globulus</i> ) мандарин итальянский, апельсины — итальянские сорта, акация австралийская. . . . .	-4, -5°	-6, -7°	-8, -9°
Группа III			
Акация Деальбата, драцена ( <i>Cordyline indivisa</i> ) апельсин турецкий, апельсин Вашингтон Навель, финик канарский. . . . .	-5, -7°	-8°	-10°
Группа IV			
Мандарин Уншиу, эвкалипт ( <i>E. Viminalis</i> ) агава, олеандр, лавр камфорный, алеуритеса ( <i>A. Cordata</i> и <i>E. Fordii</i> ). . . . .	-7, -8°	-10°	-12°
Группа V			
Юбеа, лавр благородный, маслина, чай — китайские сорта, гваюла, сабаль, хаме-ропс ( <i>Ch. humilis</i> ), фейхоа, трахикарпус ( <i>T. excelsa</i> ). . . . .	-9, -10°	-15°	-18, -20°
Группа VI			
Инжир, лавровишня, пробковый дуб, кипарис, гранат, пиния. . . . .	-12°	-16°	-20, -22°
Группа VII			
Хурма японская, криптомерия, мелкие сорта бамбука, юкка, магнолия. . . . .	-15°	-20°	-25°
Группа VIII			
Фисташка, зукомия, виноград, грецкий орех. . . . .	-18°	-22°	-26°

„Кроме того, имеется обширная группа травянистых многолетних растений, у которых надземная часть отмерзает при небольших морозах, до -2°, но подземные части сохраняются ввиду того, что почва в субтропиках только в очень суровые зимы и при незначительном снеговом покрове промерзает на 5—10 см; обычно же температура ее выше 0°. К таким растениям принадлежат: рами, чуфа, лимонное сорго, банан\* [23].

заморозков, принимается равной 50%, т. е. половина лет имеет абсолютные минимумы температуры выше среднего (показаны на кривых со знаком плюс), вторая половина — ниже среднего (знак минус). Для изучаемых районов выделяются три кривых: первая, наблюдающаяся в пределах основной территории влажных субтропиков Западной Грузии, дает относительно самые устойчивые величины из года в год ( $\sigma = 3,2$ ). Здесь колебания минимальных температур от наиболее теплого до самого холодного года укладываются в  $11-12^\circ$  (например Сухуми — от  $+0,4$  до  $-11,8$  при среднем из абсолютных минимумов  $-4,2$ ; Поти  $-0,4$  и  $-10,9$  при среднем  $-3,9$ ; Батуми — соответственно  $+0,7$ ,  $-7,6$  — при среднем  $-3,7^\circ$ ).

В сухих субтропиках (Азербайджан и Средняя Азия) эти колебания по годам достигают  $20^\circ\text{C}$  ( $\sigma = 4,8$ ). Юг ЕТС и степной Крым занимают промежуточное положение, характеризуясь  $\sigma = 4,0$  и возможными колебаниями минимальной температуры от самого теплого до самого холодного года в  $16^\circ$ .

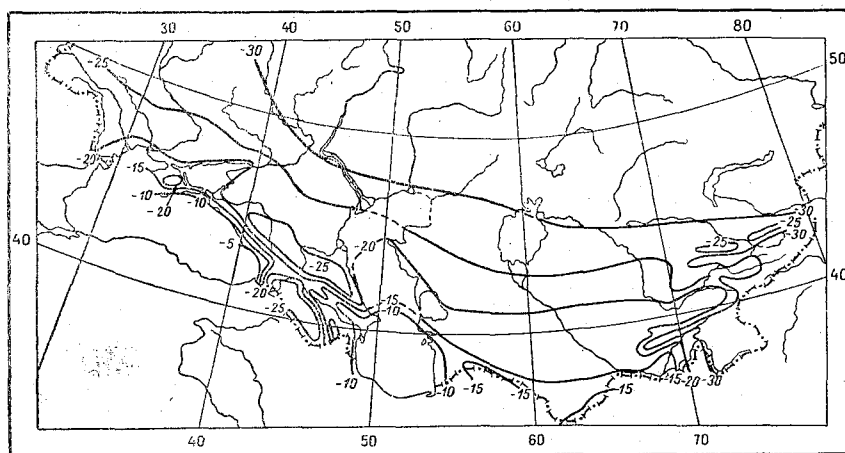


Рис. 37. Средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха в южной части СССР.

На рис. 37 приведена схема распределения средних из абсолютных минимумов для указанных выше территорий, позволяющая оценить условия зимовки для субтропических культур лишь в основных чертах. Распределение абсолютного минимума в условиях горного изрезанного рельефа определяется в каждом конкретном случае микроклиматическими особенностями точки и может быть достаточно детально представлено только на крупномасштабных картах. Для зоны влажных субтропиков такая карта была составлена в 1935—1936 гг. Г. Т. Селяниновым, С. А. Сапожниковой и автором [24] и для условий отдельного совхоза „Ильич“ — С. А. Сапожниковой.

Как показывает рис. 37, влияние Главного Кавказского хребта и Крымской Яйлы на термические условия зимы в Закавказье и на южном берегу Крыма огромно. За пределами этих барьеров условия зимовки резко ухудшаются и средний из абсолютных годовых минимумов падает с  $-4$ ,  $-6^\circ$  на Черноморском побережье Западной Грузии до  $-20$ ,  $-22^\circ$  на Северном Кавказе и юге УССР. Соответственно с этим удлиняется морозоопасный период и возрастает число дней и часов с опасным морозом.

С. А. Сапожникова [25] дает соотношение между средним из абсолютных минимумов и числом часов с морозом различной интенсивности, приведенное в табл. 29, в которой под „остальной субтропической зоной“ понимается Азербайджан, Крым и Кара-Калинский район Туркменской ССР.

Для существующих сортов цитрусовых профессор Г. Т. Селянинов [23] дает более детальную шкалу морозоопасности их, а именно: 1) обмерзание плодов

Соотношение между средним из абсолютных минимумов и числом часов с морозом разной интенсивности (по С. А. Сапожниковой)

Среднее из абсолютных минимумов	Интенсивность мороза °С							
	≤ -2		≤ -5		≤ -7		≤ -10	
	Западная Грузия	Остальная субтроп. зона	Западная Грузия	Остальная субтроп. зона	Западная Грузия	Остальная субтроп. зона	Западная Грузия	Остальная субтроп. зона
	Число часов							
-4°	20	20	2	2	1	1	0	0
-6	50	90	10	20	5	5	1	1
-8	90	110	20	50	10	20	2	8
-10	120	300	40	100	20	40	4	14

цитрусов —2°; 2) обмерзание листвы и однолетних побегов лимона —5°; 3) обмерзание листвы и однолетних побегов мандаринов, обмерзание ветвей у апельсинов и кроны у лимона —8°; 4) обмерзание кроны мандарина и отмерзание до корня лимона —10°; 5) обмерзание до корня или гибель мандаринов —12°.

Оценивая морозоопасность территории для культуры цитрусовых по этой шкале, можно определить, что в наиболее благоприятных для их культуры районах Западной Грузии (Аджаристан) обмерзание кроны у лимона и ветвей у апельсинов можно ожидать без применения мер борьбы с морозом один раз в 15—20 лет. При правильно организованной защите цитрусов от мороза такие тяжелые повреждения в Аджаристане вообще не должны наблюдаться.

В сухих субтропиках (Южная Туркмения) повторяемость опасных морозов такой силы повышается до 50—60%, что требует разработки специальных агротехнических мероприятий для борьбы с ними.

В условиях Краснодарского края, степного Крыма и Молдавии морозы с интенсивностью ниже —8° наблюдаются в условиях ровного открытого места ежегодно, вследствие чего культура существующих сортов цитрусовых стоит под угрозой вымерзания. Значительное повышение морозостойкости их при выведении новых сортов и разработанные новые агротехнические приемы возделывания дают возможность продвинуть цитрусы в новые северные районы.

## Глава VI

### КАРТА ОПАСНОСТИ ЗАМОРОЗКОВ ДЛЯ СССР

Изучение всего имеющегося материала по повреждаемости сельскохозяйственных культур заморозками, времени их наступления и географическому распространению в разных частях Союза позволяет выделить ряд крупных районов по признаку опасности заморозков (рис. 38).

По соотношению между временем наступления заморозков и длительностью вегетационного периода территория Союза может быть разделена на три зоны: 1) холодную, 2) умеренную и 3) зону с теплой зимой.

Для холодной зоны характерно отсутствие четко выраженного во времени безморозного периода, разделяющего весенние и осенние заморозки. Наиболее поздние весенние заморозки и самые ранние осенние в этой зоне в отдельные годы могут быть разделены лишь условно даже в южной части зоны, а на севере ее полностью сливаются.

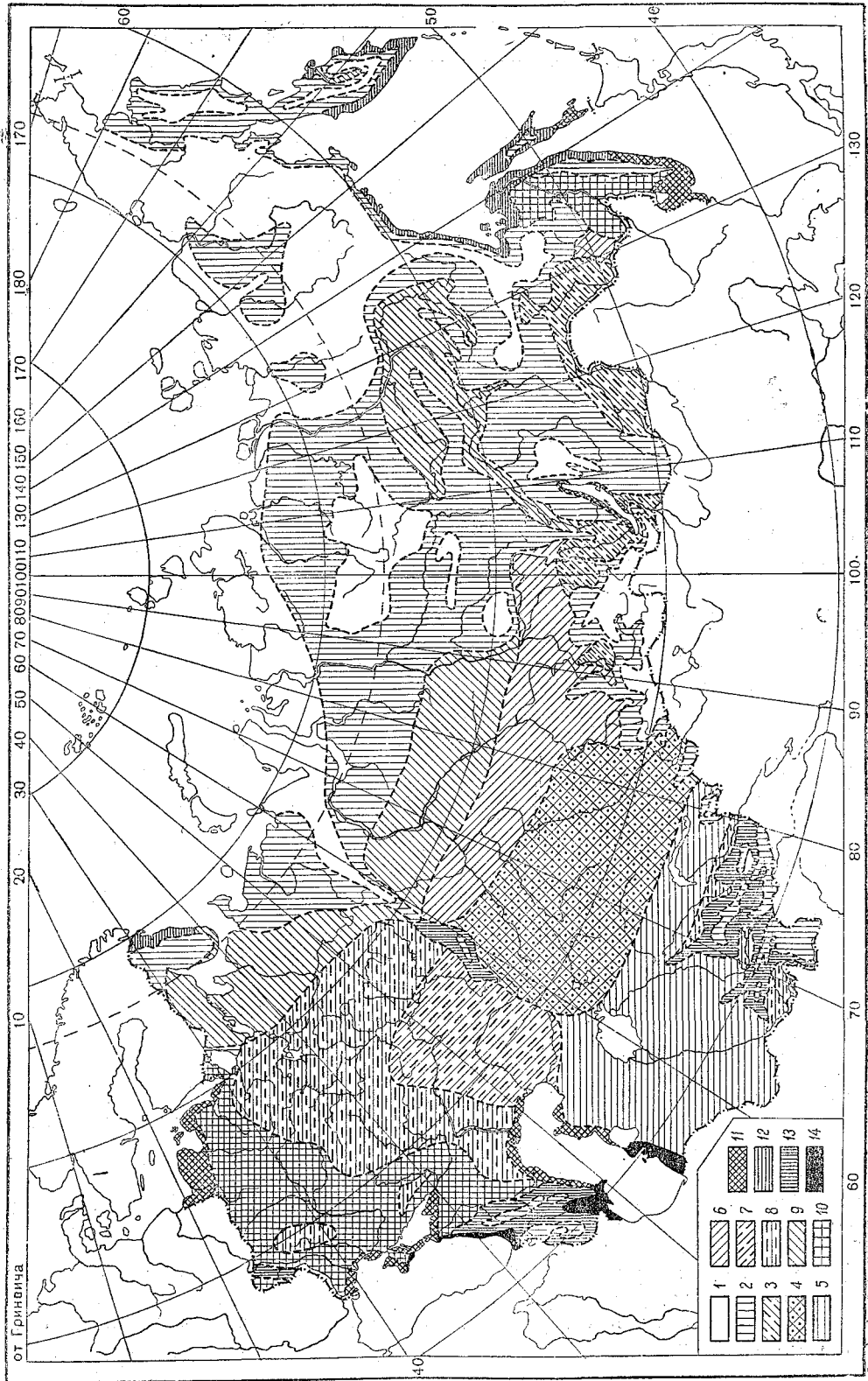


Рис. 38. Карта опасности заморозков.  
Условные обозначения см. стр. 87—89.

Умеренная зона характеризуется четким разграничением весенних и осенних заморозков, теплым летним периодом без заморозков и холодным зимним периодом. Заморозки в этой зоне наблюдаются только весной и осенью, причем эти два периода не соприкасаются.

В зоне с теплой зимой, вследствие относительно высоких температур зимних месяцев, зимние понижения температуры носят характер отдельных волн холода, причем процесс протекает в общих чертах аналогично весенним и осенним заморозкам умеренной зоны. Зимой в этой зоне нет четкого разграничения во времени между осенними и весенними заморозками.

Подразделение этих крупных зон на отдельные районы по степени морозоопасности их может быть сделано путем учета времени наступления заморозков в отношении вегетационного периода, частоты и интенсивности повреждений сельскохозяйственных культур.

Для холодной зоны таким вторичным признаком является средняя длительность безморозного периода, для умеренной зоны — средняя температура даты заморозка и вероятность наступления его, для зоны с мягкой зимой и переходных к ней территорий — длительность морозоопасного периода (т. е. периода с возможными понижениями температуры ниже  $0^{\circ}$ ) и интенсивность морозов.

Холодная зона. В пределах этой зоны, границы которой в основном совпадают с границей вечной мерзлоты почвы, могут быть выделены два крупных района.

1. *Первый, очень холодный район* еще не освоенный земледелием, отличается средней длительностью безморозного периода в воздухе на своей южной границе не более 60 дней, при наименьшей длительности его не более 10—12 дней. Заморозки возможны в любой день лета, при интенсивности  $-2, -3^{\circ}$  в метеорологической будке. Район занимает крайний север азиатской части Союза и горные районы Восточной Сибири и Якутии.

2. *Ко второму, холодному району* относятся территории со средней длительностью безморозного периода в воздухе от 60 до 90 дней, на поверхности почвы — соответственно от 30 до 60 дней. Заморозки возможны во все месяцы вегетационного периода. Наименьший безморозный период в воздухе, в северной части 10—15 дней, в южной части 30—40 дней, наблюдается обычно во второй половине июля—начале августа. Основная территория района расположена севернее  $60-63^{\circ}$  с. ш., вследствие чего весенние заморозки, падающие на июнь месяц, на период белых ночей, мало интенсивны и опасности для всходов культур не представляют. Опасны летние и осенние заморозки в июле и августе, губящие ботву картофеля и повреждающие ячмень в период цветения и налива зерна.

Умеренная зона. В пределах этой зоны могут быть выделены 11 районов по степени опасности заморозков, оцениваемой по средней температуре средней даты заморозков и вероятности их наступления и показанных на карте в нисходящем порядке, от наиболее опасного.

3. *Континентальный восточносибирский* — территориально разорванный на отдельные части, расположенные в Минусинской котловине, в Иркутской, Забайкальской и Читинской областях.

Резкая континентальность климата выражается в повышении средней температуры средней даты заморозка весной до  $12,5-13,0^{\circ}$  и осенью — до  $10,5-11,0^{\circ}$  в нормальном местоположении. Континентальность климата и повышение высоты над уровнем моря выше 400—500 м ведет к сокращению безморозного периода в воздухе до 100—105 дней. В неблагоприятных микроклиматических положениях возможны опасные заморозки в июле и начале августа. Весенние заморозки повреждают всходы яровых зерновых и картофеля. Особо опасны эти заморозки для ранних всходов теплолюбивых огородных культур и ранней рассады, повреждения которых возможны в 5—7 лет из десяти.

Ранние осенние заморозки опасны для зерновых в период молочной — восковой спелости, для средних и поздних сортов картофеля и теплолюбивых огородных культур.

4. *Континентальный сибирский* отличается от предыдущего района более длительным, до 120 дней безморозным периодом, вследствие чего опасность ранних августовских заморозков здесь меньше, не превышая 10—20% в нормальном местоположении. Весенние заморозки так же опасны, как и в предыдущем районе. Возможны повреждения всходов яровых зерновых (главным образом овес и ячмень) в 2—3 года из десяти, картофеля и теплолюбивых овощей, а также цвета плодовых — в 5—6 лет из десяти. Ранние осенние заморозки повреждают теплолюбивые огородные культуры. Опасны для поздних и средних сортов зерновых, повреждая вызревающее зерно.

5. *Континентальный среднеазиатский* — средняя температура средней даты заморозка весной около 12°, осенью — около 11—11,5°. Южное положение района дает возможность культивировать очень требовательные к теплу растения с длинным вегетационным периодом.

Возможны повреждения весенними заморозками в 2—3 года из 10 лет виноградников в период распускания почек, цвета плодовых и теплолюбивых овощных культур.

Наиболее опасны ранние осенние заморозки, повреждающие хлопчатник, поздние сорта винограда и поздние огородные культуры. Наступление их в северной части района возможно в последнюю декаду сентября, на юге района — соответственно в первых числах октября.

6. *Сибирский переходный*, расположенный между наиболее северным районом умеренной зоны и континентальным сибирским районом, отличается средней температурой средней даты заморозка весной между 12—11°, осенью 10—9°, при длительности безморозного периода в воздухе около 100 дней. При неблагоприятном микроклиматическом положении возможны заморозки в июле и начале августа. Заморозки опасны весной и осенью. Вероятность повреждения теплолюбивых огородных культур весной 4—5 лет из десяти. Осенью возможны повреждения тех же культур, картофеля и яровых зерновых поздних сортов и сроков посева в период налива и созревания.

7. *Континентальный европейский* — по термическим характеристикам заморозков мало отличается от сибирского переходного. Вероятность опасного для теплолюбивых огородных культур весеннего заморозка 5—6 раз за 10 лет. Возможны повреждения всходов картофеля и цвета плодовых. Осенние заморозки опасны для теплолюбивых огородных культур и резко снижают урожаи огурцов и томатов, особенно в северной и восточной частях района, в 3—4 года из десяти.

8. *Средняя полоса ЕТС*. Средняя температура средней даты заморозка весной от 10 до 11°, осенью — около 10°. Вероятность опасных весенних заморозков не более 3—4 лет из десяти. Возможны незначительные повреждения яровых зерновых (пожелтение листьев и частичная гибель всходов овса и ячменя), гибель всходов картофеля ранних сроков посадки, повреждения цвета плодовых (вишня, слива, груша, яблоня), всходов теплолюбивых культур (гречиха, огурцы, томаты). Осенние заморозки губят ботву теплолюбивых огородных культур, но урожай их снижается за счет заморозков в редких случаях (менее одного раза за 10 лет), за исключением северо-восточной части района, где опасность их повышена.

9. *Северный*, умеренно-холодный район умеренной зоны является переходным к полярной зоне и отличается коротким вегетационным периодом. Вследствие своего положения севернее 60° с. ш. отличается весной малой длительностью ночи. Поэтому весенние заморозки здесь мало опасны и возможны повреждения лишь рано высаженных теплолюбивых культур (огурцы, томаты).

Заморозки в конце июля и начале августа могут в 2—3 года из десяти погубить урожай теплолюбивых культур и представляют опасность для картофеля и яровых зерновых (овес, ячмень, пшеница) главным образом в фазу налива зерна.

10. *Западная и южная части ЕТС* и долины Усури и Амура к востоку от Буреинского хребта в ДВК отличаются средней температурой средней даты заморозка ниже 10° весной и осенью.



Наиболее опасны весенние заморозки, которые в 2—3 года из 10 лет могут повредить всходы ячменя и овса, всходы картофеля ранних сроков посадки, цвет плодовых и всходы теплолюбивых культур (томаты, бахчевые, гречиха).

Осенние заморозки представляют опасность только на юге района, где они могут повреждать теплолюбивые культуры с длинным вегетационным периодом (хлопчатник).

11. *Прибалтика и прибрежные районы южных морей и район Владивостока* отличаются ранним прекращением заморозков весной и очень поздним наступлением их осенью. Весенние заморозки могут повреждать названные в предыдущем районе культуры один раз в 10—15 лет, осенние заморозки угрозы для сельскохозяйственных культур не представляют.

12. В аналогичном положении находятся и *побережья холодных морей*, где вред от заморозков не отмечается ввиду раннего прекращения их весной и позднего наступления осенью. Выделение этого района обосновано низким термическим уровнем, резко отличающим его от предыдущего условиями возделывания сельскохозяйственных культур и ограниченностью набора их.

13. *Горные районы Кавказа, Урала и Средней Азии* выделены, как отличающиеся большой изменчивостью опасности заморозков в зависимости от местоположения и высоты места над уровнем моря и относительной высоты его в отношении нижних точек рельефа (дна долин). Нижние горизонты гор обычно мало отличаются по опасности заморозка от прилегающих равнинных территорий. Средние горизонты (от 1000—1200 м до 2000—2500 м) характеризуются смягчением опасности заморозков, которая возрастает в высокогорных районах, повышаясь постепенно до возможности наступления заморозка в любой день лета. Высокогорные районы выделены на карте общим условным знаком с полярной зоной, показывающим прекращение устойчивого безморозного периода на этих высотах. В пределах Алтая, Саян и хребтов Восточной Сибири высота, на которой заморозки возможны в течение всего лета, невелика (от 1200 до 1700 м) в южной части их, вследствие чего холодная зона по этим хребтам переходит через границы Союза на хребты МНР.

14. *Зона с мягкой зимой* занимает небольшую территорию с очень изрезанным рельефом, значительно различающуюся по своей морозоопасности, показать детали в изменении которой на картах малого масштаба невозможно. Поэтому на карте рис. 38 дана только граница ее, а некоторая детализация приведена на рис. 37.

## Глава VII

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГОДЫ ВО ВРЕМЯ ЗАМОРОЗКОВ ПО РАЙОНАМ

Для разработки плана мероприятий по борьбе с заморозками необходимы не только сведения о времени наступления опасного для сельскохозяйственной культуры заморозка, его длительности и интенсивности. Необходимы также сведения об условиях погоды, при которых в данном районе обычно проходят заморозки. Выбор наиболее эффективных методов борьбы с заморозками и стоимость этой борьбы в основном определяются условиями погоды. Как известно, наиболее широко применяемые активные методы борьбы с заморозками, как например, дымление, открытый обогрев и т. п., наиболее эффективны при штиле или слабом ветре и становятся неприменимыми при заморозках, сопровождаемых сильными ветрами. Расход материалов для борьбы с заморозками зависит как от интенсивности заморозка, так и от силы ветра и относительной влажности воздуха во время заморозка.

Наблюдения основной метсети за старые годы, с 1891 по 1935 г., проводились в три срока: 7 час., 13 час., 21 час. и, следовательно, не дают возможности непосредственно по ним судить о погоде во время заморозка, обычно падающего на

ночные часы. Единственной отметкой в этих наблюдениях, относящейся непосредственно к заморозкам, являются данные по минимальной температуре за ночь. Но эти данные относятся к высоте 2 м над поверхностью почвы и тоже не отражают полностью температуру среди растений огородной и полевой культуры, давая минимум на 2,5—3,0° более высокий, чем на поверхности почвы (см. гл. II).

В поздний период весны и ранней осенью относительно наиболее частыми являются легкие заморозки на поверхности почвы, при которых минимальная температура в метеорологической будке не опускается ниже 0°. Однако эти легкие заморозки в припочвенных слоях воздуха с интенсивностью около -1, -2°, являются губительными для целого ряда широко распространенных теплолюбивых культур. Чтобы учесть их, в число заморозков были включены все случаи с падением минимальной температуры ниже +2° в метеорологической будке, наблюдавшиеся после установления среднесуточной температуры воздуха в 5° весной и до прекращения ее осенью. Такой широкий предел среднесуточных температур был принят для повышения числа заморозков, включенных в обработку, и конечно, не является характеристикой опасного заморозка.

Табл. 30 составлена на основании параллельных наблюдений по минимальному термометру на поверхности почвы, для которой регистрировались случаи падения температуры ниже 0°, и минимальной температуры в метеорологической будке ниже +2° за период 1936—1940 гг. Сопоставление числа случаев с заморозками, полученными на этих двух уровнях, показывает удовлетворительное совпадение, позволяющее считать, что при учете числа случаев с падением минимальной температуры ниже +2° в метбудке, можно в среднем, многолетнем выводе получить среднее число заморозков, близкое к числу их на поверхности почвы, особенно для группы наиболее опасных заморозков, которые падают на период с среднесуточными температурами выше 10° и среднее число которых, как правило, невелико.

Несовпадение этих двух чисел наблюдается лишь при довольно значительных отклонениях разности минимальных температур воздух—почва от принятого среднего значения в 2,5—3,0° за счет микроклиматических особенностей местоположения, например, при застоях самого нижнего слоя воздуха, при наличии термоизолирующей прослойки на поверхности почвы, при изменении этой разности под влиянием мезорельефа (см. табл. 14) и т. п. В этих случаях минимальная температура в метбудке должна быть изменена соответственно местным условиям. Падение ее ниже +2° в метбудке дает возможность оценки заморозка на поверхности почвы только в условиях ровного открытого места.

Для характеристики облачности, скорости ветра и относительной влажности в течение ночи с заморозком могли быть использованы только данные вечерних и утренних сроков наблюдений, т. е. в 21 и в 7 часов. Использование новых сроков наблюдений, введенных с 1936 г., было нерационально вследствие слишком короткого ряда их, особенно для районов, подвергавшихся временной оккупации во время Великой отечественной войны.

Комплексная характеристика условий погоды во время заморозка базируется на вечерних наблюдениях, в 21 час., причем надо отметить, что суточный ход метеоэлементов контролировался по утреннему сроку. Все приводимые ниже комплексные характеристики погоды во время заморозка, составленные по методу Е. Е. Федорова [47], основаны на наблюдениях в 21 час.

Облачность учитывалась по трем градациям: ясно (от 0 до 3 баллов), полужасно (4—7 баллов) и пасмурно (8—10 баллов), причем случаи с различными группами облачности за вечерний и утренний сроки относились к „ясно“ в случаях прояснения за ночь, и к „пасмурно“, если облачность к утру резко возростала.

Ветер по наблюдениям в вечерний срок на высоте флюгера при нормальном суточном ходе его дает скорости большие, чем ночью. Кроме того, при применении мер борьбы с заморозками важен учет скорости ветра не на высоте флюгера, а на высотах, близких к высоте растений, где скорость ветра уменьшается.

Среднее число случаев с заморозками на разных уровнях от поверхности почвы  
за 5 лет 1936—1940 гг.

Станция	Весна				Осень			
	Среднесуточная температура воздуха							
	от 5 до 10°		выше 10°		выше 10°		от 10 до 5°	
	Минимальная температура							
	в метбулке ниже +2	на поверх- ности поч- вы ниже 0°	в метбулке ниже +2	на поверх- ности поч- вы ниже 0°	в метбулке ниже +2	на поверх- ности поч- вы ниже 0°	в метбулке ниже +2	на поверх- ности поч- вы ниже 0°
	Число случаев с заморозками							
Каргополь . . . . .	15	15	2	2	1	0	4	5
Новое Королево . . . . .	8	7	2	1	1	1	5	4
Могилев . . . . .	5	7	3	4	3	2	7	3
Тула . . . . .	11	10	2	2	1	1	2	1
Рязань . . . . .	10	9	2	2	1	1	4	4
Ростов Ярославский . . . . .	6	6	2	2	2	2	3	2
Елатьма . . . . .	6	7	3	3	0	0	5	6
Волковинцы . . . . .	7	6	2	2	2	3	6	4
Киев . . . . .	8	10	3	4	0	2	9	10
Полтава . . . . .	5	7	0	3	0	1	4	5
Лубны . . . . .	6	8	2	3	0	2	5	7
Комиссаровка . . . . .	4	7	2	3	0	0	10	8
Сагайдак . . . . .	4	1	1	0	0	0	5	2
Астрахань . . . . .	8	7	0	0	1	1	16	11
Ейск . . . . .	5	6	0	0	0	0	5	3
Нальчик . . . . .	4	2	0	0	0	0	6	2
Ольгино . . . . .	7	7	1	1	2	2	6	5
Грозный . . . . .	9	4	0	0	0	0	6	2
Тюмень . . . . .	16	14	4	4	3	4	7	7
Томск . . . . .	13	13	2	2	1	2	7	6
Татарская . . . . .	13	12	4	4	3	2	9	7
Барнаул . . . . .	10	12	6	7	2	6	8	7
Семипалатинск . . . . .	7	8	4	5	2	2	12	11
Самарканд . . . . .	15	18	4	4	0	1	22	23
Репетек . . . . .	6	5	2	1	0	2	17	24
Байрам-Али . . . . .	27	28	0	1	1	1	13	18
Якутск . . . . .	12	9	2	2	1	2	10	13
Олекминск . . . . .	8	8	3	1	2	1	8	8
Илимск . . . . .	16	14	2	3	0	2	9	13
Уланга . . . . .	12	13	12	16	1	6	12	17
Иланская . . . . .	25	23	1	1	0	0	12	13
Сухиничи . . . . .	15	12	0	0	0	0	2	2
Владивосток . . . . .	3	3	0	0	1	2	3	3

По данным С. А. Сапожниковой [22], ночью весной и осенью отношение скорости ветра на высоте 2 м над почвой к скорости ветра на 10 м (флюгер) равно 1,6. Следовательно, имеем при:

скорости ветра по флюгеру . . . . . 1 2 3 4 5 6 м/сек.  
 скорости ветра на высоте 2 м . . . . . 0,6 1,2 1,9 2,5 3,1 3,8 м/сек.

Учитывая ослабление скорости ветра ночью на 0,6—0,7 м/сек. по сравнению с вечерним сроком, можно считать, что при ветрах до 2 м/сек. вечером на высоте

флюгера, ночью на высоте 2 м скорость ветра менее 1 м/сек. и соответственно при 3—4 м/сек. на флюгере — около 1,5—2,5 м/сек. на высоте 2 м. При устойчивом ветре со скоростью выше 5 м/сек., ночное ослабление его обычно незначительно и скорость на высоте 2 м превышает 3 м/сек., создавая серьезные препятствия для применения дымления и обогрева.

Суточный ход относительной влажности резко выражен в ночи с заморозками, сопровождающимися обычно довольно значительным перепадом температуры от вечернего срока до минимума. В табл. 31 приводятся несколько примеров возрастания относительной влажности за ночь от вечернего срока наблюдений до минимальной температуры, причем в таблице подобраны случаи с аномально низкой вечерней относительной влажностью при ясном небе и малой скорости ветра.

Таблица 31

Изменение относительной влажности воздуха за ночь с заморозком

Станция	Дата	Температура в метбудке		Разность	Относительная влажность	
		вечером (21 час)	минимум за ночь		вечером (21 час)	во время минимума
Москва . . . . .	25/V 1899	5,1	-1,2	6,3	49	77
	15/V 1892	3,4	-2,5	5,9	44	66
Тула . . . . .	18/V 1911	3,8	-2,9	6,7	55	88
Саратов . . . . .	15/V 1899	5,6	-1,5	7,1	43	72
Гремячка . . . . .	14/V 1926	9,8	-1,1	10,9	54	100
Томск . . . . .	19/V 1896	7,9	-1,8	9,7	56	100
	22/V 1912	4,4	-1,8	6,2	42	65
Алма-Ата . . . . .	3/IV 1911	15,2	-4,0	19,2	48	100
	18/IV 1902	14,7	-2,6	17,3	55	100
Иркутск . . . . .	31/V 1895	8,4	-2,2	10,6	31	66
	11/VI 1893	11,1	-1,5	12,6	47	100

Эти примеры показывают, что при большом перепаде температуры влажность 100% может быть достигнута при 45—50% ее в вечерний срок.

Табл. 32 дает расчет изменения относительной влажности за ночь в зависимости от перепада температуры от 21 часа до минимальной за ночь.

Таблица 32

Изменение относительной влажности за ночь в зависимости от перепада температуры

Относительная влажность в 21 час, в %	Разность температуры 21 час — минимум в метбудке °С						
	5	7	9	11	13	15	17
	Относительная влажность во время минимума, в %						
30		49	57	64	74	85	100
40	57	66	76	85	98	100	—
50	72	84	94	100	100	—	—
60	85	98	100	—	—	—	—
70	100	100	—	—	—	—	—

В этой таблице абсолютная влажность для упрощения расчета принята постоянной вечером и ночью.

Комплексный метод характеристики погоды, предложенный Е. Е. Федоровым, очень удобен в тех случаях, когда надо изучить сочетание ряда метеорологических элементов, в совокупности их действия, за относительно короткий промежуток времени, не анализируя динамику явления.

Как было изложено выше (гл. I), процесс возникновения наиболее поздних весенних и самых ранних осенних заморозков складывается из двух составляющих: адвекции относительно холодной воздушной массы с положительной температурой, связанной обычно с прохождением холодного фронта, сопровождающегося большой облачностью, осадками и ветром, и последующего радиационного выстывания этой воздушной массы, при прояснении и ослаблении ветра.

Падение температуры ниже  $0^{\circ}$  в этом случае происходит во вторую фазу этого процесса и бывает обычно кратковременным в течение одной или же нескольких ночей подряд, с дневным подъемом температуры воздуха в некоторых случаях довольно значительно выше нуля.

Изучая комплекс погоды во время заморозка по вечернему сроку метеорологических наблюдений, с соответствующим пересчетом полученных величин на ночные часы, мы констатируем только статику явления в определенный момент. Но при разработке методики борьбы с таким кратковременным, длящимся всего несколько часов явлением, каким являются опасные для сельскохозяйственных культур весенние, летние и осенние заморозки, можно ограничиться комплексной характеристикой погоды того короткого промежутка времени, в течение которого должна проводиться борьба с падением температуры, без изучения предшествующей фазы явления.

При определении элементов комплекса была учтена специфика постановки задачи, а именно: возможно более детальное изучение тех элементов погоды, которые оказывают решающее влияние на эффективность применяемых активных методов борьбы с заморозками: 1) минимальной температуры, 2) скорости ветра, 3) относительной влажности воздуха, 4) облачности. Последний элемент, не являясь решающим в вопросе борьбы с заморозками, дает возможность в комплексе со скоростью ветра и относительной влажностью судить о процессе возникновения заморозка и отделить заморозки чисто адвективные, при которых входящие холодные воздушные массы отличаются температурами ниже  $0^{\circ}$ , от заморозков смешанных и в некоторых случаях чисто радиационных.

В обработку были включены метеорологические наблюдения станций Союза, для которых из архива ГГО удалось подобрать материалы ежедневных наблюдений не менее чем за 25 лет за период с 1891 по 1935 г. Выдержать полную синхронность наблюдений не удалось. Какое-либо приведение данных было признано нецелесообразным. Для получения сравнимых величин повторяемости отдельных комплексов погоды по отдельным станциям, повторяемость дана в процентах от общего числа заморозков, наблюдавшихся за весь период наблюдений. В обработку были включены все случаи падения минимальной температуры ниже  $+2^{\circ}$  в метеорологической будке за период с устойчивой среднесуточной температурой выше  $10^{\circ}$ .

В районах с малым числом опасных заморозков эта группа численно очень мала, в наиболее континентальных районах она несколько превышает фактическое число опасных заморозков. Однако комплексная характеристика погоды во время опасного заморозка, определяемого по состоянию культур из года в год, слишком сложна и упирается в недостаток фенологического материала и данных по повреждаемости культур. Кроме того, существенно иметь представление о преобладающих условиях погоды в периоды борьбы с заморозками, которая определяется метеорологическими и физическими факторами, не изменяющимися под влиянием биосреды.

Анализ материала наблюдений отдельных станций показал возможность объединения их в большие группы, дающие характеристику погоды во время заморозков для районов, выделенных на карте рис. 38.

Для холодной зоны комплексная характеристика погоды во время заморозков не определялась вследствие отсутствия материалов наблюдений за длинный ряд лет. Кроме того, в земледельческой части этой зоны набор сельскохозяйственных культур ограничен и представлен главным образом морозоустойчивыми овощными куль-

Комплексная характеристика погоды во время заморозков  
(Для периода со среднесуточной температурой выше 10°)

В числителе приведена повторяемость заморозков в процентах, в знаменателе — средняя относительная влажность воздуха в процентах при указанной минимальной температуре и скорости ветра. Значок \* показывает преобладание пасмурного состояния неба в ночь с заморозком, отсутствие значка — ясно. Тире означает, что указанная комбинация погоды не наблюдалась, ноль — повторяемость ее менее 1,0%. Тире в знаменателе дано при малой повторяемости данной комбинации погоды и вследствие этого ненадежности средней относительной влажности. Нумерация р-йонов дана по карте рис. 38.

Минимальная температура в легибудке в °С	В сна						Число случаев	Осень						Число случаев
	Скорость ветра по флюгеру, в м/сек.							Скорость ветра по флюг. ру. в м/сек.						
	1	2	3	4	5	6 и выше		1	2	3	4	5	6 и выше	
+2,0 — 0,0	18/61	8/67	12/57	—	6/64*	7,58*	197	23/84	14/84	14/79	1/—	8/77	5/88*	142
0,1 — 1,0	7/48	3/52	4/53	—	4/64*	2,64*	77	11/79	1/—	3/85	—	—	4/85*	40
-1,1 — 2,0	8/55	2/64	2/63	—	—	2,60	53	6/71	—	—	—	—	—	12
-2,1 — 3,0	2/58	2/53	2/58	—	1/—	2,57	35	4/73	—	—	—	—	—	9
-3,1 — 4,0	1/—	1/—	—	—	—	—	8	3/—	—	—	—	—	—	6
-4,1 — 5,0	1/—	1/—	1/—	—	—	—	4	1/—	—	—	—	—	—	2
ниже -5,0	1/—	1/—	1/—	—	—	—	12	2/—	—	—	—	—	—	4
Всего . . . . .	—	—	—	—	—	—	386	—	—	—	—	—	—	215

3. Континентальный Восточносибирский район

4. Континентальный С. бирский район

+2,0 — 0,0	12/67	4/68	18/64	12/62	8/61*	10/63*	251	35/79	11/80	6/72	7/75	5/73	4/70	130
-0,1 — 1,0	2/62	3/70	4/50	4/73	1/60*	3/70*	68	6/73	4/86	4/73	—	1/—	1/—	31
-1,1 — 2,0	3/63	2/65	1/62	1/61	1/65*	1/84*	36	4/78	4/79	2/66	—	—	—	20
-2,1 — 3,0	2/68	1/65	1/60	2/65	0/—*	0/—*	24	2/76	1/—	1/—	—	—	—	9
-3,1 — 4,0	1/67	—	—	—	0/—	0/—*	4	2/73	—	—	—	—	—	4
-4,1 — 5,0	—	—	—	—	—	1/70*	—	—	—	—	—	—	—	—
ниже -5,1	1/67	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—
Всего . . . . .	—	—	—	—	—	—	301	—	—	—	—	—	—	194

5. Континентальный Среднеазиатский район

+2,0 -0,0	25/65	16/78	2/77	14/53	5/40	8/77*	91	44/60	6/51	4/44	6/48	3/50	3/41	190
-0,1 -1,0	8/72	2/91	—	—	1/—	4/66*	20	10/40	—	1/—	—	1/—	4/36	45
-1,1 -2,0	3/60	3/80	—	1/—	—	—	9	6/64	—	—	—	—	3/40	25
-2,1 -3,0	2/62	—	—	—	1/—*	2/68*	7	4/52	—	—	—	—	—	11
-3,1 -4,0	—	—	—	—	—	—	—	2/57	—	—	—	—	—	6
-4,1 -5,0	—	—	—	—	—	—	—	2/58	—	—	—	—	—	6
ниже -5,1	3/77	—	—	—	—	—	4	2/52	—	—	—	—	—	6
Всего . . . . .	—	—	—	—	—	—	131	—	—	—	—	—	—	289

6. Сибирский переходный

+2,0 -0,0	43/65	10/63	7/63	3/68*	3/80*	3/78*	174	40/80	11/83	11/78	2/62**	4/76*	5/83*	128
-0,1 -1,0	10/65	2/58	3/51	1/—	1/—*	3/63*	50	6/83	1/—	1/—	1/—	—	—	16
-1,1 -2,0	3/63	2/63	1/—	—	—	0/—*	15	7/85	—	1/—	—	—	—	14
-2,1 -3,0	2/68	0/—	—	—	—	2/67*	10	2/87	—	—	—	—	—	4
-3,1 -4,0	0/—	0/—	—	—	—	—	—	3/90	—	—	—	—	—	5
-4,1 -5,0	0/—	0/—	—	—	—	—	—	4/85	—	—	—	—	—	7
ниже -5,1	0/—	0/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего . . . . .	—	—	—	—	—	—	249	—	—	—	—	—	—	174

7. Континентальный Европейский

+2,0 -0,0	20/68	9/67	9/62	10/67*	5/63*	13/67*	537	30/73	11/72	12/76	5/72	9/83*	8/68*	207
-0,1 -1,0	3/73	2/58	2/62	3/74*	1/54*	4/62*	122	8/76	3/78	0/—	0/—	1/—*	1/—*	35
-1,1 -2,0	3/69	2/56	2/65	1/42	1/50*	4/60*	106	6/67	0/—	—	—	—	—	15
-2,1 -3,0	1/65	0/—	1/66	0/—	0/—*	1/64*	21	4/85	0/—	—	—	—	—	14
-3,1 -4,0	1/—	1/—	1/—	0/—	0/—*	—	22	1/—	—	—	—	—	—	3
-4,1 -5,0	0/—	—	0/—	0/—	0/—*	0/—*	4	—	—	—	—	—	—	—
ниже -5,1	—	—	—	—	0/—*	0/—*	3	—	—	—	—	—	—	—
Всего . . . . .	—	—	—	—	—	—	815	—	—	—	—	—	—	274

8. Средняя часть ЕТС

+2,0 -0,0	22/71	11/69	10/69	7/65	7/68*	14/72*	535	28/81	13/79	12/79**	8/80*	5/77*	8/82*	259
-0,1 -1,0	4/75	2/70	2/71	1/73	2/69*	3/68*	107	6/80	2/80	2,80	1/—	0/—*	2/80*	45
-1,1 -2,0	2/69	1/70	1/67	1/72	1/68*	2/65*	61	4/79	1/—	0/—	1/—	2/81*	1/—*	32
-2,1 -3,0	1/66	1/68	0/—	0/—*	0/—*	1/65*	32	2/87	—	0/—	—	—	0/—*	9
-3,1 -4,0	0/—	0/—	0/—	—	0/—*	0/—*	9	0/—	—	—	0/—	—	—	4

Минимальная температура в метбудке в °С	Весна						Число случаев	Осень						Число случаев								
	Скорость ветра по флюгеру, в м/сек.							Скорость ветра по флюгеру, в м/сек.														
	1	2	3	4	5	6 и выше		1	2	3	4	5	6 и выше									
-4,1 -5,0 ниже -5,1 Всего . . . . .	-	0/-	-	-	-	0/-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	351					
9. Север ЕТС																						
+2,0 -0,0 -0,1 -1,0 -1,1 -2,0 -2,1 -3,0 -3,1 -4,0 -4,1 -5,0 ниже -5,1 Всего . . . . .	10,64 4,66	9/66	16/74	7/64	16/72*	16/75*	44	30	20	23*	-	-	-	11*	17	1	-	-	-	-	-	18
			5/61*	4/63*	1/-*	1/72*	8															
			2/63	1/67	2/63	4/86*	5															
			-	-	-	1/83*	3															
			-	-	-	-	1															
			-	-	-	-	-															
			-	-	-	-	-															
			-	-	-	-	61															
9а. Якутия																						
+2,0 -0,0 -0,1 -1,0 -1,1 -2,0 -2,1 -3,0 -3,1 -4,0 -4,1 -5,0 ниже -5,1 Всего . . . . .	30/66 15/50	26/68 6/61	5/67*	5/66*	1/-	4/65*	51	61/71 4/68 4/61 3/63 2/- 1/-	9/64 3/70 1/-	8/68*	4/79*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43
			-	-	-	-	20															
			-	-	-	-	2															
			-	-	-	-	-															
			-	-	-	-	-															
			-	-	-	-	-															
			-	-	-	-	73															
10. Западная и южная части ЕТС																						
+2,0 -0,0 -0,1 -1,0 -1,1 -2,0 -2,1 -3,0 -3,1 -4,0 Всего . . . . .	33/66 5/67 4/77 2/62	8/70 2/63	9/74 2/75 2/67	9/79 0/- 2/72 2/50	5/67 1/-	12/74*	320	44/77 8/74 1/- 1/-	10/77 0/- 0/- 0/-	12/73 1/- 0/-	5/90*	8/80*	5/65*	181	20	6	4	-	-	-	-	211
			-	-	-	-	46															
			-	-	-	-	34															
			-	-	-	-	20															
			-	-	-	-	2															
			-	-	-	-	422															



турами, для развития которых основной проблемой является борьба с общим недостатком тепла, а не борьба с заморозками.

В пределах умеренной зоны самым морозоопасным является континентальный Восточносибирский район, ареал которого разбит на отдельные части горными хребтами. Для комплексной характеристики погоды во время заморозков для этого района использованы станции Иркутск, Чита, Сретенск и Нерчинский завод.

Преобладающее число заморозков в этом районе проходит при ясном небе и малых скоростях ветра, близких к штилю. К этой группе относятся и наиболее интенсивные заморозки, с падением минимальной температуры ниже  $-5^{\circ}$  в метеорологической будке после наступления устойчивой средней суточной температуры выше  $10^{\circ}$ , хотя повторяемость их очень мала. Обращает на себя внимание в табл. 33 пропуск в графе со скоростью ветра в 4 м/сек., вызванный, повидимому, случайными причинами, связанными с установкой флюгеров. До 25% всех наблюдающихся в Восточносибирском районе поздних весенних заморозков относится к группе адвективных, возникающих во время прохождения холодного фронта и сопровождающихся значительными ветрами со скоростью более 5 м/сек. и облачностью выше 8 баллов (табл. 33).

Относительная влажность в этом районе вечером низка, в среднем около 60% при слабых заморозках и около 55% при более интенсивных падениях температуры. Но низкая влажность в течение всей ночи наблюдается преимущественно при адвективных заморозках с ветром и пасмурным небом. При случаях радиационных и смешанных по своему происхождению заморозков, относительная влажность в ночные часы значительно повышается за счет большого перепада температуры за ночь, который достигает  $10-12^{\circ}$ . При этом типе заморозков относительная влажность к моменту перехода температуры через  $0^{\circ}$  близка к 100%.

Осенью общее число опасных заморозков меньше, чем весной. Как показывает табл. 33, при осенних заморозках явно преобладают радиационные процессы, и почти все заморозки проходят при слабых ветрах и ясном небе. Распределение их по интенсивности аналогично весне. Относительная влажность повышена до 75% в вечерний срок наблюдений, откуда следует, что к началу заморозка она поднимается до 100%.

Для составления комплексной таблицы заморозков по континентальному Сибирскому району были использованы данные пяти станций. Большая протяженность района, очень большие расстояния между отдельными, немногочисленными станциями, данные которых удалось использовать, позволяют считать полученные характеристики погоды лишь относительными.

Преобладающее число заморозков в этом районе также принадлежит к группе слабых заморозков. Повторяемость опасного заморозка с интенсивностью ниже  $-5^{\circ}$  в метеорологической будке явление исключительное (два случая из ста).

Как указывает В. К. Иванов [48], разность температур между будкой и поверхностью почвы в этом районе может доходить весной до  $10-12^{\circ}$ . По данным автора, такие большие разности являются предельными, наблюдающимися в особых микроклиматических условиях. Нормально максимальные разности минимумов воздух—почва не превышают  $7-8^{\circ}$ , при средней около  $3^{\circ}$ .

Большая морозоопасность района вызывается его континентальностью, с большими суточными колебаниями температуры и частыми возвратами холодов весной и ранними волнами холода в начале осени. Открытый степной характер местности способствует усилению ветров. Преобладающее число заморозков наблюдается при скоростях ветра около 3—4 баллов (42%). Велика группа адвективных заморозков, со скоростью ветра более 5 м/сек. и полной облачностью (25%). Колебания относительной влажности незначительны (около 60—65%), зависимость ее от типа заморозка не выявляется.

Осенью резко преобладают заморозки при ясном небе и малой скорости ветра, достигающие интенсивности  $-4^{\circ}$  в метеорологической будке. Относительная влажность по сравнению с весной повышена до 75—85% с вечера, что дает основание считать, что ко времени заморозка она достигает 100%. Весной, при больших

перепадах температуры в большинстве случаев также достигается эта ночная влажность.

Континентальный среднеазиатский район представлен метстанциями, расположенными среди поливных земель.

Три четверти всех случаев весенних заморозков падает на группу слабых, с положительной температурой в метеорологической будке. Более 60% проходит при слабых ветрах или штиле, причем в эту группу входят и наиболее интенсивные заморозки с минимальной температурой ниже  $-5^{\circ}$  в будке и до  $-10^{\circ}$  на поверхности почвы и растений.

Адвективные заморозки, с сильным ветром и пасмурным небом, составляют 20% всех случаев, причем около 15% из этой группы принадлежат к слабым заморозкам. Необходимо учитывать, что при адвективных заморозках обычно наблюдается изотермия и во многих случаях, особенно если в течение нескольких дней до заморозка стояла теплая погода, поверхность почвы может оказаться теплее воздуха на высоте 2 м, откуда следует, что для этой группы случаев температура среди растений может оказаться только близкой к нулю, не опускаясь ниже точки замерзания. Вред, наносимый растениям этим типом заморозков, выражается главным образом в задержке роста и развития их под влиянием низких температур.

Относительная влажность в этом районе с вечера низка, часто ниже 60%, в отдельных случаях — около 35—40%. Но большие суточные амплитуды температуры вызывают повышение ее в ночные часы даже в этих крайних случаях до 75—80%. Как видно из табл. 33, распределение относительной влажности по отдельным группам неустойчиво.

Осенью 75% заморозков проходит в условиях интенсивного ночного излучения, по типу радиационного заморозка, при штиле и ясном небе. Но интенсивность заморозка может достигать в отдельных случаях  $-5$ ,  $-7^{\circ}$  в метеорологической будке. В этом районе осенью особо опасны пониженные формы рельефа и поляны среди густой растительности, где особенно проявляется застой воздуха. В этих случаях понижение температуры ниже  $+2$  в метбудке на ровном месте может сопровождаться заморозком до  $-5$ ,  $-6^{\circ}$  в морозобойных положениях.

Относительная влажность воздуха с вечера обычно ниже 60%, а в некоторых случаях — около 35—40%. Перепад температуры в среднем около  $9-10^{\circ}$ , вследствие чего влажность ночью близка к 90—95%, в некоторых случаях повышаясь до 100%.

Сибирский переходный район представляет собою относительно узкую, вытянутую по широте полосу и дает переход от резко континентального Сибирского района, с большим числом опасных весенних заморозков, к Северному району, где весенние заморозки, как правило, не опасны для культур, но зато повышена опасность летних и осенних заморозков. В результате, в переходном районе заморозки опасны весной, летом и осенью. Основная масса заморозков как весной, так и осенью, принадлежит к типу радиационных заморозков, с малыми скоростями ветра, что отличает этот район как от континентального Сибирского, так и от Северного района. В последнем основное число случаев с заморозками наблюдается при адвективном типе. Малое число заморозков с ветром в переходном районе, при большом числе их в обоих соседних районах, может явиться следствием большой лесистости (тайга), но может быть вызвано и местными особенностями в положении флюгеров на использованных трех станциях. Проверить показания их еще по нескольким станциям не удалось, а установка флюгеров точно неизвестна. Поэтому вскрыть действительные причины несколько неожиданного для района резкого преобладания заморозков радиационного типа нельзя.

Относительная влажность вечером по району около 65—70% весной и 75—85% осенью, что в обоих случаях обеспечивает 100% относительной влажности в ночные часы.

Континентальный Европейский район сильно растянут по меридиану. Однако характерные черты в распределении заморозков на этом большом пространстве не меняются.

Как показывает табл. 33, очень большое число случаев с заморозками весной дало большое рассеяние по всей таблице, в результате чего повторяемость отдельных комбинаций невелика. Основное число случаев падает на слабые заморозки.

Относительная влажность низка для случаев интенсивных заморозков (ниже 60%), сопровождающихся большим перепадом температуры, и приближается к 70% при слабых заморозках. Осенью влажность выше 70%.

В морозобойных положениях (Земетчино, Энгельгардовская обсерватория) возрастает группа радиационных заморозков с большой интенсивностью (есть случаи до  $-6^{\circ}$  в метеорологической будке) и несколько снижена относительная повторяемость заморозков при сильных ветрах, что и следовало ожидать в результате анализа влияния местоположения этих станций.

В Средней части ЕТС, так же как и в Европейском континентальном районе, заморозки довольно равномерно распределены по всем клеткам табл. 33 с численным преобладанием группы слабых заморозков. Интенсивные заморозки, ниже  $-2^{\circ}$  в метбудке, очень редки. Случаи с интенсивностью заморозка ниже  $-5^{\circ}$  после установления среднесуточной температуры выше  $10^{\circ}$  единичны — всего два случая из 749.

Интенсивность ранних осенних заморозков также мала — обычно эти заморозки отмечаются только на поверхности почвы и растений при положительной температуре в метбудке. Малая интенсивность их объясняет отсутствие в этом районе серьезных повреждений урожая сельскохозяйственных культур осенними заморозками.

Относительная влажность ночью, как весной, так и осенью, близка к 100%; весной в отдельные ночи может быть около 70—75%.

Весной заморозки сопровождаются более сильными ветрами, чем осенью, и около 30% всех случаев с заморозками сопровождаются скоростью ветра свыше 5 м/сек. вечером по флюгеру и проходят при пасмурном небе. Осенью повторяемость этой группы заморозков снижена до 15—18%. На усиление ветра весной во время заморозков в б. Воронежской губернии указывал А. А. Каминский [2] еще в 1925 г.

Север ЕТС в табл. 33 представлен всего двумя станциями, не особенно характерными по своему положению для района. Число случаев с заморозком невелико (61 для весны и только 18 для осени). Характерной особенностью района весной является очень малое число радиационных заморозков, при штиле и ясном небе. Преобладающее число их носит адвективный характер и сопровождается ветрами со скоростью выше 3 м/сек. и облачностью. Эта особенность, резко выделяющая район от более южных частей Союза, объясняется расположением его в относительно высоких широтах, севернее  $60^{\circ}$  с. ш., и временем наступления заморозков этой группы во второй половине июня, в разгар белых ночей, в течение которых процессы ночного излучения не могут достигнуть большой интенсивности, определяющей возможность возникновения радиационного заморозка.

Численное преобладание в северном районе заморозков адвективного происхождения над радиационными обуславливает отсутствие зависимости между средней длительностью заморозков и длительностью ночи в Союзе. Длительность заморозков на севере, при малой длительности ночи, оказывается близкой к длительности их на юге, при наличии длинной ночи (порядка 9—10 часов). Как видно из табл. 33, причина этого явления кроется в самом процессе возникновения заморозков, отличном в этих районах.

Число случаев с осенними заморозками настолько мало, что на основании его нельзя дать каких-либо обобщающих выводов. В частности, в него не вошли случаи с заморозками в июле, наблюдающимися в районе и в северной части его повреждающими картофель, и в южной — огурцы.

По степени морозоопасности к северному району относится часть Якутии, расположенная на низменностях в районе среднего течения реки Лены и нижнего течения реки Вилюя. Несмотря на то, что этот район также расположен севернее  $60^{\circ}$  с. ш., в нем наблюдается резкое преобладание числа заморозков, вызванных радиационным процессом, что, очевидно, связано с большой континентальностью климата

этого района и преобладанием антициклонального типа погоды. Ранние осенние заморозки здесь могут быть очень интенсивны, до  $-3, -4^{\circ}$  в метеорологической будке в середине августа.

В западной и южной частях ЕТС повреждающие сельскохозяйственные культуры весенние заморозки наблюдаются только в 2—3 весны за 10 лет. Осенние заморозки не опасны, за исключением юга УССР и Северного Кавказа, где они могут повреждать хлопчатник. Весной резко преобладает группа слабых заморозков на поверхности почвы, которая может быть опасна только для наиболее теплолюбивых огородных культур ранних сроков сева.

Адвективные заморозки наблюдаются очень редко, как весной, так и осенью.

Для Прибалтики, побережий Черного и Каспийского морей и района Владивостока таблицы не составлялись вследствие того, что здесь весенние и осенние заморозки не представляют опасности для культурных растений.

Для станций субтропической зоны СССР комплексные характеристики погоды во время заморозков имеются в двух статьях П. А. Буцкого [49], [50], в которых приводятся характеристики для отдельных станций субтропической зоны.

В комплекс П. А. Буцкого входят те же элементы погоды во время заморозка: интенсивность его, скорость ветра, облачность и относительная влажность, но градации несколько крупнее принятых в настоящей работе, именно: минимальные температуры учитываются по группам от 0 до  $-2^{\circ}$ ; от  $-2$  до  $-5^{\circ}$ ; от  $-5$  до  $-7^{\circ}$ ; от  $-7$  до  $-10^{\circ}$  и ниже  $-10^{\circ}$ , как того требуют производственные условия для субтропических культур. Сила ветра учитывается от 0 до 1 м/сек. (тихо), от 2 до 4 м/сек. (слабый ветер) от 4 до 6 м/сек. и выше 6 м/сек. Относительная влажность ниже 60%; от 60 до 80 и выше 80%. Облачность по трем градациям: ясно или малооблачно — до 5 баллов, облачно — от 5 до 8 и пасмурно — выше 8 баллов. Для составления таблиц использованы наблюдения в 7 час. утра, с коррективом по вечернему сроку для облачности, ветра и относительной влажности и по минимуму для температуры.

В табл. 34 дается краткая сводка полученных П. А. Буцким характеристик морозов в субтропической зоне по двум элементам — минимальной температуре и ветру.

Как показывают исследования Г. Т. Селянинова [24], «явления погоды во время морозов (в субтропической зоне Западного Закавказья) развиваются в известной последовательности, проходя определенные фазы, и в зависимости от того, какой фазе данный день с морозом принадлежит, определяется и его метеорологический комплекс. Тот факт, что морозы сопровождается либо ясная, либо пасмурная погода, объясняется тем, что начальная фаза морозного периода, совпадающая обычно с прохождением холодного фронта (или циклона), характеризуется большой облачностью, повышенной силой ветра (с моря) и высокой влажностью воздуха, причем в это время морозы никогда не достигают большой силы, но после того, как фронт (или циклон) прошел, небо быстро проясняется, ветер стихает, поворачивает к востоку, т. е. дует уже с гор, приобретая свойства берегового бриза, а в долине Риона — «восточного ветра».

В условиях Западного Закавказья эти ветры имеют фенообразный характер, что создает тенденцию к понижению влажности воздуха, если эта тенденция не парализуется усиливающимся падением температуры в силу ночного остывания, что, очевидно особенно резко должно быть выражено в долинах. Именно в этой фазе мороз достигает наибольшей силы».

Буцкий указывает, что в момент самой низкой температуры за морозный период вероятность ясной погоды повышается до 60—80%, относительная влажность увеличивается, и возрастает количество штилей не только в Западном Закавказье, но и во всей субтропической зоне в целом. Некоторое усиление ветра при сильных морозах (по отношению к средней интенсивности их на станции) наблюдается в долине Риона (Поти) и на Апшеронском полуострове (Баку) под влиянием местных особенностей.

Просмотр табл. 33 и 34 показывает закономерное увеличение числа интенсивных заморозков в континентальных районах Сибири и в пределах субтропической зоны

Распределение морозов по интенсивности и скорости ветра (в %) в субтропической зоне (по П. А. Будкому)

Название станции	Температура в 7 час. утра														
	от 0 до -2°			от -2° до -5°			от -5 до -10°			от -10 до -15°					
	0-1	2-3	4-6	>6	всего	0-1	2-3	4-6	>6	всего	0-1	2-3	4-6	>6	всего
Сочи . . . . .	22	42	9	6	79	4	7	2	4	17	0	2	2	—	4
Сухуми . . . . .	26	27	8	4	55	13	12	5	0	3	1	4	—	5	
Поти . . . . .	17	25	11	15	68	60	9	5	5	25	1	1	3	7	
Гапшерди . . . . .	38	19	5	3	65	15	8	4	2	29	3	3	0	6	
Самтрели . . . . .	36	10	14	5	65	14	4	5	2	25	7	1	2	10	
Сакарский питомник	47	6	1	1	55	28	1	1	0	29	14	0	0	14	
Кутанс . . . . .	38	19	5	3	65	15	8	4	2	29	3	3	0	16	
Махарадзе . . . . .	47	4	1	2	54	32	2	—	—	34	12	—	—	12	
Батуми . . . . .	52	10	5	7	74	19	1	0	—	23	3	—	—	3	
Актафа . . . . .	17	49	6	3	75	4	16	1	1	22	3	2	—	3	
Ленкорань . . . . .	16	24	19	2	61	8	12	7	3	30	1	4	—	7	
Баку . . . . .	7	21	14	28	70	0	4	5	18	27	—	4	—	3	
Сальяны . . . . .	25	28	3	7	63	13	13	2	2	30	3	—	—	7	
Яла . . . . .	29	20	3	1	53	16	16	1	1	34	6	3	—	10	
Феодосия <sup>1</sup> . . . . .	11	16	5	5	37	7	12	5	7	31	4	8	6	22	
Красноводск . . . . .	16	11	9	6	42	10	14	4	7	35	3	8	4	21	
Ашхабад <sup>2</sup> . . . . .	30	6	—	—	36	12	19	1	—	32	15	6	—	21	

Сила ветра, в м/сек.

<sup>1</sup> Температура ниже -15°-10/0.  
<sup>2</sup> Температура ниже -15°-30/0.

Средней Азии. В относительной влажности воздуха тоже намечается известная географическая закономерность в распределении ее в вечерние часы. Самые низкие влажности весной отмечаются в Восточной Сибири, в южной части Якутии и в Средней Азии.

Пасмурное состояние неба во время заморозков преобладает в северной части ЕТС и в Западной Сибири весной.

Распределение скоростей ветра не дает какой-либо выраженной географической закономерности.

## Глава VIII

### ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ В ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ЗАМОРОЗКАМИ В СССР

Многочисленные работы, посвященные вопросам борьбы с заморозками в СССР, носят преимущественно популярный характер и трактуют об организации активных методов борьбы с заморозками, не оценивая применимость предлагаемых методов в конкретных условиях климата, и обычно не дают количественных показателей эффективности метода.

В отдельных случаях авторы предлагают к широкому производственному использованию методы, неосуществимые или заведомо не дающие положительного эффекта, как например, предложенная профессором Виткевичем [51] установка горящих нефтяных грелок в крону плодовых деревьев или применение авиационных моторов для перемешивания воздуха в небольших садах.

Только лишь относительно небольшое число работ дает обоснованную оценку эффективности методов борьбы с заморозками, основанными на опытных данных.

#### 1. ДЫМЛЕНИЕ

Наиболее старым и распространенным методом борьбы с заморозками является дымление, применявшееся еще до нашей эры римлянами для защиты виноградников, а также древними жителями Перу [52]. Однако научно поставленные опыты для оценки эффективности этого приема были проведены как в СССР, так и за границей только за последние 15—20 лет. Теоретическое обоснование метода дано в настоящее время в работах М. Е. Берлянда [53] и П. Н. Красикова [54], показавших, что эффективность его основана на обогреве воздуха при сгорании дымообразующего вещества. Понижение эффективного излучения относительно невелико и не является решающим моментом в повышении температуры под пологом дыма.

П. Н. Красиковым сделана сводка опытных данных по эффективности метода дымления как путем сжигания органического вещества, так и при применении ряда химических веществ (табл. 35 и 36).

Как показывают приведенные таблицы при слабых ветрах температурный эффект от применения дымления путем сжигания дымовых куч из стружек, соломы, навоза и т. п. имеющихся в хозяйствах органических материалов, не превышает 1,5—2,0°; причем известно, что в большинстве случаев повышение температуры под пологом дыма в производственных условиях не более 0,8—1,0°. Практики, считающие эту меру борьбы с заморозками достаточно эффективной, несмотря на малый термический эффект ее, указывают на то, что под пологом дыма растения лучше оправляются после легких повреждений от заморозков, так как они укрыты от прямых солнечных лучей, вследствие чего замедляется процесс оттаивания их.

В русской литературе вопрос об оценке эффективности метода дымления дымовыми кучами до сих пор спорен. В США и Западной Европе, где одно время этот метод находил очень широкое применение, за последние годы отказались от него, считая, что дымление кучами может спасти растения только от очень слабых заморозков.

Оценка эффективности метода борьбы с заморозками путем сжигания органического вещества (по П. Н. Красикову)

Дымообразующее вещество	Расход на га	Скорость ветра	Температурный эффект °С	Снижение эффективности излучения, в %	Автор	Примечания
Дымовые кучи из органического вещества . . .	100 куч/га	—	1,0	—	Лаврийчук и Попов	—
Дымовые кучи из навоза и соломы . . .	—	—	1,5—2,0	—	Штырева	—
Кучи из стружек с нафталином . . .	10 тонн на га	Слабый	1,1—2,0	—	Кесслер	Опыты проводились в 1919 г. в Голландии
Смола и нафталин . . .	75—185 кг/га час	Слабый	2,0—4,0	40	Кесслер	Опыты проводились в 1928—1930 гг. в Германии
Кучи из навоза . . . . .	—	—	—	70—80	Шмидт	Опыты проводились в 1928 г. в Австрии
Смола . . . . .	—	—	1,0—2,5	30—40	Шмидт	

Использование химикатов для образования дымов и искусственных туманов более перспективно, но в настоящее время является еще недостаточно разработанным приемом.

Исследования М. Е. Берлянда и П. Н. Красикова количественно показали большую зависимость расхода горючего вещества при дымлении от интенсивности заморозок и скорости ветра. Наибольший эффект в отношении повышения температуры достигается при слабых ветрах — до 1 м/сек. на высоте 2 м во время заморозка, т. е. при скоростях ветра не более 2 м/сек. с вечера на высоте флюгера. Считая термический эффект способа дымления путем сжигания дымовых куч около 1,0°С, а при химических способах защиты — до 1—1,5°, можно ожидать положительного эффекта от указанных способов борьбы с заморозками при скорости ветра не выше 2 м/сек. на флюгере для первого варианта — при заморозках на поверхности почвы и растений и положительной температуре в метеорологической будке, и для второго варианта — при заморозках ниже 0—1° и не сильнее —2° в метеорологической будке.

Анализ материалов по комплексной характеристике погоды во время заморозков дает возможность оценить степень благоприятствования погодных условий для применения дымления, образования искусственного тумана, открытого обогрева и т. п. в разных районах Союза. Однако принятые в гл. VII очень дробные, детальные градации основных метеорологических элементов, определяющих успех дымления, именно: интенсивности заморозка и скорости ветра, дают слишком большое рассеяние повторяемостей и затрудняют суммарную оценку применимости названных методов в отдельных частях Союза.

Для получения величин, легко поддающихся обзору, все данные комплексных таблиц были разбиты на четыре группы по степени благоприятности погоды для применения активных методов борьбы с заморозками.

Оценка эффективности метода борьбы с заморозками путем применения химикатов для образования искусственного тумана (по П. Н. Красикову)

Дымообразующее вещество	Расход дымообразующего вещества, в кг/час	Скорость ветра, в м/сек.	Температурный эффект, в °С.	Снижение эффективного излучения, в %	Автор	Место и время проведения опытов
Белый фосфор	11,2	0,5	очень мал	40—50	Кимбалл	1923 г. в США
То же . . . . .	22,4	1,0	то же	—	"	
То же . . . . .	33,7	1,7	то же	—	"	
Хлорное олово и хлорсульфоновая кислота . . . . .	—	—	3,0	—	Лаврийчук и Попов	1932—1935 гг. под Харьковом, на Северном Кавказе и в Крыму
Четыреххлористое олово и четыреххлористый кремний: самолетный метод . . . . .	—	1,5—3,0	до 3,6 (максимум)	—	Лаврийчук	1934—1936 гг. на Кавказе
наземный метод . . . . .	—	меньше 1,0	1,5 (средний)	—		
раствор в хлорсульфоновой кислоте	—	около 1,0	2,0	20	Кесслер	1931—1936 гг. в Германии
Хлористый аммоний . . . . .	—	—	0,7—2,9	14—28	Русин	1938 г. под Ленинградом
То же . . . . .	—	от 1,0 до штиля	2,0—3,0	—	Оболенский и Семенов	1935—1936 гг. Куйбышевская, Московская и Ленинградская области

В первую группу, погодные условия которой полностью обеспечивают успех борьбы с заморозками методом дымления дымовыми кучами, включены все случаи радиационных заморозков, проходящих при малых скоростях ветра (до 2 м/сек. по флюгеру, в вечерний срок наблюдений) и заморозках на поверхности почвы при положительной минимальной температуре в метеорологической будке. Эта группа заморозков почти во всех районах Союза является наиболее многочисленной, но повреждает только самые чувствительные к заморозкам культуры, как всходы хлопчатника, огурцов, рассаду томатов, распускающиеся почки виноградной лозы и ее цвет, всходы гречихи и т. п. Гибель этих культур (у винограда — глазков) и повреждение менее чувствительных сельскохозяйственных культур заморозками этой группы возможно в морозобойных положениях.

Во вторую группу вошли более интенсивные заморозки от 0 до  $-2^{\circ}$  в метбудке, при слабых ветрах и ясном небе. Борьба с заморозками этой группы, представляющей серьезную опасность для цветущих плодовых, виноградников и осенью для теплолюбивых овощных культур и хлопчатника, также дает благоприятный эффект при применении достаточно интенсивного дымления шашками или открытого обогрева при повышении температуры на защищаемых участках на  $1,5-2,0^{\circ}$ .



В третью группу вошли случаи со скоростью ветра в 3—4 м/сек. или интенсивностью заморозков до  $-4^{\circ}$  при штиле, для борьбы с которыми требуется значительное увеличение расхода горючего и успех борьбы полностью не обеспечен.

К четвертой группе отнесены все случаи главным образом адвективных заморозков, с большой скоростью ветра (более 5 м/сек.), и случаи очень резкого падения минимальных температур ниже  $-4^{\circ}$  при слабых ветрах, при которых борьба с заморозками дымлением и образованием искусственного тумана не дает положительного результата. Влияние относительной влажности не принято во внимание, хотя в отдельных районах (Забайкалье, Южная Якутия и Средняя Азия) малая влажность может явиться препятствием для образования искусственного тумана.

Указанная разбивка заморозков на группы является ориентировочной, требующей уточнения в зависимости от тех методов, которые будут применяться для борьбы с заморозками, и служит только для получения сравнительной оценки территории Союза в этом отношении. Табл. 35 показывает, что за исключением Сибирского переходного района и Якутии, вероятный успех от применения дымления весной не превышает 50%, опускаясь в северных районах и в Западной Сибири до 20—25%. Осенью этот процент везде выше (около 55—65%), но полный успех дымления также не обеспечен, в силу неблагоприятного сочетания отдельных элементов погоды.

Как весной, так и осенью группа заморозков, борьба с которыми требует значительного увеличения расходов горючего, составляет около 25—30%. Группа погод, неблагоприятных для применения названных методов борьбы весной, представляет также около 25—30% всех случаев с опасными заморозками, осенью — около 10—20%. В северной части Союза повторяемость этой четвертой группы возрастает весной до 40%.

В сводной табл. 35 почти нет выраженных особенностей в географии оценки применимости метода дымления для борьбы с заморозками. Возникает вопрос, не является ли такое сглаживание индивидуальных особенностей районов результатом слишком большого обобщения материалов метеорологических наблюдений?

Анализ условий возникновения заморозков, общность вызывающих их процессов дают основание считать полученные выводы достаточно достоверными. В табл. 33 и 34 вошли не все заморозки за весну и осень, а лишь наиболее поздние весенние и ранние осенние заморозки, возникающие в большинстве случаев во всех районах холодной и умеренной зоны Союза в результате адвекции холодной воздушной массы с положительной температурой при последующем радиационном выстывании ее. Только на севере Союза, вследствие относительно низкого уровня среднесуточных температур, можно ожидать более частых адвективных заморозков, что и подтверждается табл. 33 и 37. Возвраты холодов дают довольно большой процент адвективных заморозков весной и в более южных частях Союза — осенью, при начинающемся падении температуры. Среди наиболее ранних заморозков должны преобладать радиационные процессы, которые создают более благоприятные условия для применения активных методов борьбы с ними.

Применимость метода дымления ограничивается не только неблагоприятным сочетанием отдельных метеорологических элементов, т. е. условиями погоды. Он дает положительный эффект при нормальной инверсии на ровном месте при отсутствии подтока холодного воздуха со стороны и непригоден в условиях изрезанного рельефа, особенно в долинах, где под полог дима возможен подток холодного воздуха из более высоких частей долины или с прилегающих склонов. В этом случае эффект дымления полностью пропадает.

В субтропической зоне дымление не дает положительного эффекта для защиты от заморозков субтропических культур, во-первых, вследствие слишком малого повышения температуры под пологом дима при большой интенсивности заморозков, во-вторых, вследствие относительно большой длительности опасного мороза (обычно более одной — двух ночей) и, в-третьих, вследствие сильной изрезанности территории и наличия местных течений холодного воздуха в припочвенных слоях его. На непригодность метода дымления для борьбы с повреждениями субтропических

Таблица 37

Степень благоприятствования (‰) погодных условий во время заморозка для применения дымления

№ районов по карте (рис. 38)	Район	Вполне благоприятно	Благоприятно	Мало благоприятно	Неблагоприятно	Вполне благоприятно	Благоприятно	Мало благоприятно	Неблагоприятно	Сумма граф 1 и 2	
		1	2	3	4	1	2	3	4		
		весна				осень				весна	осень
3	Континентальный Восточносибирский	25	20	25	30					45	
4	Континентальный Западносибирский	15	10	50	25	45	20	25	10	25	65
5	Континентальный среднеазиатский	40	15	20	25	50	15	20	15	55	65
6	Сибирский переходный	50	20	20	10	50	15	25	10	70	65
7	Континентальный Европейский	30	10	30	30	40	15	25	20	40	55
8	Средняя часть ЕТС	35	10	25	30	40	10	30	20	45	50
9	Север ЕТС	20	—	40	40	—	—	—	—	20	—
9а	Якутия	55	20	15	10	70	10	20	0	75	80
10	Запад и юг ЕТС	40	10	30	20	55	10	25	10	50	65

культур, особенно citrusовых, Г. Т. Селянинов [55] указал еще в 1930 г., и его выводы в этом отношении полностью подтверждены практикой.

Метод дымления для борьбы с заморозками, по литературным данным, применяется по всей территории Союза.

Имеются сведения о дымлении в виноградниках и плодовых садах Северного Кавказа, Крыма и УССР. На Урале он применялся для защиты главным образом овощных культур. В Якутии на Покровской опытной станции дымили с положительным результатом для защиты урожая томатов, но при значительно повышенных нормах горючего, что позволяет считать этот случай переходным к методу открытого обогрева.

Собранные ГГО анкетные сведения из областных земельных отделов и областных органов Госстраха о применении разных мер защиты от заморозков по территории всего Союза за последние годы (главным образом 1946—1948 гг.), показали, что дымление является в настоящее время повсеместно единственным методом активной борьбы с заморозками в открытом грунте, хотя применяется не часто. Для дымления используются дымовые кучи из органического вещества (навоз, стружки, солома и т. п.), имеющегося в хозяйстве. Дымлением пытаются защищать огородные культуры (помидоры, огурцы, бахчевые), плодовые во время цветения, виноградники.

Следует отметить, что в полученном материале нет ни одного указания на положительный эффект дымления. В некоторых случаях авторы ответов на вопросы анкеты ссылаются на большую интенсивность заморозка, которую нельзя было нейтрализовать указанным методом.

## 2. ОТКРЫТЫЙ ОБОГРЕВ

Более новым методом борьбы с заморозками является применение открытого обогрева плантаций. Этот метод рассчитан на непосредственное обогревание воздуха среди растений за счет тепла, излучаемого при сгорании нефти, каменного угля, смолы, нафталина и т. п. горючих веществ, сжигаемых в специально сконструированных грелках. По данным В. С. Лаврийчук [56], температура воздуха повышается при отоплении плантаций лимона в субтропической зоне Западного Закавказья двухтрубными нефтяными грелками, причем устойчивое повышение температуры воздуха дают:

100 грелок на га . . . . .	на 2—2,5°
200 " " " . . . . .	" 3°
300 " " " . . . . .	" 4°
400 " " " . . . . .	" 5°

При применении широкотрубных грелок конструкции В. П. Никифорова суммарная эффективность обогрева воздуха и листвы лимонов может быть доведена в среднем до 9—10°, причем применение грелок этой конструкции целесообразно при морозах с ветром до 5—8 м/сек.

Доказанная высокая эффективность метода открытого обогрева для борьбы с морозами в субтропической зоне дала возможность широкого внедрения его в производство, главным образом на лимонных плантациях.

В настоящее время применение его ограничено именно этой зоной. В плодовых садах умеренной зоны он до сих пор не получил широкого распространения, видимо, вследствие организационных трудностей, связанных с производством грелок и обеспечением их топливом, а также вследствие относительно высокой стоимости этого метода, позволяющей применять его только к наиболее ценным культурам. В настоящее время способ открытого обогрева не нашел применения даже на виноградниках юга Союза, например, Северного Кавказа, где в виноградных совхозах для борьбы с весенними заморозками пользуются дымлением шашками белого дыма и окурами, не могущими полностью обеспечить сохранность урожая.

## 3. ПОКРЫШКИ

В субтропической зоне Союза в настоящее время довольно широко применяются укрытия лимонов на весь холодный период светопрозрачными оболочками. Этот метод подробно разработанный Г. Б. Надарая [57 и 58] метод вполне оправдал себя как средство борьбы с заморозками. Однако существенным его недостатком является значительное, не вполне благоприятное физиологическое действие покрышек на растения, которые укрываются не к моменту наступления опасных температур а значительно раньше, причем в теплые зимы это укрытие может оказаться излишним.

Всякого рода закрытия покрышками, колпаками, а также присыпка землей на время ожидаемого заморозка всходов теплолюбивых культур, в том числе раннего картофеля, рекомендуется во всех частях Союза и местами широко применяется, например, в Восточной Сибири и ДВК, а также в Костромской, Ярославской и Молотовской областях и на Урале.

Тепловой эффект этих мероприятий, дающих в большинстве случаев положительный результат, должен колебаться в довольно значительных пределах в зависимости от того, из чего сделаны и как применяются закрытия.

## 4. ПРОЧИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЗАМОРОЗКАМИ

В районах искусственного орошения для борьбы с заморозками применяется полив полей перед ожидаемым заморозком. Этот метод используется в Средней Азии, главным образом, для борьбы с осенними заморозками на хлопковых полях и, по свидетельству Караульшиковой и Штыревой [59], дает повышение темпера-

туры в холодные ночи до 2°. Однако этот способ, так же как и постоянные укрытия растений на зиму, оказывает значительное физиологическое действие на растение. Несвоевременный полив вызревающего хлопчатника может задержать созревание коробочек и уборку урожая. Поэтому эффективность метода нельзя оценить без соответствующих физиологических исследований, не законченных до сих пор.

Для северных и холодных таежных районов Физико-агрономический институт [60] рекомендует аэрационный способ посадки картофеля на гребнях высотой в 25—30 см с широкими междурядьями и большими расстояниями между кустами в рядах, что обеспечивает хороший прогрев почвы и повышает теплообмен между почвой и воздухом. Способ испытан на Кольском полуострове и в Иркутской области, где дал хорошие результаты. По Яхтенфельду [36], гребневая посадка картофеля издавна применяется многими колхозниками Восточной Сибири и Дальнего Востока как средство борьбы с недостатком тепла и избытком влаги.

В Сибири и Северном Казахстане по предложению академика Т. Д. Лысенко [61] применяется скашивание к 5—10 сентября зерновых хлебов, независимо от состояния зрелости их, как мера борьбы с повреждением незрелого зерна осенними заморозками.

Перечисленное выше небольшое число мероприятий относится к методам широко применяемой активной борьбы с заморозками, рассчитанными специально на преодоление неблагоприятного действия их на растения.

Вместе с тем для борьбы с заморозками имеет большое значение ряд таких комплексных мероприятий, направленных к общему повышению урожайности сельскохозяйственных культур, как применение скороспелых и морозоустойчивых сортов в районах с коротким безморозным периодом, селекция растений на эти качества, применение калийных удобрений, своевременное проведение сельскохозяйственных работ, правильный выбор места посева в отношении микроклимата, рассадные способы культуры и т. п.

## **5. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ЗАМОРОЗКАМИ В РАЗНЫХ РАЙОНАХ СССР**

Широко организованная, планомерная борьба с заморозками дает возможность полностью устранить материальный ущерб, периодически наносимый сельскохозяйственному производству этим вредным явлением климата. Основой такой организации должен быть правильный учет вероятности наступления опасного заморозка, частоты и интенсивности его в разных условиях микроклимата определенного района и учет ценности урожая в местных условиях. Последний фактор определяет границы рентабельности применения мер борьбы. Чем выше ценность урожая, который надо сохранить от заморозка, тем выше могут быть затраты на борьбу с ним.

Климатическое изучение заморозков, результаты которого изложены в предыдущих главах, дает возможность наметить в общих чертах комплекс мероприятий, необходимых для успешной борьбы с заморозками в разных районах Союза.

В холодной зоне, в которой заморозки возможны в течение всего вегетационного периода, мерами борьбы с ними будут являться все агротехнические мероприятия, направленные к повышению температуры почвы, как например, гребневая культура, правильная ориентировка рядков, осушка слишком влажных почв, минерализация их и т. п. Особо большое значение получает правильный выбор участков: наименее морозоопасными являются участки на открытых пологих склонах, в поймах больших рек и на берегах озер; наиболее опасны участки в логах, в долинах малых рек, на заболоченных массивах и закрытых полянах. Благоприятным фактором является защита участка от холодных ветров.

Необходим подбор местных сортов и воспитание их на морозоустойчивость. Дымление с повышенной нормой затраты горючего, т. е. применение переходных форм к открытому обогреву, может спасти наиболее ценные в местных условиях культуры от кратковременных опасных заморозков в июле и первой половине августа. Для обогрева возможно использовать торф. Применение паровых гряд,

холодных парников и т. п. приемов для удлинения вегетационного периода также обеспечивает защиту культур от заморозков.

В континентальном Восточносибирском районе необходимы те же мероприятия, что и в холодной зоне. Влияние микроклимата в изрезанном рельефе этого района особенно велико, и ряд культур, успешно произрастающих на склонах (в том числе яровая пшеница и картофель), гибнет от ранних заморозков в отрицательных формах рельефа. Особое внимание должно быть уделено качеству обработки почвы и своевременности проведения посева, рекомендуется параллельный сев сортов разной скороспелости.

Для борьбы с весенними заморозками полезно укрытие всходов теплолюбивых культур землей, матами, еловыми лапами и т. п. и поздняя высадка рассады.

Борьба с ранними августовскими заморозками, наблюдающимися, главным образом, в отрицательных формах рельефа, должна вестись путем открытого обогрева кострами, а уборка яровых зерновых — производиться не позднее 1 сентября.

В континентальном Западносибирском районе, при средней длительности безморозного периода более 105 дней, желательна некоторая задержка в сроках сева и посадки в грунт рассады теплолюбивых культур до прекращения интенсивных заморозков, т. е. после 25 мая — 1 июня.

Применение активных методов борьбы весной (дымление, обогрев) затрудняется сильными ветрами.

Селекция плодовых в этом районе должна идти по пути создания поздноцветущих весной, но скороспелых и устойчивых к зимним холодам форм. При стелющейся культуре плодовых желательна задержка начала их вегетации. Для ранних сортов винограда, культура которых по климатическим условиям возможна в южной части района, необходимо позднее открывание их после зимовки.

На севере и востоке района, согласно предложению академика Т. Д. Лысенко, уборка яровых зерновых должна производиться не позднее 5—10 сентября. Следует применять скороспелые формы теплолюбивых культур и убирать урожай их не позднее 25 августа — 1 сентября. В отношении микроклимата неблагоприятны, так называемые, „блюдца“, в которых длительность безморозного периода может сокращаться на 1—1,5 месяца по сравнению с ровной степью.

В континентальном Среднеазиатском районе опасные весенние заморозки относительно редки (около 2—3 раз за 10 лет) и мало интенсивны. Для борьбы с ними в садах и виноградниках целесообразно применять дымление и открытый обогрев, для защиты всходов бачевых и хлопчатника — орошение или временное укрытие их землей, матами и т. п.

При изрезанном рельефе целесообразна мелиорация микроклимата для отвода масс охлажденного воздуха от посадок, которая в большинстве случаев может свести к нулю морозоопасность весенних заморозков на положительных формах рельефа.

Для борьбы с ранними осенними заморозками, главным образом на хлопковых полях, полезно интенсивное дымление и орошение. Последнее благоприятно в том отношении, что действие его длится в течение нескольких суток и обеспечивает успех борьбы при длительности опасного заморозка в течение 2—3 дней подряд. Как указывалось выше, физиологическое действие несвоевременного полива на растения может оказаться вредным, поэтому необходимы дальнейшие опыты по применению этого метода борьбы с заморозками.

В Сибирском переходном районе методы борьбы с заморозками аналогичны с континентальным Восточным сибирским районом, от которого переходный район отличается несколько сниженной опасностью весенних заморозков.

В континентальном Европейском районе наиболее опасны весенние заморозки. При достаточной длительности безморозного периода возможны передвижки в сроках сева и высадки в грунт теплолюбивых культур и задержка вегетации плодовых. Довольно большая изрезанность рельефа района дает возможность широко применять мелиорацию микроклимата, используя для этого посадку защитных полос, отводящих массы охлажденного воздуха от полей, создание прудов в пониженных формах рельефа и т. п.

Часть района принадлежит к территориям, на которых сейчас развиваются работы по грандиозной переделке природы степей ЕТС, предусмотренной Сталинским планом наступления на засуху. При разработке конкретных планов строительства полевых защитных полос необходимо располагать их с таким расчетом, чтобы обеспечить правильный сток охлажденного воздуха в пониженные формы рельефа, в которых располагаются водохранилища. Переделка лица наших степей должна обеспечить не только ликвидацию опасности засух, но и ликвидировать повреждение культур заморозками на юге ЕТС.

При неправильной разбивке полевых защитных полос возможны ночные застои воздуха между ними и увеличение морозоопасности на замкнутых участках типа полян, что может повести к повышению опасности не только весенних, но и осенних заморозков.

Борьба с последними возможна при помощи дымления и обогрева и нужна для сохранения урожаев теплолюбивых огородных культур.

Для средней части ЕТС опасны весенние заморозки, которые в 3—4 года из десяти могут повреждать значительные площади разных культур. Относительно редкое проявление здесь опасных заморозков не дает оснований для применения широких профилактических мер для борьбы с ними, необходимых в Сибири и в восточной части ЕТС, и позволяет ограничиться лишь применением активных методов борьбы с заморозками. Применение открытого обогрева для ценных плодовых культур может полностью обеспечить их сохранность, так как предельные интенсивности опасных заморозков не ниже  $-3$ ,  $-4^{\circ}$  в воздухе, т. е. лишь на  $1-2^{\circ}$  ниже критической температуры повреждения их цвета (около  $-2^{\circ}$ ).

В южной части ЕТС, при правильной посадке продуваемых полевых защитных полос, опасность заморозков может быть сведена к нулю. Для защиты культур во время весенних заморозков полезны также обогрев, дымление и укрытие всходов.

На севере ЕТС в повышенных частях и в отрицательных формах рельефа полезно применение аэрационных посадок картофеля, ботва которого в отдельные годы здесь страдает от июльских и ранних августовских заморозков.

В западной и южной части ЕТС, а также в ДВК, в долинах Уссури и Амура (см. рис. 38) опасные заморозки весной наблюдаются только в 2—3 года из десяти, при небольшой интенсивности. К этому району также относится изложенное выше для средней части ЕТС.

В последних двух районах повреждения от заморозков возникают преимущественно вследствие мощных волн холода, охватывающих большие территории и дающих заморозки разной интенсивности в зависимости от свойств подстилающей поверхности. Разработка методики долгосрочного прогноза таких похолоданий и правильное предсказание их значительно повысит роль синоптики в деле борьбы с заморозками. При наличии надежного долгосрочного прогноза позднего весеннего заморозка в этих районах возможна задержка сроков сева теплолюбивых и неустойчивых к заморозкам культур, а также некоторая искусственная задержка начала цветения плодовых в морозоопасный год, что дало бы очень большой хозяйственный эффект и сохранило бы многие тысячи гектаров посевов от угрозы повреждения. К сожалению, в настоящее время еще нет возможности рассчитывать на надежный долгосрочный прогноз опасного заморозка.

Произведенный краткий обзор географических особенностей в применении методов борьбы с заморозками показывает, что для преодоления вредных последствий их надо сделать еще многое. Необходима разработка более действенных и дешевых методов активной борьбы с ними, выведение ускоренными целеустремленными мичуринскими методами новых морозоустойчивых и скороспелых сортов культурных растений для морозоопасных районов, разработка четкой методики мелиорации микроклимата и долгосрочного прогноза опасных заморозков. Необходимо установить количественный учет влияния свойств подстилающей поверхности на интенсивность заморозков в конкретных условиях хозяйства. Но уже сейчас ясно, что путем применения комплекса мероприятий, направленного на борьбу с заморозками, при учете климатических и почвенных особенностей места, можно добиться полной ликвидации повреждений сельскохозяйственных культур заморозками.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Веселовский К. С. О последних весной и первых осенью ночных морозах в России. О климате России. С.-Петербург. 1857.
2. Каминский А. А. Климат и погода в равнинной местности. Климат Воронежской губернии. 1925.
3. Темникова Н. С. Типизация заморозков Европейской территории СССР, их длительность и повторяемость. 1938.
4. Нарышкина Е. П. Вредные весенние морозы. Метеорологический сборник к посевной. 1932.
5. Туркетти З. Условия возникновения и характер заморозков на юге ЕТС. 1935.
6. Травина И. Весенние заморозки в субтропической зоне Средней Азии. Соц. Наука и Техника № 2—3. 1938 г.
7. Шишков В. Г. Синоптические условия заморозков в ДВК в осенний сезон. Тр. ГГО, вып. 25. 1938.
8. Рубинштейн Е. С. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Вып. 1. 1937.
9. Степанов В. Н. Характеристика сельскохозяйственных культур по устойчивости их к заморозкам. Сов. агрономия № 4. 1948.
10. Селянинов Г. Т. и Леонтьевский Н. П. Климатические условия сельскохозяйственной культуры на Каменно-Степной опытной станции. Каменно-Степная опытная станция, вып. 34. 1930.
11. Корчагин П. В. Зацветание черемухи в Сибири. Мироведение, т. XVIII, № 1. 1929.
12. Корчагин П. В. Исследование зацветания черемухи (*Prunus padus*) на территории ЕТС. Мироведение № 2, т. XVIII. 1929.
13. Гольцберг И. А. Географическое распространение опасных заморозков. Тр. ГГО, вып. 12 (74). 1948.
14. Сапожникова С. А. Заморозки на Урале. Научный отчет ВИРа за 1943 г. Свердловск. 1947.
15. Соболев С. С. Развитие эрозийных процессов на ЕТС и борьба с ними, т. I. 1948.
16. Шашко Д. И. Заморозки в Западной Сибири и северо-восточных областях Казахстана. Доклады ВАСХНИЛ, вып. 7. 1947.
17. Гольцберг И. А. Климатическая характеристика заморозков по Ленинградской области. Тр. ГГО, вып. 6. 1947.
18. Иванов В. К. Климат Омской области. 1937.
19. Любославский Г. А. Влияние поверхностного покрова на температуру и обмен тепла в почве. Изв. Лесного ин-та, XIX. 1900.
20. Hottel Th. Bodenphysikalische und meteorologische Beobachtungen mit besonderer Berücksichtigung des Nachtfrostphänomens. 1894.
21. Wollny E. Untersuchungen über die Bildung und Menge des Taues, Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, XV. 1892.
22. Сапожникова С. А. Изменение скорости ветра с высотой в нижнем слое воздуха. Тр. НИУ, в. 33, 1946.
23. Селянинов Г. Т. Климатическая характеристика субтропических многолетников. Материалы по агроклимату, районированию субтропиков СССР, вып. 1. 1936.
24. Селянинов Г. Т. Агроклиматические зоны и районы субтропиков. Там же.
25. Сапожникова С. А. Распределение среднего из абсолютных годовых минимумов температуры в субтропической зоне СССР. Материалы по агроклиматическому районированию субтропиков СССР, вып. 1. 1936.
26. Селянинов Г. Т. Климат Черноморского побережья Кавказа. Морозы в Сочи. Тр. Сочинской садовой и сельскохозяйственной опытной станции, вып. 3. 1915.
27. Селянинов Г. Т. Распределение температур в зависимости от рельефа на Черноморском побережье Кавказа. Северо-Кавказ. зем. упр. Тр. по сельскохозяйственному оп. учрежд. Дона и Северного Кавказа. 1925.
28. Селянинов Г. Т. Климатические возможности развития овощеводства на Среднем Урале. Научный отчет ВИРа. Свердловск. 1945.
29. Geiger R. Das Klima der bodennahen Luftschicht. 1942.
30. Давитая Ф. Ф. Климатические зоны винограда в СССР. 1948.
31. Гольцберг И. А. Климатическая характеристика заморозков СССР. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XXVIII, вып. 1. 1948.
- 31а. Баранов П. А. Проблема крайних условий среды в разрешении вопроса освоения новых территорий. Сб. „Растение и среда“ под редакцией Б. А. Келлера. 1940.
32. Баранов А. И. Низкие температуры воздуха в Крыму. Записки Гос. Никитского Ботанического сада, т. XVII, вып. 3.
- 32а. Воейков А. И. Избранные сочинения. 1948.
33. Гольцберг И. А. Зависимость крайних дат первого и последнего мороза от средней.
- 33а. Гольцберг И. А. Влияние рельефа на заморозки Тр. НИУ, вып. 34. 1946.
34. Сапожникова С. А. Опыт определения длины безморозного периода по ультракороткому ряду наблюдений. 1937.

35. Селянинов Г. Т. К вопросу классификации сельскохозяйственных культур по климатическому признаку. Тр. по сельскохозяйственной метеорологии, вып. 21, 1930 г.
36. Яхтенфельд П. А. Заморозки 1936 г.
37. Кулешев Н. Н., Корниенко Т. А. и Волкова Е. М. Влияние повреждений заморозками зерна яровой пшеницы и ржи. Изв. Иркутского сельскохозяйственного института, вып. 1, 1935.
38. Андиферов Г. В. Редкий по силе июньский заморозок в Иркутске. Природа № 1, 1949.
39. Руденко А. И. Руководство к однообразному определению фаз развития сельскохозяйственных растений, 1949.
40. Сапожникова С. А. Агроклиматическое районирование Кольского полуострова. Тр. по сельскохозяйственной метеорологии, вып. XXV, 1938.
41. Чендлер У. Х. Плодоводство, 1935.
42. Лаврийчук В. Борьба с весенними заморозками в плодовых садах, 1933.
43. Шульц Г. Э. Материалы по весеннему развитию растительности фенологического архива Д. Н. Кайгородова. Изв. Геогр. общ., вып. 1, 1936.
44. Колосков П. И. Агроклиматическое районирование Казахстана, 1947.
45. Лысенко Т. Д. Агробиология, 1948.
46. Воцелка К. Г. Ход весны и посев хлопчатника в новых районах, 1934.
47. Федоров Е. Е. Климат в виде совокупности погоды, 1927.
48. Иванов В. К. Весенние заморозки в Западной Сибири. Сибирское плодоводство и огородничество, № 2, 1926.
49. Буцкий П. А. Комплексная характеристика морозов Западного Закавказья. Материалы по агроклимат. райониров. субтропиков СССР, 1936.
50. Буцкий П. А. Комплексная характеристика морозов субтропической зоны СССР. Материалы по агроклимат. райониров. субтропиков СССР, вып. II, 1938 г.
51. Виткевич В. И. Заморозки и борьба с ними. Сов. агрономия № 5—6, 1946.
52. Kessler O. W. und Kaempfert W. Die Frostschadenverhütung Reichsamt für Wetterdienst Wissenschaftliche Abhandlungen, B. VI, 1940. Приведена большая библиография (431 название) иностранной литературы по вопросу.
53. Берлянд М. Е. Теоретические основы защиты растений от заморозков посредством дымовой завесы. Тр. ГГО, вып. 12 (74), 1948.
54. Красиков П. Н. Борьба с заморозками при помощи дымов и туманов. Тр. ГГО, вып. 12 (74), 1948.
55. Селянинов Г. Т. К вопросу о мелиорации климата холодной половины года в субтропической зоне СССР. Тр. по сельскохозяйственной метеорологии, вып. 21, 1930.
56. Лаврийчук В. С. Открытый обогрев цитрусовых в советских субтропиках, 1940.
57. Надарая Г. Б. Исследование укрытия лимонов как метод защиты от мороза, 1938.
58. Надарая Г. Б. Защитное свойство индивидуальных укрытий цитрусовых, 1943.
59. Штырева А. В. Борьба с заморозками на хлопковых полях, 1938.
60. Сборник работ по агрономической физике, 1941.
61. Лысенко Т. Д. О некоторых особенностях уборки зерновых хлебов в восточных районах СССР, 1942.
62. Максимов С. А. Указатель литературы по вопросу о заморозках, 1940.
63. ШигOLEV А. А. Весенний вегетационный сезон в Подмоскowie. Календарь русской природы, кн. 1, 1948.

