

*И.Н. Котович*

*Посвящаю Агрофизическому научно-исследовательскому  
институту - АФИ - как alma mater*

# СОЛНЕЧНЫЕ ОЖОГИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Санкт-Петербург  
2009

Вопрос о солнечном ожоге - этом биче плодоводства - вопрос старый, но в то же время остается новым в силу огромного вреда, который поныне причиняется этим явлением нашим садам.

*С.Цешевский, 1916 г.*

Приведенное выше заключение, сделанное почти век тому назад, в целом справедливо и сегодня. Парадокс состоит в том, что внешний фактор указанных повреждений известен давно - это солнечное одностороннее облучение штамбов и ветвей плодовых деревьев. Поэтому солнечные ожоги возникают на деревьях в северном полушарии со стороны юга, в южном - наоборот, со стороны севера. Однако не ясно, как и при каких условиях солнечное облучение приводит к этим повреждениям деревьев, отсюда небольшая эффективность существующих способов предупреждений и защиты от солнечных ожогов.

То, что солнечные ожоги являются сложными природными образованиями, говорит и тот факт, что предложено множество гипотез для объяснения их возникновения. Но ни одна из них экспериментально не подтверждена. Не воспроизведены солнечные ожоги как односторонние повреждения у разных по возрасту и, следовательно, по массивности штамбов от взрослых деревьев до однолетних саженцев; т. е. тогда, когда только на одной солнечной стороне ткани отмирают, а на другой, теневой стороне, они остаются здоровыми.

Настоящая книга посвящена нашим полувековым исследованиям по разгадке "тайны" солнечных ожогов (1955-2005). В дальнейшем изложении вместо "солнечные ожоги" используется аббревиатура СО.

## ГИПОТЕЗЫ ОБРАЗОВАНИЯ ЗИМНИХ СО

Высказанные до настоящего времени гипотезы образования зимних СО можно разделить на две группы. К первой относятся утверждения, что начальные повреждения тканей на солнечной стороне деревьев образуются скрыто, внешне они не видны в зимне-весеннее время, но проявляются в вегетационный период в виде некротических пятен и полос, вскоре переходящих в открытые раны. Согласно второй группе зимние СО начинаются с механических повреждений: трещин, открытых ран, возникающих в зимне-весеннее время на солнечной стороне деревьев; в вегетационный период открытые раны буреют за счет окисления на воздухе, так что через некоторое время зимние СО выглядят одинаково и в том, и в другом случаях. По начальному образованию и развитию повреждений в динамике СО первой группы имеют физиологическую, а второй - совместную механическую и физиологическую природу. Каждая из них имеет свою детализацию.

### Физиологические гипотезы

Эти гипотезы, объясняющие зимние СО как результат морозных повреждений, существенно менялись в зависимости от господствующих в то или иное время взглядов на гибель растений от морозов. При этом справедливо предполагалось, что растения повреждаются не от отрицательной температуры ниже 0°C как таковой, а от кристаллов льда, образующихся в тканях растений.

**Первая гипотеза.** В мемуарах "Наблюдения над различным действием, которое производят на растения сильные морозы зимы и слабые морозы весны", представленных в Парижскую академию наук в 1797 г. ботаниками Бюффеном и Дю-Гамелем, впервые описываются причины гибели тканей растений от мороза и образование зимних СО: при оттаивании тканей сок в сосудах приходит в движение, и если оно идет быстро, то внутри сосудов происходит ледоход, их стенки разрываются острыми кристаллами льда, сок из них вытекает и ткани буреют или чернеют (цитировано по Н.А. Максиму, 1914). В этой первой наивной гипотезе акцент сделан не на зимних сильных морозах, а на весеннем оттаивании тканей.

**Вторая гипотеза.** Тщательные микроскопические исследования, проведенные немецким физиологом растений Саксом (J. Sachs, 1860), показали, что при замораживании и оттаивании в тканях растений не разрываются сосуды, а повреждаются клетки. Причем при отрицательных температурах кристаллы льда образуются не в самих клетках, а вне их, в межклеточных пространствах. Сакс выяснил, что для растений очень опасно быстрое оттаивание, когда в клетки врывается большое количество воды, протоплазма не может ее впитать и разрывается - по этой причине гибнут клетки, ткани и все растение.

После исследований Сакса в биологической и садоводческой литературе широко распространилось мнение, что возникновение зимних СО происходит во время быстрого оттаивания тканей под действием нагревания их солнечными лучами. В течение длительного времени господствовала точка зрения, что зимние СО образуются под влиянием быстрого оттаивания; ее отголоски встречаются в садоводческой литературе и в настоящее время.

В биологической литературе середины XIX века настойчиво дискуссировался вопрос: когда отмирают клетки и ткани растений - во время замерзания или при оттаивании? Сакс и другие ученые того времени считали, что раз замерзание растений не изменяет их внешнего вида, то растения отмирают во время оттаивания, когда ткани буреют или чернеют.

Однако Гепперт (H. Gerpert, 1871), а вскоре и Детмер (W. Detmer, 1886) нашли растения, ими оказались лепестки индигоносных орхидей и листья бегонии, признаком гибели которых (вне зависимости от причины) являются резкие изменения окраски. Было показано, что в процессе самого замораживания лепестки орхидей синели, а бегонии - бурели. То есть гибель их тканей наступала при замерзании, и скорость оттаивания уже не играла никакой роли.

**Третья гипотеза.** Образование зимних СО с позиций повреждения тканей морозом, а не быстрым оттаиванием, впервые было обнаружено немецким физиологом растений Мюллер-Тургау (H. Muller-Thugau, 1886). Он измерил температуру штамба взрослого дерева грецкого ореха (применялись ртутные термометры, вставлявшиеся в высверленные отверстия) в марте, в полдень безоблачного дня, и обнаружил, что на солнечной стороне температура тканей была положительной и составила 18.0°C, на теневой стороне - отрицательной и равнялась -1.8°C. Однако как таковой зимний СО у грецкого ореха в этом эпизоде не возник.

Тем не менее Мюллер-Тургау выдвинул гипотезу, что зимние СО образуются в результате того, что солнечный нагрев днем приводит к ранней активизации жизнедеятельности тканей на южной стороне деревьев (по современной терминологии - выход из состояния покоя), теряется их морозостойкость, и ткани погибают от ночных морозов. На северной теневой стороне деревьев интенсивного солнечного нагрева нет, ткани не снижают исходную морозостойкость, а потому без вреда переносят ночные морозы.

Надо отметить, что гипотеза Мюллер-Тургау, связавшая зимние СО с выходом тканей из состояния покоя под воздействием солнечного тепла, получила большую популярность.

Однако непосредственные измерения степени нагревания солнечной радиацией разновозрастных частей кроны деревьев яблони с помощью миниатюрных термопар диаметром 0.5 мм дали иные результаты (А. Д. Кизюрин, 1950). Так, в одно и то же время в феврале, в саду Омского сельскохозяйственного института при температуре окружающего воздуха -8.0°C и одинаковой ориентации на солнце в полдень температура тканей коры была у побега диаметром 1 см -1.5, у ствола диаметром 10 см +8.8°C; относительно окружающего воздуха превышение температуры тканей составило у ствола 16.8, у побега - только 6.5°C. Если считать, что выход из состояния покоя тканей плодовых деревьев определяется теплом, то необходимо признать, что он будет происходить у массивных взрослых частей кроны по сравнению тонкими молодыми частями и побегами, но последние также повреждаются зимними СО.

**Четвертая гипотеза.** На основании многочисленных опытов известный американский физиолог по плодовым культурам Чендлер (W. Chandler, 1908) установил, что плодовые культуры весьма чувствительны к быстрому замерзанию. Особенно опасно быстрое снижение температуры в начальный период от 0 до -12.. -15°C за 1 ч. Отсюда Чендлер предположил, что зимние СО вызываются гибелью тканей от быстрого замерзания на солнечной стороне деревьев в вечернее и ночное время, когда нагретые днем ткани стремятся сравняться с температурой окружающего воздуха. Свою гипотезу он, как впрочем и гипотезу Мюллер-Тургау, поручил проверить своему ученику Миксу (A. Mix, 1916).

В исследованиях Микса температура тканей деревьев яблони измерялась стеклянными термометрами химического типа с диаметром ртутного шарика 6 мм. Для их установки в штамбах высекались пробочным сверлом соответствующего диаметра отверстия в тангентальном направлении, куда вставлялись термометры с таким расчетом, чтобы ртутные шарики находились с юго-западной и с противоположной северо-восточной сторон штамбов в зоне камбия (по оси одна половина измерительного шарика располагалась во внешних слоях древесины, а вторая - во внутренних слоях коры).

Методика измерения температуры тканей деревьев в исследованиях Микса была далека от совершенства, так что к полученным им данным необходимо относиться весьма критически. Например, чего стоит его замечание при описании методики, что "не придавалось большого

значения тому факту, что между шариками термометров и тканями деревьев оставались прослойки воздуха". Между тем плотный тепловой контакт между датчиком температуры и каким-либо телом является основным требованием правильного измерения температуры последнего. Вторым существенный недостаток - это не только значительные механические повреждения живых тканей дерева при установке термометров, но и то, что операции по их установке проводились в зимнее время, в период покоя, когда раны на деревьях не зарастают, а окисляются и отмирают на большой площади; фактически температура измерялась в мертвых тканях.

Однако работа Микса интересна и важна тем, что в ней проведены исследования по проверке предыдущей гипотезы Мюллер-Тургау по влиянию солнечного нагревания на выход тканей деревьев из состояния покоя и снижения их морозостойкости. Для этого в течение двух лет, в 1914 и 1915 гг., Микс каждый месяц с января по май фиксировал коллодием состояние клеток камбия на юго-западной и северо-восточной сторонах штамбов старых и молодых деревьев соответственно диаметрами 90 и 8 см. Получены следующие результаты: только во второй половине апреля и в начале мая в указанные годы отмечено начало пробуждения камбия, образовались новые клетки древесины и сосудов, но эти изменения были одинаковыми как на юго-западной, так и на северо-восточной сторонах старых и молодых штамбов.

Учитывая, что деление камбия начинается в более поздние сроки, когда минует пора сильных ночных морозов, необходимых для образования зимних СО, Микс искусственно промораживал в охлаждающих солевых смесях образцы тканей с рассматриваемых противоположных сторон штамбов яблони, справедливо считая, что если бы под действием солнечного тепла необратимо снизилась морозостойкость тканей на юго-западной стороне по сравнению с северо-восточной, это различие можно было заметить. Однако фактически морозостойкость тканей камбия и древесины была одинаковой как на солнечной, так и на теневой сторонах крупных и тонких штамбов.

На основании своих исследований Микс приходит к заключению, что выдвинутая Мюллер-Тургау гипотеза (образование зимних СО как результат необратимого выхода тканей из состояния покоя и на этой основе снижение морозостойкости под влиянием одностороннего солнечного нагревания) несостоятельна, и делает вывод, что она должна быть аннулирована.

При изучении температурного режима плодовых деревьев в ясную погоду Микс основное внимание обращал на скорость замерзания тканей в вечернее время после их оттаивания под влиянием солнечного нагревания днем. Им было найдено, что самая высокая скорость замерзания у тканей деревьев наблюдается довольно короткое время незадолго перед заходом, в момент захода и сразу же после захода солнца. Учитывая важность быстрого замерзания в изучении природы зимних СО, приведем данные Микса в виде отдельной табл. 1.

*Таблица 1*

**Ход температуры тканей в зоне камбия у штамбов деревьев яблони при замерзании в вечернее время (Мих, 1916)**

Дата	Часы наблюдений	Диаметр штамба, см	Температура, °С		
			Юго-западная сторона	Северо-восточная сторона	Воздух
01.01.1916	3.30	45	8.3	-4.4	-5.6
01.01.1916	5.00—	45	0.0	-4.4	-8.3
14.02.1916	3.00	10	5.5	-5.5	-12.5
14.02.1916	4.00	10	3.9	-7.2	-13.5
14.02.1916	5.00 <sup>^</sup>	10	-0.3	-9.4	-14.4
14.02.1916	6.00 <sup>^^</sup>	10	-14.4	-18.3	-22.2

---

Часы наблюдений - время после полудня: - - в момент захода солнца; <sup>^</sup> - за 30 мин до захода солнца; <sup>^^</sup> - спустя 30 мин после захода солнца.

Подробно остановимся на температуре штамба диаметром 10 см от 14.02.1916 г. В результате солнечного нагревания днем оттаяли ткани на юго-западной стороне штамба, и за счет фазового перехода из твердого состояния льда в жидкую воду в последней произошло запасание скрытого тепла. Поэтому при снижении температуры штамба в вечернее время и повторном замерзании его тканей в результате фазового перехода воды в лед должно было высвободиться скрытое тепло, которое должно было задержать быстрое снижение температуры штамба. Однако в измерениях Микса этого не наблюдалось (см. табл. 1). Он не придал должного внимания плотному контакту между шариком термометра и тканями дерева, о чем говорилось выше. Микс фактически зафиксировал скорость снижения температуры самого термометра, а не скорость замерзания тканей дерева. Последняя, как будет показано ниже, для штамбов диаметром 10 см составляет только 2-3°C/ч.

**Пятая гипотеза.** Винклер (A. Winkler, 1913) выяснил, что в зимний период ветви листопадных древесных пород, в том числе плодовых, получают значительно более сильные повреждения при многократном замерзании и оттаивании, чем при однократном воздействии определенной отрицательной температуры. Опыты Винклера позволили Миксу считать многократность оттаивания - замерзания одной из гипотез образования зимних СО. Однако Микс не провел опытов, подтверждающих его предположение.

В то же время плодовые деревья, зимующие над снеговым покровом, как любые живые организмы, обладают свойством привыкания или закалки к неблагоприятным условиям среды, в том числе к многократному замерзанию после тоже многократного оттаивания. Так, по данным Дорсея (M. Dorsey, 1934) чувствительные к морозам цветковые почки персика замерзали и оттаивали 49 раз и сохранились здоровыми. По нашим данным в зиму 1960/61 гг., изобилующую оттепелями и последующими похолоданиями, цветковые почки среднерусских сортов яблони в пригородных садах под Петербургом с декабря по март замерзали и оттаивали 95 раз и остались без повреждений. Так что сама частота замерзания и оттаивания не является априори губительной; нужны и другие факторы, ослабляющие устойчивость растительных тканей и органов к переменным температурам.

**Шестая гипотеза.** В последнее время распространена гипотеза, согласно которой зимние СО также обусловлены быстрым замерзанием, но в том случае, если при этом кристаллы льда образуются внутри клеток. Эта гипотеза предложена американским физиологом по зимостойкости растений Левиттом (J. Levitt, 1966). Он же определил и скорость замерзания растений, когда возможно возникновение кристаллов льда внутри клеток, она должно составлять 5-20°C/ч; скорость замерзания растений 1-2°C/ч не сопровождается образованием льда внутри клеток.

Вайзер (K. Weiser, 1970) полагает, что зимние СО являются повреждениями от внутриклеточного льда, образующегося при скорости замерзания 8-10°C/мин. Но такие скорости замерзания тканей растений в природных условиях не обнаружены ни самим Вайзером, ни другими исследователями. Естественно, в лабораторных условиях эту скорость замерзания растений получить можно.

Г.А. Самыгин (1974) предложил следующую шкалу скорости замерзания растений по признаку образования льда внутри клеток:

- быстрое, со скоростью более 60°C/ч, тогда в клетках образуются кристаллы льда, что всегда губительно;

- медленное, со скоростью менее 6°C/ч, в растительных клетках не возникают кристаллы льда.

*Таким образом, ни одна из перечисленных физиологических гипотез образования зимних СО экспериментально не подтверждена, т. е. не получена односторонняя гибель тканей на нагреваемой солнцем стороне частей плодовых деревьев при одновременном сохранении тканей здоровыми на их теневой стороне.*

### **Механико-физиологические гипотезы**

**Первая гипотеза.** Интересно отметить, что термин "солнечный ожог" впервые был применен к механическим трещинам, со временем превращающимся в большие повреждения на солнечной стороне штамбов плодовых деревьев под влиянием окисления кислородом воздуха и подсушки обнаженных тканей флоэмы и древесины (T. Burrill, 1887). Этот автор так описал механизм образования трещины, типичной для солнечной стороны плодовых деревьев: "Поздний

осенний рост вызывает в зоне камбия замерзание большой массы воды; образование льда с одновременным сжатием тканей ночью за счет температурной усадки тканей коры приводит к ее разрыву и отделению от древесины".

**Вторая гипотеза.** Стюарт (F. Stewart, 1900) отметил растрескивание коры на юго-западной стороне штамбов черешни, яблони и сливы начиная от основания и до высоты 60 см. Повреждение считалось зимним СО. При механических трещинах на штамбах и скелетных ветвях плодовых деревьев в зимний период обнажаются внутренние ткани, и эти раны не зарастают, как летом, а являются источниками усиленного испарения влаги и проникновения внутрь кислорода воздуха, вызывающего окисление вскрытых тканей флоэмы и древесины.

**Третья гипотеза.** Переводчик на русский язык книги У Чендлера "Плодоводство", 1935 г., профессор Е.И. Алешин в примечаниях высказывает свои взгляды на образование зимних СО:

"На востоке, под Саратовом, ожог, первоначально появившийся в виде небольшой трещины коры, из которой вытекает сок, затем быстро развивается, дает большую язву и явным образом сокращает жизнь дерева. Западнее (Московская область) первая стадия ожога примерно такая же, как на востоке, но трещина коры бывает небольшая, часто незаметная. В дальнейшем трещина может не увеличиваться, но кора около нее постепенно отмирает. Язва остается часто долго скрытой, но в конце концов ведет к преждевременной гибели дерева. Менее других страдают от ожогов Китайки, более - Апорт и Черное Дерево". К сожалению, автор не указывает механизм образования трещин коры при СО.

Следовательно, в отношении физиолого-механических гипотез можно повторить тот же вывод, что и выше - нет данных по воспроизведению механических трещин на разновозрастных частях плодовых деревьев, приводящих к СО.

Собственно на указанных сведениях можно закончить обзор литературы по объяснению образования зимних СО, которую удалось собрать к началу написания настоящей книги.

## МОИ ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗИМНИМИ СО

Очень рано, еще в подростковом возрасте, я увидел СО на яблонях в саду бывшего нашего родового имения "Чабаевка", находившегося в Брестской области Белоруссии. (До 1939 г. это была Польша.) После исключительно морозной зимы 1939/40 гг. мне, 10-летнему мальчишке, весной 1941 г. старшими было поручено содрать с погибших стволов яблони кору для растопки печи. Вспоминаю, что она была лишь с одной стороны стволов - с солнечной.

Второй раз я увидел СО весной 1954 г. на двухлетних саженцах яблони, которые мною были привезены из плодопитомника "Скреблово" для ремонта сада в колхозе им. Сталина, в котором мне была назначена производственная практика перед выпуском. Саженцы брались из прикопки, и все они были с трещинами коры, возникшими вблизи поверхности почвы. Сорт яблони - Рижский Голубок. Специалисты плодопитомника называли повреждения саженцев солнечными ожогами.

После окончания в 1955 г. плодоовощного факультета Ленинградского сельскохозяйственного института я был направлен на работу агрономом-садоводом в плодопитомнический совхоз "Скреблово" Лужского района Ленинградской области. Совхоз был создан на базе садов, посаженных до революции в некоторых имениях в районе озер Черемнецкое и Врево под патронажем известного профессора астрономии и страстного распространителя садов С.П. Глазенапа. Опять судьба "столкнула" меня с бывшими помещичьими садами - их в трех отделениях "Скреблово" было около 300 га.

Первая моя рабочая зима 1955/56 гг. выдалась очень морозной. Мне, как агроному-садоводу, надо было определять в динамике морозные повреждения плодовых деревьев в садах и саженцев в питомниках.

Располагая большим экспериментальным материалом по сортам яблони, мною была составлена цветная шкала для оценки морозных повреждений тканей древесины и флоэмы этой культуры в баллах (с использованием лупы): 0 - цвет свежего среза ткани светлый, фон светло-зеленый или светло-желтый, ткань здоровая; 1 - на свежем срезе, на преобладающем фоне светлой окраски, имеются бурые прожилки и небольшие пятна, ткань повреждена слабо; 2 - на свежем срезе фон окраски светло-бурый, просматриваются светлые прожилки и небольшие пятна, ткань повреждена средне; 3 - на свежем срезе окраска бурая, однородная, ткань повреждена сильно; 4 - на свежем срезе окраска темно-бурая с черными прожилками, ткань

погибла.

По указанной балловой шкале оценивались морозные повреждения древесины и флоэмы. Жизнеспособность почек определялась проращиванием ветвей в воде в теплом помещении на свету, а камбия - по легкости отделения флоэмы от древесины в начале распускания почек.

Морозные повреждения тканей на штамбах вступающих в плодоношение некоторых сортов яблони в различные даты в зиму 1955/56 г. приведены в табл. 2. Образцы тканей брались шлямбуром.

Таблица 2

**Усиление морозных повреждений тканей яблони (в баллах) с 15 февраля по 15 марта 1956 г. на юго-западной и северо-восточной сторонах вертикальных штамбов диаметром 10-11 см (Плодопитомник "Скреблово", Ленобласть)**

Дата и ткани штамбов	Сорта и стороны штамбов					
	Папировка		Антоновка		Ранетка Пурпурная	
	юго-западная	северо-восточная	юго-западная	северо-восточная	юго-западная	северо-восточная
15 февраля						
флоэма	0	0	0	0	0	0
древесина	4	4	3	3	0	0
15 марта						
флоэма	3	1	1	0	0	0
древесина	4	4	4	3	0	0

За период с 15 февраля по 15 марта произошло наибольшее усиление морозных повреждений на штамбе яблони сорта Папировка и значительно слабее - на Антоновке; штамп Ранетка Пурпурная вообще не имел морозных повреждений в этот период.

В дальнейшем в мае - июне у Папировки с южной стороны на штамбе кора побурела и погибла, во время сухой погоды она присыхала, во время дождей - размокала. На северной стороне штамба этого сорта камбий и флоэма на какой-то площади сохранялись в июле - августе. Но к осени деревья Папировки полностью погибли во всех садах хозяйства, где были посажены сразу после войны для уплотнения прежних разреженных посадок с площадью питания 10х 10 м.

Как считать, отчего погибли деревья сорта Папировка после зимы 1955/56 г.? По осеннему учету - просто от вымерзания, а если смотреть в динамике развития повреждений - от зимних СО. Если бы можно было полностью оградить штамбы и скелетные ветви этого сорта от многократного оттаивания и замерзания, обусловленного нагреванием их солнечной радиацией, они бы сохранились. Но такую защиту нужно делать как можно раньше.

С одной стороны, известковая водная побелка может наноситься на деревья только при положительной температуре. В 1956 г. по температурным условиям известковую побелку можно было применять после 15 марта, что и было сделано. Рабочие белили штамбы на лыжах (рис. 1; блок иллюстраций расположен в конце текста, для мгновенного перехода к изображениям кликните мышкой по номеру рисунка). К сожалению, из-за поздней побелки не были предотвращены зимние СО плодовых деревьев.

С другой стороны, если бы деревья сорта Папировка не были повреждены морозами начала и середины зимы, то они бы перенесли без повреждений многократные суточные колебания температуры в начале весны. То, что последнее предположение справедливо, показывает состояние сорта Ранетка Пурпурная, выведенного на основе чрезвычайно морозостойкого вида яблони Сибирская Ягодная. В плодопитомнике "Скреблово" Ранетка Пурпурная выращивалась для получения семян морозостойкого подвоя. Штампбы этого сорта без повреждений перенесли сильные морозы до середины февраля и потому не повредились под влиянием солнечного нагревания и суточных колебаний температуры в конце зимы и начале весны (см. табл. 2).

В дальнейшем весной и летом 1956 г. повреждение деревьев Антоновки обыкновенной характеризовалось тем, что примерно на половине штамбов с юго-западной стороны ткани

древесины (заболони), камбия и флоэмы погибли; с северной стороны указанные ткани сохранились, но были повреждены, соответственно 3 и 2 балла. Но классический вид СО на этом сорте приобрели лишь на второй год после первоначального повреждения тканей от мороза, в вегетационный период 1957 г. Можно предполагать, что это связано с сухим и жарким летом 1956 г., а также, что деревья были слабо облиственны, в результате чего резко снизился охлаждающий транспирационный ток по штамбам из почвы. Отсюда частично поврежденные морозом ткани флоэмы могли дополнительно пострадать от высокой температуры. Иными словами, летние СО наложились на зимние СО. Это положение о взаимном усилении зимних и летних СО будет развито в дальнейших исследованиях.

В зиму 1955/56 гг. были также повреждены световыми СО однолетние саженцы в плодпитомнике "Скреблово". Повреждения начинались с солнечной стороны саженцев с кольцевым переходом на теневую сторону. Весной 1956 г. все саженцы были срезаны "на обратный рост". В эту зиму было также отмечено побурение хвои со стороны солнца на елях в садозащитных полосах; весной и летом произошло осыпание поврежденных игл.

Наблюдения в условиях сада и питомника в суровую зиму показали, что большое влияние на повреждения плодовых насаждений оказывают не только сильные морозы, но и взаимодействие их с солнечной радиацией. Необходимо было выяснить влияние солнечного излучения на температуру плодовых культур и не только взрослых деревьев в садах, но и саженцев в питомниках. Естественно, громоздкие ртутные или спиртовые термометры совершенно не подходили для измерения температуры тканей разновозрастных плодовых деревьев.

Мне случайно попала в руки брошюра академика А.Ф. Иоффе, директора Агрофизического научно-исследовательского института, "Физика и сельское хозяйство", АН СССР, 1955 г. В числе задач, поставленных академиком перед физиками в сельском хозяйстве, была и такая: "выяснение причин гибели плодовых деревьев зимой и изыскание приемов борьбы с их гибелью" и указано методическое решение этих вопросов - "простой прибор для определения температуры растений на основе термисторов".

По представлению профессора Н.Г. Жучкова, заведующего кафедрой плодоводства ЛСХИ, я поступил в аспирантуру АФИ.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для измерения температуры тканей плодовых деревьев использовались полупроводниковые микротермисторы, разработанные руководителем приборной лабораторией АФИ В.Г. Кармановым, в частности МТ-57. Термочувствительной частью этих датчиков являлись полупроводниковые шарики диаметром 0.2 мм, заваренные на концах стеклянных капилляров. МТ-57 выгодно отличались от термопар: химической устойчивостью (поверхность контакта с растительными тканями опаяна стеклом), использованием простой измерительной аппаратуры с автоматической записью показаний и большой дистанционностью измерений - до нескольких сот метров.

В связи с тем, что полупроводниковые материалы подвержены старению, первоначальная градуировка их должна проверяться через 2-3 года, что мы и делали. Однако практика показала, что микротермисторы МТ-57 очень устойчивы и после первой проверки последующая может выполняться через 7-9 лет.

Заманчиво было использовать для измерения температуры деревьев бесконтактный метод с помощью радиометра. Однако выяснилось, что удовлетворительные результаты при использовании этого способа дает лишь измерение температуры массивных частей - штамбов взрослых деревьев, имеющих большую площадь поверхности. При измерении температуры тонких побегов в "поле зрения датчика" попадают другие предметы, температура растений искажается.

Измерения температуры частей деревьев проводились с использованием МТ-57 в различном оформлении. Для измерения температуры поверхности коры применялись микротермисторы в стеклянных капиллярах диаметром 0.7 и длиной 30 мм. Тепловой контакт шарика термисторов с тканями коры обеспечивался прижимным устройством. Оно состояло из стальной оцинкованной проволоки диаметром 0.5 мм, изогнутой в виде латинской буквы V. Расстояние от вершины изгиба до концов проволоки составляло около 70 мм. На вершине изгиба с помощью клея закреплялся микротермистор в средней части стеклянного капилляра. Свободные концы прижимной проволоки сводились до 10 мм и в таком состоянии фиксировались упругой лентой, что служило основанием



устройства. Затем они подкладывались под упругую обвязку на нижней части дерева, и эти прижимные устройства обеспечивали постоянный тепловой контакт датчика температуры с тканями коры. После окончательной установки расстояние от места крепления основания до места измерения температуры поверхности коры составляло 80-85 мм. При этом термисторы наклонялись под углом 60° к поверхности коры и не затеняли собой место измерений (рис. 2).

Для измерения температуры внутренних тканей коры, камбия и древесины у МТ-57 срезались капилляры, и полупроводниковые бусинки приклеивались на концах упругих пластмассовых трубочек диаметром 1.5-2 мм. Предварительно в частях деревьев высверливались отверстия на необходимую глубину под углом 60° и в них вставлялись МТ-57 в пластмассовых трубочках. Однако пробный монтаж показал, что высверливание таких отверстий в холодное время года в деревьях, когда они находятся в состоянии покоя, привели к гибели (окислению) тканей вокруг отверстий на площади, превышающей площадь самих отверстий в 5-7 раз. Гибель тканей при установке датчиков температуры в глубинные ткани деревьев прежние исследователи замалчивали или не придавали ей должного внимания, хотя температура измерялась практически в мертвых тканях. Учитывая сказанное, в наших исследованиях, когда необходимо было измерять температуру внутренних тканей плодовых деревьев в зимний период, датчики ставились летом, и отверстия зарастали к концу вегетации, и зимой не возникал некроз тканей. При использовании способа предварительной установки датчики температуры терялись, так как их невозможно было вытащить из дерева, настолько они зарастали.

В наших исследованиях одновременно с температурой тканей деревьев измерялась и температура окружающего воздуха с помощью тех же МТ-57, которые помещались за двухслойным цилиндрическим экраном из алюминиевой фольги. Кроме того, определяли приток суммарной солнечной радиации и ее составляющих, скорость ветра метеорологическими приборами.

Температура тканей плодовых деревьев и сопутствующие параметры микроклимата записывались на электронных самописцах в экспериментальном саду МОС АФИ в период с 1965 по 1977 гг. Целью указанных многолетних наблюдений было не только изучение природы СО, но и сбор данных для создания математической модели солнечного нагревания плодовых деревьев.

По договоренности с Самарской опытной станцией садоводства АФИ разместил там указанные выше приборы для записи температуры плодовых деревьев и сопутствующего микроклимата в саду. Со стороны Самарской опытной станции в работе участвовала К.К. Некрасова. Результаты этих исследований опубликованы совместно (К.К. Некрасова, И.Н. Котович, 1980).

Для походных наблюдений нами собрана переносная установка, состоящая из 25 датчиков температуры на базе МТ-57 для измерения температуры тканей деревьев без нарушения их целостности, температуры окружающего воздуха, анемометра для измерения скорости ветра и пиранометров для измерения прямой и рассеянной солнечной радиации и неравновесного мостика, с помощью переключателя превращавшегося в гальванометр для измерения ЭДС. Эта установка умещалась в небольшом саквояже и применялась для указанных измерений при выездах в сады пригородных хозяйств под Петербургом и в саду пчеловодства "Бирский" Еврейского национального округа Хабаровского края.

Имитацию погодных условий для воспроизведения зимних СО создавали в холодильных камерах, куда помещали отрезки ветвей крон плодовых деревьев, которые освещали и нагревали электрическими источниками излучения с различными спектральными характеристиками. Температура тканей отрезков ветвей измерялась рассмотренными микротермисторами МТ-57.

Применялись два вида холодильников. В одном из них, с большим объемом холодильной камеры, равным 12 м<sup>3</sup>, одновременно размещались срезанные части деревьев, источники света и тепла, за пределы помещения выносились лишь измерительные приборы (рис. 3). В другом, с небольшой морозильной камерой объемом 0.5 м<sup>3</sup>, находились только исследуемые части плодовых деревьев, а снаружи размещались источники света и измерительные приборы (рис. 4).

Образование зимних СО связано также с нарушением водного режима тканей плодовых деревьев из-за испарения и передвижения влаги под влиянием градиента температуры. В том и другом случаях необходимо знать влажность их тканей, которая определялась сушкой образцов в термостате при температуре 102°С до постоянного веса. Влажность тканей выражалась в процентах к сухому весу, определялась абсолютная влажность, которая для растительных объектов может быть выше 100%.

В сфере научных интересов АФИ со времени его основания был вопрос о расчетном методе определения температуры растений, в том числе и плодовых деревьев. Еще в довоенные годы Б.П. Александров (1941) сформулировал лучистый и тепловой балансы ветви плодового дерева в естественных условиях. В дальнейшем этим вопросом занимались Д.А. Куртнер и Г.Г. Симикина (Д.А. Куртнер, А.Ф. Чудновский, 1969). При использовании метода электротепловой аналогии ими было получено температурное поле штамба плодового дерева, показавшее, что в результате одностороннего облучения, имитирующего солнечное нагревание, на поперечном сечении штамба изотермы были вогнутыми со стороны лучистого источника тепла. К сожалению, эта работа дальнейшего продолжения не имела.

Полученные мною многочисленные экспериментальные данные по температурному режиму деревьев в садах и питомниках в зависимости от метеорологических условий в различных климатических регионах подняли вопрос о создании физико-математической модели радиационного и температурного режима штамбов плодовых деревьев различного возраста в связи с повреждением их СО. Такая модель была разработана с участием И.А. Иоффе и Л.А. Соколовой (И.Н. Котович, И.А. Иоффе, Л.А. Соколова, 1980). Из 100 случаев сравнения измеренной и расчетной температур поверхности вертикальных штамбов яблони среднее квадратичное отклонение составило для диаметров 0.5-2 см  $\pm 0.7$ ; для диаметров 2-7 см  $\pm 1.1$ ; для диаметров 7-12 см  $\pm 1.7^\circ\text{C}$ . Чем тоньше диаметр штамба, тем точнее расчет.

Как подчеркивал ранее Б.П. Александров (1941), большое влияние на солнечный нагрев деревьев оказывает скорость ветра. Учитывая это обстоятельство, в результате совместных исследований с Г.И. Вороновым, была разработана математическая модель профиля скорости ветра в саду в зависимости от плотности посадки деревьев, их высоты, наличия листьев и других факторов (И.Н. Котович, Г.И. Воронов, 1988).

По указанным трем математическим моделям сотрудником АФИ А.Г. Топажем с моим участием была разработана общая компьютерная программа, позволяющая по данным метеорологических условий и физических параметров вертикальных штамбов деревьев рассчитывать температуру их поверхности для любых географических районов и в любое время светлого времени суток.

В границах указанных диаметров штамбов возникают все виды СО: как зимних, так и летних, как световых, так и тепловых. В то же время точные теплофизические расчеты температуры у штамбов диаметром более 20 см значительно осложняются в связи с появлением на их поверхности теплоизоляционных слоев утолщенной пробки - корки. Да и нет смысла проводить эти усложненные расчеты, раз закономерности для образования всех видов СО можно исследовать на штамбах плодовых деревьев диаметром 20 см.

### **Экспериментальная проверка предложенных ранее гипотез образования зимних СО**

Вертикальное положение - наиболее типичное для штамбов плодовых деревьев. В то же время они чаще и сильнее поражаются как зимними, так и летними СО, а от здорового штамба зависят плодоношение и продолжительность жизни всего плодового дерева.

Рассмотрим особенности поступления суммарной солнечной радиации к штамбам. По сравнению с горизонтальной поверхностью, на которой осуществляется регистрация притока солнечной радиации в метеорологических станциях, мы имеем дело с вертикальным круговым цилиндром, коим без большой натяжки является штамп плодового дерева. В этом случае прямая солнечная радиация поглощается лишь полуокружностью штамба, обращенного в данный момент к солнцу.

Из [рис. 5](#) видно, что под углом  $90^\circ$  прямые солнечные лучи падают лишь на вершину полуокружности вертикального штамба, где происходит наиболее полное их поглощение. Чем ближе к основанию дуги с обеих сторон полуокружности, тем под более острыми углами поступают лучи и тем меньше они поглощаются. С двух сторон по полуокружности лучи лишь скользят по поверхности.

На вертикальную поверхность, помимо прямых лучей, поступает еще рассеянное солнечное излучение от небосвода и отраженное от поверхности окружающего почвенного покрова; последнее особенно значительно при наличии на почве снега, характеризующегося высокой отражательной способностью. Приток суммарного и прямого солнечного излучения на вертикальную и горизонтальную поверхности в зависимости от высоты солнца приведены на [рис. 6](#).

Кривая 1 характеризует поступление прямого и суммарного (прямое плюс рассеянное от небосвода) солнечного излучения на горизонтальную поверхность. По мере увеличения высоты солнца (в нашем примере от 5°) повышается приток как прямого, так и рассеянного в целом суммарного излучения. Совершенно другая зависимость поступления суммарного и прямого солнечного излучения на вертикальную поверхность – к штабам (кривые 2 и 3). Они показывают приток излучения в каждый момент времени на площадку на вершине штаба, направленной строго на солнце. По мере движения солнца по небосводу с угловой скоростью 15°/ч облучение переходит на все новые площадки по окружности штаба. Кривая 2 относится для случая, когда поверхность почвы открытая, темная, отражательная способность ее низкая, 20 % или 0.2 в долях единицы; в метеорологии эта величина называется альбедо. Кривая 3 характеризует поступление суммарной солнечной радиации, когда поверхность почвы покрыта снегом с альбедо 70 % или 0.7 в долях единицы.

Из анализа хода кривых (см. рис. 6) вытекает вывод, что максимум притока суммарного солнечного излучения на вертикальные штабы наблюдается на высотах солнца 30-35° при обязательном наличии на поверхности почвы снега с высоким альбедо, составляющим 0.7; в случае открытой почвы с низким альбедо (0.2) максимум суммарного притока солнечного излучения приходится на высоты солнца 25-30°.

Таблица 3

**Максимальное суммарное солнечное облучение (Вт/м<sup>2</sup>) южной стороны вертикальной поверхности по месяцам в течение года на различной географической широте**

Месяц	Северная широта			
	60°	55°	50°	45°
Декабрь	550*	780*	800*	1000*
Январь	700*	860*	1010*	1035*
Февраль	1000*	1020*	1050*	1070*
Март	1060*	1070*	830	795
Апрель	815	770	725	675
Май	730	680	635	550
Июнь	690	640	565	490
Июль	710	655	590	520
Август	780	750	695	640
Сентябрь	955	830	790	750
Октябрь	980	960	860	850
Ноябрь	740*	910*	1000*	1060*

- На широте 60° с. ш. находятся с небольшими отклонениями пригороды следующих городов: Санкт-Петербурга, Вологды, Березников; 55° с. ш. - Москвы, Нижнего Новгорода, Казани; 50° с. ш. - Самары, Липецка, Брянска, Хабаровска; 45° с. ш. - Краснодара, Ставрополя, Уссурийска.

- Значком \* отмечено суммарное солнечное излучение при наличии снега.

В табл. 3 для некоторых зон плодоводства России в зависимости от высоты солнца и альбедо поверхности почвы по всем месяцам года приведен расчет поступления суммарного солнечного излучения при ясном небе на южную сторону вертикальной поверхности. Из таблицы видно, что самый большой приток суммарной солнечной радиации на южной стороне, более 1000 Вт/м<sup>2</sup>, наблюдается во всех зонах плодоводства в зимний период при наличии снегового покрова. Кроме того, на широте 50, особенно на широте 45°, самое интенсивное поступление суммарной солнечной радиации происходит в первой половине зимы и даже в

осенние месяцы при выпадении снега. В средней полосе и на северо-западе интенсивному солнечному облучению подвергаются штамбы плодовых деревьев во второй половине зимы и ранней весной.

В летнее время на южную сторону вертикальных штамбов поступает минимальное количество солнечной энергии, но подробно этот вопрос рассматривается в главе о летних СО.

### **Быстрое оттаивание**

Быстрое оттаивание под влиянием солнечного нагревания деревьев в зимний период считается повреждающим фактором в самых ранних гипотезах, объясняющих образование зимних СО (Дю-Гамель и Бюфон, 1797; Сакс, 1860).

Количественно быстрота оттаивания оценивается по скорости повышения температуры тканей растений при переходе их из мерзлого в талое состояние. А. Микс (1916), изучая различные гипотезы образования зимних СО, быстроту оттаивания считал весьма слабым повреждающим фактором и даже не провел проверочные испытания.

Подводя итог большому экспериментальному материалу по быстрому оттаиванию растений, ИИ. Туманов (1940), а затем и Г.А. Самыгин (1974) сделали следующий вывод, имеющий отношение к механизму образования зимних СО: растения в замерзшем состоянии могут быть повреждены морозом, и в этом случае быстрое оттаивание способно их окончательно убить, а при медленном оттаивании они останутся живыми.

Измерения температуры тканей плодовых деревьев в различных климатических районах показали, что максимальные скорости оттаивания отмечаются в марте у достаточно крупных штамбов диаметром около 10 см до образования на них многослойной теплоизолирующей защитной корки. Ориентация наиболее быстрого оттаивания - юго-восточная сторона штамбов. Максимальные скорости оттаивания могут достигать у плодовых деревьев в пригороде Петербурга и в Ленинградской области 9-11, в Самарской области и Хабаровском крае - 13-15°С/ч.

Исходя из указанного выше замечания И.И. Туманова, мы провели соответствующие опыты по выяснению вредоносности быстрого оттаивания на однолетних побегах среднерусских сортов яблони с предварительными морозными повреждениями.

Однолетние побеги, как опытные объекты, мы выбрали не случайно - они наиболее чувствительны к действию мороза и могут быть использованы в большом количестве, необходимом для получения достоверных результатов. Такие побеги длиной 30 см среднерусских сортов яблони (Антоновка обыкновенная, Осеннее полосатое и Папировка), взятые в садах пригородов Петербурга, предварительно медленно промораживались до -35°С в первой половине марта в течение двух зим. Морозные повреждения силой 3 балла были сосредоточены в древесине и сердцевине; ткани флоэмы, камбия и листовые почки повреждений не имели. После промораживания побеги быстро и медленно оттаивали. Результаты этих опытов представлены на [рис. 7](#). Несмотря на резко различный режим оттаивания 2-3 и 50-60°С/ч, у побегов отсутствовали повреждения тканей и распускание почек было одинаковым. С таким же результатом прошли аналогичные опыты с однолетними побегами яблони Амурское урожайное и Восточная китайка, привезенными мною с Дальнего Востока из пчеловодства "Бирское".

В связи с тем, что в приведенных выше опытах побеги промораживались до очень низких температур -35°С, редко случающихся в ночные часы в марте как под Петербургом, так и на Дальнем Востоке, они оттаивали в 5-6 раз быстрее, чем наблюдаемые в природе, следовательно, можно сделать вывод, что быстрое оттаивание как само по себе, так и в сочетании с сильными морозами не может быть причиной зимних СО.

### **Солнечное нагревание различных по возрасту (массивности) штамбов плодовых деревьев**

При выдвижении тех или иных гипотез образования зимних СО априори считалось, что независимо от возраста, а значит и от массивности или диаметра штамбов, ткани их в одинаковой степени нагреваются солнечной радиацией днем, а после захода солнца также с одинаковой скоростью замерзают и сравниваются с температурой окружающего воздуха в одно и то же время. На самом деле эти показатели очень разные у массивных штамбов взрослых деревьев и у тонких штабиков молодых деревьев и саженцев. В данном разделе остановимся лишь на их солнечном нагревании.

Впервые А.Д. Кизюрин (1950) экспериментально показал, что в зимнее время массивные штамбы взрослых плодовых деревьев нагреваются солнечной радиацией в несколько раз сильнее, чем молодые тонкие части кроны. В наших исследованиях обнаруженная зависимость подтверждена на большом количестве натуральных измерений (И.Н. Котович, 1960). На основании многолетней базы экспериментальных наблюдений с учетом направленности исследований в АФИ и посредством привлечения математических методов была создана теплофизическая модель солнечного нагревания плодовых деревьев в естественных условиях, преобразованная в дальнейшем в быстродействующую компьютерную программу о чем сказано в разделе "Методика исследований".

Солнечное нагревание разновозрастных частей плодовых деревьев, моделируемое по теплофизическим расчетам, наиболее объективно также и при сравнении степени их солнечного нагревания в различных климатических районах, так как в основе расчетов лежат многолетние метеорологические показатели (табл. 4).

Таблица 4

**Максимальное солнечное нагревание днем и продолжительность нахождения тканей выше 0 °С на южной стороне различных по массивности вертикальных штамбов яблони в ясную погоду на 1 марта**

Климатические районы	Диаметр штамбов, см				Температура воздуха, скорость ветра
	10.0	5.5	2.5	0.7	
<b>Северо-западный</b> (пригороды Петербурга, 60° с. ш.): максимальное нагревание, °С  нахождение тканей выше 0 °С, ч средняя скорость ветра днем в саду на высоте 0.5 м  средняя скорость ветра днем в саду на высоте 0.5 м	14.7	9.0	1.7	-5.8	Максимальная днем -11.0 °С  Минимальная ночью -20.0 °С  1.6 м/с
<b>Среднее Поволжье</b> (пригороды Самары, 53°с.ш.): максимальное нагревание, °С  нахождение тканей выше 0°С, ч средняя скорость ветра днем в саду на высоте 0.5 м	12.1	5.5	-3.7	- 11.3	Максимальная днем - 16.5°С  Минимальная ночью -25.0°С  1.8 м/с
<b>Дальний Восток</b> (пригороды Хабаровска, 48.5° с.ш.): максимальное нагревание, °С  нахождение тканей выше 0°С, ч средняя скорость ветра днем в саду на высоте 0.5 м	8.0	2.1	-5.8	-12.6	Максимальная днем -18.4°С  Минимальная ночью -28.0°С  2.0 м/с

Для расчетов использовались следующие многолетние метеорологические данные только при ясном небе: а) приток прямой, рассеянной от небосвода и отраженной от поверхности снегового покрова с пересчетом этих составляющих солнечной радиации на вертикальную поверхность; б) температура воздуха днем равнялась разности между средней из абсолютных минимумов и средней суточной амплитудой температуры воздуха; в) скорость ветра рассчитывалась на высоту 0.5 м (для середины штамбов высотой 1 м) в саду в зимний период в зависимости от различного возраста при плотности посадки 900 дер./га.

Таким образом, данные табл. 4 не вызывают сомнений, что чем взрослее и массивнее штамбы плодовых деревьев, тем они сильнее нагреваются солнечными лучами и дольше находятся днем в талом состоянии. Более того, тонкие штамбики днем на солнце находились при отрицательной температуре. Эти выводы справедливы для всех сравниваемых климатических районов. Однако требует дополнительного объяснения снижение солнечного нагревания штамбов деревьев при переходе от северных высоких широт к южным, более низким. Происходит это по следующим причинам.

Во-первых, солнечный нагрев штамбов днем в этой таблице характеризуется фактической температурой, а не разностью между тканями деревьев и окружающим воздухом; температура последнего днем при передвижении с севера (Петербург) на юго-восток (Хабаровск) более, чем в 2 раза ниже.

Во-вторых, скорость ветра, оказывающая большое влияние на ослабление солнечного нагревания частей деревьев, в табл. 4 была следующей: С-Петербург - 2,6; Самара - 1,8; Хабаровск - 2,0 м/с.

Для оценки опасности выявленной величины и продолжительности солнечного дневного нагревания различных по возрасту и массивности частей деревьев, а также в разных климатических условиях, при изучении механизма зимних СО необходимо выяснить особенности их замерзания в вечернее и ночное время, что изложено в следующем разделе.

### Быстрое замерзание

Как указывалось выше, с гипотезой, объясняющей зимние СО на плодовых деревьях быстрым вечерним замерзанием тканей, оттаявших днем под влиянием солнечного нагревания, выступил А. Микс (Mih, 1916), являющийся аспирантом профессора У. Чендлера. Действительно, замерзание вообще, а тем более быстрое, обладает сильным повреждающим действием на растения.

В то же время опасность быстрого замерзания связана не только с величиной падения температуры тканей за определенное время, например °С/ч, но и обусловлена рядом других обстоятельств. Важное значение имеют длительность пребывания тканей в оттаявшем состоянии и величина положительной температуры перед быстрым замерзанием.

В природных условиях даже самые мелкие веточки после солнечного нагревания не мгновенно охлаждаются до температуры воздуха, а в течение некоторого времени. Естественно, чем более массивна часть дерева, тем медленнее ее температура сравнивается с окружающим воздухом.

В теплофизике для охлаждения нагретых тел различной геометрической формы, в том числе и для кругового цилиндра с различной теплопроводностью и объемной массой, выведены уравнения и построены номограммы для определения времени сравнения температур этих тел с окружающим воздухом (А.В. Лыков, 1967). В холодное время года скелетные части плодовых деревьев находятся в глубоком покое, биологические процессы не идут, поэтому их можно считать обычными физическими телами. Штамбы плодовых деревьев имеют форму кругового цилиндра, известна их объемная масса и теплопроводность тканей. Так, объемная масса семечковых пород (яблоня, груша) составляет 800 кг/м<sup>3</sup>, косточковых (вишня, черешня) - 700 кг/м<sup>3</sup>; теплопроводность тканей соответственно - 0.5 и 0.4 ккал/м·час·°С.

Примерное время выравнивания температуры поверхности нагретых штамбов яблони различного диаметра и окружающего воздуха следующее:

диаметр штамба, см	0.7	2.5	5.5	10.0
время выравнивания температуры при скорости движения воздуха 1 м/с	6 мин	24 мин	1 ч 36 мин	4 ч 20 мин

Мы видим, что выравнивание с температурой окружающего воздуха для поверхности штамбов диаметром 0.7 и 2.5 см происходит за 6 и 24 мин, для штамбов диаметром 5.5 и 10 см соответственно уже за 1 ч 36 мин и 4 ч 20 мин.

При отрицательной температуре не только массивность штамбов задерживает их выхолаживание после захода солнца, но и выделение скрытой теплоты при замерзании воды в их тканях. В штамбах деревьев яблони половина их объема занята водой, абсолютная влажность тканей в среднем равна 100 %. В указанной монографии А.В. Лыкова (1967) приведена также методика расчетов для определения выделения скрытой фазовой теплоты при замерзании воды в цилиндрических трубопроводах. Оказалось, что эта методика применима для приблизительной оценки замедления выравнивания температур штамбов с окружающим воздухом. Наши вычисления показали, что для диаметров штамбов яблони, приведенных выше, это замедление выхолаживания за счет выделения скрытой теплоты при льдообразовании в тканях следующее:

диаметр штамба, см	0.7	2.5	5.5	10.0
время выравнивания температуры при скорости движения воздуха 1 м/с	2 мин	9 мин	30 мин	2 ч

Сумма приведенных выше двух замедлений по выравниванию температур поверхности штамбов и окружающего воздуха во время их охлаждения после захода солнца с выделением скрытой теплоты льдообразования в тканях (при скорости движения воздуха 1 м/с):

диаметр штамба, см	0.7	2.5	5.5	10.0
время выравнивания температуры штамба с температурой воздуха	8 мин	33 мин	2 ч	6 ч 20 мин

Таким образом, чем крупнее штаб дерева, тем медленнее температура его охлаждается до температуры окружающего воздуха; это замедление может длиться часами. Тонкие однолетние саженцы и побеги очень быстро принимают температуру воздуха - за минуты. Как выяснил Микс (А. Мiх, 1916), в ясную морозную погоду наиболее быстрое замерзание тканей деревьев происходит за час до захода, в момент захода и спустя час после захода солнца. Приведем для этого времени суток измеренную нами (Котович, 1960) температуру различных по массивности (диаметру) штамбов яблони в садах пригорода Петербурга (табл. 5).

## Температура (°С) поверхности на юго-западной стороне штамбов яблони и воздуха

Дата	Диаметр штамбов, см	Положение солнца на небосводе			Минимальная температура воздуха ночью
		1ч до захода	в момент захода	1ч после захода	
19.03.1958 г.	11.0	0.2	-2.2	-3.1	-17.8
	2.5	-1.4	-7.2	-11.4	
	0.7	-4.2	-8.4	-11.8	
		-6.2	-8.4	-11.8	
Окружающий воздух					
05.03.1960 г.	6.3	4.6	-2.0	-4.5	-26.7
	1.5	0.0	-10.6	-14.2	
	0.7	-3.6	-12.4	-14.6	
		-7.0	-12.8	-15.0	
Окружающий воздух					
04.04.1960 г.	11.0	30.0	14.0	2.6	-21.6
	6.3	21.2	7.6	-0.8	
	1.5	8.8	-1.3	-9.4	
	0.7	4.2	-4.7	-9.8	
Окружающий воздух		-3.4	-7.4	-10.6	

Из представленных в табл. 5 данных видно, что у молодых деревьев с диаметром штамбов 1.5 см были весьма высокие скорости замерзания, равные 10.6°С/ч. Наши наблюдения в других более континентальных районах, в частности в Среднем Поволжье и на Дальнем Востоке, показали несколько большие скорости замерзания - до 14-15°С/ч у деревьев с диаметрами штамбиков 2-2.5 см.

Как в сторону уменьшения диаметра штамбов до 0.7 см у однолетних саженцев, так и в сторону их увеличения до 6-10 см у взрослых деревьев скорости замерзания тканей снижаются.

Исходя из указанных выше теплофизических предпосылок следует, что тонкие штамбики диаметром 0.7 см: во-первых, на солнце не могут в сильной степени нагреться относительно температуры окружающего воздуха в связи с небольшой площадью поглощения солнечных лучей и большой поверхностью охлаждения; во-вторых, при их замерзании выделяется незначительное количество скрытого тепла при фазовом превращении воды в лед, что не сказывается на быстроте их замерзания. В результате скорость замерзания их в связи с заходом солнца значительно ниже и не превышает 4-5 °С/ч, естественно, для случаев, когда штамбики однолетних саженцев оттаивают днем под влиянием нагревания солнечными лучами.

Штамбы диаметром 6-10 см и более способны в сильной степени нагреваться солнечной радиацией днем, но после захода солнца в силу большой массивности и наличия значительного количества оттаявшей воды медленно замерзают, обычно со скоростью 0.5-1°С/ч. И только после окончания фазового перехода жидкой воды в лед скорость замерзания внутренних тканей вновь возрастает. Судя по графику снижения температуры заболони штамба яблони диаметром 11 см, наибольшие скорости замерзания 5-6°С/ч происходят около полуночи, рис. 8 (Котович, 1960).

Из представленных выше измерений температуры плодовых деревьев следует, что для правильной оценки быстроты замерзания при образовании зимних СО, в феврале - марте, необходимо как можно более точно моделировать предшествующий температурный режим и само замораживание проводить с различной скоростью, присущей для различных по массивности частей деревьев.

Ход температуры однолетних побегов, имитирующих наиболее быстрое замерзание до различных отрицательных температур, представлен на рис. 9. Мы видим, что этот процесс тканей деревьев (определяется по выделению скрытой теплоты льдообразования) начинается



тем раньше и активнее, чем слабее мороз в холодильной камере: при морозе  $-15^{\circ}\text{C}$  замерзание начинается при  $-2.5^{\circ}\text{C}$ , при морозе  $-30^{\circ}\text{C}$  - при  $-6^{\circ}\text{C}$ . Сильные быстрые морозы  $-25...-30^{\circ}\text{C}$  характеризовались тем, что в начальный период охлаждения замерзание было неполным, и часть льда в тканях образовывалась позже, на фоне низкой стационарной температуры, ход температуры побегов стал зубчатым. Согласно О.А. Красавцеву (1972) такой вид термограммы при замерзании тканей растений свидетельствует об образовании льда внутри клеток, что всегда для них смертельно.

На рис. 10 показано состояние однолетних побегов сорта яблони Осеннее полосатое в рассмотренных выше опытах: вариант 1 - контроль, без замораживания; вариант 2 - замерзание за 1 ч до  $-20$ ; вариант 3 - замерзание за 1 ч до  $-25$ ; вариант 4 - замерзание за 1 ч до  $-30^{\circ}\text{C}$ . При этом морозные повреждения тканей флоэмы и камбия в баллах и погибшие почки у побегов в % были: вариант 1 - ткани - 0, почки - 0; вариант 2 - ткани -0, почки - 0; вариант 3 - повреждения тканей - 3.5 балла, погибшие почки - 15 %; вариант 4 - полностью погибли ткани флоэмы и камбия - 5.0 баллов; погибшие почки - 100 %.

Следовательно, для того чтобы вызвать повреждения у среднерусских сортов яблони после кратковременного оттаивания, требуется очень высокая скорость замерзания до значительных морозов. Повреждения у однолетних побегов возникали после непродолжительного оттаивания и последующего снижения их температуры от 0 до  $-25...-30^{\circ}\text{C}$  за 1 ч. Эта скорость замерзания в 2-2.5 раза выше той, которую мы наблюдали у средних по массивности штамбиков яблони диаметром 1.5-2.5 см не только на МОС АФИ, но и на Самарской опытной станции садоводства, и на Дальнем Востоке в саду пчелохозяйства "Бирское". Более тонкие однолетние саженцы с диаметром 0.5-0.7 см на солнце нагреваются слабо, и скорость замерзания их вечером не превышает  $7^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ , что ниже отмеченной смертельной скорости замерзания в 3-3.5 раза. Сравнение лабораторных опытов с природными наблюдениями позволяет сделать вывод, что быстрое замерзание тонких штамбиков диаметром менее 2.5 см в связи с непродолжительным и слабым солнечным нагреванием их днем не может являться первопричиной зимних СО.

Таким образом, у различных по возрасту и массивности частей кроны древесных растений наблюдается своеобразная защитная система, позволяющая им переносить без повреждений неблагоприятные температурные условия, создающиеся в ясную погоду в холодный период года. Эта система состоит в том, что молодые и тонкие части кроны, от 0.5 до 2.5 см в диаметре, не могут в сильной степени и в течение длительного времени нагреваться солнечными лучами до положительных температур днем, поэтому ткани их не теряют морозной закалки и затем без повреждений переносят замерзание после захода солнца. Крупные части крон взрослых деревьев, начиная от диаметра 6-7 см и выше, наоборот, подвергаются интенсивному и продолжительному солнечному нагреванию днем, температура их может достигать высокой положительной температуры. Однако после захода солнца из-за большой тепловой инерционности крупных частей кроны и выделения значительного количества тепла при переходе оттаявшей днем воды в тканях в лед замерзание проходит медленно, и только глубокой ночью температура их сравнивается с окружающим воздухом; при этом закалка тканей к морозу восстанавливается.

Помимо опытов на однолетних побегах, имитирующих температурный режим различных по массивности штамбов, мною в период аспирантуры в 1959-1960 гг. были проведены исследования по воспроизведению зимних СО в лабораторных условиях с применением радиационного нагревания срезанных различных по массивности (диаметру) частей деревьев яблони. Для этого была использована указанная выше большая морозильная камера объемом  $12\text{м}^3$ .

Основное свойство солнечной радиации - одинаковость ее интенсивности по площади, на которую она поступает. Поэтому была разработана специальная осветительно-нагревательная установка, по равномерности лучистого потока на площади приближаясь к солнечной радиации: небольшие лампочки накаливания, размещенные на расстоянии 7 см одна от другой, давали необходимую равномерность лучистого потока на площади  $50 \times 100$  см. В результате получилась светящаяся передвигающаяся стенка, создающая на расстоянии 35 см лучистый поток, состоящий из видимого и ближнего инфракрасного излучения с интенсивностью  $750 \pm 15 \text{ Вт}/\text{м}^2$  (см. рис. 3). Слева видны ветви яблони, закрепленные вертикально на штативах с проводами от датчиков, измеряющих температуру тканей. В опытах использовались ветви, закаленные к морозу двух сортов - Антоновки обыкновенной и Папировки. В морозильной камере постоянно

работал вентилятор, перемешивая воздух.

Температурный режим в процессе оттаивания, в стационарном режиме с 11.30 до 16 ч и во время замерзания, представлен на [рис. 11](#). Минимальная температура воздуха в морозильной камере ночью составляла  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Данные опыты с суточным периодом повторялись 5 раз и проводились в начале марта в указанные выше годы. Видно, что при использовании в морозильной камере искусственных источников теплового и светового излучения в виде электрических ламп наблюдаются те же зависимости по температурному режиму различных по массивности частей кроны плодовых деревьев, что и в условиях ясной погоды днем и после захода солнца в природных условиях. Так, величина перегрева относительно температуры окружающего воздуха была тем выше, чем крупнее ветвь; замедление скорости оттаивания более четко проявляется также у более крупных ветвей, что связано с замерзанием большого количества в них жидкой воды. После отключения ламп, в процессе охлаждения отрезков, как и в природной обстановке, наибольшая скорость замерзания происходила у средних по диаметру ветвей 1.8 см и составила 17 С/ч; как в сторону меньшего, 0.6 см, так и в сторону большего диаметра, 5 см, скорость замерзания соответственно была 11 и 4 С/ч. Оценка повреждений тканей проводилась через трое суток после выдержки опытных ветвей при температуре  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Во избежание подсыхания концы ветвей находились в воде. Для оценки повреждений применялись два независимых метода - микроскопирование срезов и измерение электросопротивления тканей флоэмы ветвей.

Микроскопирование показало, что ткани флоэмы, камбия и древесины были неповрежденными как со стороны лучистого нагревания, так и с теневой стороны. Не было отмечено побуревших клеток, а в феллодерме сохранились окрашенные антоцианом клетки.

Итоги опытов в лабораторных условиях, максимально приближенных к природной обстановке, показали в соответствии с проведенными выше исследованиями, что закаленные здоровые ткани яблони очень устойчивы к тем температурным режимам, которые у них наблюдаются при солнечном нагревании в зимний и зимне-весенний периоды. Надо искать другие причины или их комплекс, почему на солнечной стороне плодовых деревьев ткани отмирают, а на теневой остаются живыми, хотя и в некоторой степени могут быть поврежденными.

При постановке опытов в морозильной камере было отмечено, что незначительные механические повреждения флоэмы, в частности уколы иглами для определения электросопротивления, вызывали некроз (побурение) тканей на большой площади на нагреваемой стороне, а на холодной стороне сопровождалась лишь незначительным некрозом. Так, на нагреваемой стороне ветви диаметром 5 см они вызвали некроз тканей флоэмы на площади  $153\text{ мм}^2$ , тогда как на холодной стороне - только на  $9\text{ мм}^2$ ! Выше указывалось, что в механических трещинах за счет окисления вскрытых тканей кислородом воздуха и усиленных солнечным облучением возникают СО. Собственно у нас и был воспроизведен один из частных случаев образования зимних СО.

Однако возникает вопрос, как образуются трещины и другие механические повреждения на скелетных частях древесных растений в природной обстановке? Ответ на него дан в разделе "Ледовый режим плодовых деревьев и зимние СО".

### **Чернение коры как метод воспроизведения СО**

Для ускорения образования СО Микс (А. Микс, 1916) использовал чернение поверхности коры плодовых деревьев дегтем. Возникновение ожогов ускорило, но выяснилось, что это связано с отравляющим действием дегтя на живые ткани коры - флоэму. Во избежание подобных ошибок я в своих исследованиях по воспроизведению зимних СО в естественных условиях применял чернение поверхности коры безвредными составами на основе химически инертной водной дисперсии поливинилацетата с мелкодисперсной сажой.

Чернение штамбов яблони в возрасте 1, 2 и 10 лет проводилось на среднерусских сортах яблони в садах пригородных хозяйств "Ударник" и "Лесное" под Петербургом. Измерение температуры поверхностных тканей коры деревьев показало, что чернение увеличило их солнечное нагревание в марте и в зависимости от диаметра штамбов составило:

диаметр штамба, см	10	2	0.7
перегрев относительно естественной коры, °С	7-9	2-3	0.5-1

В зимы 1957/58 и 1959/60 гг. чернение коры способствовало повреждению тканей поздней прошлогодней древесины с юго-юго-западной стороны штамбов (отклонение от точки юга на 22.5° к западу), но оно было слабым и оценивалось 1 баллом по принятой нами полной оценке морозных повреждений тканей в 4 балла. Усиление морозных повреждений древесины на срезах было отмечено только у штамбов диаметром 10 см вступающих в плодоношение деревьев яблони сорта Папировка. На молодых деревцах с диаметром штамбов 2.3 и однолетних саженцах диаметром 0.7 см этого отрицательного влияния чернения коры не отмечено. В связи с тем, что в указанные выше зимы на штамбах взрослых деревьев этого сорта с естественной корой намечалась на зимние СО не было, а черная окраска существенно увеличила солнечное нагревание штамбов, можно сделать вывод, что повышенная температура явилась причиной морозного повреждения древесины предшествующего года.

Однако здесь необходимо внести уточнения, касающиеся камбия. Очевидно, будет правильным придерживаться современных взглядов П. Крамера и Т. Козловского (1983), считающих, что истинный камбий - это однорядный слой клеток. К нему примыкают: с внутренней стороны - ряд способных делиться материнских клеток древесины, а с внешней - ряд способных делиться материнских клеток флоэмы. Материнские клетки древесины - менее морозостойкие. Придерживаться такой классификации важно при изучении зимних СО, так как под термином "гибель камбия" очень часто принимается гибель материнских клеток древесины. Истинный камбий же сохраняется и при благоприятных условиях заново восстанавливает как материнские клетки древесины, так и ее саму.

Важно отметить, что чернение поверхности коры штамбов взрослых плодовых деревьев ведет в зимний период к увеличению их солнечного нагревания днем, что, в первую очередь, сказывается на усилении морозных повреждений поздней прошлогодней древесины, часто невызревшей. Напомним, что в "Скреблово" в суровую зиму 1955/56 гг. зимние СО начинали развиваться у штамбов взрослых плодовых деревьев изнутри, от повреждения поздней незрелой древесины.

В зиму 1962/63 гг. во множестве были отмечены поверхностные или световые зимние СО на саженцах и молодых деревцах (об этом виде зимних СО подробно расскажем в следующем разделе, здесь лишь отметим, такие ожоги начинаются с повреждения ткани феллодермы, содержащей хлорофилл). В этом случае чернение саженцев и штамбиков молодых деревьев защитило их от световых зимних СО благодаря созданию на поверхности коры светонепроницаемого покрытия, так как природное у молодых плодовых культур достаточно светопроницаемо. Окраска в черный цвет тонких штамбиков не усилила их солнечный нагрев по сравнению с неокрашенными из-за их небольшой массивности.

В то же время в зиму 1962/63 гг. на массивных штамбах взрослых деревьев яблони с естественной корой зимних СО не было, тогда как ее окраска в черный цвет из-за сильного солнечного нагрева вызвала повреждение прошлогодней древесины до 3 баллов. Весной на почерневших штамбах появилось повреждение, которое с полным правом можно назвать зимним тепловым СО.

Стало очевидным, что механизм образования зимних СО не одинаков у штамбов взрослых плодовых деревьев и у саженцев и молодых деревцов. Далее наше исследование ведется отдельно у взрослых и молодых плодовых деревьев.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗИМНИХ СО НА ВЗРОСЛЫХ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЯХ

Взрослыми считаются 6-7-летние части крон плодовых деревьев (штамбы, стволы, скелетные ветви), имеющие диаметр от 5 см и выше, главное - у них на солнечной стороне вместо гладкой тонкой пробковой ткани в виде пленки сформирована сложная покровная шероховатая ткань, называемая коркой. Она у плодовых культур в указанном возрасте бывает толщиной от 0.5 мм и больше, свет она не пропускает.

Опыты в природных условиях путем покрытия различных по возрасту частей кроны плодовых деревьев светонепроницаемой черной краской, а также лабораторные исследования в морозильных камерах доказали, что зимние СО от теплового действия солнечной радиации могут возникать лишь на взрослых массивных частях крон плодовых деревьев. Отсюда было выдвинуто новое объяснение возникновения этого вида зимних СО, сформулированное еще в 1962 г. (Котович, 1962). Заключается оно в том, что в ясные дни зимы и ранней весны многократные оттаивания под влиянием солнца и замерзания после его захода приводят к возникновению зимних СО, если такому воздействию подвергаются ткани, которые уже имеют морозные повреждения. Данный вывод подтвержден непосредственными наблюдениями за возникновением этих повреждений в природной обстановке и расчетами температурного режима плодовых деревьев по нашей компьютерной программе в хорошо известные ожоговые зимы в различных районах пловодства.

### Северо-Западный регион

В этом регионе распространено любительское пловодство, иногда и промышленное, заходящее в высокие широты (более 60° с. ш.) лишь в Ленинградской, на юге Карелии, в Вологодской и некоторых других областях. В северо-западном районе пловодства сильные морозы, достигающие -40 °С и ниже и приводящие к повреждениям плодовых деревьев, наблюдаются в ясную погоду в начале и середине зимы. На что обращаем внимание - повреждается в основном древесина прошлого года, называемая также заболонью. В связи со слабой инсоляцией и коротким световым днем штамбы плодовых деревьев солнцем во время морозной погоды никак не нагреваются. Так, 15 декабря и 15 января высота солнца в полдень равна 6-8° для метеостанции "Воейково", расположенной в одном из садоводческих пригородов Санкт-Петербурга; продолжительность светового дня не превышает 3-4 ч.

В северо-западной регионе климатические условия резко меняются во второй половине февраля и в марте. На 15 февраля высота солнца для метеостанции "Воейково" повышается до 17°, на 15 марта - до 24°; продолжительность светового дня для указанных дат увеличивается соответственно до 8 и 10 часов; количество дней с солнцем возрастает в 3 раза. Однако в этот период существенно слабеют ночные морозы, которые обычно не превышают -25.. -30 °С; такие температуры не могут вызвать непосредственных морозных повреждений тканей у издавна культивируемых здесь плодовых пород и сортов, если последние к этому периоду подошли в здоровом состоянии. К тому же, как показали наши исследования, взрослые части крон плодовых деревьев, которые существенно нагреваются солнечными лучами днем, после захода солнца медленно замерзают, и минимальная температура их ночью может не достичь минимальной температуры окружающего воздуха.

Но если к концу зимы плодовые культуры подошли с морозными повреждениями, полученными от сильных морозов в начале и середине зимы, то под действием оттаивания днем на южной и юго-западной сторонах и замерзания ночью (из-за многократного повторения этих процессов) ткани отмирают и образуются зимние СО. Такова принципиальная схема образования массовых зимних СО на взрослых частях крон деревьев в северо-западном регионе пловодства России.

Более того, если недостаточно морозостойкие деревья имеют очень сильные морозные повреждения древесины (3-4 балла) от действия низкой температуры начала и середины зимы, то многократное оттаивание и замерзание в конце зимы и начале весны приводит к их полной гибели, но отмирание тканей всегда начинается с южной стороны.

То, что действительно по приведенной выше схеме образуются зимние СО в северо-западном регионе пловодства, покажем на примере хозяйства "Скреблово" Ленинградской области, где мне пришлось наблюдать за развитием таких повреждений в зиму 1955/56 гг. на сортах яблонь, имеющих различную морозостойкость (см. табл. 2). В эту зиму наиболее сильные морозы были в следующие месяцы и даты (метеостанция "Николаевское"):

10 декабря: днем -19.6, ночью -34.6°С; прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность 97 Вт/м<sup>2</sup>;

11 декабря: величины значений в том же порядке: -27.7, -35.0°С; 63 Вт/м<sup>2</sup>;

30 января: -25.1, -34.0°С; 273 Вт/м<sup>2</sup>;

31 января: -27.7, -36.6°C; 307 Вт/м<sup>2</sup>;

5 февраля: -29.1, -39.1°C; прямой радиации нет, дымка;

6 февраля: -25.0, -39.6°C; прямой радиации нет, дымка.

В ту зиму существенная солнечная радиация появилась с середины февраля.

Надо отметить, что повреждения тканей анализируемых сортов яблони как с юго-западной, так и северо-восточной сторон штамбов на указанную выше дату в феврале были одинаковыми. Имеются в виду сорта Папировка и Антоновка обыкновенная, так как сорт Ранетка Пурпурная вообще не имел никаких следов повреждений.

Таблица 6

**Температурный режим штамбов яблони диаметром 10-11 см в ясные дни (расчетные данные).  
Плодопитомник "Скреблово", февраль - март 1956 г.**

Дата	Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	Максимальная температура днем, °С			Минимальная температура воздуха ночью, °С
		Воздух	Стороны штамбов		
			юго-западная	северо-восточная	
18.02	153	-12.1	2.8	-10.0	-16.5
20.02	279	-8.5	5.8	-6.2	-17.1
21.02	300	-11.9	14.9	-4.5	-23.1
22.02	251	-13.7	10.2	-8.1	-25.5
23.02	286	-12.9	12.4	-6.6	-26.5
4.03	230	-1.9	10.1	1.5	-11.2
5.03	230	-1.4	15.2	3.0	-9.5
6.03	391	-4.5	14.6	1.0	-11.7
7.03	377	-5.3	17.4	1.5	-18.3
8.03	384	-4.4	18.1	3.2	-13.8
9.03	384	-6.6	17.5	1.7	-20.6
10.03	398	-5.2	16.3	1.8	-18.6
14.03	356	-2.5	17.5	4.0	-13.5
15.03	405	0.2	18.9	6.0	-13.1
16.03	384	0.0	20.0	7.2	-13.9
18.03	440	0.2	20.6	7.5	-11.9

Естественно, усиление повреждений тканей на штамбах сортов Папировка и Антоновка обыкновенная произошло с южной стороны под влиянием многократных оттаиваний в связи с солнечным нагревом и замерзаний после захода солнца с 18 февраля и по 18 марта. О величинах колебаний температуры можно судить по данным, представленным в табл. 7, где приведена расчетная температура поверхности штамбов рассматриваемых сортов яблони, дополнение к табл. 2. По ближайшей к плодопитомнику "Скреблово" метеостанции "Николаевское" за указанный в табл. 2 период времени только в дни с солнцем взяты приток солнечной радиации прямой, рассеянной от небосвода и отраженной от поверхности почвенного покрова, в частности от снега, максимальная температура воздуха и скорость ветра днем с пересчетом ее на высоту 1 м на территории сада с плотностью стояния 200 деревьев на 1 га (И.Н. Котович, Г.И. Воронов, 1988).

Для указанных в табл. 6 сортов яблони была принята отражательная способность поверхности коры 0.2 и теплопроводность тканей древесины 1.2 Вт/(м·К), определяющая поток тепла с солнечной стороны штамба на теневую. Расчеты произведены по нашей компьютерной программе.

Сопоставив данные табл. 2 и 6, можно обнаружить, что чем ниже морозостойкость сорта, например, Папировки по сравнению с Антоновкой, тем сильнее увеличиваются повреждения тканей под влиянием многократных оттаиваний и замерзаний в ясные дни в феврале и марте. Показательно поведение Ранетки Пурпурной, не имеющей морозных повреждений начала и середины зимы 1955/56 гг., - этот сорт легко перенес многократные оттаивания и замерзания в конце зимы - начале весны.

Схожие с зимой 1955/56 гг. были климатические условия в зиму 1939/40 гг. (я еще видел в садах "СкреблOVO" последствия зимних СО - односторонние штамбы Антоновки обыкновенной; в ту зиму начального повреждения СО деревьям было 10-12 лет также, как и в зимы 1955/56 и 1978/79 гг., когда возникали массовые зимние СО на штамбах такого же диаметра яблони).

Данные метеостанции "Николаевское", °С:

	декабрь	январь	февраль	март	минимум за зиму
абсолютный минимум температуры воздуха	-40.5	-39.9	-39.7	-32.0	-40.5
зимы:					
1939/40 гг.	-23.9	-39.9	-29.2	-20.7	-39.9
1955/56 гг.	-35.0	-36.7	-39.6	-20.6	-39.6
1978/79 гг.	-40.5	-35.4	-34.3	-21.0	-40.5

Представленные данные показывают, что зимние СО на взрослых частях крон плодовых деревьев в массе образуются, когда в зимние месяцы морозы достигают величин, сравнимых с абсолютными минимальными температурами воздуха; это было в январе 1939 г., феврале 1956 г. и декабре 1978 г. В то же время зимние СО возникали, когда в марте минимальная температура была только -21°С, что значительно выше абсолютного минимума температуры этого месяца - 32°С. Это говорит о том, что, во-первых, наиболее опасны и приводят к значительным повреждениям тканей плодовых культур именно сильные морозы начала и середины зимы; во-вторых, усиление повреждений в марте и образование СО происходит при отрицательной температуре, весьма далекой от абсолютного минимума для этого месяца. Более чем за столетний период наблюдений на метеостанции "Николаевское" лишь в зимы 1898/99 и 1901/02 гг. была зафиксирована в марте самая низкая температура, составившая соответственно -32.0 и -29.0°С. Однако эти две зимы в литературе по плодоводству не отмечены как особо ожоговые и сопровождавшиеся какими-то особыми повреждениями плодовых деревьев.

В чем причина того, что деревья, получившие первоначально незначительные морозные повреждения, оказываются весьма чувствительными к последующим замерзаниям? По нашему мнению, она состоит в следующем.

Во-первых, как показали микроскопические наблюдения (Х. Мюллер-Тургау, 1886; Н.А. Максимов, 1913; О.А. Красавцев, 1972), в тканях растений морозные повреждения клеток весьма неравномерны. Одни погибают, другие частично повреждаются, но сохраняются и клетки совершенно здоровые. При повторных действиях мороза в первую очередь погибают те клетки, которые в предыдущем замораживании были частично повреждены; в эту же категорию переходит ряд ранее здоровых клеток. Таким образом, при каждом новом промерзании морозные повреждения тканей деревьев усиливаются.

Во-вторых, еще Хайлбранн (Heilbrunn, 1928) обнаружил, что погибшие от мороза клетки в оттаявшем состоянии могут повреждать соседние здоровые в результате диффузии определенных вредных веществ. О.А. Красавцев (1963) выделил их и установил, что они относятся к отравляющим веществам - полифенолам, образующимся в погибших клетках растений.

Наконец, большое значение имеет и следующее явление, впервые отмеченное в наших исследованиях: повреждения яблони в середине декабря медленным морозом -35°С способствовали выходу из состояния покоя почек, и они распустились в теплом помещении; без морозных повреждений почки в тех же условиях остались спящими. На рис. 12 показаны срезы почек и тканей на ветвях яблони: справа - древесина светлая, без морозных повреждений, почка спящая; слева - древесина темная, морозные повреждения 3-4 балла, почка распустилась.

Величины притока суммарной солнечной радиации и количество ясных дней ранней весной в северо-западном климатическом регионе в годы с зимними СО мало чем отличаются от обычных зим. Так, в зимы 1939/40, 1955/56 и 1978/79 гг. эти показатели были соответственно равны за март по суммарной солнечной радиации 375, 387 и 363 при многолетней величине 381 МДж/м<sup>2</sup>; без солнца в указанные зимы было 9, 7 и 10 при многолетнем показателе 8 дней.

Таким образом, в северо-западном климатическом регионе зимние СО на взрослых частях кроны плодовых деревьев образуются в годы, когда в начале зимы минимальные температуры опускаются до величин порядка около  $-33-35^{\circ}\text{C}$ . Полученные морозные повреждения за счет именно многократности оттаивания и замерзания, что всегда бывает в конце зимнего и в начале весеннего периодов, усиливаются, что приводит к тепловым зимним СО. Причем они образуются на взрослых частях кроны изнутри, от повреждения древесины, точнее от слоя поздней древесины (заболони), часто недостаточно вызревшей.

Рассмотрим, как образуются зимние СО на взрослых частях крон деревьев в других климатических регионах плодового хозяйства.

### Среднее Поволжье

Результаты исследований на Самарской опытной станции садоводства с применением аппаратуры АФИ для изучения температуры плодовых деревьев в период образования зимних СО в Среднем Поволжье, о чем говорилось в разделе "Методика исследований", опубликованы в совместной статье (К.К. Некрасова, И.Н. Котович, 1980). Измерения температуры тканей деревьев яблони проводились в течение двух зим: 1976/77 и 1977/78 гг. В первую из них тепловые и световые СО возникли, во вторую - нет. В данном разделе остановимся лишь на тепловых СО, а световые рассмотрим позже.

В предшествующих комплексных исследованиях, в лабораторных и полевых опытах (последние проводились в северо-западной зоне плодового хозяйства) было установлено следующее. В случаях, когда возникают морозные повреждения, они, как правило, образуются в начале и середине зимы в связи с сильными морозами у не закончивших рост плодовых деревьев. Частично поврежденные взрослые штамбы и скелетные ветви становятся очень чувствительными к воздействию погодных условий в конце зимы и начале весны. А условия эти такие - интенсивное нагревание суммарной солнечной радиацией в сочетании с ночными морозами, не обязательно сильными. В результате на деревьях даже районированных сортов плодовых возникают зимние тепловые СО.

Выяснилось, что Среднее Поволжье не стало исключением из указанных выше условий образования зимних СО у взрослых плодовых деревьев. Так, интенсивное снижение температуры воздуха в середине зимы 7-8 февраля 1977 г. до  $-31.6^{\circ}\text{C}$  (на поверхности снега - до  $-38^{\circ}\text{C}$ ) привело к повреждению прошлогодней древесины (заболони) на штамбах взрослых деревьев яблони сортов Спартак и Жигулевское. Кроме того, как такового у этих сортов осеннего листопада не было. Листья были повреждены ранними морозами в октябре и засохли на деревьях, не опадая. Растения не были подготовлены к зиме, поэтому повредились даже под влиянием указанных выше относительно небольших морозов для Среднего Поволжья. По многолетним данным минимальная температура воздуха в Самаре значительно ниже и в январе составляет  $-43$ , по поверхности снегового покрова  $-48^{\circ}\text{C}$ . В дальнейшем в ясную погоду под влиянием многократного оттаивания и замерзания, даже при небольших ночных морозах и медленном замерзании, повреждение переходит на ткани флоэмы, и к концу марта образуются типичные зимние тепловые СО. Они становятся заметны в марте после прекращения морозной погоды. В табл. 7 приведена частота оттаивания тканей под влиянием солнечного нагревания на разных сторонах штамбов и в зависимости от их толщины.

Таблица 7

**Количество нагреваний солнечными лучами до оттаивания (температура на поверхности коры  $0^{\circ}\text{C}$ ) штамбов деревьев яблони в пригородах г. Самары с 25.12.1976 по 10.03.1977 гг. по данным непосредственных измерений (К.К. Некрасова, И.Н. Котович, 1980)**

Диаметр штамбов, примерный возраст деревьев	Стороны света у штамбов			
	юг	юго-запад	юго-восток	Север
20 см, 18-22 года	25	19	15	3
10 см, 9-11 лет	7	6	5	2
3 см, 3-4 года	5	3	3	2

По многолетним метеорологическим данным средний минимум температуры воздуха в Самаре составляет для февраля -28, абсолютный минимум -37; для марта эти показатели температуры соответственно равны -21 и -29°C.

Таким образом, в Среднем Поволжье очень часто создаются метеорологические условия для образования зимних тепловых СО на штамбах и скелетных частях крон взрослых плодовых деревьев. К этому региону мы еще раз вернемся в связи с зимними световыми СО на саженцах и молодых деревьях.

### Юго-западные и южные регионы

Дважды в более южных районах я видел массовые повреждения взрослых плодовых деревьев зимними СО. Первый раз это произошло в подростковом возрасте после суровой зимы 1939/40 гг. в старом саду нашего родового имения "Чабаевка", о чем говорилось выше. Второй раз - в 1973 г., во время командировки в Украинский НИИ садоводства для ознакомления с применением разработанной по моим техническим требованиям краски ВС-511 для защиты плодовых деревьев от СО. Я был приглашен посетить в Винницкой области хозяйство, сад которого год тому назад пострадал от зимних СО.

В Брестской области, ближайшей к "Чабаевке", метеорологическая и актинометрическая станция была в г. Пинске, расположенном всего лишь на расстоянии 45 км. В середине января 1940 г. минимальная температура ночью опускалась до -37... -38; днем за счет интенсивной инсоляции температура воздуха повышалась до -15...-17°C. Эти показатели метеоданных использовались для расчета солнечного нагревания южной стороны штамбов яблони диаметром 10 и 15 см и составили соответственно днем +7 и +12°C.

В табл. 8 приведена расчетная температура поверхности штамбов взрослых деревьев яблони диаметром 10 и 20 см, которые в наибольшей степени повредились зимними СО в 1971/72 гг. в садоводческом хозяйстве Винницкой области, расположенном на широте 49.5°. Необходимые для расчетов данные (дневная и минимальная температура воздуха, скорость ветра, облачность) взяты на метеостанции г. Винница, актинометрические данные (приток суммарной солнечной радиации, альbedo поверхности снега) - на метеостанции г. Борисполь.

Данные таблицы показывают, что в южных районах при наступлении сильных морозов до -25.. -28°C в середине зимы (13-14.01.72 г.) происходило тут же в дневные часы солнечное нагревание тканей на южной стороне деревьев до оттаивания и создавались благоприятные условия для возникновения зимних тепловых СО на крупных частях плодовых деревьев. Выше нами отмечено, что в северных регионах сильные ночные морозы середины зимы не сопровождались дневными оттаиваниями тканей; последнее происходило в начале весны.

В Винницкой области пострадали от зимних СО менее морозостойкие сорта яблони: Пармен Зимний Золотой, Ренет Симиренко, Джонатан. В зиму 1971/72 гг. повредились не только штамбы взрослых плодовых деревьев зимними тепловыми СО, но и в развилках скелетных ветвей. Эти повреждения являются спутниками, что видно из рис. 13: внизу штамба возник зимний тепловой СО; сверху - повреждение тканей в развилках.



**Расчетная температуры поверхности штамбов в 13 ч местного времени (юго-юго-западная и северо-северо-восточная стороны) в период образования зимних СО на взрослых деревьях яблони в садоводческом хозяйстве Винницкой области, 1972 г.**

Дата	Альбедо снега*	Суммарная солнечная радиация**, Вт/м <sup>2</sup>	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха в 13 ч, °С	Температура штамбов диаметром, °С		Минимальная температура воздуха ночью, °С
					20 см, ю/с	10 см, ю/с	
12.01	0.65	828	5.0	-6.5	8.6/-3.5	6.7/-4.2	-14.1
13.01	0.59	826	1.9	-21.0	8.1/-14.7	2.0/-16.7	-24.7
14.01	0.63	836	1.0	-20.0	17.2/-12.0	9.3/-14.1	-27.9
15.01	0.55	832	1.3	-17.6	15.0/-10.5	8.5/-12.7	-26.5
16.01	0.59	842	1.0	-18.2	16.5/-10.8	9.5/-12.5	-25.9
17.01	0.58	846	1.3	-18.6	13.5/-12.0	6.5/-12.5	-27.1
18.01	0.57	850	2.5	-15.2	9.1/-10.2	4.5/-11.7	-23.4
19.01	0.56	854	2.5	-12.0	12.3/-6.5	8.2/-8.2	-21.2
24.01	0.52	874	1.3	-13.0	16.5/-7.0	11.0/-8.7	-21.8
25.01	0.52	879	1.0	-12.8	21.0/-5.2	15.0/-8.0	-23.8
26.01	0.52	884	1.9	-14.1	14.2/-8.2	9.0/-10.1	-24.2
27.01	0.50	885	3.1	-15.0	8.1/-5.4	4.1/-11.5	-22.9
01.02	0.41	908	1.9	-13.2	14.6/-8.0	10.0/-8.7	-22.4
03.02	0.41	911	3.1	-10.4	10.9/-6.2	7.6/-7.5	-21.6

\* На территории сада альбедо снега уменьшено на 10 %.

\*\* Приведена суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность.

На рис. 14 приведен срез северной стороны крупной скелетной ветви, показывающий, что ткани древесины на этой стороне в зиму 1971/72 гг. также получили морозные повреждения. На южной стороне этой ветви за счет многократного оттаивания и замерзания повреждения тканей усилились, что привело к образованию тепловых зимних СО.

Видно также, что за счет образования светлых тканей молодой древесины (на снимке - это наиболее светлые ткани вблизи коричневой поврежденной древесины) на северной половине скелетной ветви повреждения зарастают, но темные ткани остаются в глубине. Если препарировать ожоговую рану, то в тканях с северной стороны будет найдено потемневшее годовичное кольцо древесины, соответствующее году образования зимнего теплового СО. По нашему мнению, в 1971/72 гг. низкая ночная температура порядка -27...-28°С привела к сильным повреждениям древесины именно у неморозостойких сортов яблони на Украине. Зимние тепловые СО возникли с южной стороны на взрослых частях деревьев как результат усиления морозных повреждений под влиянием многократных оттаиваний и замерзаний. Действительно, у морозостойкого сорта Антоновка обыкновенная не было морозных повреждений тканей в эту зиму, как и не было зимних тепловых СО.

Обратимся еще к более южным климатическим регионам, по которым в литературе указаны

конкретные даты и по метеорологическим условиям можно воспроизвести температурный режим при образовании зимних тепловых СО на взрослых частях крон плодовых деревьев. В частности, они содержатся в описании А. А. Рыбакова морозных повреждений плодовых деревьев, возникших в начале зимы 1954 г. в Ташкентском оазисе Узбекистана (Плодоводство Узбекистана. Ташкент, 1956). Хотя автором термин СО не использовался, фраза "южная часть деревьев повреждена морозами сильнее северной" говорит о том, что фактически это были зимние СО. После заноса холодного северного воздуха и выпадения снега в ночь с 26 на 27 ноября 1954 г. прояснилось и морозы в Ташкентской области достигли  $-28^{\circ}\text{C}$  и длились с несколько меньшей силой до 8 декабря. По многолетним данным среднесуточная амплитуда температуры воздуха в ясные дни в конце ноября в Ташкенте составляет  $13^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, температура воздуха днем в морозные дни была около  $-15^{\circ}\text{C}$ . Эта температура и была положена в основу наших расчетов степени солнечного нагревания плодовых деревьев днем. Так, в конце ноября в 13 ч местного времени температура штамбов на юго-юго-западной стороне в ясные дни должна была составить:

диаметр штамбов, см	20	10
их температура, $^{\circ}\text{C}$	24	13

Примерно такие дневные нагревы тканей деревьев с южной стороны в сочетании с сильными ночными морозами наблюдались в течение 12 дней. А. А. Рыбаков далее пишет, что в ранний весенний период кора на штамбах и скелетных ветвях взрослых с южной стороны неморозостойких плодовых пород (яблоня Ренет Симиренко, слива Венгерка Ажанская, груша Вильямс, все сорта персика и черешни) начала давать трещины, вспучиваться и отставать от древесины. Это типичное описание зимних тепловых СО на взрослых частях деревьев. Оно укладывается в наше объяснение механизма возникновения этих повреждений: вначале сильный мороз, который вызывает начальные повреждения тканей древесины, а затем под влиянием многократного дневного оттаивания и ночного замерзания после захода солнца морозные повреждения на южной стороне усиливаются вплоть до полной гибели тканей камбия и флоэмы, т. е. до образования зимних тепловых СО. На северной стороне эти повреждения остаются слабыми, так как они не усиливаются солнечным дневным нагревом и последующим вечерним замерзанием. За многолетние исследования я не обнаружил ни одного случая при вскрытии зимних СО на взрослых частях кроны, чтобы на южной стороне ткани погибли, а на северной стороне были бы абсолютно здоровы; имеются в виду повреждения в годичном кольце древесины в год, когда возник зимний СО.

А. Сарасола (А. Sarasola, 1959) в Аргентине на той же широте, что Рыбаков в Ташкенте, только вместо северной широты был  $41^{\circ}$  южной широты, обнаружил, что на северной стороне штамбов плодовых деревьев и на стволах некоторых лесных пород (клен и граб) после суровых зим морозные повреждения всегда сильнее, чем на южной. Аргентина находится в южном полушарии, поэтому солнце располагается на северной половине небесной сферы. А. Сарасола эти повреждения на солнечной стороне не называет зимними СО, но по существу они таковыми являются.

Надо заметить, что в литературе констатировался факт, что зимние тепловые СО возникали в годы, когда наблюдались сильные зимние морозы, которые вызывали повреждения плодовых деревьев. Более того, Селби (А. Selby, 1908) высказал предположение, что низкая температура в середине зимы 1906/07 гг. была причиной образования зимних СО, правда, без ответа на вопрос, почему? А. Микс тоже обнаружил, что именно в суровую зиму 1910/11 гг. возникли новые зимние СО на штамбах яблони, но почему это случилось, Микс не дал ответа.

После работы Микса, учитывая, что его научным руководителем был У. Чендлер, популярный физиолог по плодовым культурам, широко распространилось мнение, что зимние СО обусловлены гибелью тканей на юго-западной стороне плодовых деревьев в результате одноразового быстрого замерзания. Причем это мнение господствует и сейчас, несмотря на то, что быстрое замерзание после дневного оттаивания на юго-западной стороне штамба яблони диаметром 10 см со скоростью  $14.1^{\circ}\text{C}/\text{ч}$  в момент захода солнца, обнаруженное Миксом, было явной ошибкой измерений.

Наши исследования показали, что зимние СО не обусловлены сверхвысокой скоростью замерзания тканей, а наблюдаются при обычной скорости замерзания, типичной для периодов поздней зимы и ранней весны; важна многократность оттаивания - замерзания. Необходимо

отметить, что А. Микс (1916), ссылаясь на работу Винклера (A. Winkler, 1913) о вреде для древесных растений большого числа замерзаний и оттаиваний в зимний период, предположил, что многократность этих процессов способствует образованию зимних СО, но конкретно эту гипотезу он не проверил.

Таким образом, зимние тепловые СО возникают в том случае, если ткани на взрослых массивных частях кроны оказываются частично поврежденными морозами начала и середины зимы. Ткани камбия, соприкасающиеся с сильно поврежденным морозом слоем материнских клеток древесины (П. Крамер и Т. Козловский, 1983), также теряют устойчивость к повторным замерзаниям за счет диффузии вредных веществ типа полифенолов (О.А. Красавцев, 1972). Далее повреждение распространяется на материнский слой клеток флоэмы и ее саму. Таково развитие зимних СО на взрослых массивных частях кроны плодовых деревьев, покрытых светонепроницаемыми тканями коры.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗИМНИХ СО НА САЖЕНЦАХ И МОЛОДЫХ ДЕРЕВЦАХ**

Как приведенные выше результаты натуральных измерений влияния солнечной радиации на температуру плодовых деревьев, так и расчеты по нашей компьютерной программе с использованием многолетних метеорологических данных, например, на начало весны 1 марта (см. табл. 4), согласно показывают: в ясные дни на Северо-Западе, в Среднем Поволжье и на Дальнем Востоке, чем моложе и тоньше часть дерева, тем она меньше нагревается солнцем относительно температуры окружающего воздуха. Отсюда являются ошибочными объяснения образования зимних СО у саженцев и молодых деревьев в районе Владивостока под влиянием солнечного нагревания, приводящего к одностороннему их оттаиванию и к выходу тканей из состояния покоя и морозному повреждению их ночью (И.М. Васильев, 1950; В. А. Тырина, 1952, 1954), или в результате механических разрывов покровных тканей под влиянием многократного оттаивания - замерзания (Тыртычная, Фатьянов, 1974). Последняя работа очень обстоятельная, но в качестве повреждающего фактора авторы взяли механический разрыв покровных тканей, являющийся вторичным повреждением.

В условиях Владивостока, где проводились исследования указанных выше авторов, несмотря на обилие солнца в зимний период, но из-за сильного ветра нагрев плодовых деревьев существенно снижается. Так, по нашим расчетам саженцы и молодые деревья до 3-летнего возраста в зимние месяцы под влиянием солнца не нагреваются до положительных температур, т. е. ткани их вообще не оттаивают. В связи с сильным ветром, днем достигающим 8-9 м/с, температура тканей на солнечной стороне вертикального штамбика яблони диаметром 1 см была отрицательной и составила: в декабре -7.0, в январе -10.0 и в феврале -5.8°C.

Несмотря на отсутствие оттаивания тканей на молодых частях деревьев на Дальнем Востоке СО все равно возникают. Для их объяснения необходимо искать другие причины. В связи с этой дилеммой следует напомнить высказывание У.Чендлера о том, что солнечные лучи могут химически отрицательно воздействовать на ткани замерзших растений. В первом издании своей книги "Плодоводство", вышедшей в 1918 г. (на русский язык переведена в 1935 г.), он, после указанного выше предположения, сделал оговорку, что данных о химическом вреде солнечного света на замерзшие растения нет. Однако эту мысль У.Чендлер не отбросил и во втором издании "Плодоводства" (русский перевод сделан в 1957 г.) пророчески написал: "Нет данных, говорящих за вредное действие прямого солнечного света на замерзшую ткань растений, хотя и не доказано, что оно не может быть". Сейчас это повреждение объясняется фотохимическими реакциями при низкой температуре и связано с нахождением в тканях фотоактивного вещества - хлорофилла (Рабинович, 1951).

В наших исследованиях по механизму образования зимних СО в число неблагоприятных факторов, способствующих этим повреждениям, давно включено и "специфическое действие суммарной солнечной радиации, в особенности ее видимой и ультрафиолетовой части спектра" (И. Н. Котович "О механизме возникновения зимних солнечных ожогов на деревьях яблони": Сб. трудов по агрономической физике, вып. 9, 1962).

Вскоре появились в печати работы сотрудника Петербургского Ботанического сада И.М. Кислюк (1964), в которых показано, что на свету охлаждение теплолюбивых растений до

температуры 2°C приводит к фотоокислительному повреждению хлорофиллсодержащих клеток листьев; такое же по интенсивности и продолжительности охлаждение в темноте отрицательно не сказалось на листьях этой культуры. На эту же тему и с тем же результатом, но значительно позже, была опубликована работа П.Р. Хассельт (Hasselt, 1972), выполненная в Голландии. Эти публикации ускорили мои исследования по световым зимним СО на молодых растениях плодовых культур.

В конечном счете мне удалось экспериментально доказать, что фактором, вызывающим зимние СО у саженцев и молодых деревьев плодовых культур, является фотоокисление (гибель) хлорофиллсодержащих тканей живой части коры (тканей феллодермы и частично паренхимы) в холодное время года при низкой температуре, включая отрицательную, под влиянием длительного облучения солнечным светом, усиленным отражением от снеговой поверхности (Котович, 1974).

Рассмотрим анатомическое строение коры молодых частей плодовых деревьев. В общем виде она состоит из наружных неживых пробковых тканей и внутренних живых тканей флоэмы, прилегающих к камбиальному слою. Плодовое дерево начинается с роста прививки. За первый вегетационный период вырастает однолетний саженец - с него и начнем знакомство с анатомическим строением коры.

Первичная покровная ткань на однолетнем саженце, называемая кожицей или эпидермой, образуется из наружного слоя клеток конуса нарастания начального побега. Однако она функционирует только несколько летних месяцев и со второй половины вегетации заменяется многослойной вторичной пробковой тканью - феллемой.

На [рис. 15](#) показана перидерма - покровный комплекс коры на однолетних саженцах яблони в осенний период. На наружной поверхности располагается феллема светлого желто-коричневого цвета (1); далее идет феллоген, или пробковый камбий - ряд бесцветных клеток (2); феллоген откладывает наружу клетки пробковой ткани - быстро мертвеющие, а внутрь - живые клетки феллодермы, в которых образуется хлорофилл (3); далее идут также живые клетки основной паренхимы флоэмы (коры) (4).

Зимние СО на кронах молодых плодовых деревьев начинаются с повреждения (побурения) живой ткани феллодермы, содержащей хлорофилл. При их усилении повреждения от феллодермы переходят снаружи на феллоген (пробковый камбий), а внутрь - на основную паренхиму луба, материнские клетки флоэмы, истинный камбий, материнские клетки ксилемы и позднюю, часто невызревшую древесину - заболонь.

Таким образом, в отличие от зимних тепловых СО на взрослых частях крон, которые начинаются изнутри, с повреждения поздней древесины - заболони, зимние СО на саженцах и молодых кронах, наоборот, начинаются с поверхностных хлорофиллсодержащих тканей феллодермы и заканчиваются также в заболони. Ожоги на саженцах и молодых плодовых деревьях можно охарактеризовать как световые зимние СО, а на взрослых - как указано выше, они являются тепловыми зимними СО. Так мы в дальнейшем изложении будем их часто называть

Последствия для саженцев и штамбов молодых плодовых деревьев от повреждений зимними световыми СО зависят от степени их выраженности. Если погибла только феллодерма, то через 2-3 года на этой части кроны появится характерное "шелушение", отслаивание поверхностных слоев покровной пробковой ткани ([рис. 16](#)). Вскоре под пробковым покровом восстанавливается зеленая ткань феллодермы.

Сильные же световые СО способствуют очаговой или полосной гибели от окисления всех живых тканей флоэмы (феллодермы, паренхимы, луба), клеток камбия и приводят к оголению древесины. В результате под их действием на молодых тонких частях кроны образуются открытые долго незаживающие раны, в конце концов приводящие к гибели деревьев. Такие СО случились у 3-летних деревьев сладкой вишни (неизвестный сорт из Брестской области Беларуси). В зиму 1968/ 69 гг. (МОС АФИ) на штамбах и скелетных ветвях этих вишен образовались световые зимние СО. Они специально не лечились, с каждым годом усиливались и через 5 лет под их влиянием деревья погибли в возрасте 8 лет.

На [рис. 17](#), где приведены поперечные срезы скелетных частей кроны вишни, видно, как развивались эти ожоги. У скелетной ветви слева, которая не затенялась кроной с юго-востока, ожоговая рана также возникла с юго-востока, была наиболее сильной и стала главной причиной гибели дерева. У центрального проводника с южной стороны световые зимние СО были слабее, к

моменту срезки начали зарастать, с поверхности образовалась общая флоэма, закрывшая разрыв в сплошном годичном кольце древесины, тем не менее на южной стороне проводника ширина годичных древесных слоев была значительно меньше, чем на северной. У скелетной ветви с юго-западной стороны как таковые зимние световые СО не образовывались, хотя на этой стороне годичные слои древесины развивались слабее, чем с северо-восточной.

Так что сильные зимние световые СО через некоторое время по внешнему виду становятся очень похожими на зимние тепловые СО на крупных частях крон взрослых деревьев, хотя вызываются разными причинами. Различие, однако, состоит в том, что вновь появившиеся открытые раны на юго-западной стороне штамбов взрослых деревьев диаметром 7-10 см являются типичными тепловыми зимними СО. Старые раны на таких же по диаметру и возрасту штамбах взрослых деревьев, но с юго-восточной стороны, являются световыми зимними СО, возникшими, когда эти части дерева были покрыты прозрачными для света покровными тканями.

Известно, что активность фотохимического окисления зависит от спектрального состава, интенсивности поступающей лучистой энергии и наличия кислорода. Чем короче длина волн и выше их интенсивность, тем агрессивнее они ведут себя при окислении. Однако без доступа кислорода фотоокисление не идет. Нами было установлено, что в пробирках с дистиллированной водой на свету фотоокисление хлорофиллсодержащих тканей однолетних побегов плодовых культур не происходит.

В суммарном солнечном излучении наибольшим фотоокислительным действием обладают ультрафиолетовые лучи (длина волн 295-380 нм). К счастью, эта область излучения поглощается покровными пробковыми тканями даже самых молодых побегов и не участвует в фотоокислении нижерасположенных живых тканей коры. Далее следует фиолетово-синий свет (длина волн 380-510 нм), обладающий высокой фотоокислительной способностью. В длинноволновой области видимого солнечного излучения зеленый свет является нейтральным (510-550 нм), а желто-красный свет (550-760 нм) фотоокислительной способностью не обладает.

Рассмотрим, какова же проницаемость для солнечного излучения защитных пробковых покровов на поверхности коры у различных по возрасту частей плодовых деревьев.

### **Спектральная проницаемость покровных тканей у различных по возрасту частей крон плодовых деревьев**

Проницаемость покровных тканей плодовых культур к УФ-излучению нами измерена совместно с Т.М. Радомысльской (Котович, Радомысльская, 1976) на специальной установке, позволившей отказаться от интегрирующей сферы и использовать небольшие по площади образцы - 1 см<sup>2</sup>. Применялся УФ с длинами волн 293-381 нм.

Измерение проводилось на покровных пробковых тканях, снятых с южной стороны молодых частей кроны яблони, под которыми возникают световые зимние СО. Перед измерениями они тщательно очищались от клеток феллодермы. Результаты измерений их проницаемости для сортов яблони, отличающихся по устойчивости к световым зимним СО, приведены в табл. 9.

*Таблица 9*

#### **Пропускание УФ-излучения (%) покровными тканями коры молодых частей кроны некоторых сортов яблони (Котович, Радомысльская, 1976)**

Сорт	Возраст кроны, лет	Длина волны, нм			
		361	370	376	381
Папировка	1	0.01	0.07	0.17	0.30
	3	0.01	0.05	0.10	0.19
	5	0.00	0.04	0.09	0.15
Грушовка Московская	1	0.01	0.11	0.26	0.48
	2	0.01	0.06	0.14	0.24
	3	0.00	0.04	0.11	0.21

Интересно отметить, что покровные пробковые ткани коры даже на однолетних побегах не пропускают к живым тканям УФ-излучение с длиной волны короче 361 нм, наиболее агрессивное в фотоокислении. Ощутимых величин пропускание достигает на границе с видимым излучением (381 нм) и составляет у однолетних саженцев исследуемых сортов 0.3-0.5, у 3-5-летних ветвей - только 0.15-0.21 %. Казалось бы, у более устойчивого сорта яблони к поверхностным зимним СО, например Грушовки Московской, проницаемость покровных тканей к короткому УФ должна быть ниже, чем у неустойчивого к этим ожогам сорта Папировка. Однако фактические измерения не подтвердили это предположение. Следовательно, не величина проницаемости покровных тканей к УФ-излучению является основным признаком устойчивости того или иного сорта к зимним световым СО. Решающее значение имеют другие факторы, которые будут обсуждаться в дальнейшем по мере изложения экспериментальных материалов.

Если двигаться по спектру в сторону более длинных волн, в видимую область, проницаемость покровных тканей коры существенно возрастает. Соответствующие измерения проведены на автоматическом спектрофотометре СФ-10 с интегрирующей сферой (И.Н. Котович, В.В. Баскин, 1975).

Проницаемость к видимому излучению покровных пробковых тканей плодовых деревьев носит четко выраженный спектральный характер. Для всех сортов и различных по возрасту частей кроны она ниже в фиолетово-синей (380-510 нм), чем в зелено-красной (510-760 нм) области спектра. Интегральная проницаемость покровных пробковых тканей на южной стороне разновозрастных частей кроны исследуемых сортов яблони следующая (% от поступающего излучения):

	фиолетово-синий, длина волны 380-510 нм	зелено-красный, длина волны 510-760 нм	толщина пробковой ткани, мм
однолетние саженцы и побеги	19	65	0.05
5-летние штамбы	7	41	0.08
10-летние штамбы	3	35	0.19

### **Погодные условия в период образования зимних световых СО на однолетних саженцах яблони в некоторых географических районах**

Сравним общую и спектральную интенсивность суммарной солнечной радиации, температуру воздуха и другие климатические показатели в двух географических районах: в пригороде Петербурга, 60° с. ш., плодпитомник "Щеглово", и в пригороде Хабаровска, 48.5° с. ш., плодпитомник им. Лукашева, в зимы, когда на однолетних саженцах яблонь образовались световые зимние СО. В плодпитомнике "Щеглово" это зима 1962/ 63 гг.; в плодпитомнике им. Лукашева - зима 1972/73 гг., в которую я проводил наблюдения за СО в Хабаровском крае.

В то время я часто бывал в командировках в различных климатических регионах СССР для авторского надзора за применением разработанной по моим техническим требованиям водоземulsionной краски ВС-511 для защиты плодовых от СО (Инструкция по применению. М., 1974 г.). Световые зимние СО были обнаружены в первом случае 10 марта 1963 г., во втором - 30 января 1973 г. Сорта яблони районированы, в Северо-Западном регионе - Папировка и Мельба; в Хабаровском крае - Китайская Восточная и Амурское урожайное. В табл. 10 приведены погодные условия и температура саженцев, рассчитанная по нашей компьютерной программе в ясные дни за 50 суток в период образования зимних световых СО.

В питомнике "Щеглово" световые зимние СО на однолетних саженцах (сорта Мельба, Папировка) были отмечены в первой декаде марта 1963 г. Внешне они выглядели так: вблизи снега на фоне покраснения коры примерно на 1/2 окружности однолеток были очаги и полосы темно-коричневого цвета с ориентацией на юго-восток (22.5° от точки юга к востоку). Срезы

показали, что именно в них побурела (погибла) феллодерма и паренхима флоэмы, т. е. возникли световые зимние СО. Причем, листовые почки на однолетках сохранились. За 50 суток были лишь два дня, 1 и 2 марта 1963 г., когда при ясной погоде температура саженцев с солнечной стороны достигла положительной температуры 1.2 и 0.9°C (сорт Папировка).

Таблица 10

**Погодные условия в течение 50 суток, когда образовывались световые СО на однолетних саженцах яблони в различных географических районах**

Показатели погодных условий	Питомник "Щеглово", м/ст. Воейково, с 10.01 по 10.03.63 г.	Питомник им. Лукашева, м/ст. Хабаровск, с 01.12.72 по 30.01.73 гг.
Число суток с безоблачным небом днем	36	45
Спектральная интенсивность солнечной радиации, средняя в день, Вт/м <sup>2</sup> :		
ультрафиолетовая	14	17
фиолетово-синяя	123	172
зелено-красная	223	228
Солнечная суммарная радиация, включая инфракрасную, Вт/м <sup>2</sup>	880	980
Длина светового дня, ч	От 5 до 11	От 7 до 8
Температура воздуха днем, °С	От -2.9 до -23.3, средняя -13.1	От -7.8 до -23.5, средняя -15.6
Температура солнечной стороны саженцев днем, °С	От 1.2 до -15.3, средняя -8.0	От -4.7 до -20.3, средняя -12.5
Число суток с минимальной температурой на поверхности снега ночью	До 10сут -30 °С	До 21сут -35 °С

В питомнике им. Лукашева Хабаровского края, начиная с третьей декады ноября 1972 г. и до конца января 1973 г., по нашим расчетам температурного режима по компьютерной программе, ткани саженцев с солнечной стороны не оттаивали. Во время срезки проб в поле на однолетках не было обнаружено каких-либо повреждений. Тем не менее после выдержки проб в течение двух суток в комнатных условиях в полиэтиленовых пакетах световые СО проявились в виде темной узкой полосы (1/3 окружности однолеток) отмершей феллодермы с ориентацией на юго-восток, отклонение от точки юга на 45°. Листовые почки сохранились.

Таблица погодных условий во время образования световых СО наглядно показывает: этот вид зимнего ожога развивается, когда к тканям феллодермы, в основном в замерзшем состоянии или находившимся при низкой положительной температуре, поступает интенсивный солнечный свет. Поглощение света предметами не зависит от их температуры и происходит одинаково как при положительных, так и при отрицательных ее значениях. Можно полагать, что за счет поглощения интенсивного солнечного света саженцами при отрицательной или низкой положительной температуре их тканей, что в погодных условиях Хабаровска наблюдается практически ежегодно, в окрестностях Петербурга - через 5-7 и более лет, происходит окисление хлорофиллсодержащих тканей феллодермы и их гибель.

Приведенные выше данные полевых наблюдений показывают, что повреждающим фактором при образовании световых зимних СО выступает солнечный свет.

## Моделирование зимних световых СО в природных условиях на молодых частях плодовых деревьев

Очень наглядно образование СО видно на груше, погибшие ткани у этой породы приобретают практически черный цвет. На снимке (рис. 18) показаны ее 3-летние ветви со снятыми покровными пробковыми тканями, которые экспонировались в вертикальном положении в зимние периоды в саду МОС АФИ.

Ветвь слева - после снятия пробковой ткани плотно закрывалась черной непрозрачной полиэтиленовой пленкой с вырезанными на ней буквами, составляющими слово "свет". Солнечные лучи проникали к паренхиме флоэмы только через прорези с указанными буквами и вызывали под ними фотоокисление тканей. После снятия обвязочной пленки на светлом поле неповрежденной флоэмы отпечаталось слово "свет" с темными погибшими клетками паренхимы флоэмы.

Ветвь справа - после снятия пробковой ткани, наоборот, закрывалась прозрачной полиэтиленовой пленкой, к которой приклеивались вырезанные из черной бумаги буквы, составляющие слово "тьнь". На всю освобожденную от покровной пробковой ткани ветвь свет свободно проникал и вызывал ее почернение в результате фотоокисления, за исключением накладных букв слова "тьнь", под которыми паренхима коры не повреждалась и была светлой, здоровой.

Полученный по указанной методике световой зимний СО воспроизведен также на побеге груши, но вместо русского слова "тьнь", использовался английский синоним "dark" (рис. 19).

Резкие переходы от здоровых к погибшим тканям говорят о том, что в этих случаях повреждающим фактором выступает свет. При тепловых повреждениях границы между здоровыми и поврежденными тканями размыты, переход постепенный. При фотоповреждении накладные буквы отпечатываются с резкими очертаниями между здоровыми и погибшими тканями.

Снятие пробковых покровов с ветвей яблони в период устойчивой положительной температуры в апреле, когда возобновляется их жизнедеятельность (выше +7 °С), и защита их от высыхания прозрачной полиэтиленовой пленкой не только не вызвали гибели тканей, а наоборот, способствовали образованию антоцианов - защитных веществ красного цвета, а смешение красного и зеленого хлорофилла придает ткани фиолетовую окраску, что видно на рис. 20.

После того, как было установлено, что зимние световые СО вызываются видимым излучением, надо было сделать второй шаг - определить, какие именно лучи солнечного спектра ответственны за образование данных повреждений. Для этого использовались фильтры из цветных полиэтиленовых пленок, которыми оборачивались саженцы и молодые части крон плодовых деревьев.

С помощью цветных полиэтиленовых пленок видимая область солнечного излучения, поступающего к побегам, была разделена на две области: более коротковолновую фиолетово-синюю и более длинноволновую - зелено-красную. Использовались два вида цветной пленки: синяя пленка, которая преимущественно пропускала фиолетовые, синие и голубые лучи; оранжевая - преимущественно пропускала зеленые, желтые, оранжевые и красные лучи (рис. 21).

Опыты проводились на МОС АФИ. При обвязке в середине июля междоузлий молодых побегов яблони указанными выше цветными пленками были получены следующие результаты: к ноябрю под синей пленкой в феллодерме побегов антоцианы образовались в такой же степени, как и в контрольном варианте, без обвязки; под обвязкой оранжевой пленкой антоцианы не возникли вовсе (рис. 22).

Зная, что лишённые антоцианов побеги яблони становятся чувствительными к световому поражению при низкой температуре, в начале ноября, после снятия обвязки из оранжевой пленки, на коре побегов черной нитрокраской надписывалось слово "тьнь". В таком виде побеги уходили в зиму. Отметим, что за счет быстрого испарения ацетона нитрокраска не повреждает растительные ткани.

Наблюдения за состоянием побегов не выявили светового повреждения коры в течение ноября, декабря и января. Надо отметить, что на 60-й параллели высота солнца в зимний период



низкая, много пасмурных дней и лишь с середины февраля освещенность значительно увеличивается. Именно в это время зеленая окраска феллодермы между буквами из черной нитрокраски стала постепенно буреть и к середине марта полностью погибла. В это же время черная нитрокраска на побегах была смыта, и предстала картина: с южной стороны побегов под буквами феллодерма была зеленой, здоровой; остальная ткань между зелеными буквами приобрела бурую безжизненную окраску.

В течение лета в зеленой ткани феллодермы под прежними буквами от черной нитрокраски стали появляться антоцианы, и в конце лета она приобрела окраску, аналогичную со здоровой корой. Ткани между прежними буквами вначале приобрели черную окраску, которая затем посветлела и зашелушилась, что иллюстрирует [рис. 23](#).

### **Воспроизведение зимних световых СО на молодых частях крон плодовых деревьев в лабораторных условиях**

Ниже в сравнении с видимой областью солнечного излучения дана спектральная характеристика электрических источников света ртутно-дуговой лампы с люминесцирующим покрытием (ДРЛ), применяемых нами в модельных лабораторных опытах:

	видимые области спектра, %	
	фиолетово-синяя	зелено-красная
прямая солнечная радиация (по С. И. Сивкову, 1968)	45	55
лампа ДРЛ-1000, сложный фильтр: оргстекло 2 + 2 = 4 мм, вода 20 мм	43	57

Представленные данные показывают, что по спектральной характеристике к солнечному свету более всего приближается лампа ДРЛ со сложным фильтром. Кроме спектрального состава, для моделирования зимних СО на молодых частях кроны деревьев важное значение имеет также интенсивность света. В лабораторных условиях мы могли создавать его интенсивность до 1500 Вт/м<sup>2</sup>.

Наконец, во время светового облучения отрезки однолетних побегов или саженцев должны находиться при разной температуре, в том числе и отрицательной. Поэтому все исследования по моделированию световых ожогов проводились в термостатированных камерах, включая морозильные.

В зимний период во время образования световых зимних СО на молодых частях кроны плодовых деревьев в ясную погоду днем температура тканей у них на солнечной стороне может быть отрицательной (-2.. -7), положительной низкой (+1.. +5) и достаточно высокой (+10...+15°C). Надо было исследовать влияние на образование зимних световых СО всех трех градаций температуры.

Необходимо было также иметь в виду, что у плодовых культур (яблоня, вишня, черешня и др.) выработалась своеобразная биологическая защита от световых зимних СО путем образования в феллодерме и паренхиме флоэмы антоцианов красной окраски. Биологическая защитная роль антоцианов в предохранении молодых частей крон плодовых деревьев от световых зимних СО нами обнаружена впервые (Котович, 1974).

Чтобы сократить длительность лабораторных опытов по моделированию зимних световых СО в зависимости от температуры применялись однолетние побеги плодовых культур без антоцианов, с зеленой феллодермой. Для этого во время роста однолетних саженцев периодически междуузлия закрывались оранжевой полиэтиленовой пленкой. За счет применения таким образом подготовленных побегов в исследованиях по влиянию температуры во время светового их облучения резко сократилась продолжительность опытов: с 240 ч, когда побеги были с антоцианами, до 48, когда они были зелеными, без антоцианов.

Получены следующие результаты при выдержке побегов с зеленой корой без антоцианов под лампами ДРЛ с интенсивностью светового потока 1000 Вт/м<sup>2</sup> при следующей их температуре:

+1.. +3 и -2.. -7 °C, сильные световые зимние СО образовались через 48 ч или в пересчете на

естественные условия - по 8 час света в течение 6 сут;

+12.. +15°C, в процессе проведения данного опыта периодические наблюдения за состоянием побегов показали, что после 12 час света вместо гибели тканей феллодермы в ней начали возникать антоцианы; к концу опыта через 48 ч они образовались на 1/3 окружности побегов, обращенных к свету; достаточно высокая положительная температура не только не вызвала световых СО, но и защитила от них побеги яблони посредством синтеза защитных веществ антоцианов.

Считается, что антоцианы в растительных клетках выполняют роль светофильтров. В то же время Р.В. Нагорная (1968), а в последнее время Т.С. Лебедева и К.М. Сытник (1975) показали, что помимо роли светофильтров, они усиливают окислительно-восстановительные процессы в растениях и тем самым повышают устойчивость их к неблагоприятным условиям среды. Действительно, образование антоцианов у растений происходит во время осенних и весенних похолоданий, когда ночные заморозки сочетаются с ясной дневной погодой; листья, побеги и другие органы приобретают красновато-фиолетовую окраску. По нашим наблюдениям антоцианы у однолетних побегов и саженцев яблони с солнечной стороны в северо-западных климатических районах возникают уже в середине июля и количество их постоянно увеличивается вплоть до устойчивых морозов в конце осени.

В естественных же условиях перед уходом на зиму феллодерма с южной стороны молодых частей кроны плодовых деревьев всегда содержит антоцианы, которые кардинально повышают устойчивость тканей к фотоокислению. Как же в этом случае возникают световые зимние СО? Почему это происходит, становится понятным после ознакомления с опытами, представленными в табл. 11.

Таблица 11

**Влияние предварительных морозных повреждений на возникновение световых СО в лабораторных условиях у однолетних побегов яблони сорта Папировка с антоциановой окраской**

Температура заморозки, °С	Морозные повреждения, баллы		Световые зимние СО повреждения феллодермы, % *
	Древесина	Феллодерма	
-20	0	0	0
-25	1	0	0
-30	2	1	10-15
-35	3	2	40-50
-40	4	3	70-80

\* Приведен % гибели тканей феллодермы по разработанному мною колориметрическому способу определения морозных повреждений плодовых деревьев (Научно-технический бюллетень по агрономической физике. Л., 1980. № 44. С. 48-50).

Из таблицы видно, что при наличии даже очень слабых морозных повреждений в феллодерме, содержащей хлорофилл (-30°C и повреждение в 10-15 %), под влиянием интенсивного света от ламп ДРЛ-1000 со сложным светофильтром, имитирующим природный свет в ранний весенний период, и с небольшой отрицательной температурой побегов со стороны освещения (-1...-3 °С) существенно увеличилось повреждение феллодермы и вызвало повреждения, аналогичные световым зимним СО в условиях питомника или молодого сада. По мере увеличения мороза при предварительном промораживании до -35 и -40°C повреждение феллодермы пропорционально возрастало и соответственно увеличивались световые СО.

Непосредственные измерения и расчеты по нашей компьютерной программе показали, что в садах пригородов Петербурга и в Ленинградской области, в Самарской области и Еврейском национальном округе на Дальнем Востоке температура однолетних саженцев и побегов в полдень на сильном солнечном освещении длительное время была небольшой отрицательной и положительной. **Это обстоятельство, а также то, что ткани имели повреждения от ночных морозов, явилось причиной образования световых зимних СО на молодых частях плодовых деревьев и саженцев в питомниках.**

Образование световых зимних СО в природных условиях на саженцах и молодых частях деревьев нами наблюдалось:

- в саду хозяйства "Лесное" в пригороде Петербурга в зиму 1962/63 гг. на 3-летних нижних ветвях яблони Осеннее полосатое при ночных морозах  $-30...-35^{\circ}\text{C}$  и в течение 49 ясных дней в феврале - марте (рис. 24);

- в экспериментальном саду МОС АФИ в зиму 1968/69 гг. Лен. области, когда морозы ночью достигали  $-35...-37^{\circ}\text{C}$ ; непрерывная запись на электронном потенциометре температуры тканей 1-2-летних саженцев яблони показала, что температура их тканей с юго-восточной стороны в ясные дни в феврале и в начале марта была отрицательной или низкой положительной ( $-5...+2^{\circ}\text{C}$ ) в течение 30 сут (рис. 25);

- во ВНИИ садоводства им. Мичурина в Тамбовской области в зиму 1971/72 гг., при испытании противоожоговой краски ВС-511 наблюдения доказали, что на однолетних саженцах яблони в питомнике зимние световые СО проявились 22 февраля 1972г.; до этого времени они под действием солнечных лучей не оттаивали, минимальная температура ночью до 22 февраля достигала  $-33^{\circ}\text{C}$  (И.Н. Котович, В.К. Кошелев, 1974);

- на Самарской опытной станции садоводства, здесь проводилась запись температуры разновозрастных штамбов деревьев яблонь с помощью электронных приборов АФИ; оказалось, что световые зимние СО образовались только на молодых штамбах диаметром 2.6 см при частичном морозном повреждении и были отмечены 26 февраля 1976 г.; до этого времени ткани у них в ясные дни не оттаивали, минимальная температура составила в эту зиму  $-32^{\circ}\text{C}$  (И.Н. Котович, К.К. Некрасова, 1980);

- в Хабаровском крае, здесь я обнаружил в конце января 1973 г. типичные световые зимние СО в плодовом питомнике им. Лукашева под Хабаровском и в молодом саду пчелохозяйства "Бирское"; уже в 1972 г. в конце октября морозы достигли  $-30^{\circ}\text{C}$  и вызвали начальные повреждения.

Надо отметить, что в связи с частой пасмурной и холодной погодой в вегетационный период на Дальнем Востоке образование защитных веществ - антоцианов - в коре молодых частей плодовых культур идет слабее, чем в Европейской части России. Это видно даже невооруженным глазом: под Петербургом и в средней полосе уходящие в зиму однолетние побеги плодовых культур имеют четко выраженную фиолетово-красную окраску; в Хабаровском крае - она практически зеленая. На Дальнем Востоке плодовые деревья явно не подготовлены к защите от интенсивной и длительной солнечной радиации в зимний период в сочетании с отрицательной температурой их тканей в дневное время.

Главный вывод из приведенных наших исследований состоит в том, что также как и ранее рассмотренные зимние тепловые СО на взрослых частях плодовых деревьев, так и световые зимние на молодых тонких частях кроны часто обусловлены предшествующими ночными морозами. Воздействие сильных ночных морозов всегда способствует образованию зимних световых СО на молодых частях плодовых деревьев. В зимний период в связи со спектральным отражением от снега происходит, по образному выражению И. А. Шульгина (1973), "подсинение" атмосферы, что еще больше повышает фотоокислительное влияние света на зимующие плодовые деревья.

## ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ И ЗИМНИЕ СО

### Водный режим

В 1952 – 55 г.г. в АФИ начало развиваться новое направление: водообмен в почве происходит не только под влиянием насыщения ее осадками и расхода воды в результате испарения и через транспирацию растений, но и за счет передвижения влаги под влиянием градиента температуры (Лыков, 1954; Дерягин, Мельникова, 1957). Эти исследования продолжил А.М. Глобус (1959, 1960, 1962), включая зимний режим почвы, когда к промерзающему слою устремляется вода из более глубоких горизонтов.

Градиент температуры в любых пористых материалах, к которым относятся и ткани растений, в свою очередь, вызывает градиент поверхностного натяжения воды в менисках капилляров сосудов и в межклеточных порах. Возникает движение воды в сторону большего

поверхностного натяжения, т. е. в сторону более низкой температуры. Но на холодной стороне не может накопиться большое количество жидкой воды, так как за счет возникающего градиента влажности будет уравниваться масса воды на холодной и теплой сторонах. Однако, если жидкая вода на холодной стороне фиксируется, например, замерзанием, передвижение ее сюда под влиянием градиента температуры может быть бесконечно долгим, и если на холодной стороне не хватит места для кристаллов льда, последние разрывают почву или ткани растений.

Предметом наших исследований, рассматриваемых в данном разделе, было установление передвижения влаги под влиянием градиента температуры в плодовых деревьях в зимний период, т. е. с фиксацией передвигающейся жидкой воды ее замерзанием. То, что именно замерзание жидкой воды является движущей силой дальнейшего непрерывного поступления ее к фронту замерзания почвы, впервые было доказано А.М. Глобусом (1959). Это положение полностью подтвердилось в наших исследованиях по передвижению влаги к промерзающим тканям внутри плодовых деревьев (Котович, 1962).

Передвижение воды к области ее замерзания в тканях растений - процесс перманентный. Оно продолжается до тех пор, пока существуют условия для этого процесса, а именно: наличие воды в жидкой фазе при температуре выше 0°C и контакта с твердой ее фазой - льдом, находящимся при температуре ниже 0°C. Приведем данные, показывающие, что невозможно объяснить увеличение влажности тканей на одной стороне части дерева и уменьшение ее на другой стороне этой части, кроме как путем передвижения воды между этими сторонами под влиянием градиента температуры и фиксации ее замерзанием (табл. 12).

Таблица 12

**Средняя влажность тканей флоэмы (% к сухой массе) на южной и северной сторонах взрослых частей крон некоторых сортов яблони в конце марта после зим с 1958 по 1962 гг., сад пригородного хозяйства "Лесное"**

Сорт	Штамбы 10 лет со стороны		Ветви 5 лет со стороны	
	юга	севера	юга	севера
Антоновка обыкновенная	82.9	105.1	92.3	103.2
Осеннее полосатое	83.5	107.6	92.7	105.4

Южная сторона - ткани талые, температура их выше 0°C; северная сторона - ткани мерзлые, температура ниже 0°C.

Действительно, указанные в таблице части крон плодовых деревьев с поверхности покрыты влагонепроницаемой многослойной пробкой, полностью перекрывающей испарение влаги (транспирацию). Поэтому снижение влажности флоэмы на солнечной нагреваемой стороне и увеличение ее на теневой холодной стороне взрослых частей кроны яблони объясняется передвижением влаги под влиянием градиента температуры.

В представленном экспериментальном материале рассматривалось передвижение воды под влиянием градиента температуры в поперечном (горизонтальном) направлении у частей деревьев. В этом случае вода передвигается медленно, и в целом изменения во влажности тканей деревьев небольшие.

Перейдем к рассмотрению движения воды под влиянием градиента температуры вдоль частей деревьев, в вертикальном направлении. По сравнению с горизонтальным в этом случае вода в растениях передвигается в большем количестве и быстрее по предназначенным для этих целей сосудам. Кроме того, по сравнению с горизонтальным, в вертикальном направлении градиенты температуры в тканях деревьев по абсолютной величине значительно выше, что связано с большими градиентами температуры в окружающей среде (в воздухе, на границе

воздух - почва и в почве).

В природных условиях передвижение влаги под влиянием градиента температуры опасно в промерзающих тканях древесных растений, особенно молодых, имеющих тонкую кору, что влечет за собой ее механические разрывы и способствует образованию зимних СО.

Моделирование температурных условий, когда на одних концах однолетних вертикальных побегов плодовых культур была отрицательная, а на других концах - положительная температура, осуществлялось в морозильной камере, разделенной в горизонтальном направлении теплоизолирующей перегородкой на два отсека. В верхнем поддерживалась отрицательная температура воздуха  $-5...-7^{\circ}\text{C}$ , источником холода был испаритель хладагента, а в нижнем температура воздуха была положительной  $0...+2^{\circ}\text{C}$ ; оба отсека были без света, как в природных условиях для тканей частей саженцев растений под снегом.

Теплоизолирующая перегородка была выполнена из поролона, хорошо разделяющего отсеки с отрицательной и положительной температурой. Мягкость и эластичность поролона не препятствовала образованию в результате намерзания кристаллов льда на однолетних побегах, вставленных в прорези в поролоне.

Схема данных опытов представлена на [рис. 26](#), из которого видно, что концы побегов в одном варианте были в воде и могли ее свободно проводить в зону замерзания, а во втором - были изолированы, что ограничивало поступление воды в зону замерзания.

Продолжительность экспонирования побегов в морозильной камере составляла 20 сут. После этого они вынимались из поролона и облучались при температуре  $+3...+5^{\circ}\text{C}$  в течение 24 ч лампой ДРЛ-1000 со сложным фильтром, имитирующим солнечный свет. В результате зеленые ткани в механических повреждениях бурели и погибали.

Охарактеризуем опытные объекты - однолетние побеги боярышника и яблони сорта Папировка.

Побеги боярышника находились в состоянии роста, и камбий был в активном состоянии; возникали новые клетки, и в этой ткани имелась некоторая механическая слабость. При наложении градиента температуры, когда на одной части побега температура положительная, а на другой - отрицательная, вот что происходило в анализируемых модельных опытах: влага передвигается в сторону, где фиксируется замерзанием и где есть место для накопления льда, т. е. в камбии. Пока существует подток влаги к фронту замерзания, количество льда будет возрастать и он будет разрывать ткани коры именно по линии камбия, отделяя кору от древесины ([рис. 27](#)).

Побеги Папировки закончили рост, камбий вступил в период глубокого покоя. Однако в коре осталась еще несколько меньшая механическая слабость - соединения между перидермой (так называется сложный покров, состоящий из пробковой ткани, феллогена и феллодермы) и паренхимой флоэмы. К этому месту под влиянием градиента температуры подтекает вода из корневой системы, находящейся в талой почве под снегом, а образующиеся кристаллы льда вызывают механический разрыв перидермы и отрыв ее от паренхимы флоэмы. После схода снега в том и другом случаях на солнечном свету в результате фотоокисления открытых тканей развивается световой зимний СО.

Сказанное иллюстрируется снимками из опытов по моделированию образования механических трещин на однолетних побегах яблони, находившихся в глубоком покое ([рис. 28, а](#) - фото слева). При снятии с этих побегов пробкового слоя становится видимой погибшая под действием света от фотоокисления паренхима флоэмы, что является зимним световым СО ([рис. 28, б](#) - фото справа). Воздействия отрицательной температуры  $-5...-7^{\circ}\text{C}$  над теплоизолирующей перегородкой и положительной температуры  $0...+2^{\circ}\text{C}$  под перегородкой в течение 20 сут вызвали образование "вздутий" и механических трещин в коре и следующим образом изменили влажность верхних и нижних частей однолетних побегов (табл. 13).

**Влажность однолетних побегов Папировки (% к сухой массе) в опытах с передвижением влаги под влиянием градиентов температуры к промерзающим тканям \***

Вариант	До опыта	Через 2 суток	10 суток	20 суток
Верхняя часть побегов над поролоном, температура -5...-7 °С: без подтока воды	102±1.5	105	109	107
с подтоком воды	102±1.5	167	271	263
Нижняя часть этих же побегов под поролоном, температура 0... +2 °С: без подтока воды	102±1.5	97	86	73
с подтоком воды	102±1.5	112	118	117

\* В сырую массу тканей включались линзы льда.

Сопоставление данных табл. 13 с внешним видом опытных побегов показывает, что наибольшее накопление линз льда, приводящее к разрывам тканей коры, произошло в варианте, когда концы побегов находились в воде и к промерзающим тканям поступала вода взамен части ее, переходящей в лед. Побег служил своеобразным фитилем для воды, она подводилась к слою с отрицательной температурой и там замерзала.

В варианте 4 (рис.26) без подпитки водой, когда концы побегов изолировали обвязкой, передвижение ее могло происходить только внутри побегов. В теплом отсеке с положительной температурой влажность побегов уменьшалась.

Рассматриваемые выше повреждения могут возникать на значительной высоте от поверхности почвы и быть различной длины. Приведем примеры.

Так, осенью 1997 г. во время ночных заморозков в октябре у саженцев яблони образовались продольные трещины на высоте 50-60 см от поверхности почвы и длиной 15-20 см, охватывая 3-4 междоузлия (рис. 29).

Возникновение длинных трещин на такой высоте происходило, когда минимальная температура наблюдалась не на поверхности почвы, где обычно бывает, а на высоте, где образовывались трещины, что соответствовало верхней кромке ночного тумана с отрицательной температурой, наблюдаемой ночью.

Далее, в 2001 г. во время поздних заморозков в начале июня, когда саженцы уже были с листьями и из них образовался полог на высоте около 50 см, я также увидел свежие трещины в коре на этой же высоте в кронах саженцев, где наблюдалось наибольшее ночное выхолаживание (рис. 30).

В период сильных морозов слышен треск зимующих плодовых деревьев в результате разрыва тканей. По нашим определениям, морозный разрыв тканей частей деревьев связан с их водным режимом и особенностями летнего роста. Чрезвычайно страдает от морозных разрывов тканей черешня. Были проведены такие исследования. В начале зимы срезались ее ветви, с них снималась флоэма и проводилась продольная черта. Ветви распиливались на диски, которые затем отдельно высушивались. Диски лопались, и разрыв доходил до центра. При сушке, как и при морозе, происходит аналогичная усадка тканей части дерева. В результате, несмотря на то, что диски высушивались порознь, разрыв их произошел практически по одной линии (рис.31). Это говорит о том, что в течение вегетации происходит неравномерный рост древесины. Надо нормализовать рост надземных частей деревьев для того, чтобы не было морозных разрывов тканей.

Наши многолетние наблюдения показали, что самостоятельное место по отрицательному влиянию на перезимовку занимают нарушения внутреннего водного режима тканей плодовых деревьев под влиянием градиента температуры. Если пагубное влияние температуры ниже 0°С на морозостойкость плодовых деревьев пропорционально его величине, то во втором случае мороз, независимо от его силы, является фактором направленного движения влаги, чрезмерное

накопление которой вызывает растрескивание тканей зимующих деревьев. Примером служат зимы 1959/60 и 1997/98 гг., когда после очень сырых осени и предзимья плодовые деревья, уходящие в зиму, оказались переполнены водой. Надрезы флоэмы на уровне поверхности почвы вызывали появление фонтанчиков воды. В эти зимы, несмотря на небольшие морозы, на штамбах и в развилках появилось множество разрывов коры; многие деревья погибли в возрасте 7-10 лет к осени 1998 г.; у некоторых деревьев отмирание растянулось на 5-6 лет (рис. 32).

После зимы 1976/77 гг. в питомнике Самарской опытной станции по садоводству я наблюдал вблизи поверхности почвы массовые трещины коры у однолетних саженцев яблони. Длина трещин достигала 10-15 см, на одном растении их было две-три. Трещины образовались в зоне камбия, отделяли флоэму от древесины, и за счет окисления на воздухе вскрытые ткани стали бурыми, погибшими. Возникновение этих повреждений связано с подтоком влаги из талой почвы в зону замерзания тканей саженцев над почвой. Ранее в лабораторных опытах с побегами было показано, что если кристаллы льда накапливаются в зоне камбия, то здесь возникают вздутия, приводящие к разрывам коры; камбий находился в активном состоянии. Следовательно, в данном случае повреждения в виде трещин образовались в питомнике еще осенью 1976 г., во время резкого похолодания в октябре, когда саженцы еще не вступили в период глубокого покоя.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕТНИХ СО

Чем ближе к весне и лету, тем менее влияет солнце на температуру деревьев, имеется в виду превышение ее над температурой окружающего воздуха ( $\Delta t$ , °C). Причины этого явления следующие:

- в результате таяния снега открывается темная поверхность почвы и уменьшается количество отраженной суммарной солнечной энергии, поступающей на кроны деревьев; так, отражательная способность снега 70-80, открытой почвы - только 10-20 %;

- снижается поступление прямых солнечных лучей на вертикальные части кроны при высотах солнца более 30°, на что обращено внимание раньше (рис. 33);

- в разгар весны, когда почва начинает оттаивать, за счет корневого давления в деревьях возникает сокодвижение; в результате в надземную часть поступает пасока из холодной почвы и, несмотря на солнечный нагрев, температура тканей деревьев становится ниже температуры окружающего воздуха,  $\Delta t$  приобретает отрицательную величину;

- распускание листьев и возникновение транспирационного тока воды из более холодной почвы по скелетным частям деревьев - последние не могут существенно нагреваться солнечными лучами относительно наружного воздуха, тем более что имеется еще затеняющее влияние листвы.

На основании вышеизложенного следует - для возникновения СО в вегетационный период необходимы экстраординарные погодные условия, превышающие тепловую и световую устойчивость тканей деревьев.

Так же как и при исследовании зимних, изучение механизма образования летних СО проведено как на взрослых частях деревьев, имеющих светонепроницаемые покровы, так и на кронах молодых деревцов, наружные покровы которых достаточно светопроницаемы. Поэтому влияние высокой температуры исследовано на фоне облучения их светом различного спектрального состава. Интенсивность как температурного, так и светового факторов в модельных опытах не превышала их интенсивности в природных условиях при возникновении летних СО.

Часто летние СО накладываются на зимние СО. Кроме того, морозные повреждения деревьев снижают устойчивость их к действию летних высоких температур, и по этой причине происходит образование летних СО в природных условиях. Указанные выше и другие подобные вопросы находились в сфере моих многолетних исследований, результаты которых излагаются ниже.

## Критически высокая температура

Считается, что летние СО возникают в том случае, когда взрослые части плодовых деревьев, покрытые светонепроницаемой коркой, в вегетационный период подвергаются действию высокой температуры, превышающей порог жаростойкости, присущий для тканей определенной плодовой породы или сорта. Необходимо отметить, что критически высокие температуры довольно часто определялись в прежних исследованиях и таковыми для большинства древесных растений считаются температуры от 50 до 60°C (Meyer a. Anderson, 1952).

Для определения жаростойкости тканей растений предложен ряд методов от простых до весьма сложных с использованием технического оборудования. В качестве примера дадим сравнение подобных методов из работы С.А. Стадник, Т.В. Фальковой и В.В. Черняк, 1974 (табл. 14).

Таблица 14

### Сравнительная характеристика методов определения жаростойкости растений (на примере жимолости японской)

Описание метода	Гибель тканей, °С
Остановка движения протоплазмы в клетках	48
Выход электролитов из тканей	57
Плазмолиз в клетках	55
Окраска клеток нейтральным красным	57
Прямой прогрев в воде в течение 30 мин:	
без закалки	48
с закалкой (38°C в течение 3 ч)	51

Из таблицы следует, что жаростойкость одной и той же культуры в зависимости от метода определения может составлять от 48 до 57°C. Полученные результаты можно интерпретировать таким образом, что методы, показывающие жаростойкость в пределах 48-51°C, не связаны со 100%-й гибелью клеток, а лишь с их частью. Методы же определения, дающие жаростойкость 55-57°C, характеризуются полной гибелью всех клеток в ткани.

Обращает на себя внимание, что прямой прогрев образцов растений в воде с заданной температурой, предложенный немецким физиологом растений Саксом еще в позапрошлом веке (J. Sachs, 1860), как видно из таблицы, по точности не уступает современным технически совершенным методам, но отличается простотой исполнения. Экспозиция воздействия высокой температурой в воде, 20-30 мин; взята не случайно. Дело в том, что за этот короткий промежуток времени проявляется жаростойкость тканей, но не сказывается отрицательное влияние водной среды при высокой температуре на состояние растительных образцов.

По данным В.Я. Александрова (1975), верхняя граница нормальной жизнедеятельности растений умеренного климата ограничивается температурой 35°C. Красноречиво высказывание Б.С. Мошкова (1987) о верхней температурной границе жизнедеятельности растений: "Все наши работы с температурными воздействиями на растения привели нас к убеждению, что у растений, как у большинства других организмов, населяющих Землю, все наиболее существенные для жизни физиологические процессы проходят активнее при температуре, лежащей в пределах от 25 до 37°C. Возможно, что это явление связано с общим ходом эволюции всей биосферы на поверхности нашей планеты".

На основании моих многолетних опытов можно сделать вывод, что для тканей плодовых культур оптимальной температурой является 36°C; выше этого предела начинаются различного рода повреждения.

Исследованиями по жаростойкости растений установлен целый ряд других закономерностей. Показано, что она выше у закончивших рост растений, чем у находящихся в активном росте. Отсюда максимальная жаростойкость древесных, в том числе плодовых,



наблюдается зимой, когда растения находятся в состоянии покоя, а не летом, когда они активно растут. В летний период в течение суток максимальная жаростойкость развивается у растений во второй половине дня, что совпадает с максимумом температуры тканей растений, и происходит их тепловая закалка. Ночью летом жаростойкость минимальна, она ниже дневной на 1-3°C.

В наших исследованиях для определения жаростойкости тканей плодовых культур применялся водяной термостат ТС-24 с точностью поддержания заданной температуры в пределах  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . Время прогрева образцов, представляющих собой отрезки 2-3-летних ветвей длиной 20 см без листьев, помещенных в проволочную сетку, составляло 20 мин. В связи с тем, что вода в термостате активно перемешивалась, различия в тепловом режиме образцов ветвей практически отсутствовали. После прогрева они помещались в пленочные пакеты, выдерживались в течение суток в темноте при температуре 20 °С, затем производился учет повреждений по степени побурения тканей, использовались те же баллы, что и при оценке морозных повреждений, а именно: 0 баллов - ткань светлая, здоровая; далее следуют баллы 1, 2, 3 с возрастающими повреждениями; 4 балла - ткань бурая, полностью погибшая.

Жаростойкость тканей выяснялась у районированных в Ленинградской области плодовых пород и сортов, выращиваемых на МОС АФИ: у яблони Папировка и Грушовка Московская, груши Русская малгоржатка и Десертная Павловская, вишни Владимирская и Любская, черешни Ленинградская желтая и черная.

Определялась температура прогрева ветвей указанных выше плодовых пород и сортов, при которой:

- возникали начальные повреждения (1 балл) у тканей здоровых ветвей;
- усиливалось отмирание клеток и тканей у ветвей, уже имеющих морозные повреждения.

Последнее достигалось тем, что ветви в марте медленно замораживались до определенной отрицательной температуры (в зависимости от плодовой породы до  $-25...-35^\circ\text{C}$ ), хранились в пленочных пакетах при температуре  $-2...-3^\circ\text{C}$  и затем наравне со здоровыми ветвями в течение 20 мин прогревались в мае до температур, вызывающих тепловые повреждения тканей (табл. 15).

Таблица 15

**Температура ( $^\circ\text{C}$ ) начального теплового повреждения (1 балл) тканей плодовых культур в зимний и летний сезоны года:**  
**в числителе - теплостойкость для здоровых ветвей, в знаменателе - со средними морозными повреждениями (2 балла)**

Плодовая культура	Зимний период			Вегетационный период		
	Фелло-дерма	Камбий	Древесина	Фелло-дерма	Камбий	Древесина
Яблоня	54	56	55	49/44	50/46	50/45
Вишня	50	52	54	49/43	51/45	53/47
Груша	51	51	51	49/42	49/43	48/41
Черешня	49	51	51	46/41	51/42	51/42

Непосредственные определения теплостойкости тканей плодовых деревьев показали, что зимой, когда деревья находятся в биологическом покое, они легче переносят любые неблагоприятные воздействия, в том числе и высокие температуры. По В.Я. Александрову (1975), наблюдается неспецифичное закалывание к любым неблагоприятным факторам. Один из главных выводов из представленных данных состоит в том, что очень чувствительными к прогреванию становятся ткани различных плодовых культур с предварительными морозными повреждениями. Показано, что по сравнению со здоровыми у тканей с морозными повреждениями устойчивость к воздействию высокими положительными температурами снижается на  $5-9^\circ\text{C}$ . Это обстоятельство, как будет показано далее, является решающим в образовании на взрослых частях плодовых деревьев летних СО.

## Температура взрослых плодовых деревьев

У. Чендлер (1935) отмечает, что летом 1921 г. в Калифорнии на южной стороне штабмов и скелетных ветвей деревьев персика температура тканей соответственно была 49 и 56, а окружающего воздуха - 47°C. Автор обращает внимание на то, что содержание воды в почве в это время было очень низким. Если сравнить температуру тканей деревьев, измеренную У. Чендлером, с данными табл. 15 для черешни (по теплостойкости близко стоящей к персику), очевидно, что должны были возникнуть летние СО, так оно и произошло. В более поздней работе (Чендлер, 1955) автор приводит снимок дерева персика, погибшего от летних СО в 1921 г. По географическому атласу (М., 1967) абсолютный максимум температуры воздуха в Калифорнии составляет 48°C, так что нагрев тканей плодовых деревьев может быть несколько выше, чем измеренный У. Чендлером. На территории бывшего СССР даже в самых южных республиках абсолютный максимум температуры ниже и составляет в июне - июле: для Душанбе - 43, Ташкента - 44, Ашхабада - 46 °С.

Исследования по повреждению плодовых культур летними СО в условиях Туркмении провел М.П. Колачев (1955). По его данным в этом климатическом регионе ими поражаются как взрослые, так и молодые деревья яблони, груши, сливы, вишни, черешни, персика и других плодовых культур. Преимущественная их ориентация - юго-западная и западная стороны штабмов, часто они наблюдаются на южной и весьма редко на восточной стороне. Повреждения выражались в растрескивании коры, которая затем опадала; далее шло раскалывание древесины и образование дупел; в конце концов деревья погибали. Отметим, что по приведенному выше описанию образуются как зимние, так и летние СО на взрослых частях деревьев.

Мне пришлось побывать с переносным прибором для измерения температуры растений в пустыне Каракум в 1983 г. При посещении Репетекского заповедника этой пустыни я обнаружил стэнд, посвященный АФИ, его исследованиям по закреплению песков с помощью минерально-масляной эмульсии и посадки деревьев саксаула в 1934-1936 гг. При обследовании деревьев саксаула в разном возрасте на территории заповедника не был обнаружен СО. Измерения температуры поверхности стволов диаметром 10 см с помощью миниатюрных МТ-57 показали, что 10 октября нагрев их солнечной радиацией при скорости ветра 1 м/с и температуре воздуха 17.0°C был 25.6°C,  $\Delta t$  равно 8.6°C. В осенний период не было перегревов, опасных для растений.

М.П. Колачев считает, что в условиях Туркмении СО не могут быть зимними, а целиком их относит к летним, возникающим под влиянием солнечного перегрева. Им измерена температура штамба яблони и отмечено, что она особенно велика в районе 17 ч, когда солнце находится на юго-западе и западе; прямые лучи в этом случае попадают под крону к штабмам, в другое время дня они затенены листвой. Температура тканей флоэмы штабмов, зафиксированная автором в 17 ч, составляла 55-60°C; в другие часы дня и в тени листвы кроны температура тканей флоэмы не превышала 40-43°C, что, по его мнению, не опасно.

Порога жаростойкости ткани флоэмы плодовых деревьев могут достигать и в более северных районах. Так, Феркл (F. Ferkl, 1953) в условиях Чехословакии обнаружил, что на юго-западной стороне открытого штамба черешни в течение летних месяцев в солнечные дни температура флоэмы систематически повышалась до 52°C, что было причиной образования летних СО.

### Охлаждающее влияние на температуру взрослых деревьев транспирационного тока воды

Вкратце осветим вопрос поглощения воды из почвы корневой системой и транспорта ее по надземным органам древесных растений. Существует два механизма поглощения почвенной влаги: первоначальное активное - ранней весной, вызывающее корневое давление и приводящее к возникновению сокодвижения до распускания листьев; и последующее - пассивное, которое присуще для интенсивно транспирирующих листьев деревьев в вегетативный период, когда происходит массовое поступление воды из почвы. Транспирация листьев вызывает натяжение воды в капиллярах древесины, что передается к корням, и последние начинают интенсивно поглощать почвенную воду. Так как силы сцепления молекул воды между собой и со стенками

сосудов в древесине очень велики, возникшее напряжение передается от листьев на верхушках деревьев и до корней в почве. Самое всеобъемлющее объяснение взаимосвязи указанных процессов - представление о дереве как о единой гидростатической системе (П. Крамер и Т. Козловский, 1963; 1983).

Влияние транспирационного тока воды на температуру оценивалось по скорости ее движения в различных частях деревьев в зависимости от их возраста и соответственно диаметра. Предполагалось, что дефицит влаги в почве отсутствует. Кроме того, считалось, что капилляры, по которым движется вода, занимают 50 % от поперечного сечения плодового дерева.

Весьма показательными оказались опыты, проведенные нами в Краснодарском крае в районе Анапы, в саду хозяйства "Витязево" в июле 1975 г. В связи с тем, что предусматривалась срезка дерева, измерения температуры проводились на порослевых вишнях в защитной полосе. Попытки измерить температуру под покровной пробковой тканью с помощью игольчатых датчиков окончились неудачей - из проколов активно вытекала пасока, что непредсказуемо изменяло температуру тканей. Поэтому температура без повреждений коры измерялась мини-атюрными микротермисторами МТ-57, имеющими термочувствительные бусинки диаметром 0.2 мм, которые с помощью упругой дужки прижимались к поверхности коры.

Насколько велико охлаждающее влияние кроны с листьями по сравнению со штамбом без кроны (пнем), в том и другом случаях диаметр штамба на высоте 50 см равнялся 7 см, можно судить по результатам измерений температуры в 15 ч местного времени спустя сутки после срезки кроны:

- температура воздуха была 35;
- на уровне почвы с юго-западной стороны у штамба без кроны (пня) 57, у штамба с кроной - только 38°C.

Можно сделать вывод, что без транспирации, без охлаждающего влияния транспирационного тока воды из более холодной почвы ткани штамбов могут получать летние СО от перегревов.

Отметим, что измерение температуры тканей яблони, груши, черешни и других плодовых деревьев в саду хозяйства не выявило опасных перегревов, несмотря на то, что в период измерений температура воздуха доходила до абсолютного максимума для района Анапы. Так, 17 июля при температуре воздуха 36.4 температура штамбов диаметром 10-12 см не превышала 40-42°C, что для здоровых плодовых деревьев (для тканей без света) не опасно. Хорошая естественная защита от солнечных перегревов (летних СО) объясняется тем, что в садах в этот период наблюдалась высокая влажность почвы и за счет интенсивного транспирационного тока происходило охлаждение штамбов и скелетных ветвей деревьев.

В табл. 16 для некоторых географических пунктов приведена расчетная температура на поверхности с юго-западной стороны в 15 ч для штамбов взрослых деревьев с транспирацией и без нее.

Особенность притока суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность в летний период состоит в том, что в полуденное время он существенно снижается по сравнению с дополуденными и послеполуденными часами. Это хорошо видно на рис. 32. Чем дальше на юг, тем сильнее ощущается "провал" в интенсивности поступления суммарной солнечной радиации в полуденные часы на вертикальные штамбы. Кроме того, в летние месяцы наиболее высокая температура воздуха также наблюдается в послеполуденное время. Отсюда важно выяснить, до каких пределов могут нагреваться ткани плодовых деревьев в летний период без транспирации и справляется ли транспирация с охлаждением штамбов?

**Расчетная температура вертикальных штамбов (диаметр 0.1 м)  
плодовых деревьев (15 июля в 15 ч) в некоторых географических пунктах**

Пункт	С. ш., °	Солнечная радиация на вертикальную поверхность, Вт/м <sup>2</sup>	Температура максимальная, °С		Температура штамба, °С	
			воздуха	почвы на глубине 20 см	без транспирации	с транспирацией
Санкт-Петербург	60.0	906	28	17.1	50.8	31.4
Москва	55.5	930	31	17.8	55.3	36.6
Самара	53.0	891	33	22.1	55.7	36.3
Киев	50.4	909	32	21.2	55.4	35.7
Хабаровск	48.5	915	31	20.6	54.6	35.0
Анапа	45.5	915	31	26.5	54.6	38.4
Кара-Кала	38.5	919	39	31.8	63.8	45.4

Из табл. 16 следует, что без транспирации деревьев, которая может быть нарушена различными причинами (повреждение листьев болезнями и вредителями, сухость почвы, механические раны, морозные повреждения и др.), штамбы могут нагреваться до температур, вызывающих непосредственную гибель тканей. Особенно это относится к растущим тканям флоэмы, камбия и молодой древесины, которые повреждаются соответственно при температуре 46-49, 49-51 и 51-53°C (см. табл. 16). В то же время для деревьев с интенсивной транспирацией, когда в почве находится достаточное количество воды и деревья здоровые, солнечное нагревание тканей штамбов во всех приведенных регионах не опасно. Определяющим фактором степени нагревания вертикальных штамбов в разных географических районах является не величина суммарной солнечной радиации, которая различается незначительно, а высокая температура воздуха и почвы.

Ткани с морозными повреждениями, полученными плодовыми культурами в предшествующий зимний период, существенно снижают на 5-6°C жаростойкость тканей в последующий вегетационный период (см. табл. 15). Приведем наблюдения по этому вопросу.

После зимы 1962/63 гг. в саду хозяйства "Лесное" от морозов в наибольшей степени повредились штамбы 17-летних деревьев сорта Боровинка, флоэма на штамбах имела средние и сильные морозные повреждения в 2-3 балла; в начале лета деревья были слабо облиственны. В июле после жаркой погоды на штамбах этого сорта с юго-западной стороны ткани флоэмы погибли, повреждение составило 4 балла. Измерение их температуры на этой стороне штамбов (диаметр 14-16 см на высоте 50 см от почвы) показало, что они нагревались до 43-45°C, причем такой нагрев повторялся изо дня в день в течение недели; возникли типичные летние тепловые СО на взрослых частях плодовых деревьев.

То, что решающим фактором их образования было предшествующее зимнее морозное повреждение тканей флоэмы (не полная гибель, а частичное повреждение), убеждают наблюдения за деревьями других более морозостойких сортов яблони. Так, того же возраста и диаметра штамбы яблони сорта Грушовка Московская в рассматриваемую зиму в хозяйстве никак не пострадали от зимних морозов, были хорошо облиственны и температура их штамбов на юго-западной стороне составляла 23-24°C.

Позже была также рассчитана по нашей компьютерной программе температура указанных штамбов деревьев двух этих сортов яблони по метеорологическим параметрам внешней среды (метеостанция "Воейково"):

	температура, °С	
	измеренная	расчетная с транспирацией
Грушовка Московская, деревья здоровые	23.2	21.9
Боровинка, деревья повреждены морозами	42.9	22.0 *

---

\* Если деревья этого сорта не были бы повреждены морозом.

В колонке "измеренная" приведена фактическая температура, включающая влияние солнечного нагревания штамбов и охлаждение их за счет тока более холодной воды из почвы под влиянием транспирации листьями. У здорового дерева Грушовка Московская, в связи с хорошей облиственностью кроны, транспирация идет активно и происходит интенсивное охлаждение штамба, несмотря на нагревание его солнечными лучами. Летних СО у этого сорта не обнаружено. У сильно поврежденного сорта Боровинка листьев в кроне было мало, транспирационный охлаждающий ток воды из почвы ослаблен; кроме того, в поврежденных морозом тканях сосуды закупориваются камедью. Без протока по штамбам более холодной воды из почвы и под влиянием солнечного нагревания на фоне высокой дневной температуры воздуха ткани штамбов достигают температурных повреждающих порогов при наличии морозных поражений, в результате чего возникают летние СО.

В колонке "расчетная с транспирацией" приведено охлаждающее влияние транспирационного тока, имеется в виду температура почвы на глубине 20 см. Из представленных данных видно, что у здорового штамба сорта Грушовка Московская измеренная и расчетная температуры при солнечном нагревании в июле очень близки между собой, 23.2 и 21.9°С. У сорта яблони Боровинка с сильными морозными повреждениями различие между измеренной и расчетной температурой штамбов отличается значительно - в 2 раза.

Необходимо отметить, что указанные выше условия образования летних СО мною отмечались ранее. После суровой зимы 1955/56 г., когда я работал агрономом-садоводом в плодопитомнике "Скреблово", также случилось жаркое и сухое лето. Деревья яблони сорта Папировка погибли от зимних СО уже в мае 1956 г. Однако сорта Антоновка обыкновенная и Осеннее полосатое сохранились и летом раскрыли единичные листья в средней части однолетних побегов в верхней части кроны. Лишенные необходимого количества листьев, без затенения от них и, главное, без охлаждающего влияния транспирационного тока по проводящей системе деревьев, ткани штамбов на южной стороне перегревались; происходило наслоение летних СО на зимние. Действительно, настоящие ожоги классического вида (рис. 34), а именно гибель коры на штамбах с юго-западной стороны плодовых деревьев в садах плодопитомника "Скреблово", окончательно оформились летом 1957 г.

Таким образом, для взрослых частей плодовых деревьев со светонепроницаемыми покрытиями на поверхности главным повреждающим фактором летних СО является критическая высокая температура тканей на юго-западной и западной сторонах при следующих условиях:

- наличие морозных повреждений, полученных в зимний период, что значительно снижает жаростойкость тканей;
- нехватка листьев, что снижает охлаждающее влияние транспирационного тока воды из более холодной почвы по проводящей системе деревьев.

## Саженцы и молодые деревья

Наши исследования показали, что для саженцев и молодых крон плодовых деревьев летом и зимой при определенных условиях повреждающим фактором СО выступает солнечный свет. Этими условиями для зимы являются морозы, а для лета - чрезмерно высокие температуры. В том и другом случаях энергия солнечного света, поглощаемая хлорофиллом, из-за неблагоприятных температурных условий используется не для фотосинтеза необходимых веществ, а расходуется на окисление тканей феллодермы и самого хлорофилла. Зеленые ткани растений становятся бурными - получают световые СО. Проследим, как развиваются эти повреждения на саженцах и молодых деревьях.

Можно полагать, что в первую очередь в летний период у плодовых деревьев от световых СО должны страдать листья, особенно расположенные на верху кроны. По данным Г.Н. Еремеева (1976) в Крыму в часы наибольшей инсоляции днем температура листьев достигала 38-41°C. При таких температурах в течение 5-6 ч в день и в течение нескольких дней у листьев яблони, груши и других плодовых культур бурели края и вся листовая пластинка, возникали ожоги. Подчеркнем, что по данным автора указанный выше нагрев листьев происходил, когда транспирация их снижалась на 40-50 % и более.

Саженцы в питомниках и штамбики молодых деревьев в садах имеют во много раз большую массу, чем листья (толщина пластинок листьев - 0.1-0.3, диаметры однолетних саженцев - 5-10, трехлетних деревьев 25-30 мм), и находясь вблизи почвы, где скорость ветра всегда снижена, могут значительно нагреваться солнечной радиацией.

По существующим методикам жаростойкость растений определяется в темноте. Но в природных условиях действие высокой температуры на растения происходит одновременно с облучением их интенсивной солнечной радиацией определенного спектрального состава. Учитывая это обстоятельство, остановимся на оригинальном способе моделирования летних СО на однолетних саженцах яблони в естественной обстановке путем закрытия штамбиков зонтиками из светопроницаемой полиэтиленовой пленки (М. А. Соловьева, 1967). К сожалению, температура тканей штамбиков под зонтиками не измерялась, указана только температура наружного воздуха в период проведения этих опытов. Так, в первом из них, поставленном во второй половине апреля, колебания температуры воздуха были в пределах 8.4-4.5; во втором - проведенном в конце мая, колебания температуры воздуха составили 24.5-29.0°C. СО возникли в первом случае через 30, во втором - через 10-15 сут.

Высота зонтиков, судя по описанию, составляла около 35-40 см, и внизу конус светопроницаемой пленки закреплялся почвенной засыпкой. Ожоги возникли несколько выше корневой шейки, сильно пораженная часть их по высоте занимала 7.5-10 см. Далее шли 5-6 см с менее выраженными повреждениями. Заканчивались ожоги еще через 15-16 см незначительными повреждениями лишь во вторичной флореме.

В связи с тем, что нагрев осуществлялся солнечными лучами через светопроницаемую полиэтиленовую пленку, смоделированные М. А. Соловьевой ожоги на саженцах плодовых деревьев можно характеризовать, по нашей классификации, как летние световые СО.

Мы также определили устойчивость тканей молодых частей плодовых деревьев посредством облучения их в теплый период года различными искусственными источниками теплового и светового излучений. Опишем эти опыты.

Так, в середине лета, в июле, двухлетние отрезки ветвей яблонь сортов Папировка и Антоновки обыкновенной диаметром 1.5 см, концы которых находились в сосудах с водой, в темном помещении нагревались инфракрасным облучателем без видимого света в течение 24 ч. Со стороны облучения температура на поверхности ветвей поддерживалась на уровне 40-42°C. Результат опытов был следующий: самая поверхностная живая ткань - феллодерма, содержащая хлорофилл, которая располагается непосредственно за пробковым покровом, не пострадала, как впрочем и остальные - паренхима, камбий, древесина. Температура 40-42°C для тканей яблони не была критически высокой.

Аналогичный прогрев таких же ветвей яблонь, но с использованием световой лампы ДРЛ-1000 со сложным фильтром (о нем указывалось ранее). Излучение по спектру максимально приближалось к солнечному, длительность облучения составила 24 ч и температура тканей была

40-42°C. Однако результат этого опыта был совершенно другим, чем рассмотренного выше.

Повреждением была охвачена самая наружная живая ткань флоэмы - феллодерма, содержащая хлорофилл. Вместо зеленой окраски эта ткань стала бурой, что видно на опытной ветви (рис. 35).

Повреждение было настолько автономным, что четко отпечатались на ветви накладные буквы слова "тень" и вырезанные в темной бумаге слова "свет". У ветви предварительно снимались покровные пробковые ткани и во время освещения она обертывалась прозрачной полиэтиленовой пленкой для защиты от потери влаги.

Приведенными выше опытами нам удалось доказать, что повреждение хлорофиллоносной ткани феллодермы на молодых частях крон плодовых деревьев обусловлено фотоокислением под влиянием фиолетовой и синей областей солнечного спектра при достаточно высокой температуре; образуются летние световые СО; подчеркнем, что высокая температура должна быть существенно ниже той, которая приводит к моментальной гибели растительные ткани. Ранее нами было показано, что в зимний период, когда процесс фотосинтеза заторможен отрицательной и небольшой положительной температурой, облучение молодых частей плодовых деревьев солнечной радиацией, обогащенной фиолетовым и синим светом при снеге, приводит к окислению и гибели тканей; образуются зимние световые СО.

В заключение данных опытов отметим интересное явление. На однолетних зеленых побегах текущего года у груши в процессе одностороннего облучения лампой ДРЛ-1000 со сложным фильтром гибель феллодермы, начавшаяся со стороны света при температуре 46°C, мгновенно переходила на теневую сторону, температура которой была 42°C. Происходил типичный фотодинамический эффект, когда фотоокисление в динамике мгновенно распространялось на все стороны побега, включая теневую. На основании этих опытов можно заключить, что световые летние СО, первоначально возникшие на солнечной стороне тонких молодых побегов и ветвей, могут кольцеобразно повреждать хлорофилл - содержащие ткани феллодермы в условиях питомника или сада (рис. 36).

В вегетационный период сильно нагретая поверхность почвы представляет опасность для всходов и сеянцев плодовых культур. Отсюда важно было выяснить распределение температуры в тонких слоях воздуха над поверхностью почвы и в ее глубине. Соответствующие измерения были проведены в ясный безветренный день в июле на МОС АФИ на участке с супесчаной почвой. Использовался штатив с микровинтом, на котором укреплялся микротермистор МТ-57. При перемещении его микровинтом была получена следующая температура в тонких слоях воздуха и почвы:

воздух над поверхностью почвы на высоте:	10 мм	28.7 °С
	5 "	30.1 "
	2 "	38.2 "
	1 "	42.0 "
поверхность почвы:	0 мм	52.5 °С
в почве на глубине:	1 мм	54.2 °С
	2 "	54.0 "
	5 "	46.3 "

Как же сказывается указанный температурный режим на границе воздух - почва на проростках сеянцев плодовых культур?

Воспроизведение температурных и световых условий в супесчаной почве для сеянцев яблони Антоновка обыкновенная проводилось в лабораторных условиях при освещении проростков в фазе семядолей лампами накаливания ЗН-7 и дуговой ДРЛ-1000 со сложным фильтром. Измерение температуры воздуха, растений и почвы проводилось МТ-57.

**Опыт с лампой накаливания ЗН-7**, продолжительность облучения -15 ч. Температурные условия были следующими: воздух на высоте 2 см - 37.5; собственно семядоли на той же высоте 44.5-45.3; стебельки в почве на глубине 1-2 мм - 54.2-55.5, в зоне корней на глубине 5 мм - 52.3°C.

Состояние растений спустя сутки: семядоли остались зелеными, но сеянцы упали из-за повреждения (побурения) стебельков от поверхности почвы до глубины 2-3 мм; корни в почве побурели до глубины 7 мм. Через 2 сут. 50 % сеянцев сохранилось, они продолжали расти, но имели перегибы и утолщения на месте тепловых ожогов, но за счет роста поднялись на 2-3 мм под почвой.

**Опыт под лампой ДРЛ-1000 со сложным фильтром, продолжительность облучения -15 ч.**

Почва и предварительное состояние проростков были такими же, как в предыдущем опыте. Напомним, что спектр излучения ламп ДРЛ, в отличие от ламп накаливания ЗН-7, обогащен фиолетовыми и синими лучами и в целом он более приближается к солнечной радиации. В то же время лампы ДРЛ содержат мало инфракрасных лучей и отсюда слабее нагревали в наших опытах почву и проростки. Температурные условия в этом опыте были следующими: воздух на высоте 2 см - 37.0; собственно семядоли на той же высоте - 39.7-40.5; стебельки в почве на глубине 1-2 мм - 48-49; в зоне корней на глубине 5 мм - 45-46°C.

Состояние растений спустя сутки после воздействия светом: побурение (гибель) семядолей было у 90 % растений. Образовались типичные световые СО на зеленых семядолях, содержащих хлорофилл. Стебельки над почвой не содержали хлорофилл, они были без повреждений.

На основании проведенных опытов можно сделать вывод, что в природной обстановке для плодовых культур, особенно в питомниках и молодых садах, большую опасность в летний период представляет открытая поверхность почвы, с одной стороны, она сильно нагревается солнечными лучами и по этой причине может вызвать тепловые СО, а с другой - над поверхностью почвы образуется тонкий слой перегретого воздуха, который способствует образованию световых СО.

Особенно страдают от летних световых и тепловых СО посаженные молодые деревца и пересаженные деревья. Наиболее опасное место для перегревов тканей деревьев - юго-западная сторона, несколько выше поверхности почвы.

### **Тепловые и световые СО в летний период в некоторых географических пунктах**

Обеспечение хорошим водоснабжением является основой защиты плодовых культур от всех видов летних СО. Насколько велико влияние охлаждающего транспирационного тока воды на солнечное нагревание штамбов плодовых деревьев в вегетационный период в некоторых географических пунктах, показано в табл. 17, составленной по результатам расчетов на нашей компьютерной программе. Из данной таблицы вытекают следующие выводы по защите от СО в вегетационный период плодовых деревьев:

1. Транспирация листьями тока воды по проводящей системе достаточно массивных штамбов из более холодной почвы является основным механизмом по предотвращению опасного солнечного нагревания штамбов и других скелетных частей крон плодовых, естественно, и других древесных растений. Поэтому главной заботой садоводов для защиты от летних тепловых СО является, с одной стороны, поддержание почвы во влажном и рыхлом состоянии, а с другой - сохранение листьев в здоровом состоянии, способствующих интенсивной транспирации.



**Максимальная температура поверхности коры с южной стороны разновозрастных  
штамбов яблони  
с 15 мая по 15 сентября с транспирацией и без нее**

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
<b>60° с. ш., Санкт-Петербург</b>					
Температура воздуха, °С	24	27	28	26	21
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	920(15)	906(16)	906(16)	028(15)	981(14)
Скорость ветра, м/с	1.6	1.6	1.4	1.3	1.5
Температура почвы, °С	7.3	13.3	17.1	15.4	10.4
Температура штамбов, °С: диаметр 10 см, с транспирацией/без нее	25/44	29/ <b>47</b>	31/ <b>49</b>	30/ <b>48</b>	26/43
"- 1 см, с транспирацией/без нее	27/28	30/31	31/32	29/30	24/25
<b>50° с. ш., Киев</b>					
Температура воздуха, °С	28	30	32	31	28
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	935(16)	907(16)	909(16)	918(15)	981(14)
Скорость ветра, м/с	1.0	0.9	0.8	0.8	0.9
Температура почвы, °С	15.1	18.8	21.2	20.0	15.4
Температура штамбов, °С: диаметр 10 см, с транспирацией/без нее	31/ <b>52</b>	34/ <b>56</b>	36/ <b>57</b>	35/ <b>57</b>	31/ <b>54</b>
"- 1 см, с транспирацией/без нее	31/32	35/36	35/36	34/35	32/33
<b>49° с. ш. Хабановск</b>					
Температура воздуха, °С	26	30	31	30	29
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	922(16)	900(16)	915(16)	922(15)	985(14)
Скорость ветра, м/с	2.0	1.7	1.5	1.7	1.8
Температура почвы, °С	8.0	15.9	20.6	20.1	15.1
Температура штамбов, °С: диаметр 10 см, с транспирацией/без нее	26/44	31/ <b>49</b>	35/ <b>52</b>	34/ <b>50</b>	32/ <b>50</b>
"- 1 см, с транспирацией/без нее	29/30	33/34	34/35	33/34	32/33
<b>41° с. ш., Ташкент</b>					
Температура воздуха, °С	35	38	40	39	35
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	940(16)	905(16)	906(16)	942(16)	974(15)
Скорость ветра, м/с	0.9	0.9	0.8	0.7	0.8
Температура почвы, °С	21.7	27.9	31.7	30.2	24.5
Температура штамбов, °С: диаметр 10 см, с транспирацией/без нее	36/ <b>56</b>	41/ <b>59</b>	45/ <b>66</b>	45/ <b>67</b>	44/ <b>66</b>
"- 1 см, с транспирацией/без нее	35/36	38/39	<b>44/45</b>	<b>43/44</b>	<b>42/43</b>

- Расчеты выполнены по многолетним метеорологическим данным "Справочника по климату СССР", Л.: Гидрометеоиздат, 1966. Жирным шрифтом выделена температура штамбов взрослых деревьев диаметром 10 см от 47°С и более, вызывающая тепловые СО в тканях с признаками морозных повреждений от прошедшей зимы, и от 40°С и более, приводящая к световым СО у штамбиков молодых деревьев диаметром 1 см.

- Температура воздуха днем по месяцам дана как средняя из максимальных многолетних ее значений.

- Суммарная солнечная радиация дана на вертикальную поверхность, считая, что штамбы плодовых деревьев занимают вертикальное положение; в скобках указаны часы наибольшего в послеполуденное время притока суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность.

- Температура почвы является средней многолетней, измеряемой на метеостанциях по коленчатым термометрам на глубине 20 см.

- Скорость ветра - на высоте 0.5 м от уровня почвы.

2. На крайнем юге, в частности в Ташкенте, возможно образование световых СО на штамбиках молодых деревцов, несмотря на наличие транспирации. Поэтому в южных районах, помимо поддержания почвы во влажном и рыхлом состоянии, необходимо дополнительно применять синение поверхности штамбов молодых деревцов в летние и осенние месяцы, чтобы способствовать образованию природных защитных веществ антоцианов; кроме того, из-за опасности образования тепловых СО штамбы взрослых деревьев с июля по сентябрь должны быть побеленными; как синение, так и побелка могут наноситься только на юго-западную сторону штамбов.

3. На ускорение начала сокодвижения в ранний весенний период большое влияние оказывает мульчирующая пленка, которая способствует более раннему оттаиванию почвы и более раннему подъему пасоки из почвы для охлаждения штамбов и защиты их от солнечного перегрева.

## ЗАЩИТА ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ОТ СО

В современной России очень широко развито любительское плодоводство на садовых и приусадебных участках. Им занялись широкие слои населения, которые должны были перенимать опыт от старшего поколения. Однако оно по известным причинам не имеет своего опыта в современном плодоводстве. Так что среди любителей превалируют взгляды позапрошлого века, где основой является использование в большом количестве навоза, глубоких посадочных ям и т. д.

Посадка и отдельный уход за каждым деревом являются самым главным в любительском плодоводстве. Исследования в этом направлении в России только сейчас подошли к публикации результатов - к ним относится и предлагаемая нами защита плодовых деревьев от всех видов СО.

Почему мы взяли за основу устойчивости к неблагоприятным климатическим условиям повреждение плодовых деревьев СО? Во-первых, потому что плодовые деревья выращиваются разреженно и кроны их подвергаются интенсивному облучению солнечной радиацией в течение всего года. Во-вторых, потому что СО приводят к окончательной гибели плодовые деревья, которые другими факторами лишь повреждаются, в том числе от действия зимой сильных морозов.

Основной вывод из результатов наших исследований можно выразить одной фразой: без сильных морозов нет и СО у районированных в данной местности пород и сортов плодовых деревьев. Более расширенное толкование результатов наших исследований, имеющее отношение и к защите от зимних СО, состоит в том, что в первой половине зимы, т. е. в декабре и начале января, плодовые деревья еще недостаточно закалены. Но в данный период случаются и критические морозы, которые вызывают начальные повреждения, усиливающиеся в феврале - марте и заканчивающиеся полной гибелью тканей на солнечной стороне крон плодовых деревьев, что ведет к образованию зимних СО под влиянием следующих конкретных факторов:

- у массивных взрослых частей кроны, с поверхности покрытых светонепроницаемой коркой, под влиянием многократных оттаиваний днем и замерзания ночью образуются, по нашей классификации, зимние тепловые СО с преимущественной ориентацией на юг и юго-запад;

- у молодых деревцов в возрасте 1-5 лет, покрытых тонкой светопроницаемой пробковой тканью, под влиянием многократного солнечного освещения днем, усиленного отражением света от снеговой поверхности, образуются, по нашей классификации, зимние световые СО с преимущественной ориентацией на юго-восток и юг.

Подчеркнем, что в обычные зимы районированные в данной местности плодовые породы и сорта в любом возрасте без вреда переносят морозы и солнечное облучение.

Из представленных выше данных следует, что защита от зимних СО должна начинаться с однолетних саженцев и продолжаться на взрослых деревьях. Она должна предусматривать предохранение деревьев разного возраста от сильных морозов начала и середины зимы, последующего солнечного облучения во вторую половину зимы и ранней весной, а также в летний период, когда зимние СО усиливаются летними. Нами разработана защита плодовых деревьев, начиная от однолетних саженцев и кончая взрослыми деревьями, как от отдельных неблагоприятных факторов зимовки, так и от суммы их.

Как будет расти саженец и впоследствии взрослое дерево, готовиться к зиме и переносить ее последствия, зависит, с одной стороны, от морозостойкости выбранного сорта, а с другой, от почвенных условий и защитных приемов, создаваемых самим плодоводом. Рассмотрим последние более подробно.

Высокая **морозостойкость** является главным свойством древесной породы, определяющей устойчивость ее к зимним тепловым и световым СО. Действительно, отдельно стоящие и облучаемые солнцем деревья березы, ивы и других лесных пород никогда не повреждаются зимними СО, так как имеют абсолютную устойчивость к морозам, и последующее солнечное нагревание и освещение не страшны для их тканей. По данным Сакай (Sakai, 1956), Туманова и Красавцева (1959), Паркера (Parker, 1960) закаленные при  $-20^{\circ}\text{C}$  ветви указанных лесных пород выдерживали погружения и выдержки их в жидком азоте  $-196$  и водороде  $-253^{\circ}\text{C}$  и не имели морозных повреждений, почки в тепле распускались.

К сожалению, указанной выше морозостойкостью плодовые породы не обладают. По нашим многолетним определениям среднерусские сорта Антоновка обыкновенная, Осеннее полосатое и другие в пригороде Петербурга имеют наибольшую морозостойкость в конце января - середине февраля. Для древесины, наиболее чувствительной к морозу, повреждения появлялись от  $-35^{\circ}\text{C}$  (Котович, 1962). Примерно такая же морозостойкость яблонь среднерусских сортов отмечается в Подмоскovie, максимум ее приходится также на январь - февраль (О.А. Красавцев, 1972).

Так как в обозримом будущем мы будем иметь дело с не очень морозостойкими сортами крупноплодной яблони, не говоря уже о других еще менее морозостойких плодовых породах, необходимо использовать приемы и способы, с одной стороны, повышающие устойчивость плодовых деревьев к морозам и солнечному облучению, а с другой - защищающие деревья от этих неблагоприятных факторов.

### **Создание благоприятных почвенных условий для плодовых деревьев**

Предложения по улучшению почвенных условий для плодовых деревьев, начиная с позапрошлого века и до настоящего времени, следующие. Знаменитый русский агроном А.Т. Болотов (1800) пришел к выводу, что при посадке яблонь в ямы на ровном месте в Тульской губернии, где он жил, никогда не получалось таких высоких урожаев плодов, как при посадке их на своеобразные гряды шириной 3 м, разделенные бороздами глубиной 70 см. Такой сад давал урожаи яблок по тысяче пудов с 1 га. Полученные результаты А.Т. Болотов объяснял улучшением воздушного режима почвы в результате сброса излишней воды из сада осенью и весной.

При разведении садов в пригородах Петербурга Р. Регель (1909), исходя из избыточности влаги в почве, советовал высаживать саженцы плодовых деревьев на холмиках, которые затем за счет дополнительной подсыпки превращались в холмы.

Также под Петербургом проф. Н.Г. Жучков предложил выращивать плодовые деревья на валах высотой 50-80 см и шириной у основания 5-8 м. Посадка на валах производилась полумеханизированно: почву вспахивали в вал, на вершине вала через требуемое расстояние ставились опоры и к ним привязывались саженцы (без копки ям), корни сверху вручную засыпались слоем почвы толщиной 10-15 см. Затем проводилась в свал повторная вспашка, вал достигал требуемой высоты, а корни механизированно засыпались слоем почвы, что в сумме с первой засыпкой составляло 30-35 см; после оседания корневая система саженцев находилась под слоем почвы в 15-20 см (И.И. Курындин и др., 1954).

Было отраднo прочитать в газете "Огород" (СПб., 2001) заметку любителя-садовода А. Рябенко "Яблони на холмах" по длительному выращиванию деревьев различными способами в пригороде Петербурга. Саженцы яблони выращивались тремя способами: обычный, ямы глубиной 1 м и площадью 1 x 1 м; на холмах высотой 0.5 м и площадью 1x1 м; на холмах высотой 1 м и площадью оснований 1 x 1 м. Результаты по продолжительности жизни деревьев были такими. В первом варианте при обычной посадке в ямы деревья прожили только 10-15; во втором варианте на небольших холмах - 15-20; в третьем варианте на больших холмах - деревья до сих пор хорошо плодоносят, прошло 25 лет.

Наши наблюдения за перезимовкой садов после суровых зим не только в северных районах (плодопитомники "Скреблово" и "Щеглово" Ленинградской области), но и в центральных районах России (хозяйства "Рязанские сады" и "Александр Невский" в Рязанской области, а также в

экспериментальном саду НИИ садоводства им. Мичурина, Тамбовская область) выявили следующую закономерность. На фоне благополучной перезимовки на ровной поверхности плодовые деревья в микропонижениях рельефа, составляющих всего лишь 15-20 см от окружающей ровной поверхности, были в сильной степени повреждены морозом и зимними СО. На наш взгляд причина этого явления та же, что когда-то усматривал А. Т. Болотов в Тульской губернии - плохой воздушный режим в почве. Практический вывод состоит в том, что как в северных районах, так и в средней полосе России надо сажать плодовые деревья не в ямы, а наоборот, на возвышениях.

В то же время холмы и валы имеют тот недостаток, что летом почва на них пересыхает. Наши исследования показали, что защиту от потери влаги на возвышенных частях рельефа можно легко обеспечить посредством их мульчирования полимерными пленками. Кроме того, для этих целей необходимо использовать мульчирующие пленки, уничтожающие сорняки. Пленочное мульчирование является современным способом содержания почвы при выращивании плодовых деревьев.

### **Пленочное мульчирование плодовых деревьев**

Как только в АФИ была применена в качестве мульчи светопрозрачная ацетилцеллюлозная пленка (Н.И. Макаревский, 1937) и обнаружен буйный рост под ней сорняков, стало очевидным, что она должна быть непрозрачна для света, чтобы подавлять сорняки. Тогда же была изготовлена черная пленка на основе нитроанилина, и было показано, что под такой мульчей сорняки не растут.

В послевоенные годы, когда начался крупнотоннажный выпуск полиэтиленовой пленки, для получения черной пленки стали использовать сажу. Работами АФИ (Л.И. Абросимова, И.Б. Ревут, 1967) было установлено, что для изготовления мульчирующей пленки, блокирующей прорастание сорняков, в нее надо вводить сажу в количестве 1-3 %. Изучение тепломелиоративного воздействия на почву мульчи из прозрачной и черной полиэтиленовой пленки проводилось многими сотрудниками АФИ, и результаты их исследований обобщены в фундаментальных работах "Расчет и регулирование теплового режима в открытом и защищенном грунте", Д.А. Куртнер и А. Ф. Чудновский, Гидрометеиздат, 1969; "Климатические факторы и тепловой режим в открытом и защищенном грунте", Д.А. Куртнер и И.Б. Усков, Гидрометеиздат, 1982.

Иногда на черной пленке тепловые повреждения растений носят массовый характер, особенно на юге. Учитывая, что подобная опасность существует, мною разработана мульчирующая полиэтиленовая пленка, в наполнении которой участвуют другие менее нагреваемые солнечными лучами пигменты; наша пленка имеет серебристый цвет. Товарный знак этой пленки «Stabilen®-mulch» свидетельство № 214133, она зарегистрирована в государственном реестре товарных знаков и знаков обслуживания РФ с приоритетом от 07.06.2002 г. в отношении товаров 17-го класса (пленки пластмассовые, а именно полимерные пленки для укрытия теплиц, парников и мульчирования почвы). Испытания показали, что по сравнению с черной пленкой солнечное нагревание самой пленки «Stabilen®-mulch» снижается на 15-17°C. Под ней сорняки уничтожаются, а ожоговая опасность ее для культурных растений, находящихся сверху, резко снижена. Уничтожение сорной растительности под мульч-пленкой происходит экологически чистым способом - лишением света, без которого ни одно растение существовать не может. Еще одно свойство присуще пленке «Stabilen®-mulch» - она проницаема для молекул кислорода и углекислого газа в результате диффузии через нее, т. е. корневая система замульчированных культурных растений "дышит".

Учитывая сказанное о вреде для плодовых деревьев застоя воды, пленочное мульчирование используется на насыпных возвышениях почвы в виде валов. Надо отметить, что мульчирование с применением пленки на садовых участках, в том числе при выращивании плодовых деревьев, раньше мною описано в отдельной книге (Котович, 1995). Охват наблюдений за почвой и плодовыми деревьями в этой работе занимал 10 лет, с 1985 по 1995 гг., в качестве мульчирующей пленки использовалась черная полиэтиленовая. В настоящей книге опытам и наблюдениям также посвящено 10 лет, с 1995 по 2005 гг., но вместо черной применялась серебристая мульчирующая пленка, свойства ее даны выше.

Как мы выяснили, в любительском плодоводстве наиболее приемлемой для ручного мульчирования является пленка шириной 90 см. Именно такая пленка получается при разрезке с двух сторон стандартного рукава пленки «Stabilen®-mulch». Рассмотрим пример устройства

почвенного вала, его мульчирования указанной пленкой, посадки саженцев, выращивания деревьев.

На [рис. 37](#) показан насыпной почвенный вал, замульчированный четырьмя одинарными полотнами шириной по 90 см, полученными при разрезке по рукавным складкам двух кусков пленки «Stabilen®-mulch». Первоначальная длина вала – 4 м, предназначен для выращивания одной яблони на карликовом подвое, длина мульчирующей пленки – 5 м (с учетом мульчирования торцов холма с двух сторон). Поперечные размеры вала: верхняя часть – 160, у основания – 200 см; с двух сторон холма имеются борозды шириной 50, которые выстланы любой пленкой и засыпаны на 5 см опилками или песком. Почва для вала берется из верхних горизонтов на садовом участке при поделке борозд, дополнительно доставляется торф и перегной.

Применено оригинальное крепление полотен мульчирующей пленки на откосах вала. В увеличенном виде оно показано на [рис. 38](#). Почва, взятая на верху вала, закатывается в мульчирующую пленку, образуя валик, который вдавливаются вблизи откоса. Как делается валик, видно из вспомогательного [рис. 39](#). В результате земляными валиками с обеих сторон крепятся полотна верхних мульчирующих пленок и одновременно закрепляются откосы вала.

Для посадки саженца в месте стыковки верхних мульчирующих полотен пленки производится их сворачивание от центра к откосам вала. По центру вала высаживается саженец и устанавливается к нему опора ([рис. 40](#)).

После этого полотна пленки, мульчирующие верхнюю часть вала, возвращаются в прежнее положение, но с прорезями для штамбика саженца и его опоры, что наглядно видно из [рис.41](#). Для окончательного завершения данной операции требуется закрепление наружной мульчирующей пленки внахлест от сдувания ветром.

Используются скобы из оцинкованной стали, диаметром проволоки 2-3 мм; их ширина - 4-5 см, длина- 15-20 см; чтобы не ржавели в почве, концы их обмакиваются в масляную или нитрокраску. Для "мягкого" удерживания краев пленок в нахлестке применяют грузы весом 1-1.5 кг, например пленочные пакеты с насыпанной почвой.

Следует также отметить, что в первый год использования пленочной мульчи при посадке саженцев плодовых деревьев нет необходимости готовить вал на всю проектную длину 4 м, можно ограничиться квадратом 1.6x1.6 м, что показано на [рис 42](#). Укажем, что к этому снимку саженца мы по разным причинам будем неоднократно возвращаться.

Легкое раскрытие и закрытие мульчирующей пленки является важным условием применения этого приема при выращивании плодовых деревьев. Прежде всего встает проблема, как собирать и как утилизировать опавшие листья осенью? При нашем способе мульчирующая пленка открывается на почве перед осенним листопадом; дополнительно складываются на открытые части почвы разлетевшиеся листья. После окончания листопада подсыпаются минеральные удобрения (без азота) и закрываются мульчирующей пленкой; так почва уходит в зиму.

Проследим, что же происходит с открытой и замульчированной пленкой почвой зимой. Наибольшие различия наблюдаются в начале зимы при отсутствии снегового покрова. Так, 22-24 ноября 1966 г. на поверхности открытой почвы в саду температура составляла -18.0...-19.5, под мульчей из черной полиэтиленовой пленки только -3.5...-4.5°С. Из фотоснимка ([рис. 43](#)) видно, что явилось причиной столь больших различий в температуре, а именно: намерзание конденсата влаги между пленкой и поверхностью почвы; в эту зону шел непрерывный поток влаги из более глубоких талых горизонтов. По данным Г.Г. Годун и О.Д. Рожанской (1957) на валах в саду в пригородном хозяйстве "Лесное" под Петербургом к промерзающему поверхностному слою почвы из ее глубины за зиму поступает более 100 мм воды.

Повышенная температура и влажность почвы летом, рыхлое ее состояние под мульчирующей пленкой способствуют активному развитию микроорганизмов, от жизнедеятельности которых во многом зависит обеспеченность плодовых деревьев элементами питания, в частности азотом. В процессе нитрофикации под пленочной мульчей повышается содержание азота, который не вымывается из верхних корнеобитаемых слоев почвы, как на открытой почве под кронами деревьев.

Одним из основных преимуществ мульчирования почвы темными пленками является отказ от перекопки почвы под кронами плодовых деревьев. Действительно, пленочное мульчирование уничтожает сорняки, улучшает водный, температурный и пищевой режимы почвы. В этом случае зачем делать трудоемкую и неудобную работу по перекопке почвы под кронами, тем более вызывающую повреждения мелких всасывающих корней?

Мой 23-летний опыт показал, что плодовые деревья хорошо плодоносят без перекопки почвы, но при наличии пленочной мульчи; вначале в наших опытах мульчирующая пленка была черной, а затем стала применяться серебристая пленка «Stabilen®-mulch». Внесение удобрений на замульчированную пленкой почву применяется только тогда, когда прирост однолетних побегов на верху кроны снижается до 20 см. Верхняя часть вала открывается и на его поверхность раскладываются органические удобрения с добавлением минеральных, причем без заделки в почву. Под пленочной мульчей наблюдается активная микробиологическая деятельность, в большом количестве размножаются дождевые черви, которые очень быстро "перерабатывают" вносимые удобрения до форм, усвояемых корнями деревьев.

### **Защита от СО со времени посадки саженцев**

**Защита от опоры.** В современных пособиях и учебниках по плодоводству не уделяется должного внимания защитной функции опоры для саженцев и молодых деревьев. Странное название опоры - кол - звучит непонятно и не раскрывает защитную сущность опоры.

Наш опыт показал, что в этом качестве для саженцев и молодых деревьев надо использовать стандартный штакетник прямоугольной формы сечением 2.5x5.0 см и длиной 1.5 и 2.0 м. Саженцы находятся с северной стороны штакетника на расстоянии 1-3 см (см. [рис. 42](#)). Такая опора хорошо защищает как саженцы, так и молодые деревья от солнечных прямых, рассеянных и отраженных лучей, поступающих с южной стороны. Опора снимается через 5-6 лет.

**Посадка саженцев.** Лучшее время для этого - начало осени, в сентябре. В этом случае саженцы до холодов приживаются, тем более, если имеют закрытую корневую систему (выращены в контейнерах). Саженцы с листьями (последние не обрываются) высаживаются на почву, замульчированную пленкой, подавляющей сорняки и сохраняющей высокую влажность почвы. Для посадки верхняя часть почвы открывается путем заворачивания к откосам двух верхних мульчирующих полотен пленки и в центре выкапывается ямка по размеру корней, куда опускается и затем засыпается корневая система саженца. С южной стороны вбивается опора на глубину 40-50 см. После посадки саженца и установки опоры верхние полотна мульчирующей пленки на почве возвращаются на прежнее место, на их нахлест помещаются грузы, пленочные пакеты с почвой или песком, они эластичные, не повреждают пленку и хорошо крепят стыковку полотен, о чем сказано выше.

Временная осенняя глубокая прикопка саженцев не рекомендуется, так как она способствует повреждению штабиков в средней их части из-за подтока влаги под влиянием градиента температуры и замерзания ее на уровне почвы. Образуется кольцевое повреждение коры с последующим отмиранием средней части штабика саженца.

Однако одна опора с южной стороны не является полной защитой от морозов и зимних СО саженцев и молодых деревьев. Но опора, особенно для посаженных однолетних саженцев, позволяет применить защиту их от сильных морозов начала и середины зимы. Защита достигается обвязкой саженца "вместе с опорой" фольгопластом, представляющим собой полосы из вспененного полиэтилена с закрытыми порами и с наклеенной на одну их сторону алюминиевой фольгой. В современных условиях фольгопласт является лучшим теплоизолирующим материалом не только из-за низкой теплопроводности вспененного полиэтилена, но и за счет защиты от потерь тепла излучением в связи с наличием на поверхности его алюминиевой фольги. Особенность применения фольгопласта на деревьях заключается в том, что обвязка не должна быть герметичной, чтобы не накапливался конденсат влаги; сверху и с северной стороны обвязка на саженцах должна быть полуоткрытой.

Сравнительное изучение температурного режима молодых деревьев яблони при различной зимней защите, проведенной на МОС АФИ с дистанционной автоматической записью температуры в начале марта зимой 1975/76 гг., показало следующую максимальную днем и минимальную ночью температуру тканей растений:

- открытые штамбы, диаметр - 2.3-2.7 см, днем - +10.. +14, ночью температура составила - 22°C;
- побелка ВС-511, диаметр штабиков тот же, днем - +4.. +5, ночью - та же -22°C;
- обвязка фольгопластом толщиной 5 мм вместе с опорой, диаметр штабика тот же, температура днем -1...+1, ночью составила -15°C.

Из представленных данных следует, что комплексная защита днем от солнечного нагревания и

ночью от сильных морозов в ранний весенний период присуща обвязке штамбов фольгопластом. Обвязка снимается с саженцев, когда минимальная температура воздуха ночью не опускается ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ .

**Первый вегетационный период и формирование саженцев.** В течение всего вегетационного периода саженцы растут свободно за опорой из побеленного штакетника. Они формируются таким образом, чтобы получить высокие штамбы до 1.2-1.4 м и вынести наиболее чувствительные к морозу развилки скелетных ветвей повыше из приснежной зоны, где наблюдаются наиболее сильные ночные морозы зимой. Какие они и как воздействуют на ткани плодовых деревьев на различной высоте, можно судить по данным за ряд неблагоприятных зим по метеостанции "Николаевское" (табл. 18).

Таблица 18

**Минимальная температура ( $^{\circ}\text{C}$ ) воздуха на высоте 2 м и на поверхности снегового покрова, метеостанция "Николаевское" Лужского района Ленинградской области**

Годы и даты	Воздух 2 м на высоте	Поверхность снега	Разность температур
Зима 1939/40 гг.:			
16.01.40 г.	-39.9	-45.0	5.1
19.01.40 г.	-31.3	-38.2	6.9
08.02.40 г.	-24.2	-33.6	9.4
Зима 1955/56 гг.:			
6.02.56 г.	-37.4	-43.5	6.1
8.02.56 г.	-37.5	-43.9	6.4
Зима 1978/79 гг.:			
30.12.78 г.	-40.5	-46.6	6.1
31.12.78 г.	-38.0	-43.0	5.0
15.02.79 г.	-34.3	-42.0	7.7

По многолетним метеорологическим данным примерно такое же различие между температурами воздуха и поверхности снегового покрова наблюдается в средней полосе России (Рязанская область), Среднем Поволжье (Самарская область) и на Дальнем Востоке (Хабаровский край).

Согласно литературе по садоводству рекомендуемая высота штамбов у плодовых деревьев составляет 0.4-0.5 м и там же расположены развилки скелетных ветвей. По существу это высота поверхности снегового покрова, на которой, как следует из табл. 18, наблюдаются наиболее сильные зимние морозы. Вблизи поверхности снегового покрова возникают как тепловые, так и световые зимние СО.

После суровой и многоснежной зимы 1939/40 гг. у многих ученых по садоводству сложилось мнение, затем перешедшее в рекомендации и справочники, что наиболее зимостойкими являются низкоштамбовые кроны плодовых деревьев (Александров, 1946). Действительно, в вышеуказанную зиму высота снегового покрова достигала 1-1.5 м, и развилки скелетных ветвей низкоштамбовых деревьев были теплоизолированы снегом от наиболее сильных морозов, а у высокоштамбовых деревьев развилки оказались на поверхности снегового покрова, сильно повредились морозами. Чаще всего суровые зимы наблюдаются при обычной высоте снегового покрова, и в этом случае деревья погибают от повреждения развилки скелетных ветвей на уровне снега 0.4-0.5 м. В современных условиях, когда имеется прекрасный теплоизолирующий материал фольгопласт, бояться высоких штамбов не следует.

Для получения высокого штамба у посаженного саженца весной срезаются все боковые ветви, выщипываются боковые почки на главном побеге, а на его верхушке оставляются две хорошо развитые почки, и из них вертикально растут побеги. В июне более слабый из них срезается, и к осени вырастает один побег, обычно не превышающий высоту опоры. В ноябре саженец вместе с опорой укрывается фольгопластом, за исключением зазора в верхней части обвязки и с северной стороны для ликвидации конденсата влаги.

Во второй вегетационный период продолжается формирование высокого штамба плодового дерева. Для этого все боковые ответвления на штамбике саженца срезают для форсирования роста его в высоту. По достижении верха опоры и отступя еще 15-20 см побег продолжения опять

срезают для получения первого яруса скелетных ветвей (см. рис. 42).

Формирование кроны выше опоры проходит по обычной системе с образованием пяти скелетных ветвей (три в первом и две во втором ярусе) или применяют другой тип формирования кроны, например, "французскую ось".

На высоком штамбе можно создать невымерзающую крону плодового дерева. Вначале выращивается штамб из морозостойкого подвоя, например, сеянца сорта Ранетка Пурпурная. На двухлетнем сеянце на высоте 1,2 м прививается вставка из карликового подвоя длиной 0,2 м, на которой (а это высота 1,4 м) прививается культурный сорт и формируется крона по типу "французской оси". Естественно, штамб такого дерева не потребует никакой дополнительной защиты от морозов и зимних СО, а на крону сорта выше 1,4 м наносится состав для предохранения от солнечных ожогов.

Плодовые деревья на садовом участке должны быть эстетически привлекательными. Классический вид плодового дерева - ровный высокий штамб, от которого отходят скелетные ветви, образующую крону. Важно, на какой высоте от штамба отходит первая скелетная ветвь. В предыдущих разделах указывалось, что менее всего ткани морозостойки в развилках скелетных ветвей со стволом - чем ближе они к поверхности снега зимой, тем повреждения их опаснее для плодовых деревьев. Поэтому в России, да и в любых других климатических районах, где зимние морозы превышают морозостойкость тканей плодовых культур, высокие штамбы предпочтительны. Взрослые плодовые деревья, перенесшие множество суровых и ожоговых зим в старых помещичьих садах в "Чабаевке" и "Скреблво", были с высокими штамбами, на зиму защищавшимися обвязкой из камыша, елового лапика. В современных условиях лучше обвязка фольгопластом.

### **Физические свойства плодовых деревьев и их солнечное нагревание**

Влияние массивности частей деревьев на величину их солнечного нагревания достаточно полно отражено в предыдущем изложении. Поэтому мы не будем затрагивать этот вопрос как уже известный и перейдем к влиянию солнечной радиации на температуру разных частей плодовых деревьев в зависимости от их физических свойств и некоторых внешних условий.

Расчеты по компьютерной программе проведем в климатических условиях региона Петербурга на 1 марта для вертикальных штамбов яблони диаметром 1 и 10 см, скорости ветра 1 м/с и при температуре воздуха 0°C (чтобы избежать влияния выделения и поглощения тепла при фазовых переходах воды в лед и, наоборот, льда в воду).

1. Влияние отражательной способности поверхности почвы (ее альбедо), которая изменяется от 80% при наличии снежного покрова и до 20% на открытой почве, на солнечное нагревание штамбов различного диаметра:

альбедо поверхности почвенного покрова, %	80	60	40	20
температура на солнечной стороне штамбов, °С:				
диаметр 1 см	9.9	9.3	8.7	8.0
"- 10 см	32.7	30.7	28.5	26.5

Представленная зависимость показывает, что при высоком альбедо почвенного покрова наблюдается наиболее значительное солнечное нагревание штамбов, особенно взрослых деревьев. Так, снижение альбедо снежного покрова с 80 до 20% понизило солнечное нагревание штамба диаметром 10 см на 6,2°C. Тем не менее способ искусственного чернения снега перед плодовыми деревьями является недостаточно эффективным по сравнению с другими приемами, которые рассматриваются ниже.



2. Влияние затенения от солнца штамбов деревьев с помощью непрозрачной опоры. Внешние метеорологические условия остаются прежними:

поступление прямых солнечных лучей, %	50	20	0
температура штамбов, °С:			
диаметр 1 см	8.7	6.7	1.2
"- 10 см	30.0	22.3	4.6

Из представленных данных видно, что опора, непроницаемая к прямому солнцу, в значительной степени снижает дневное нагревание штамбов. Но даже за совершенно непрозрачными опорами наблюдается некоторое нагревание штамбов, связанное с тем, что они узкие и устанавливаются на некотором расстоянии от дерева. Только тонкие саженцы за опорой из штакетника (толщиной 2.5 и шириной 5 см) не облучаются прямыми солнечными лучами.

3. Влияние скорости ветра на солнечное нагревание различных по диаметру штамбов в тех же внешних условиях, что и выше:

скорость ветра, м/с	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0
температура штамбов, °С:						
диаметр 1 см	11.6	9.4	7.1	5.3	4.6	3.3
"- 10 см	35.9	26.8	19.3	15.7	12.0	10.0

Мы видим, что участки, хорошо защищенные со всех сторон от ветра, в зимний период создают наиболее благоприятные условия для солнечного нагревания штамбов плодовых деревьев и образования на них зимних СО. К этому еще нужно добавить, что на участках, наглухо защищенных от ветра, развиваются наиболее сильные морозы зимой и заморозки весной и осенью. Не надо создавать такие участки, они опасны.

4. Влияние теплопроводности тканей штамбов плодовых деревьев, определяющих поток тепла с солнечной нагретой стороны на теневую холодную:

теплопроводность штамбов в поперечном направлении, Вт/(м·К):	0.25	0.35	0.45	0.55
температура штамбов, °С:				
диаметр 1 см	11.2	9.7	8.9	8.0
"- 10 см	35.0	32.7	32.1	31.0

Теплопроводность тканей стволов деревьев зависит от содержания в них влаги. Подсушка в конце зимы за счет кутикулярной транспирации способствует некоторому увеличению нагревания на солнечной стороне деревьев из-за снижения теплопроводности тканей.

5. Влияние величины альbedo (отражательной способности) коры плодового дерева по отношению к солнечной радиации. Изменение альbedo коры дерева осуществляется побелкой. Внешние условия такие же, как и в перечисленных выше случаях; напомним, что температура окружающего воздуха принималась равной 0°С. Посредством расчетов на нашей компьютерной программе оценим влияние "белизны" побелки на солнечное нагревание штамбов плодовых деревьев:

альbedo поверхности коры дерева, доли единицы	0.2 (без побелки)	0.4 (обмазка глиной)	0.6 (старая побелка ВС-511)	0.8 (новая побелка ВС-511)
температура солнечной стороны штамба °С:				
диаметр 1 см	9.8	7.2	4.3	1.5
"- 10 см	32.7	24.0	14.5	5.0

Из представленных выше данных вытекают следующие выводы:

1. Опорные приспособления для саженцев и молодых плодовых деревьев в виде стандартного штакетника (сечение 2.5 x 5.0 см) является наиболее эффективным средством для защиты молодых деревьев от всех видов СО.

2. Повышение отражательной способности поверхности коры, или ее альbedo, является наиболее эффективным способом защиты плодовых деревьев от солнечного нагревания, в частности штамбов взрослых деревьев; штамбики молодых деревьев солнечной радиацией нагреваются мало и побелка их является менее значимой.

В связи со сделанными выше выводами рассмотрим побелку плодовых деревьев более подробно.

### Побелка

Побелка - это старинный прием, его упоминает еще Гепперт (Geppert, 1830) как уже о давно известном способе защиты плодовых деревьев от СО. Надо полагать, что прообразом побелки плодовых деревьев были белые стволы березы, которые никогда не повреждаются СО. Как уже указывалось выше, береза не повреждается ими не потому, что стволы ее белые, а потому, что эта культура абсолютно морозостойкая. Тем не менее можно поставить знак равенства между белыми стволами березы и побеленными плодовыми деревьями.

Мне в числе первых удалось применить поливинилацетатную (ПВА) дисперсию (ранее эмульсию) в побелочных составах для получения долговечных белых покрытий на плодовых деревьях. Дело в том, что водная дисперсия ПВА, однажды высохнув, создает покрытие, которое в результате полимеризации становится нерастворимым в воде. Белое покрытие на деревьях, нанесенное и высохшее осенью, сохраняется всю зиму до лета, несмотря на оттепели и зимне-весенние дожди. Когда о своем опыте я сообщил проф. Н.Г. Жучкову, он, назвав меня по имени, сказал: "За это Вас никогда не забудут садоводы".

В табл. 19 приведены данные из первой моей публикации по этому вопросу (Котович, 1964).

Таблица 19

#### Температура стволов яблони (диаметр 10-11 см) в ясные дни зимне-весеннего периода при различных видах защиты от солнечного нагревания (совхоз "Ручьи" Ленинградской области, 1961 г.)

Вариант защиты	Температура поверхности коры на южной стороне, °С		
	25.03 14 ч.	03.04 16 ч.	11.04 15 ч.
Контроль, без защиты	10.1	18.0	23.6
Побелка: мел + 50 % глины + + 10 % коровяка	6.8	12.2	17.3
Побелка: мел+10% дисперсии ПВА	3.0	7.1	12.6
Температура воздуха, °С	-0.6	1.4	1.5

Из приведенных в таблице образцов побелки, нанесенных на штамбы яблони в середине марта 1961 г., видно, что через 2 недели обычная побелка с мелом, известью и добавлением коровяка потускнела и в значительной степени разрушилась; защитная эффективность ее от солнечного нагревания тканей деревьев существенно снизилась. Побелка на основе дисперсии ПВА сохранила высокую отражательную способность в отношении лучистого солнечного нагревания плодовых деревьев. Так, 25.03.1961 г. контрольные штамбы яблони без побелки нагрелись солнцем до 10.1; при обычной побелке - до 6.8; при побелке с дисперсией ПВА - только

до 3.0°C; температура воздуха была отрицательной -0.6°C.

Также в 1964 г. в Израиле была опубликована работа по применению водных дисперсий ПВА в побелочных составах для защиты штамбов персиковых деревьев от солнечных перегревов (S. Lovee et all. Israel Youm agric. reseach. 1964. Vol. 14, 2. P. 55-64). Измерение температуры деревьев проводилось в феврале - апреле 1958 и 1959 гг. и было показано положительное влияние дисперсии ПВА на стойкость побелки.

В результате совместных исследований АФИ и ГИПИ Лакокрасочной промышленности СССР для защиты от зимних и летних СО была разработана специальная марка воднодисперсионной краски ВС-511 и получено на ее состав авторское свидетельство СССР № 290741 от 18.10.1970 г., авторы И.Н. Котович, З.И. Эффель и М.Д. Гордонов. Эта работа была рассмотрена и одобрена Госкомиссией по химическим средствам и Научно-техническим советом МСХ СССР 02.10.1973 г., "Инструкция по применению садозащитной водоземulsionной краски ВС-511", М., 1974. Промышленное производство краски ВС-511 осуществлялось Ленинградским объединением "Лакокраска". Было произведено более 3 тыс. т краски ВС-511, которая по разрядке Главного управления садоводства МСХ направлялась в различные зоны плодоводства СССР. На [рис. 44](#) показан сад хозяйства "Новый мир" Ленинградской области, побеленный краской ВС-511.

В настоящее время водно-дисперсионная краска для защиты плодовых деревьев от СО изготавливается множеством мелких производств. На этикетках банок с краской печатается информация по ее применению. Чтобы привлечь покупателей, на них перечисляются практически все болезни, которые бывают у всех видов плодовых деревьев во всех зонах плодоводства мира. Садоводы должны знать, что побелка штамбов никак не может распространяться на защиту от болезней листьев плодовых деревьев в летний период. Побелка защищает только от солнечного нагревания деревьев.

Необходимо еще отметить, что прочность и долговечность водно-дисперсионной краски - побелки в сильной степени зависит от температуры, при которой она высыхает и полимеризуется. Наиболее благоприятная температура для этих процессов от +10 до +15 °С. В любительском садоводстве побелку деревьев водно-дисперсионной краской надо проводить уже в сентябре и не позднее октября в сухие солнечные дни, тогда красочное покрытие на деревьях будет значительно дольше сохраняться.

В связи с тем, что зимние СО образуются только на южной, юго-западной и юго-восточной сторонах, проф. Н.Г. Жучков (1954) рекомендует белить не весь штамб вокруг, а лишь указанные выше стороны. В результате достигается цель - защита от зимних СО, но значительно уменьшается трудоемкость побелки (она осуществляется при одном подходе к дереву с южной стороны) и уменьшается расход краски. Более того, наши исследования показали, что побелка штамбов плодовых деревьев вокруг вредна: она снижает утолщение штамбов и отодвигает плодоношение. Для защиты от СО достаточно белить только южную сторону, от линии запада до линии востока.

### **Зимние световые СО, защита составами синего цвета**

Побелка с помощью ВС-511 и других белых водно-дисперсионных красок существенно снижает солнечное нагревание взрослых частей плодовых деревьев, покрытых коркой с низким однотонным отражением, составляющим 18 %, кривая 2. В то же время молодые деревья (кривая 1) и части кроны имеют четко выраженное спектральное отражение, что видно из графиков на [рис. 45](#). В области инфракрасного солнечного излучения поверхностные ткани коры молодых частей плодовых деревьев отражают до 70 % поступающих лучей в диапазоне 700-1300 нм. Поэтому побелка мало сказывается на снижении солнечного нагревания тонких молодых деревьев. Они должны иным способом защищаться от световых СО, вызываемых интенсивными солнечными лучами при отрицательных и небольших положительных температурах тканей, о чем говорится ниже.

**Температура поверхности разновозрастных штамбов яблони в некоторых географических пунктах на 15-е число месяца на высоте 0.5 м без побелки (альbedo коры 0.15) и с побелкой краской ВС-511 (альbedo коры 0.8)**

Показатели	Декабрь	Январь	Февраль	Март
<b>60° с.ш., Санкт-Петербург</b>				
Температура воздуха, °С	-15.6	-17.6	-14.9	-8.0
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	468	598	905	1035
Скорость ветра, м/с	1.5	1.5	1.5	1.6
Температура штамбов, °С:				
Диаметр 10 см, контроль/краска	-9.1/-15.0	-8.7/-16.7	<u>0.3</u> /-12.8	<u>8.5</u> /-5.6
"-1 см, контроль/краска	-15.2/-15.5	-15.6/-17.4	-11.6/-14.6	-4.2/-7.5
Температура ночью, °С	-21	-24	-23	-18
<b>49° с.ш., Хабаровск</b>				
Температура воздуха, °С	-23.9	-26.5	-21.9	-14.2
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	1043	1021	1081	1032
Скорость ветра, м/с	2.0	1.7	1.8	2.0
Температура штамбов, °С:				
Диаметр 10 см, контроль/краска	-9.9/-21.7	-10.3/-23.8	-4.8/-18.7	<u>1.2</u> /-11.7
"-1 см, контроль/краска	-21.0/-23.4	-22.8/-25.9	-17.7/-20.9	-10.5/-13.6
Температура ночью, °С	-31	-34	-31	-24
<b>41° с.ш., Ташкент</b>				
Температура воздуха, °С	-0.6	-4.9	-0.3	6.0
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	1051	1064	1025	935
Скорость ветра, м/с	1.0	1.0	1.2	1.5
Температура штамбов, °С:				
Диаметр 10 см, контроль/краска	<u>24.2/2.8</u>	<u>20.0</u> /-1.4	<u>21.5/2.8</u>	<u>25.8/7.9</u>
"-1 см, контроль/краска	<u>3.8</u> /-0.1	-0.3/-4.3	<u>4.0/0.4</u>	<u>9.8/6.5</u>
Температура ночью, °С	-12	-16	-12	-7

- Расчеты выполнены по многолетним метеорологическим данным "Справочника по климату СССР", Л.: Гидрометеоиздат, 1966. Жирным шрифтом выделена температура выше 0°С

- Температура воздуха днем по месяцам определена как разность между средним минимумом температуры воздуха ночью и средней амплитудой температуры воздуха при ясном небе.

- Суммарная солнечная радиация приведена на вертикальную поверхность.

- Минимальная температура воздуха ночью означает средний из абсолютных минимумов для данного пункта.

Какие складываются условия для возникновения зимних тепловых и световых СО наиболее объективно можно выяснить с учетом различных климатических условий путем расчетов солнечного нагревания и освещения плодовых деревьев по нашей компьютерной программе (табл. 20).

Из данных таблицы можно сделать следующие выводы:

1. Ткани на южной стороне контрольных (без побелки) достаточно массивных штамбов плодовых деревьев диаметров 10 см, покрытых непроницаемой для света коркой, в ясные дни зимнего периода подвергаются солнечному нагреванию до положительных температур, начиная с 49°с.ш. и до Ташкента.

2. Побелка краской ВС-511 предохраняет штамбы взрослых плодовых деревьев от зимних тепловых СО, связанных с многократным дневным оттаиванием под влиянием солнечного излучения днем и последующим многократным ночным замерзанием во всех указанных в таблице пунктах, в Ташкенте - только в январе.

3. Тонкие саженцы и молодые деревца диаметром 1 см, покрытые тонкой светопроницаемой пробковой тканью, можно считать, что пленкой, как без побелки, так и с ней в ясные дни под влиянием солнечных лучей не оттаивают во всех рассматриваемых географических пунктах, в Ташкенте - только в январе; это связано с небольшой массивностью тонких частей деревьев, о чем подробно объяснено в предыдущих разделах. Но в связи с высокой светопроницаемостью тонких пробковых тканей эти части плодовых деревьев длительное время облучаются интенсивным солнечным светом при отрицательных и низких положительных дневных температурах тканей феллодермы, содержащей хлорофилл; возникают зимние световые СО, прежде всего, на Дальнем Востоке, в Поволжье, на Северо-Западе, в меньшей степени - на крайнем юге, в Ташкенте.

Увеличенное содержание антоцианов в коре оказывает положительное влияние на морозостойкость плодовых культур, что обнаружено Д.Ф. Проценко (1958). М.А. Соловьева и Х.Н. Починок (1981) предложили быстрый и надежный метод определения морозостойкости культуры яблони и прогнозирования степени подготовки деревьев к зиме по содержанию в коре антоцианов. Для этого навеску коры побегов 0.2 г измельчают, заливают 10 мл 0.1 N раствора соляной кислоты и настаивают в течение 2 ч. Интенсивность окраски раствора определяют на ФЭК-56 при длине волны 490 нм и ширине кюветы 0.5 см по известным формулам, прилагаемым к указанному фотоколориметру.

Так, в наших исследованиях оптическая плотность вытяжек составила, условные единицы:

- яблоня, сорт Папировка: естественная кора - 45; окраска белой ВС-511 - 7; окраска синим составом - 65;

- яблоня, сорт Осеннее полосатое: естественная кора - 77; окраска белой ВС-511 - 9; окраска синим составом - 90.

Таким образом, из приведенных данных следует, что окраска синим составом не только увеличила синтез антоцианов в коре плодовых деревьев относительно белого состава (краска ВС-511), но и относительно варианта естественная кора. Синие краски состояются на основе пигмента ультрамарин (синька) на клее ПВА. Осеннее облучение лампами ДРЛ побегов яблони также увеличило синтез антоцианов в коре на 20 %.

На рис. 46 на деревьях яблони в естественных условиях в саду показано влияние обвязок части однолетних побегов цветной полиэтиленовой пленкой на образование антоцианов: под обвязкой из синей пленки, пропускающей фиолетово-синий свет и не пропускающей желто-красный, антоцианы образовались; под обвязкой из оранжевой пленки, наоборот, задерживающей фиолетово-синее излучение и пропускающей желто-красное излучение, антоцианы не образовались.

Рис. 47 свидетельствует, что под предлагаемым синим составом для предохранения от световых СО на саженцах и молодых деревцах возникли активные природные защитные вещества - антоцианы. Под белой краской ВС-511 антоцианы отсутствуют; случайные повреждения белого покрытия на саженцах и молодых деревцах приводят к образованию сильных зимних световых СО. Краской ВС-511 должны защищаться взрослые плодовые деревья в возрасте от 5 лет и старше; синей краской - саженцы и молодые деревца до 5-летнего возраста. В первом случае на взрослых плодовых деревьях образуются зимние тепловые СО; во втором - на саженцах и молодых деревцах образуются зимние световые СО.

## Фольгопласт - наиболее перспективный материал для зимней обвязки штамбов плодовых деревьев

Выше мы уже не раз обращались к этому материалу. Необходимо более подробно ознакомиться с его свойствами.

Фольгопласт представляет собой рулонный материал шириной 1 м и толщиной 3-5 мм. Основа его - вспененный полиэтилен и, что очень важно, с закрытыми микропорами, поэтому он не впитывает и не накапливает влагу. На одну сторону вспененного полиэтилена приклеивается алюминиевая фольга. В результате материал, во-первых, становится непрозрачным для солнечной радиации, во-вторых, приобретает высокую отражательную способность и удерживает тепло от лучистого выхолаживания. При обвязке плодовых деревьев фольгопласт находится в работе с ноября по март, а в теплые месяцы года он должен храниться в темном помещении, тогда его можно использовать в течение 4-5 лет.

Обвязка производится на высоту штамба. Самое важное при обвязке этим материалом штамбов плодовых деревьев - избегать герметичности. Верхнюю часть фольгопласта нельзя плотно привязывать к штамбу, должен быть воздухообмен по вертикали. Фольгопласт защищает от зимних СО, если на взрослом дереве полосу его привязывают с юга; с северной стороны в обвязке фольгопластом должен быть зазор 5-7 мм (см. рисунок на обложке).

Лучшее время обвязки штамбов плодовых деревьев фольгопластом - ноябрь, но можно проводить ее и в декабре, и в январе. Надо ориентироваться на прогноз погоды, и если предполагаются сильные морозы, надо сделать обвязку штамбов фольгопластом до их наступления.

Влияние обвязки фольгопластом на температуру тканей штамбов яблони отражено в табл. 21.

Таблица 21

### Минимальная температура штамбов яблони диаметром 7 см при зимней обвязке фольгопластом

Дата	Температура открытого штамба на поверхности снега, °С	Температура аналогичного штамба на поверхности снега с обвязкой фольгопластом, °С	Эффект защиты Δ, °С
25.01.2000 г.	-31.0	-24.6	6.4
01.01.2002 г.	-29.0	-24.0	5.0
20.01.2002 г.	-34.0	-27.8	6.2
02.02.2002 г.	-30.5	-25.0	5.5

Из таблицы следует, что в самом уязвимом месте - на уровне снеговой поверхности - температура штамбов молодых деревьев существенно выше на 5-7°С под обвязкой из фольгопласта по сравнению с открытыми штамбами. Объясняется это тем, что фольгопласт значительно снижает радиационные теплотери штамба ночью. Теплозащитная эффективность данного приема очень высокая.

Сказанное относится к Северо-Западному климатическому региону. В более южных, холодных районах, например на Дальнем Востоке, обвязка штамбов плодовых деревьев фольгопластом должна проводиться не позднее октября.

При снятии обвязки не надо пытаться отклеить крепящий скотч от фольги, так как последняя может разорваться. Если где-нибудь повредилась алюминиевая поверхность, ремонт производится скотчем по основе алюминиевой фольги.

Нельзя опаздывать со снятием с деревьев фольгопласта; он должен быть снят во время снеготаяния или сразу после него.

## Использование тепла почвы в зимний период

Зимой огромные запасы тепла находятся в почве. Использование его в наших исследованиях осуществлялось с помощью укрытия нетканым материалом низкорослых (стелющихся) крон плодовых деревьев. Их теплозащита в начале и середине зимы в северных районах (при низком солнце) объясняется тем, что конденсат влаги на внутренней стороне в укрытиях накапливается в виде рыхлой изморози до 3-4 см и служит теплоизолятором до выпадения снега. После его появления теплозащита укрытий еще более возрастает, происходит нарастание потока тепла из глубоких слоев почвы. Использовался нетканый материал с высокой поверхностной плотностью.

За 40-летний период с 1965 по 2005 гг. в декабре, январе и феврале в петербургском климатическом регионе внутри укрытий (первоначально под специальной светоотражающей полиэтиленовой пленкой, а в дальнейшем под указанным нетканым материалом) температура воздуха и тканей плодовых деревьев не опускалась ниже  $-19^{\circ}\text{C}$ , в то время как на поверхности снегового покрова она была  $-45.. -48^{\circ}\text{C}$ . Внешний вид зимних укрытий над стелющимися плодовыми деревьями приведен на [рис. 48](#).

Чтобы избежать образования тепличного эффекта в солнечные дни ранней весны и пробуждения растений, зимние укрытия над плодовыми деревьями частично открываются уже в первой декаде марта под Петербургом и в Ленинградской области ([рис. 49](#)).

Стелющиеся деревья, зимовавшие под защитными матерчатými укрытиями, не имеют первичных морозных повреждений, поэтому открытые весной они не подвергаются как тепловым, так и световым СО. Подтверждается отстаиваемое нами положение: если у плодовых деревьев нет морозных повреждений в начале и середине зимы, то они без вреда переносят резкие колебания температуры и воздействие фиолетово-синим светом в конце зимы - начале весны. Этот вывод подтверждается 40-летним опытом применения укрытий над стелющимися плодовыми деревьями в зимний период.

Верхние отверстия не сказываются на защите растений от заморозков, а служат для залета пчел и других насекомых для опыления цветков.

Естественно, указанный способ защиты от морозов и зимних СО при помощи матерчатых укрытий приемлем не для всех зон плодоводства России. Кроме Ленинградской области, указанные климатические условия для применения зимних укрытий на стелющихся плодовых культурах складываются в Вологодской, Кировской, частично Архангельской областях, в Пермском крае, Карелии и в некоторых других климатических районах вблизи 60-й параллели.

Прежде всего отмечу, что данный способ интересен лишь для страстных садоводов-любителей. Это же необычно, без всякого дополнительного технического обогрева, используя элементарные укрытия, в северных условиях можно выращивать южные культуры и получать плоды, по внешнему виду и вкусовым качествам не уступающие обычному району их разведения - югу.

Параметры зимних укрытий, их высота и ширина, определяются шириной применяемых матерчатых укрывных материалов. В настоящее время предпочтение отдается нетканому полипропиленовому пористому материалу с удельной плотностью  $60 \text{ г/м}^2$  и шириной полотна 3.2 м. Наиболее подходящей для данного материала является высота укрытия 0.85, ширина - 1.7, длина - 5-15 м. По продольной оси укрытия вбиваются деревянные колышки на глубину 0.3-0.4 м с шагом 1 м; учитывая вбиваемую часть, длина колышков равняется 1.1-1.2 м. Идущие в почву части колышков защищаются от гниения. Сверху они связываются продольными рейками, составляющими конек; поперечное сечение колышков -  $35 \times 35$ , реек -  $25 \times 35$  мм. Сверху на продольную рейку конька напротив колышков устанавливаются упругие пластмассовые дуги, нижние концы которых на расстоянии 0.85 от основания колышка втыкаются в почву на глубину 0.2 м. Для продления срока службы возведенного каркаса его окрашивают, включая дуги, белой краской.

Нетканый материал разрезается вдоль по центральной складке на два полотна шириной 1.6 м каждое. Каркас зимних укрытий поочередно закрывается ими с нахлестом одно на другое в верхней части укрытия (значение нахлеста объясним ниже). Каждое полотно натягивается и привязывается шпагатом к колышкам на торцах укрытия. После этого покрытие, состоящее из двух полотен шириной 1.6 м и с нахлестом одно на другое шириной 0.2 м, прижимается к продольной рейке конька за счет натяжения узких лент (5 см) из двойной полиэтиленовой пленки толщиной 150 мкм с помощью двух проволочных шпилек, втыкаемых в почву с двух

сторон укрытия между всеми опорными дугами. Получается ветро- и снегостойкое укрытие, проверенное в течение 40 лет эксплуатации.

Сейчас вернемся к значению нахлеста полотен в верхней части сооружения. Он нужен для того, чтобы можно было путем раздвижения в разные стороны полотен сверху открыть укрытие в марте, когда солнце начинает припекать, но еще лежит снег и невозможно поднять полотна материала снизу. В открытом виде укрытия находятся до начала цветения. Затем на ночь полотна поднимаются, укрытия восстанавливаются, днем снова открываются, и так продолжается до конца цветения, когда минуют заморозки.

Укрытия возводятся над деревьями, которые формируются с низкой кроной. Последняя имеет элементы от двух систем формирования: от французской оси-от небольшого штамба (15-20 см) - скелетные ветви первого порядка направлены в обе стороны по длине укрытия на 2-2.5 м; от стланцев - скелетные части деревьев располагаются вблизи почвы на том же расстоянии.

### **Защита от зимних трещин коры или от простых ожогов**

Трещины коры, возникающие на штамбиках и штамбах плодовых деревьев вне зависимости от ориентации относительно сторон света, в результате побурения вскрытых тканей (окисления кислородом воздуха) вскоре превращаются в повреждения, очень похожие на зимние СО. Все сказанное дало основание П.И. Лаврику (1951) назвать их просто ожогами без прилагательного "солнечные".

Проведенное нами моделирование показало, что природные трещины коры появляются, когда к фронту с отрицательной температурой в растительных тканях, где вода замерзает, в межклеточниках и капиллярах возникает силовое натяжение, что в свою очередь вызывает поступление в зону замерзания все новых порций воды. В результате в области отрицательной температуры намерзает много льда, что и образует продольные трещины и разрыв коры. Последние могут быть двоякими: а) отрыв всех тканей коры от древесины по линии камбия, причем у взрослых штамбов внешних трещин может и не быть; б) трещины только в коре - отрыв покровной ткани вместе с феллодермой от луба по линии рыхлой ткани паренхимы. С. Пенёжек (S. Pienazek, 1954) предлагает после схода снега простучать штамбы взрослых плодовых деревьев деревянным молотком: услышанный глухой звук будет свидетельствовать, что произошла внутренняя морозобоина, отделившая кору (флоэму) от древесины. Предлагается ликвидировать пустоту вбиванием гвоздиков, защищенных от коррозии оцинковкой. В этом случае кора вновь прирастет к древесине, зарастут также и гвоздики.

Очевидно, что использование гвоздиков необходимо также при лечении открытых трещин с отворачиванием коры наружу на скелетных частях плодовых деревьев. Чем раньше они замечены на деревьях, тем эффективнее их лечение. Дело в том, что при морозобоине и разрыве по линии камбия на коре остаются живыми очень морозостойкие материнские клетки флоэмы. Поэтому, когда с помощью гвоздиков прижимаются одна к другой изогнутые наружу части коры, а оставшаяся часть раны закрывается садовым варом, а еще лучше - рамной замазкой, создаются благоприятные условия для деления клеток флоэмы и прирастания коры к древесине.

Опасные повреждения коре может нанести и сам садовод, если воспользуется металлическим или пластмассовым скребком для счистки отмершей коры на штамбах взрослых плодовых деревьев. Рекомендуется эту работу проводить осенью или ранней весной, на самом же деле она безопасна для деревьев лишь в теплый период года.

Осенняя очистка штамбов от отмершего теплоизолирующего слоя коры равносильна тому, что они "раздеваются" перед началом зимы. Кроме того, и это самое важное, соскабливание теплоизолирующего слоя в осеннее время с низкой температурой приводит к неизбежному повреждению живых тканей коры, что способствует окислению их кислородом воздуха и началу развития зимних СО, так как теплоизолирующий слой коры в первую очередь возникает с южной стороны штамбов и скелетных ветвей.

Работу по зачистке коры на штамбах плодовых деревьев необходимо проводить летом при температуре, способствующей быстрому заживлению неизбежных ран, и то, если последние покрыты замазкой. Отметим, что наши замечания об опасности указанной выше операции накануне зимы были опубликованы в журнале "Садоводство" № 12 за 1965 г. К сожалению, в то время любительское плодоводство было развито слабо, и наша заметка осталась незамеченной.



За счет завихрения ветра вокруг штамбов между кроной и поверхностью снега последний выдувается. Для защиты от повреждений морозом необходимо периодически в течение зимы подсыпать снег к основанию штамбов или крону формировать выше.

Важнейшим предупредительным приемом от образования трещин является так называемое бороздование коры, которое проводится в вегетационный период, начиная от однолетних саженцев в питомнике и до молодых деревьев в саду. Заключается оно в неглубоком продольном разрезе поверхностной пробковой ткани и частично феллодермы. Выполнение этой процедуры довольно сложное при отсутствии необходимого инструмента. Действительно, его трудно выполнить существующими садовыми окулировочным и копулировочным ножами: у тонких побегов лезвие соскальзывает, у взрослых - слишком заглубляется в ткани коры.

Более всего подходят для этой цели современные ножи типа канцелярских для резки картона с выдвигаемыми на определенную длину клинообразными лезвиями (рис. 50.)

Длина лезвия 0.3-0.5 мм пригодна для бороздования самых тонких однолетних саженцев. На рис. 51. показана трещина на однолетнем побеге яблони, возникшая под влиянием расклинивающего действия почки. Собственно так и нужно бороздовать однолетние саженцы, снизу и сверху почек, в период от середины и до конца июля; такие саженцы наиболее ценные для садоводов. При осенней посадке однолетних саженцев с бороздованной корой следующая подобная операция проводится в указанные выше сроки на будущий год.

Покрытие долговечной краской ВС-511 показало (рис. 52), что утолщение штамба и скелетных ветвей достаточно взрослых деревьев, начиная от 7 и старше лет, происходит за счет образования ростовых трещин. Естественно, какое-то время внутренние ткани остаются открытыми, в них могут поселиться патогенные грибы и микробы. Надо помочь плодovому дереву безопасно проводить утолщение путем предварительного бороздования коры вблизи развилок ветвей и на штамбе. На приведенном снимке хорошо видно, где образуются трещины - там и нужно проводить бороздование с последующей его дезинфекцией. Подобные хирургические операции надо проводить, начиная с 1 и до 20-25-летнего возраста плодovого дерева.

### **Влияние предполагаемого глобального потепления климата на повреждение плодovых деревьев зимними и летними СО (на примере Санкт-Петербурга)**

Наиболее ранние систематические наблюдения за перезимовкой деревьев яблони по садоводческим журналам и за температурой воздуха на метеостанции Санкт-Петербурга имеются с 1863 г. В зиму 1867/68 гг., 26 января 1868 г., в городе была зафиксирована минимальная температура воздуха,  $-37.8^{\circ}\text{C}$ . Она же повторилась спустя 11 лет, 22 декабря в зиму 1876/77 гг. Следовательно, первоначальным отсчетом для определения глобального потепления климата в Петербурге является минимальная температура воздуха  $-37.8^{\circ}\text{C}$ .

Последующая наиболее низкая отрицательная температура воздуха была отмечена 17 января в зиму 1939/40 гг.,  $-35.6^{\circ}\text{C}$ , а в зиму 1978/79 гг. минимальная температура воздуха 30 декабря достигла  $-34.3^{\circ}\text{C}$ . Наблюдается явное повышение зимней минимальной температуры воздуха. За один век, точнее за 102 года, от зимы 1876/77 до зимы 1978/79 гг., минимальная зимняя температура по Санкт-Петербургу повысилась на  $3.5^{\circ}\text{C}$  и составила  $-34.3^{\circ}\text{C}$  ( $-37.8 - 3.5 = -34.3^{\circ}\text{C}$ ). Если предположить, что темпы потепления сохранятся такими же, то еще через 100 лет наиболее сильные морозы в Санкт-Петербурге будут в зиму 2078/79 гг. и составят  $-30.8^{\circ}\text{C}$  ( $-34.3 - 3.5 = -30.8^{\circ}\text{C}$ ), а через 200 лет в зиму 2178/2179 гг. - только  $-27.3^{\circ}\text{C}$  ( $-30.8 - 3.5 = -27.3^{\circ}\text{C}$ ).

Отметим, что в настоящее время, как и 128 лет тому назад (2005 г. - 1877 г. = 128 г.), в садах под Петербургом преобладают среднерусские сорта яблони: Антоновка обыкновенная, Осеннее полосатое, Папировка. Возникает вопрос: как отразится повышение минимальной температуры воздуха под Петербургом на образовании на деревьях яблони зимних СО?

*I группа.* Морозы силой  $-38^{\circ}\text{C}$  всегда сопровождаются значительными морозными повреждениями и завершаются сильными зимними тепловыми, световыми и летними тепловыми СО на деревьях яблони среднерусских сортов. В Петербурге указанные морозы наблюдались в зимы до 70-х годов прошлого, XX века; они были в 12 зимах, что составляло 9 % от общего количества.

*II группа.* Морозы силой  $-34^{\circ}\text{C}$  вызывают средние повреждения. Но в зависимости от степени подготовленности деревьев к зиме повреждения могут быть и весьма тяжелыми. Отрицательным примером может служить вегетационный период 1962 г. В результате холодной и дождливой погоды во второй половине лета деревья потеряли листья из-за сильного развития болезней. В январе 1963 г. при  $-34^{\circ}\text{C}$  возникли значительные морозные повреждения, выразившиеся в образовании зимних тепловых и световых, а также летних тепловых СО на среднерусских сортах яблони. Зим с морозами  $-34^{\circ}\text{C}$  в Петербурге было 59, или 46 %.

*III группа.* Морозы до  $-28^{\circ}\text{C}$  не вызывают повреждений тканей указанных выше сортов яблони и не могут служить "затравкой" для начала образования перечисленных видов СО. Таких зим в Петербургском климатическом регионе за 128 лет было 57, или 45 %.

Естественно, морозы в Ленинградской области всегда сильнее, чем в Петербурге. Однако существует следующая зависимость. Если морозы в Петербурге достигают  $-38^{\circ}\text{C}$  (I группа зим), то в области повсеместно наблюдается 100 %-е повреждение взрослых деревьев яблони зимними тепловыми СО. Если морозы в Петербурге достигают  $-34^{\circ}\text{C}$  (II группа зим), то в области происходит до 40-60 % повреждений яблонь зимними тепловыми СО. Что касается зимних световых СО, то они всегда поражают саженцы в питомниках в I и II группы зим по Петербургу. Кроме того, в другие зимы световые СО поражают саженцы, когда в феврале и марте наблюдаются длительные периоды морозной погоды до  $-25...-30^{\circ}\text{C}$  ночью в сочетании с ясными днями в сумме до 25-35 сут.

В прошедшую зиму 2005/2006 гг. наиболее сильные морозы по Санкт-Петербургу случились в середине зимы: 19 января минимальная температура составила  $-31^{\circ}\text{C}$ , что является средней величиной между зимами групп II и III. Можно полагать, что в Ленинградской области повреждения зимними тепловыми СО взрослых плодовых деревьев будут средними. Но зимние световые СО предполагаются более серьезными на саженцах в плодовых питомниках и на молодых деревцах в садах, если они под эту зиму не защищены указанными выше приемами. В феврале 2006 г. было 27 ясных дней с температурой  $-7...-15^{\circ}$ , ткани саженцев не оттаивали, но интенсивно облучались солнцем с отражением света от снега.

Следовательно, при глобальном потеплении климата, если оно произойдет, должно уменьшиться повреждение плодовых деревьев зимними тепловыми и световыми СО, будет постепенное снижение количества зим в I и II группах и увеличение их в III группе в Петербургско-Ленинградском климатическом регионе. Но одновременно возникнут условия для более активного образования летних СО.

Но возможен и другой вариант - теперешнее потепление обусловлено вековыми колебаниями климата (И.Е. Бучинский, 1954). Сейчас мы находимся в пике потепления, но со временем можем перейти и в пик похолодания.

### **Тепловые и световые СО в летний период года**

Обеспечение хорошим водоснабжением является основой защиты плодовых культур от всех видов летних СО. Насколько велико влияние охлаждающего транспирационного тока воды на солнечное нагревание штамбов плодовых деревьев в вегетационный период в некоторых географических пунктах показано в табл. 22, составленной согласно результатам расчетов по нашей компьютерной программе.

Из таблицы вытекают следующие выводы по защите от СО в вегетационный период плодовых деревьев:

1. За счет транспирации листьями ток воды по проводящей системе достаточно массивных штамбов из более холодной почвы является основным механизмом по предотвращению опасного солнечного нагревания штамбов и других скелетных частей крон плодовых, естественно, и других древесных растений. Поэтому главной заботой садоводов для защиты от летних тепловых СО является, с одной стороны, поддержание почвы во влажном и рыхлом состоянии, а с другой — сохранение листьев в здоровом состоянии, способствующем интенсивной транспирации.

2. На крайнем юге, в частности в Ташкенте, возможно образование световых СО на штамбиках молодых деревцов, несмотря на наличие транспирации. Поэтому в южных районах, помимо поддержания почвы во влажном и рыхлом состоянии, необходимо дополнительно синить

поверхности штамбов молодых деревьев в летние и осенние месяцы, чтобы не препятствовать образованию природных защитных веществ антоцианов; кроме того, штамбы взрослых деревьев с июля по сентябрь должны быть побеленными из-за опасности образования тепловых СО.

Таблица 22

**Максимальная температура поверхности коры со стороны солнечного облучения разновозрастных штамбов яблони в некоторых географических пунктах с 15 июня по 15 сентября с транспирацией и без нее**

Показатели	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
<b>60° с.ш., Санкт-Петербург</b>				
Температура воздуха, °С	27	28	27	27
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	906(16)	906(16)	906(16)	906(16)
Скорость ветра, м/с	1.6	1.4	1.6	1.6
Температура почвы, °С	13.3	17.1	13.3	13.3
Температура штамбов, °С:				
диаметром 1 см, с транспирацией/без нее	30/31	31/32	30/31	30/31
-"- 10 см, с транспирацией/без нее	29/ <u>47</u>	31/ <u>49</u>	29/ <u>47</u>	29/ <u>47</u>
<b>49° с.ш., Хабаровск</b>				
Температура воздуха, °С	30	31	30	30
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	900(16)	915(16)	900(16)	900(16)
Скорость ветра, м/с	1.7	1.5	1.7	1.7
Температура почвы, °С	15.9	20.6	15.9	15.9
Температура штамбов, °С:				
диаметром 1 см, с транспирацией/без нее	33/34	34/35	33/34	33/34
-"- 10 см, с транспирацией/без нее	31/ <u>49</u>	35/ <u>52</u>	31/ <u>49</u>	31/ <u>49</u>
<b>41° с.ш., Ташкент</b>				
Температура воздуха, °С	38	40	39	35
Солнечная радиация, Вт/м <sup>2</sup>	905(16)	905(16)	942(16)	974(16)
Скорость ветра, м/с	0.9	0.8	0.7	0.8
Температура почвы, °С	27.9	31.7	30.2	24.5
Температура штамбов, °С:				
диаметром 1 см, с транспирацией/без нее	38/39	<u>44/45</u>	<u>43/44</u>	<u>42/43</u>
-"- 10 см, с транспирацией/без нее	41/ <u>59</u>	45/66	45/ <u>67</u>	42/43

- Расчеты выполнены по многолетним метеорологическим данным "Справочника по климату СССР", Л., Гидрометеоздат, 1966. Жирным шрифтом выделена температура штамбов взрослых деревьев диаметром 10 см от 47 °С и более, вызывающая тепловые СО в тканях с признаками морозных повреждений от прошедшей зимы, и от 40 °С и более, приводящих к световым СО у штамбиков молодых деревьев диаметром 1 см.

- Температура воздуха днем по месяцам дана как средняя из максимальных многолетних ее значений.

- Интенсивность суммарной солнечной радиации рассчитана на вертикальную поверхность, в скобках указаны часы наибольшего в послеполуденное время притока суммарной солнечной радиации.

- Скорость ветра - на высоте 0,5 м от уровня почвы.

- Температура почвы является средней многолетней, измеряемой на метеостанциях по коленчатым термометрам на глубине 20 см.

3. Во всех приведенных в таблице пунктах в различных географических районах максимальный приток суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность наблюдается в летние месяцы после полудня в 15-16 ч местного времени. Кроме того, если взрослые деревья повреждены морозами, их штамбы должны быть побеленными с июня по август.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши многолетние исследования в различных регионах умеренного климата показали, что основой всех видов СО плодовых деревьев в конечном счете являются их зимние морозные повреждения. Причем СО возникают не под влиянием одноразового быстрого замерзания или быстрого оттаивания. Как правило, плодовые деревья получают повреждения от медленных морозов в начале зимы, когда ткани их еще недостаточно закалены, а ранние морозы по силе превышают устойчивость тканей в это время к низким температурам.

В последующий период в связи с увеличением притока солнечной радиации полученные ранее, в начале или середине зимы, частичные морозные повреждения под влиянием многократного оттаивания - замерзания во второй половине зимнего периода значительно усиливаются вплоть до полной гибели тканей, что приводит к образованию СО на южной и юго-западной сторонах штамбов и скелетных ветвей взрослых плодовых деревьев. Причем разрыв по времени между повреждением тканей в начале зимы и возникновением СО в конце ее в северных районах плодового хозяйства может достигать 1-1.5 мес; в южных районах этот разрыв составляет только несколько недель. По нашей классификации указанные зимне-весенние повреждения являются тепловыми СО, возникают на взрослых массивных частях плодовых деревьев. В южном полушарии земного шара, например в Аргентине, эти виды СО возникают с северной стороны плодовых деревьев.

Чем отличаются плодовые деревья, которые часто повреждаются зимними тепловыми СО, от лесных пород, которые никогда ими не повреждаются? Лесные листопадные породы, такие как береза, ива, липа (на Дальнем Востоке), наконец, сибирская ягодная яблоня, имеют абсолютную морозостойкость, выдерживающую температуру жидкого азота (-196) и гелия (-269°C). Поэтому любые морозы, наблюдаемые в природных условиях, не вызывают у этих пород повреждений во все периоды поздней осени, зимы и ранней весны.

В зимнее и летнее время есть еще природный повреждающий фактор СО - это солнечный свет при низкой температуре тканей деревьев зимой и высокой температуре летом. Наши исследования показали, что вызывает СО не весь солнечный спектр, а только его фиолетовая и синяя области. Под действием этой части солнечного спектра на частично поврежденных морозом в начале зимы однолетних побегах и 2-3-летних ветвях плодовых пород возникают зимние и летние СО. По нашей классификации образуются зимние и летние световые СО. Отметим, что световые СО в южном полушарии возникают на северной стороне молодых частей плодовых деревьев.

При слабых и умеренных морозах в начале зимы, когда плодовые деревья не повреждены и находятся в здоровом состоянии, на них не образуются как зимние и впоследствии летние тепловые СО на крупных частях взрослых деревьев, так и зимние и летние световые СО на саженцах и молодых деревцах.

Нами разработан ряд технических средств, защищающих плодовые деревья в молодом и взрослом возрасте от световых и тепловых зимних и летних СО. Конкретное развернутое их применение дано в книге, а здесь ограничимся их перечислением: устойчивые белый и синий покрасочные составы, теплоизолирующая обвязка, пленочное мульчирование почвы, укрытия плодовых деревьев в стелюющей форме нетканым материалом типа Спанбонд.

Известный во всем мире польский ученый по садоводству профессор С. Пенёнжек прислал отзыв на мои исследования по изучению механизма образования СО у плодовых деревьев:

Agrophysical Institute  
Grazdanskij Pr. 14  
Leningrad, USSR

Skierniewice, dnia November, 21, 1983

Dear Doctor Kotowicz,

I wish to thank you for sending me a very interesting set of articles on biophysics and their relation to agricultural crops. I read your article on the temperature relations in the fruit tree crown and frost injuries.

Sincerely yours,

*Prof. Dr. S. A. Pieniazek*

Необходимо отметить, что моя основная статья о СО на молодых частях плодовых деревьев была опубликована в сборнике «Доклады российских ученых к XIX международному конгрессу по садоводству», проведенному в Польше в 1974 г.

**Дополнение – требуют тщательную защиту от тепловых СО (крупные штамбы) и от световых СО (саженцы и хвоя) вновь посаженные плодовые и хвойные древесные породы.**

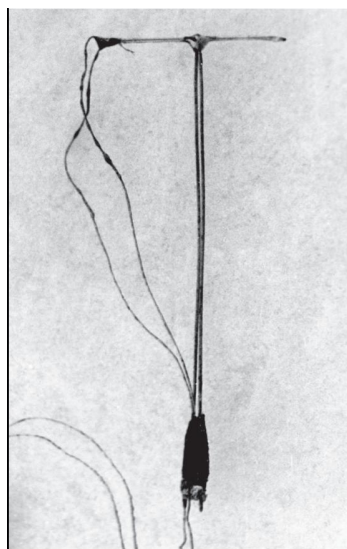
© И.Н. Котович ., 2009



назад в текст

Рис. 1. Побелка сада на лыжах.. Плодопитомник "СкреблOVO", март 1956 г.

а)

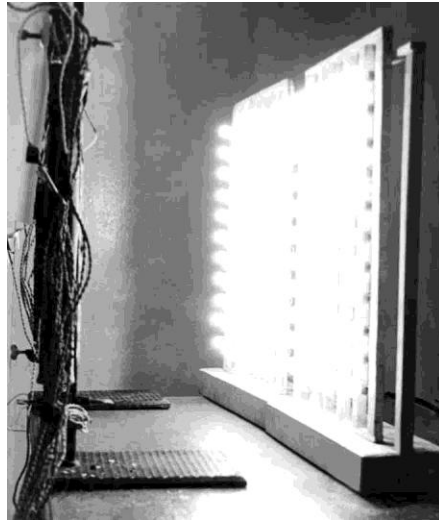


б)



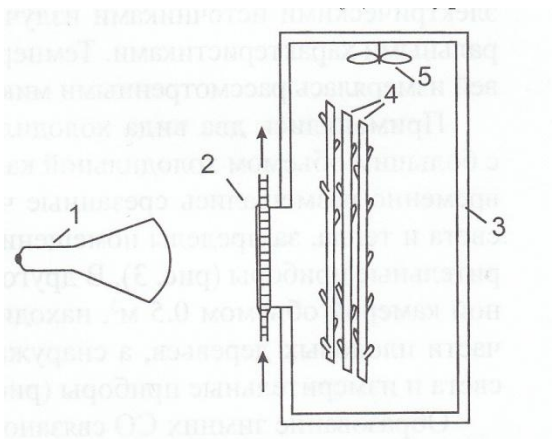
назад в текст

Рис. 2. Измерение температуры тканей плодовых деревьев: а - МТ-57 с прижимным устройством в натуральную величину; б - установка МТ-57 на дереве яблони; во время фотосъемки был иней, поэтому отчетливо видны тонкие подводящие провода



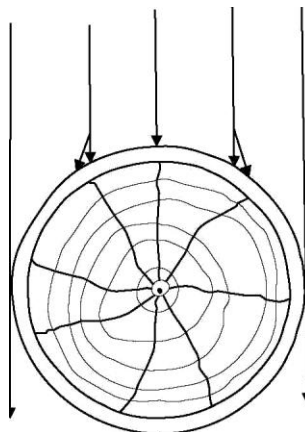
назад в текст

Рис. 3. Нагревательно-осветительная установка из небольших ламп накаливания для получения равномерной интенсивности лучистого потока на единицу площади



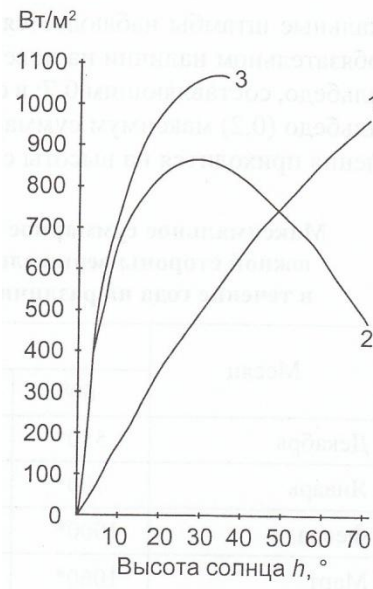
назад в текст

Рис. 4. Осветительно-нагревательные лампы находятся вне морозильной камеры: 1 – лампы сменные; 2 – сложный фильтр с проточной водой; 3 – камера морозильника; 4 – опытные образцы ветвей; 5 – вентилятор



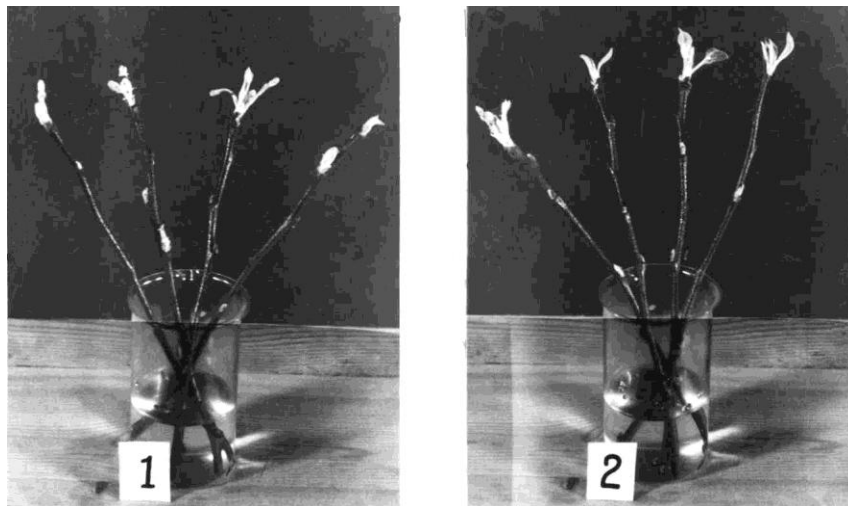
назад в текст

Рис. 5. Поступление прямой солнечной радиации на вертикальные штамбы деревьев при поперечном облучении



назад в текст

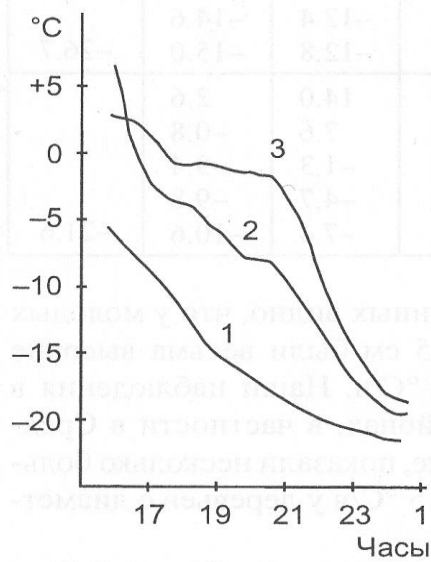
Рис. 6. Поступление суммарного излучения в зависимости от высоты солнца: 1 – на горизонтальную поверхность; 2 – на вертикальную поверхность при открытой почве; 3 – при наличии на ней снегового покрова



назад в текст

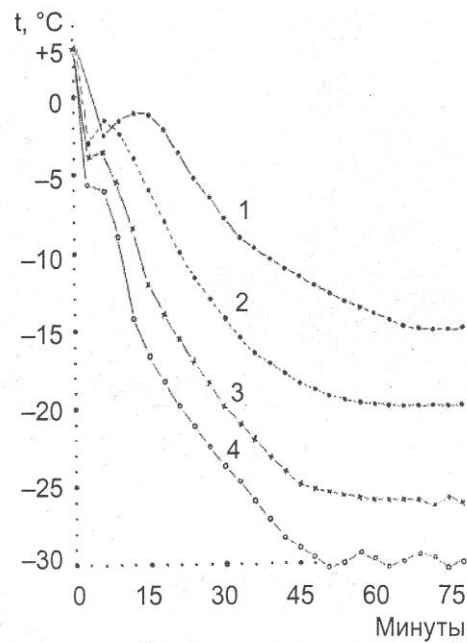
Рис. 7. Влияние быстроты оттаивания на среднерусские сорта яблони (март 1960 г.):  
 1 - промораживание до  $-35$  и оттаивание до  $+20^{\circ}\text{C}$  за 20 ч (скорость оттаивания  $2.7^{\circ}\text{C/ч}$ );  
 2 - промораживание до  $-35$  и оттаивание до  $+20^{\circ}\text{C}$  за 1 ч (скорость оттаивания  $55^{\circ}\text{C/ч}$ )





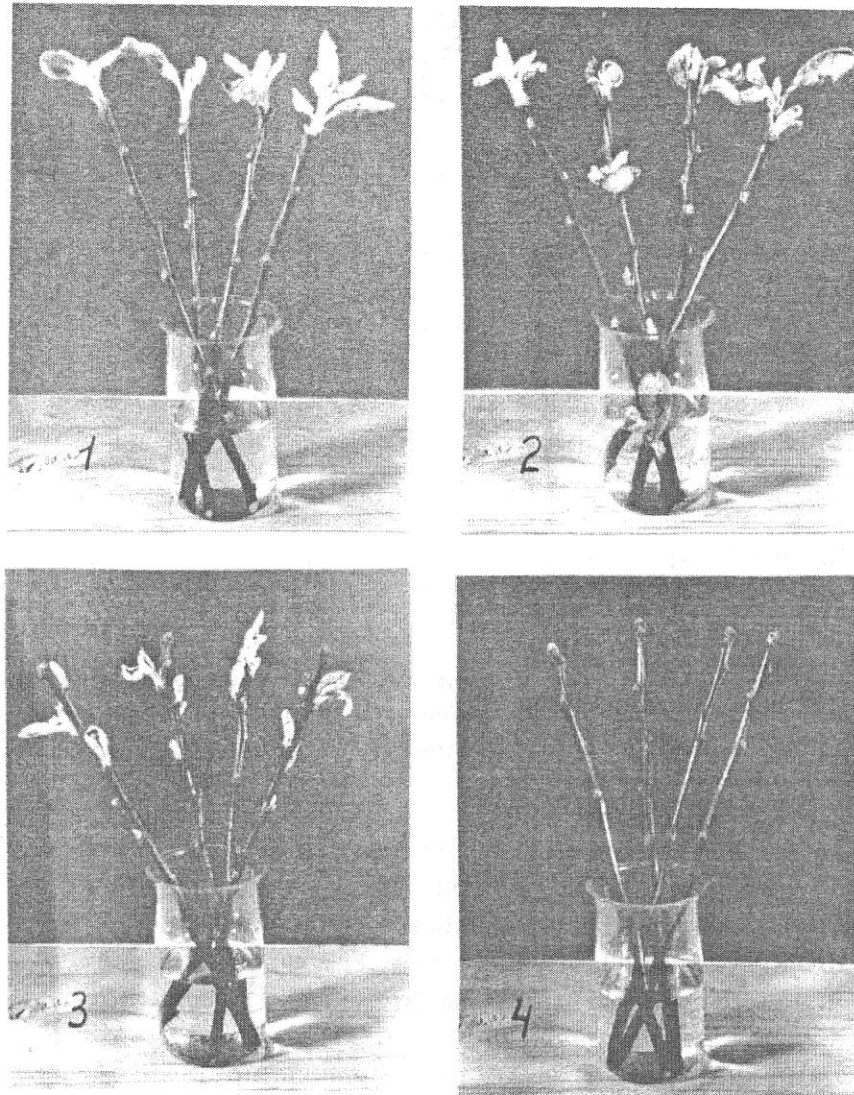
назад в текст

Рис. 8. Ночное охлаждение после солнечного нагрева днем некоторых тканей штамбов взрослых деревьев яблони: 1 – воздуха; 2 – камбия, 0,4 см; 3 – заболони, 2 см



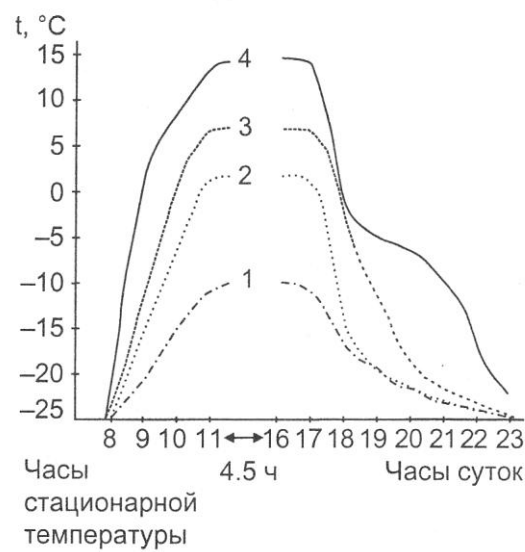
назад в текст

Рис. 9. Ход температуры побегов яблони в опытах с быстрым замерзанием, °C: 1 – до -15; 2 – до -20; 3 – до -25; 4 – до -30



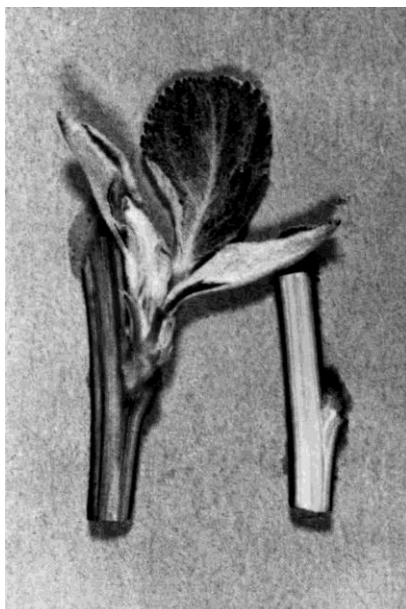
назад в текст

Рис. 10. Сорт яблони Осеннее полосатое (объяснения см. в тексте)



назад в текст

Рис. 11. Лабораторное моделирование: 1 – температура воздуха; 2 – однолетних побегов, диаметр 0.6 см; 3 – 2-летних ветвей, диаметр 1.8 см; 4 – 5-летних ветвей, диаметр 5.0 см



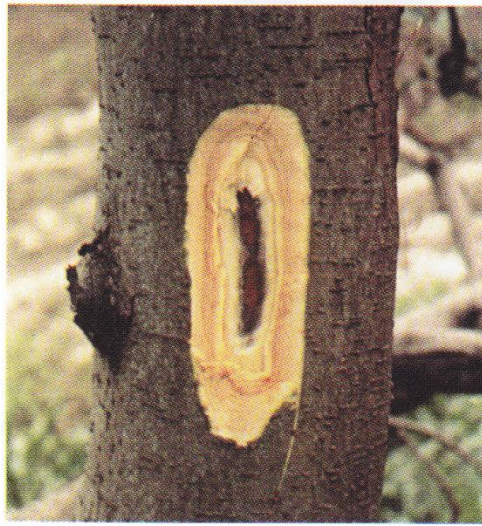
назад в текст

Рис. 12. Влияние ранних морозных повреждений на выход из состояния покоя и прорастание почек яблони (объяснение в тексте)



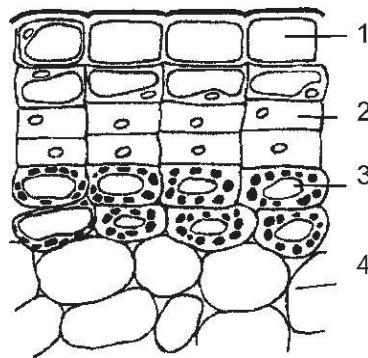
назад в текст

Рис. 13. Повреждение штамба: внизу – зимний тепловой СО; сверху – повреждение тканей в развилке скелетных ветвей



назад в текст

Рис. 14. Повреждение и зарастание древесины на северной стороне скелетной части яблони



назад в текст

Рис. 15. Формирование перидермы: 1 – феллема; 2 – феллоген; 3 – феллодерма – основная хлорофиллоносная ткань коры; 4 – паренхима коры



назад в текст

Рис. 16. «Шелушение» поверхностных слоев покровной пробковой ткани после светового зимнего СО на молодых ветвях яблони



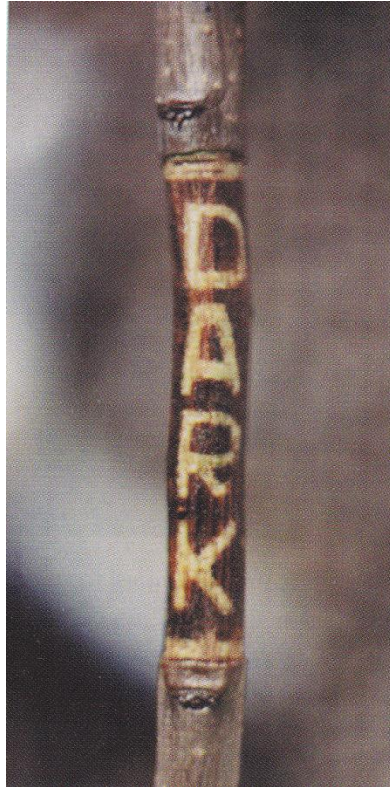
назад в текст

Рис. 17. Поперечные срезы скелетных ветвей вишни, получивших поверхностные зимние СО 6 лет тому назад



назад в текст

Рис. 18. Воспроизведение зимних световых СО на груше посредством затенения и освещения



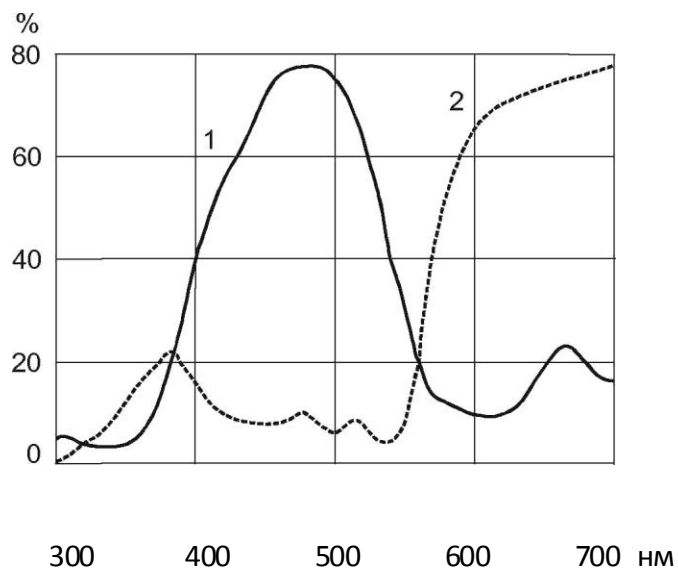
назад в текст

Рис. 19. Воспроизведение зимних световых СО на побеге груши с помощью накладных непрозрачных букв, составляющих английское слово «dark» - темнота



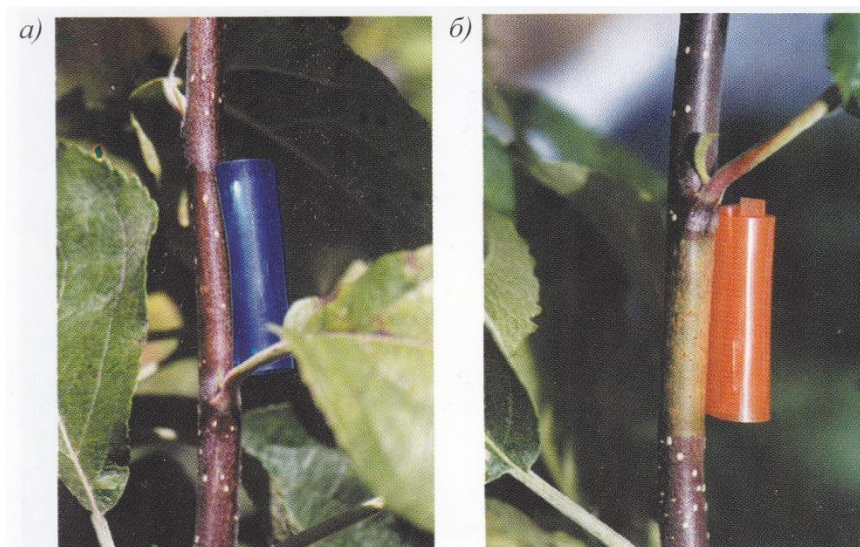
назад в текст

Рис. 20. Покровные ткани коры на ветви яблони сняты в апреле. Под защитой от высыхания под полиэтиленовой пленкой оголенные ткани коры за счет образования антоцианов приобрели фиолетовую окраску



назад в текст

Рис. 21. Спектр пропускания света: 1 - синяя пленка; 2 - оранжевая пленка



назад в текст

Рис. 22. Влияние синей (а) и оранжевой (б) пленок, использованных в качестве фильтра, на образование антоцианов в феллодерме коры побегов яблони



назад в текст

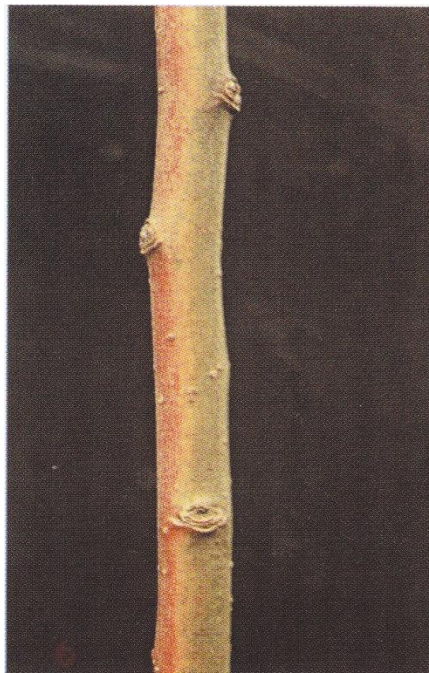
Рис. 23. «Отпечатано» слово «тень» под буквами, нанесенными осенью предыдущего года черной нитроокраской; между буквами поверхность коры погибла от зимних световых СО.



назад в текст

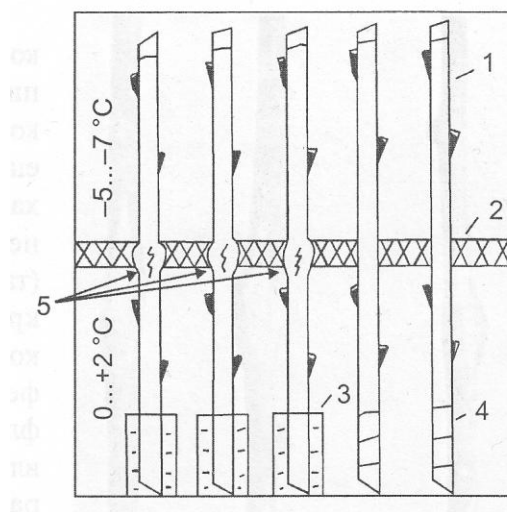
Рис. 24. Световые зимние СО в зиму 1962/63 гг. Хозяйство «Лесное» под Петербургом.





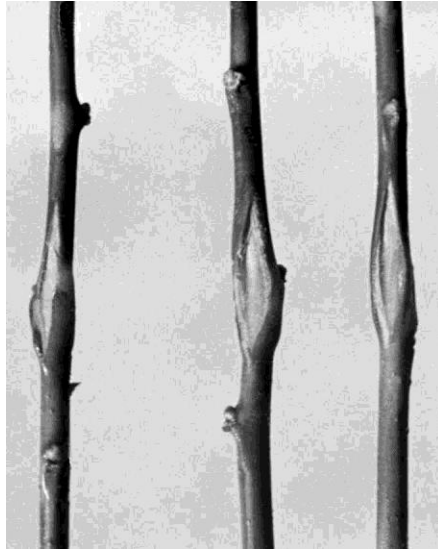
назад в текст

Рис. 25. Световой ожог на яблоне. МОС АФИ, 1968/69 гг.



назад в текст

Рис. 26. Схема опытов по передвижению влаги к промерзающим тканям внутри побегов: 1 - побеги яблони; 2 - мягкая перегородка из поролона; 3 - сосуды с водой; 4 - обвязка нижней части побегов; 5 - трещины коры



назад в текст

Рис. 27. Побеги боярышника в состоянии роста, за счет кристаллов льда разрывается кора по камбию



назад в текст

Рис.28. Разрыв коры под влиянием друз льда: а – только трещины коры; б – в зоне трещины погибла паренхима флоэмы за счет окисления.



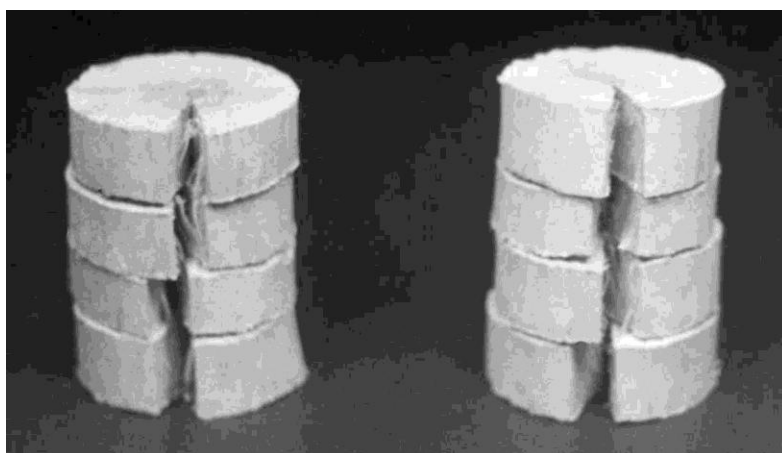
назад в текст

Рис. 29. Длинная трещина на побеге на высоте 50-60 см от поверхности почвы.



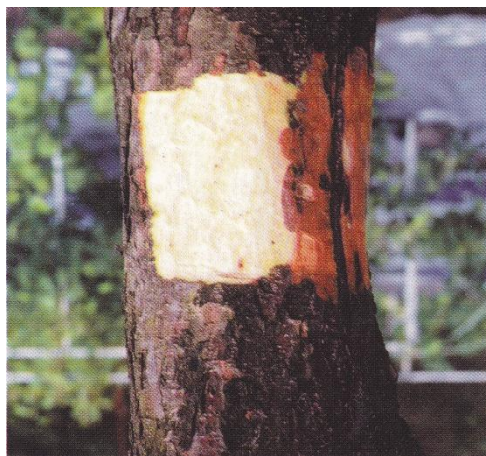
назад в текст

Рис.30. Трещины на побегах во время поздних заморозков в июне на высоте 50 см.



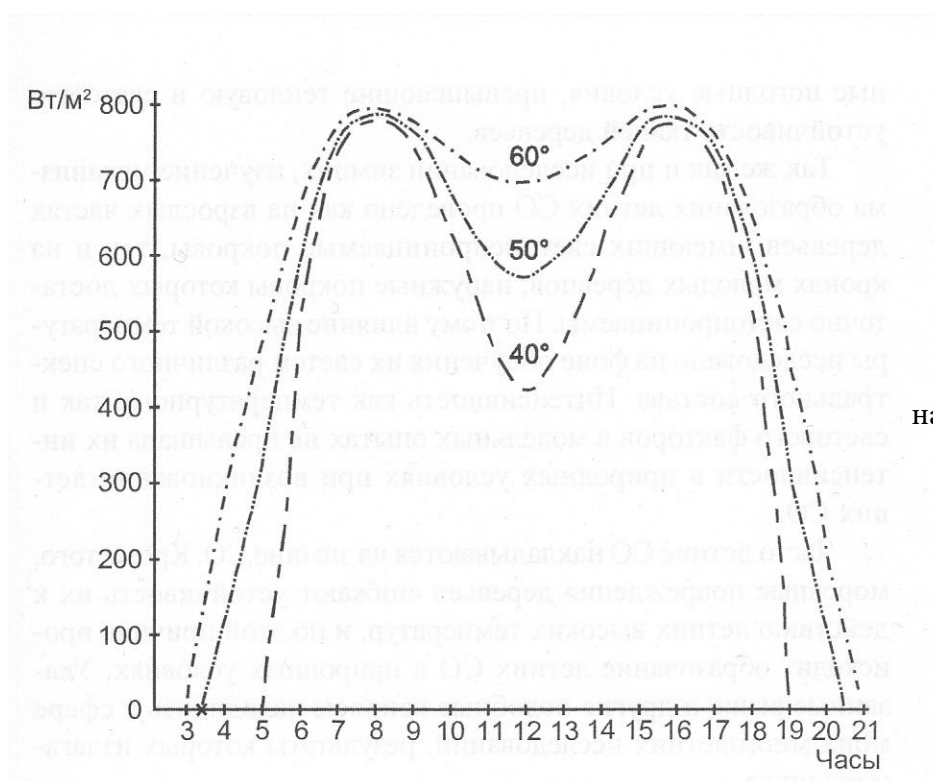
назад в текст

Рис. 31. При сушке порознь диски лопались по одной линии, как будто бы они не разъединялись



назад в текст

Рис. 32. Окисление (побурение) открытых тканей коры вдоль морозной трещины на штамбе яблони в 1998 г.



назад в текст

Рис. 33. Поступление суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность 22 июня в зависимости от географической широты; альbedo поверхности почвы равно 0.



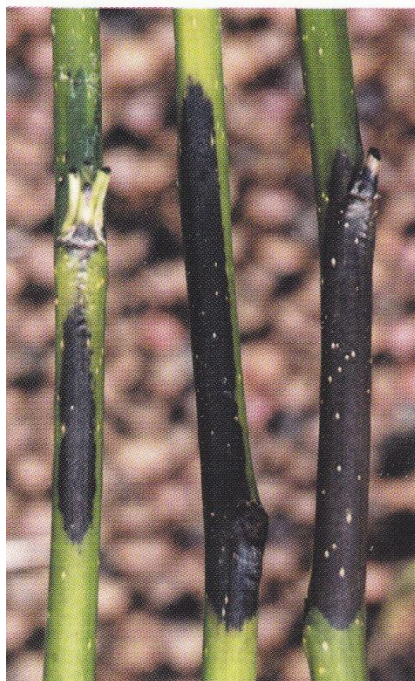
назад в текст

Рис. 34. СО на яблоне в плодпитомнике "Скреблово", лето 1957 г.



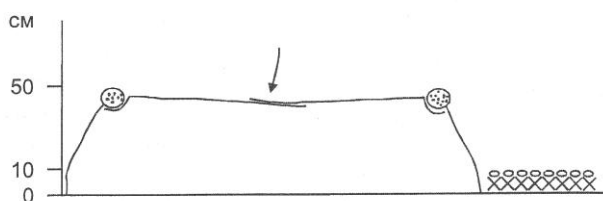
назад в текст

Рис. 35. Летние световые СО: наверху – под накладными буквами отпечталось слово «ть» зеленым цветом, что соответствует здоровой ткани феллодермы; фон коричневый – погибшая феллодерма на свету; внизу – в вырезах на черной бумаге отпечатано слово «свет» бурым цветом, ткани погибли; фон зеленый, соответствует здоровой феллодерме.



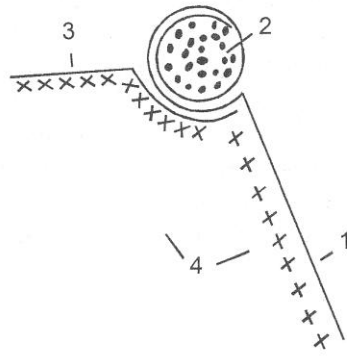
назад в текст

Рис. 36. Световые летние СО на груше. Температура побегов со стороны света (слева направо): 40, 43 и 46°С.



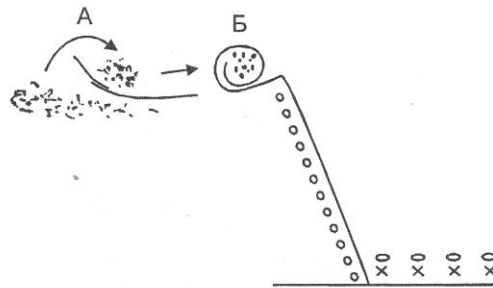
назад в текст

Рис. 37. Насыпной почвенный вал. В середине верхней части вала указан нахлест двух полотен мульчирующей пленки, при отворачивании которых производится посадка саженца и установка опоры.



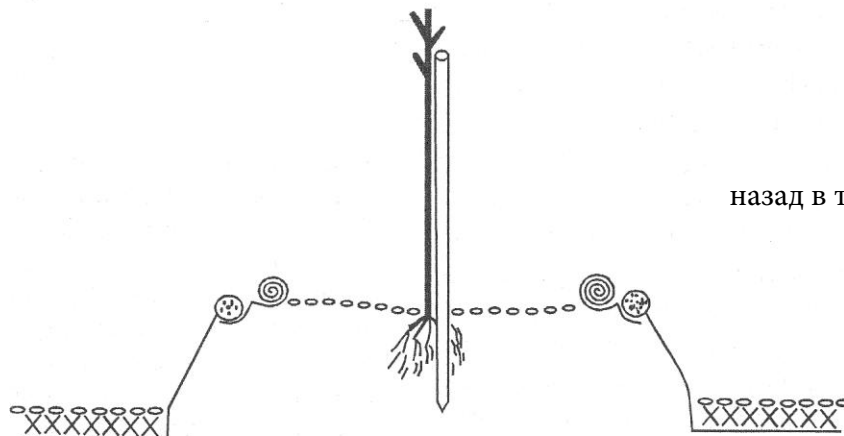
назад в текст

Рис. 38. Крепление полотен мульчирующей пленки: 1 – мульчирующая пленка на откосе холма; 2 – в верхней части вала в пленку закатана почва в виде валика, который удерживает откос и крепит верхнюю пленку; 3 – верхняя мульчирующая пленка, которая закрывает вал, крепится с двух сторон земляными валиками; 4 – почва откоса вала.



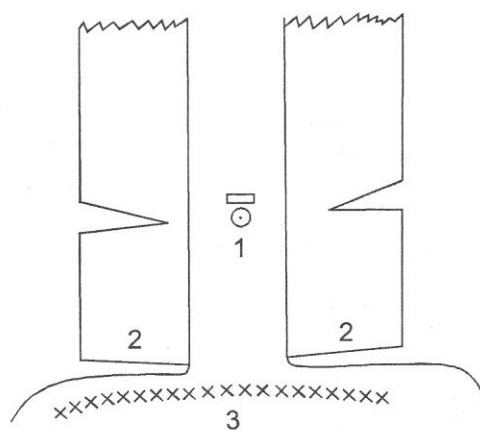
назад в текст

Рис. 39. Как делается валик: А – насыпка почвы на пленку откосов; Б – заворачивание насыпанной почвы в валик из мульчирующей пленки откосов. Аналогичная операция проводится на втором откосе вала.



назад в текст

Рис. 40. Посадка саженцев (объяснения см. в тексте)



назад в текст

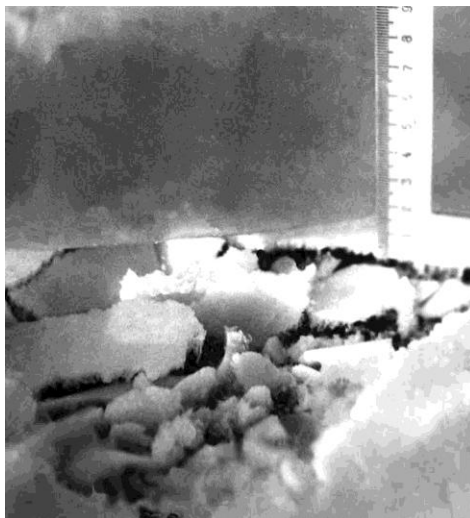
Рис.41. Завершение пленочного мульчирования саженца: 1 – штамп саженца и основание опоры; 2 – прорезы на верхних мульчирующих пленках для прохода саженца и его опоры; 3 – верхняя часть открытого вала



назад в текст

Рис. 42. Двухлетний саженец на холме, замульчированный серебристой пленкой





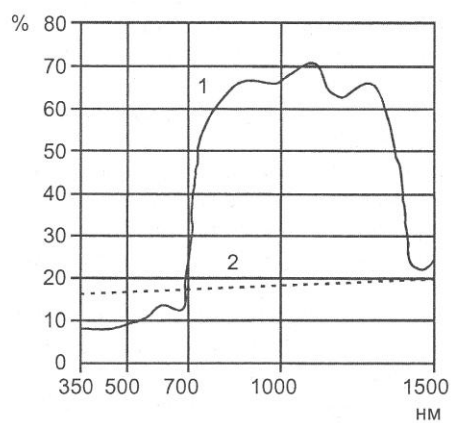
назад в текст

Рис. 43. Под пленочной мульчей обильный конденсат влаги в начале зимы до выпадения снега образует теплоизолирующую изморозь



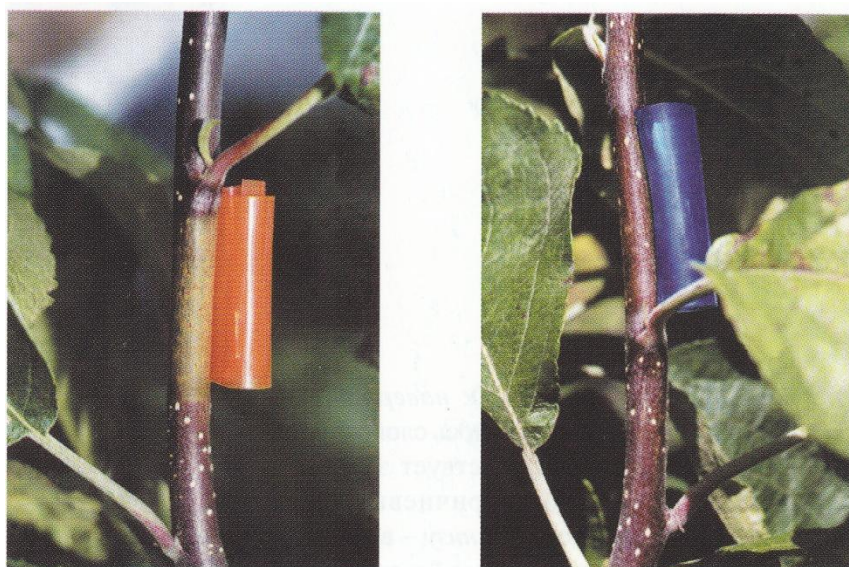
назад в текст

Рис. 44. Сад хозяйства «Новый мир» (1971)



назад в текст

Рис. 45. Отражение коры яблони в основном диапазоне солнечного излучения: 1 – кора 2-х летнего штамбика; 2 – кора 18-летнего штамба, сорт яблони – Папировка



назад в текст

Рис. 46. Кора под цветными пленками: слева – под оранжевой; справа – под синей



назад в текст

Рис. 47. Спектральная проницаемость защитных красок от СО: слева – под синей защитной краской произошло активное образование антоцианов, побеги защищены от зимних световых СО; справа – под белой защитной краской ВС – 511 не произошло образование антоцианов, при случайном сходе белой краски побег не защищен от зимних световых СО



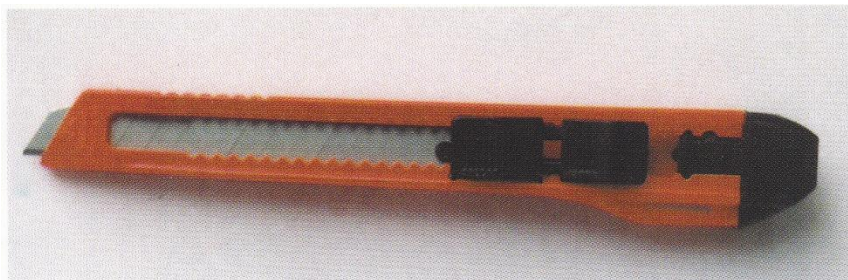
назад в текст

Рис. 48. Зимние укрытия стелющихся плодовых деревьев



назад в текст

Рис. 49. Разгерметизация зимних матерчатых покрытий в начале марта (раздвижение полотнищ наверху укрытий)



назад в текст

Рис.50. Канцелярский нож, пригодный для бороздования коры плодовых деревьев



назад в текст

Рис. 51. Трещина коры возникла под почкой из-за ее расклинивающего действия при замерзании побега



назад в текст

Рис. 52. Ростовые трещины при утолщении штамба и скелетных ветвей плодового дерева; они часто бывают началом зимних и летних СС.