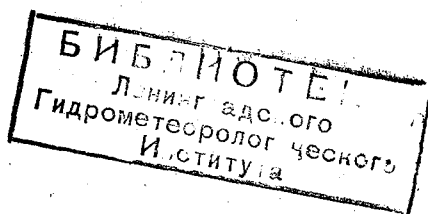


5515
У47

Е. С. Уланова

МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

192801



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1959

АННОТАЦИЯ

В книге излагаются современные научные достижения в области агрометеорологии по количественной оценке сложившихся и ожидаемых условий формирования урожая сельскохозяйственных культур, а также достижения смежных с агрометеорологией наук, которые используются при агрометеорологическом обслуживании в СССР. Рассматривается значение и учет различных факторов погоды в сельскохозяйственном производстве. Даются методы составления агрометеорологических прогнозов по основным разделам агрометеорологического обслуживания, приводятся практические примеры составления этих прогнозов с учетом обобщения опыта оперативного обслуживания Центральным институтом прогнозов.

Книга предназначена для агрометеорологов, а также для научных и практических работников сельского хозяйства. Она может служить учебным пособием в гидрометеорологических институтах.

Уланова Евгения Станиславовна

МЕТОДЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Отв. редактор *М. С. Кулик*

Редактор *Н. В. Сагатовский*

Техн. редактор *М. И. Брайнина*

Корректоры: *З. А. Белкина* и *К. И. Розина*

Сдано в набор 31/VII 1959 г.

Подписано к печати 16/XI 1959 г.

Бумага 60 × 92¹/₁₆.

Бум. л. 8,75

Печ. л. 17,5

Уч.-изд. л. 19,62.

Тираж 5000 экз.

М-53044

Индекс МЛ-123.

Гидрометеорологическое издательство. Ленинград, В-53, 2-я линия, д. № 23.

Зак. № 293

Цена 11 р. 30 к.

Типография № 8 УПП Ленсовнархоза. Ленинград,
Прачечный пер., д. 6.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Советском Союзе организована большая государственная агрометеорологическая служба. Главной задачей этой службы является регулярная помощь сельскохозяйственному производству в наиболее рациональном использовании климатических и погодных условий нашей страны для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Одним из важнейших разделов агрометеорологического обслуживания являются агрометеорологические прогнозы.

Колхозы и совхозы для получения высоких урожаев с.-х. культур должны наилучшим образом использовать особенности условий погоды каждого конкретного года. Сельскохозяйственному производству необходимо знать, какие сроки сева будут наилучшими в текущем году, где и какая будет влагообеспеченность с.-х. культур, чтобы в соответствии с этим проводить необходимые агротехнические мероприятия, какие ожидаются виды на урожай, чтобы в связи с этим провести планирование многих важных мероприятий, в какие сроки начнется уборка урожая в различных районах, чтобы своевременно подготовить с.-х. технику.

Много других важных запросов поступает от правительственных и народнохозяйственных организаций в органы Гидрометеослужбы, ведущие агрометеорологическое обслуживание сельского хозяйства, и большинство этих запросов касается оценки ожидаемых условий формирования урожая с.-х. культур.

Как показала практика, наиболее эффективным является такое обслуживание, когда дается не качественная, а количественная оценка сложившихся и, в особенности, ожидаемых агрометеорологических условий. За последнее десятилетие агрометеорологами СССР в этом направлении достигнуты существенные результаты. К настоящему моменту в разнообразных изданиях научной агрометеорологической литературы имеется много важных результатов исследований в области агрометеорологических расчетов и прогнозов.

Исходными данными для агрометеорологических расчетов и прогнозов служат фактические материалы наблюдений большой

сети агро- и гидрометеостанций за состоянием с.-х. культур, метеорологическими элементами и запасами влаги в почве.

Имея ежелекдадные данные о состоянии с.-х. культур и об агрометеорологических условиях, владея методами расчета и прогноза, агрометеорологи в течение многих лет представляют обслуживаемым организациям обобщенные материалы по таким важнейшим для с.-х. производства вопросам, как оценка условий перезимовки озимых культур и определение районов возможной гибели озимых, дают сведения о запасах влаги и влагообеспеченности с.-х. культур, о сроках наступления фаз развития, о видах на урожай, о сроках начала и условиях уборки урожая с.-х. культур и др., а также дают агрометеорологическое обоснование различных агротехнических мероприятий.

Но несмотря на то что агрометеорологические прогнозы являются одним из главных видов обслуживания с.-х. производства, до сих пор ни учащиеся, ни специалисты агрометеорологи не имели книги, где были бы обобщены и систематизированы имеющиеся результаты исследований по агрометеорологическим прогнозам. Это создавало, особенно для работников периферии, определенные трудности в проведении агрометеорологического обслуживания на современном уровне агрометеорологической науки и отрицательно сказывалось на подготовке студентов агрометеорологов.

Вышедший в 1957 г. «Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий» улучшил это положение, но во многом его не изменил, так как он представляет собой сборник отдельных работ.

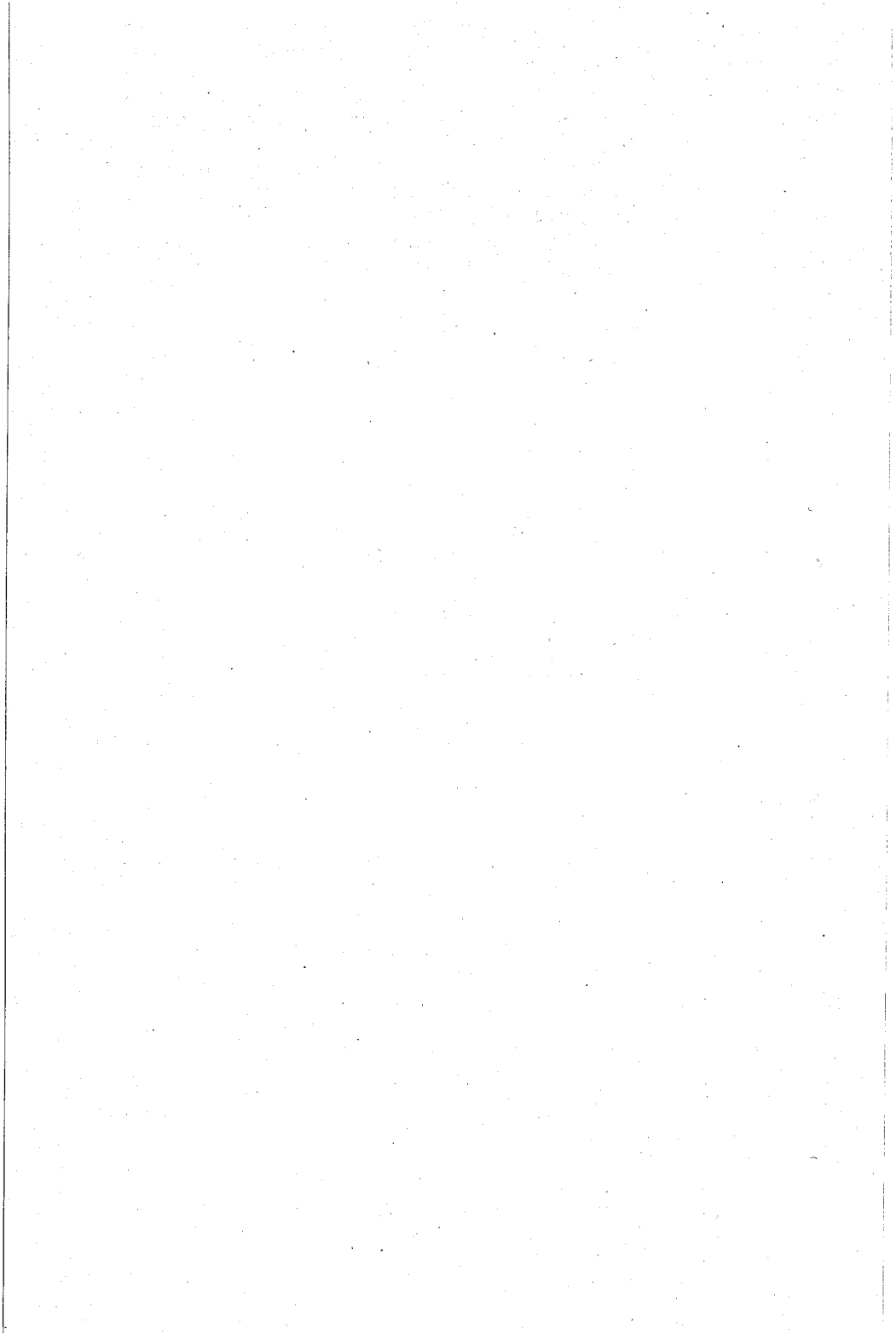
В предлагаемой книге обобщены и систематизированы основные современные научные достижения агрометеорологии по количественной оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий формирования урожая с.-х. культур, освещены достижения смежных с агрометеорологией наук, которые используются в агрометеорологических прогнозах, даны примеры составления основных агрометеорологических прогнозов с учетом опыта Центрального института прогнозов, возглавляющего агрометеорологическое обслуживание в СССР.

Автор стремился с необходимой полнотой изложить теорию и практику составления основных агрометеорологических прогнозов. Для тех разделов, для которых еще не закончена разработка методов, дана система использования различных положений и приемов из разных научно-исследовательских работ, позволяющая составить соответствующий агрометеорологический прогноз.

Учитывая отсутствие учебной литературы по агрометеорологическим прогнозам, автор в данной книге уделяет большое внимание подбору примеров составления прогнозов и необходимых к ним методических пояснений. При этом учитывался опыт учеб-

ной работы автора со студентами Московского государственного университета им. Ломоносова, Одесского гидрометеорологического института и слушателями Всесоюзных курсов Гидрометеослужбы по повышению квалификации специалистов агрометеорологов, ведущих агрометеорологическое обслуживание сельского хозяйства.

Эта книга будет полезна не только студентам и специалистам агрометеорологам, но и работникам сельского хозяйства, так как позволит им лучше учитывать климатические и погодные условия каждого района в деле получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.



Глава I

РАЗВИТИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ В СССР И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ СО СТОРОНЫ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Агрометеорология является молодой наукой. Она возникла в нашей стране в конце прошлого века и вскоре развилась в самостоятельную науку, на основании которой в Советском Союзе организована агрометеорологическая служба. Такой быстрый путь развития агрометеорологии обусловлен возрастающими требованиями к ней планового, социалистического сельскохозяйственного производства.

Агрометеорология призвана изучать метеорологические, климатические и гидрологические условия, имеющие значение для сельского хозяйства, в их взаимодействии с объектами и процессами сельскохозяйственного производства. Иначе говоря, агрометеорология изучает климат и погоду применительно к запросам сельского хозяйства.

Агрометеорологические исследования условий произрастания сельскохозяйственных культур с учетом потребностей растений к факторам внешней среды делают достоянием сельского хозяйства огромные гидрометеорологические материалы наблюдений и помогают сельскому хозяйству в наилучшем использовании климатических и погодных условий каждого конкретного района для получения высоких и устойчивых урожаев.

О необходимости изучения роли погоды и климата в сельском хозяйстве указывал еще М. В. Ломоносов в 1759 г., а впоследствии и другие прогрессивные ученые, которые стремились поднять уровень культуры земледелия в России и избавить крестьянское хозяйство от страшных бедствий в неблагоприятные для урожаев годы.

Крупнейшие русские ученые метеорологи — А. И. Воейков, П. И. Броунов, А. В. Клоссовский и др. — в конце XIX века

провели огромную работу по установлению принципов агрометеорологических исследований, по составлению программ и организации первых в мире сетевых агрометеорологических наблюдений, которые впоследствии были заимствованы другими государствами. Эти выдающиеся ученые явились основоположниками агрометеорологии.

В январе 1900 г. в Петербурге при Академии наук проходил первый метеорологический съезд, на котором Броунов сделал доклад «О постановке сельскохозяйственной метеорологической деятельности в России». По докладу выступили К. А. Тимирязев, В. В. Докучаев, А. И. Воейков, М. А. Рыкачев и другие известные ученые, которые отметили правильность направления работ и необходимость дальнейшего их расширения.

Однако в условиях царской России, при раздробленном крестьянском хозяйстве с нищенской техникой, развитие агрометеорологии шло крайне медленно. Условия, обеспечивающие успешное развитие агрометеорологии, особенно использование ее научных данных в сельском хозяйстве, были созданы в нашей стране только после Великой Октябрьской социалистической революции.

В 1921 г. был издан декрет Совета Труда и Оборона, подписанный В. И. Лениным, об организации оперативного агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства, так называемой «Службы урожая». Основной задачей этой службы была информация производственных и планирующих сельскохозяйственных организаций об условиях погоды и степени их благоприятности для роста и развития сельскохозяйственных культур. Для выполнения этой задачи в первую очередь необходимо было восстановить и вновь организовать большую сеть агро- и гидрометеорологических станций.

В дальнейшем, в период перехода разрозненного крестьянского хозяйства на путь коллективизации, создания крупных советских хозяйств и планового ведения сельскохозяйственного производства, агрометеорологическое обслуживание начало оказывать более эффективную помощь сельскому хозяйству в наиболее рациональном использовании условий погоды для получения высоких и устойчивых урожаев.

Однако требования сельскохозяйственного производства в этот период значительно превышали научные возможности агрометеорологической службы. Многие вопросы не были изучены, и в агрометеорологии началось быстрое развитие как научной, так и оперативной работы.

В 1929 г. была организована «Единая гидрометеорологическая служба», где были сосредоточены работы по метеорологии, гидрологии и агрометеорологии. Служба урожая с 1930 г. вошла в состав Центрального бюро погоды в Москве, которое по существу представляло собой научно-оперативный институт по прогнозам и информации. Это бюро впоследствии было реорга-

низовано в Центральный институт погоды, а затем в Центральный институт прогнозов.

Центральное бюро погоды и организованные в областях гидрометеорологические учреждения установили тесную связь в деле обслуживания сельского хозяйства с работниками сельскохозяйственного производства.

В 1933 г. было создано первое Всесоюзное совещание работников Службы урожая. В этот же период была организована специальная служба предупреждений о заморозках, организованы наблюдения над водным режимом сельскохозяйственных культур, создана единая методика по фенологическим наблюдениям над сельскохозяйственными культурами.

Для разработки научных проблем по агрометеорологии были созданы научно-исследовательские агрогидрометеорологические институты. Научная работа по агрометеорологии проводилась также и в других подразделениях Гидрометеослужбы и Наркомзема.

Планирование применения агротехнических мероприятий с учетом складывающихся агрометеорологических условий, распределение удобрений для подкормки озимых, подготовка к посеву и пересеву озимых, учет особенностей условий уборки сельскохозяйственных культур — все это потребовало составления агрометеорологических прогнозов. Поэтому наряду с работами по изучению климатических ресурсов страны для сельского хозяйства и по изучению мер борьбы с неблагоприятными условиями произрастания сельскохозяйственных культур начались работы по агрометеорологическим прогнозам.

В 30-х годах были начаты разработки методов агрометеорологических прогнозов сроков сева, наступления фаз развития сельскохозяйственных культур, запасов влаги к началу весны и в период вегетации сельскохозяйственных культур.

В период Великой Отечественной войны научная работа по агрометеорологии замедлилась, но оперативная работа продолжалась по-прежнему.

После специального постановления Совета Министров в январе 1948 г. «Об улучшении метеорологического обслуживания сельского хозяйства» агрометеослужба перешла из системы Министерства сельского хозяйства СССР, где она была в период войны, вновь в систему Главного управления гидрометеослужбы при Совете Министров СССР. Агрометеорологические исследования вновь широко развернулись в Центральном институте прогнозов, который стал методическим центром по агрометеорологии, во вновь организованных научно-исследовательских гидрометеорологических институтах на Украине, в Казахстане, Грузии, Приморском крае, Узбекистане, отделах агрометеорологии гидрометеорологических обсерваторий, бюро погоды и гидрометеобюро, а также на агрометеорологических станциях.

Научная работа по агрометеорологии продолжалась также в системе Министерства сельского хозяйства СССР (в основном в отделе сельскохозяйственной метеорологии Всесоюзного института растениеводства).

Развитие научных работ позволило поднять агрометеорологическое обслуживание на более высокую ступень и значительно его расширить. На большинство запросов правительственных и народнохозяйственных организаций агрометеорологи на основании апробированных научных методов стали давать количественные расчеты, позволяющие с большой степенью точности проводить оценку складывающихся и ожидаемых условий формирования урожая сельскохозяйственных культур.

После 1948 г. был выполнен ряд научных работ по усовершенствованию методики агрометеорологических наблюдений, по выявлению закономерностей формирования различных агрометеорологических условий и количественной оценке сложившихся и ожидаемых условий формирования урожая сельскохозяйственных культур. Были выполнены также работы по характеристике агроклиматических условий территории СССР, особенно районов целинных и залежных земель, которые использовались Министерством совхозов СССР при планировании размещения новых совхозов на целинных и залежных землях.

В этот период были опубликованы отдельные методические указания, посвященные количественным методам составления различных агрометеорологических прогнозов, например: «Методические указания по составлению фенологических прогнозов по зерновым культурам» (А. А. Шиголев, 1951 г.), «Методические указания по составлению прогноза запасов продуктивной влаги в почве» (Л. А. Разумова, С. А. Вериге, С. Б. Мاستинская, 1951 г.), «Методические указания по составлению прогноза условий перезимовки озимой пшеницы и ржи» (И. М. Петунин, 1951 г.), «Методические указания по оценке засушливых явлений» (М. С. Кулик, 1953 г.), «Методические указания по составлению прогноза фаз развития хлопчатника» (Л. Н. Бабушкин, 1951 г.) и другие.

Претворение в жизнь решений сентябрьского (1953 г.), а также последующих Пленумов ЦК КПСС и постановления XX съезда партии по вопросам сельского хозяйства обеспечили крутой подъем всех отраслей сельскохозяйственного производства. XXI съезд партии поставил грандиозные задачи перед сельским хозяйством.

Объем валовой продукции сельского хозяйства должен увеличиться за семилетку в 1,7 раза.

Претворение в жизнь этой задачи потребует еще более полного и рационального использования почвенно-климатических условий. Поэтому значение агрометеорологических прогнозов возрастает. Практика оперативного обслуживания показывает, что число запросов об ожидаемых условиях формирования уро-

жая все увеличивается. Часто агрометеорологические прогнозы требуются даже с такой заблаговременностью, которую не обеспечивают существующие методы.

В настоящее время со стороны обслуживаемых организаций редко поступают запросы только информационного характера. Как правило, они относятся к оценке не только сложившихся, но и ожидаемых агрометеорологических условий формирования урожая.

В последние годы разработан ряд новых методов количественной оценки сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур. Выявлена связь веса зерен яровой пшеницы с температурой и влажностью в период колошение — восковая спелость; разработана методика оценки влагообеспеченности яровых культур, агрометеорологических условий периода уборки и комплексной оценки условий формирования урожая сельскохозяйственных культур. Определена зависимость температуры почвы на глубине узла кушения озимых от температуры воздуха, высоты снежного покрова и глубины промерзания почвы и дан способ расчета площадей вымерзания озимых. Предложены методы прогноза условий формирования урожая яровой пшеницы, сахарной свеклы, картофеля и многие другие методы, на основании которых в настоящее время проводится анализ и оценка сложившихся и ожидаемых условий произрастания сельскохозяйственных культур и составляются агрометеорологические прогнозы.

Исходными данными, составляющими основу агрометеорологических расчетов и прогнозов, являются фактические материалы сопряженных наблюдений над метеорологическими условиями и состоянием сельскохозяйственных культур. Каждую декаду агрометеорологи, ведущие обслуживание сельского хозяйства по определенной территории, получают с агро- и гидрометеостанций этой территории многочисленные сведения, позволяющие проводить оценку условий формирования урожая сельскохозяйственных культур.

Агрометеорологи Центрального института прогнозов, ведущие оперативное агрометеорологическое обслуживание правительственных и сельскохозяйственных организаций в целом по всему СССР, ежедекадно получают с 1790 агро- и гидрометеостанций данные о фазах развития и состоянии сельскохозяйственных культур; с 1260 станций поступают сведения о запасах влаги под сельскохозяйственными культурами, позволяющие характеризовать влагообеспеченность этих культур; с 2500 станций идут сведения о метеорологических элементах — температуре, осадках, снежном покрове, ветре и т. д. Около 1000 станций ведут в зимний период наблюдения над температурой почвы на глубине узла кушения озимых, и около 1300 станций несколько раз в зиму проводят отращивание озимых (данные на 1959 г.).

В настоящее время агрометеорологами Гидрометеослужбы, ведущими оперативное обслуживание сельского хозяйства, составляются следующие агрометеорологические прогнозы:

- 1) сроков сева сельскохозяйственных культур;
- 2) агрометеорологических условий роста и развития озимых осенью и их состояния ко времени прекращения осенней вегетации;
- 3) условий перезимовки озимых культур и их состояния ко времени возобновления вегетации весной;
- 4) запасов влаги к началу весны;
- 5) агрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур в весенне-летний период;
- 6) сроков созревания сельскохозяйственных культур;
- 7) условий уборки сельскохозяйственных культур.

О большом значении агрометеорологических прогнозов для сельского хозяйства можно сказать очень многое. Совершенно очевидно, какое значение имеют прогнозы сроков сева. Большое производственное значение имеет также прогноз состояния озимых к моменту прекращения вегетации осенью. Рассчитав по районам, на каких площадях озимые хорошо раскустятся и какой процент составят нераскустившиеся озимые, можно дать обоснование мер борьбы за сохранение озимых при перезимовке и в первом приближении сделать выводы о состоянии озимых в течение летней вегетации. Кушение озимых весной ограничено, поэтому недостаточная кустистость осенью скажется даже и при очень благоприятных условиях весенне-летнего периода на конечном результате — урожае.

Очень большое значение имеет прогноз условий перезимовки озимых, в котором, кроме установления районов с неблагоприятными агрометеорологическими условиями, даются расчеты площадей с возможной гибелью озимых, подлежащих пересеву или подсеву.

В исключительно суровую зиму 1955/56 г., имея агрометеорологические расчеты площадей погибших озимых по территории Украины, министерства сельского хозяйства УССР и СССР с большой заблаговременностью провели подготовку к пересеву озимых на больших площадях в северных, центральных и южных районах Украины. Обследование весной районов, где наблюдалось вымерзание озимых, подтвердило правильность агрометеорологического прогноза.

Большое практическое значение имеют прогнозы влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, сроков и условий уборки урожая и другие.

Уже много лет при уточнении видов на урожай в Госплане СССР, в Госэкономкомиссии и в министерствах сельского хозяйства большое внимание уделяется агрометеорологическим материалам и в первую очередь агрометеорологическим прогнозам.

Большинство агрометеорологических прогнозов имеет доста-

точно высокую оправдываемость, например прогнозы видов на урожай, запасов влаги к началу весны, влагообеспеченности и фаз развития сельскохозяйственных культур и другие.

Даже в случае недостаточной оправдываемости прогноза погоды агрометеорологические расчеты и прогнозы имеют большое практическое значение. Это объясняется тем, что в агрометеорологических прогнозах очень большой вес имеет исходное фактическое положение, которое часто во многом определяет будущее состояние независимо от некоторых изменений погоды.

Например, в прогнозе запасов влаги к началу весны определяющее значение имеет осенняя насыщенность почвы влагой, условия всего зимнего периода и сумма осадков за период замерзания—оттаивания почвы (или запасы воды в снежном покрове). Прогноз составляется с месячной заблаговременностью. Если в течение ожидаемого месяца выпало осадков 80% нормы, а по прогнозу погоды ожидалось 160%, то прогноз погоды считается неоправдавшимся. На прогнозе же запасов влаги к началу весны эта ошибка почти не скажется, так как разница в осадках будет составлять, например, в степных районах 15—20 мм, а ожидаемые запасы влаги к началу весны изменятся на 5—8 мм.

Если мы составляем прогноз условий формирования урожая зерновых, когда прошел период закладки колоса и образовалось малое число колосков и зерен, то даже если будут благоприятные условия погоды в последующий период, высокого урожая ждать нельзя. То же самое можно сказать о прогнозах влагообеспеченности и фаз развития, где исходное положение часто играет существенную роль и во многом уменьшает ошибку агрометеорологического прогноза в сравнении с прогнозом погоды. Это происходит потому, что оценка ожидаемых агрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур на тот или иной момент вегетации является комплексной оценкой сложившихся и ожидаемых условий, где предшествующие условия всегда играют важную роль.

Кроме того, агрометеорологи в последние годы в связи с недостаточной оправдываемостью долгосрочных прогнозов погоды в тех прогнозах, где будущие условия играют большую роль, свои расчеты ведут не только с учетом ожидаемых условий по прогнозу погоды, но и с учетом условий 80%-ной обеспеченности, а также средних многолетних условий. Это также повышает оправдываемость агрометеорологических прогнозов и позволяет определить наиболее вероятное положение в текущем году. Только в случае наступления непредвиденных прогнозом погоды критических условий для растений (суховеи, град, очень высокие температуры, вызывающие запал зерна, и т. д.) агрометеорологические прогнозы дают значительные ошибки.

В настоящее время наиболее полно разработаны методы агрометеорологических прогнозов по многим зерновым культу-

рам. В последнее время появились также методы, позволяющие проводить количественную оценку условий формирования урожая картофеля и сахарной свеклы. Однако до сих пор не создано методов, по которым можно было бы давать количественную оценку условий формирования урожая льна, подсолнечника, овощных культур, хлопчатника. Задачей агрометеорологов в ближайшие годы является создание новых научных методов агрометеорологических прогнозов по указанным вопросам, чтобы обслуживание по всем важным культурам не уступало уровню обслуживания по зерновым.

Глава II

I
и РА
и

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РОСТА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ОСЕННИЙ ПЕРИОД ДО ВРЕМЕНИ ПРЕКРАЩЕНИЯ ОСЕННЕЙ ВЕГЕТАЦИИ

В
ые
важн

В
усло
боле
нико
озим
испо
повь
обла
ност

С
зави
один
Союз

О
Укра
Рост
озим

ного хозяйства Советского Союза зерно-
очень большое значение. Они являются
ьственными культурами.

энов, где летом наблюдаются засушливые
благополучной перезимовке дают всегда
, чем яровые, и являются основным источ-
ного зерна. Но не только в этом значение
льтуры позволяют лучше и равномернее
о силу и сельскохозяйственные машины,
ость зернового хозяйства. В районах с пре-
культур создается излишняя напряжен-
иего сева и уборки хлебов.

зимых культур в очень большой степени
перезимовки, поэтому озимые далеко не
анены по всей территории Советского

нами. возделывания озимых являются
Краснодарский и Ставропольский края,
ская, Курская и Орловская области, где
ше 70% площади зерновых культур.

В других районах Советского Союза площади, занятые ози-
мыми, меньше. В Сибири, в северных районах Казахстана, на
юге Урала, в Нижнем и Среднем Поволжье большому расши-
рению площадей озимых препятствуют неблагоприятные усло-
вия зимовки. Суровые малоснежные зимы в этих районах часто
вызывают вымерзание озимых.

В основных районах возделывания озимых перезимовка их
также не всегда кончается благополучно. Довольно часто в этих
районах бывают резкие изменения температуры, когда оттепели
сменяются сильными похолоданиями. В такие зимы наблюдается
значительное изреживание озимых культур.

Исход перезимовки во всех районах возделывания озимых в очень большой степени зависит от того, в каком состоянии закончили озимые осеннюю вегетацию.

Хорошо раскустившиеся, но не переросшие озимые, имеющие хорошее состояние, зимуют лучше и даже в суровые зимы дают значительно меньшую изреженность, чем нераскустившиеся и имеющие плохое состояние. По данным многих исследований, лучше всего зимуют посевы, имеющие к концу осенней вегетации 3—6 побегов кустистости.

Например, в исключительно холодную и малоснежную зиму 1942/43 г. в степных районах Западной Сибири нераскустившиеся и переросшие озимые погибли на 80—100%, гибель озимых средних сроков сева, имеющих кустистость 3—5 побегов, составила в большинстве районов около 20%.

Суровой зимой 1947/48 г. в тех же районах Западной Сибири озимые, нормально раскустившиеся с осени, перезимовали благополучно, изреженность была меньше 10%, а растения сентябрьских сроков сева, закончившие вегетацию в фазе 3-го листа и всходов, погибли на 60%.

В очень суровые зимы 1953/54 и 1955/56 гг. в ряде южных районов Украины (в Херсонской, Запорожской и других смежных областях) у нормально раскустившихся озимых погибло только 10—15% растений, а у нераскустившихся — больше 60% и местами до 100% растений. Таких примеров можно привести множество.

Развитие, состояние и укоренение озимых к концу осени зависит в основном от агрометеорологических условий всего осеннего периода вегетации и от сроков сева.

Агрометеорологическими условиями осеннего периода определяется также и степень закалки озимых. Особенно большое значение имеют агрометеорологические условия осеннего периода и сроки сева в районах с резко выраженным континентальным климатом, коротким осенним периодом вегетации, быстрым спадом температур от лета к зиме и суровыми зимами. В районах, где чаще всего происходит гибель нераскустившихся озимых, особенно остро стоит вопрос, смогут ли озимые нормально раскуститься, укорениться и получить хорошую закалку осенью в том или ином году.

Но и в районах, где зимняя гибель озимых наблюдается редко, значение условий осеннего периода также велико, так как осеннее состояние озимых в этих районах имеет большое значение для будущего урожая. Весной кущение озимых, особенно ржи, невелико, следовательно, число колосоносных побегов в основном определяется осенью, и если в осенний период озимые не смогли достичь определенной кустистости, то весной изменения будут небольшие и это скажется на величине урожая.

Так, вследствие исключительно засушливых условий осени 1955 г. в центральных районах Европейской территории СССР

озимые на больших площадях закончили вегетацию только в фазе всходов, в то время как обычно озимые в этих районах к моменту прекращения вегетации осенью достигают 3—4 побегов кустистости. Даже при очень благоприятных условиях весеннего и летнего периода это сказалось на величине урожая, так как вследствие осенней недоразвитости число колосоносных побегов у озимых было значительно меньше обычного.

Агрометеорологические условия осенней вегетации озимых культур очень разнообразны. Различные районы Советского Союза имеют свои климатические особенности осеннего периода. Например, районы Западной Сибири характеризуются коротким осенним периодом вегетации (в среднем 40—50 дней), небольшим количеством осадков в осенние месяцы и прохладной солнечной погодой.

Для Украины характерна теплая продолжительная осень (в среднем продолжительность ее составляет 60—70 дней) с умеренными осадками в северных районах и сухая — в южных районах.

В северо-западных районах Европейской территории СССР осенью чаще всего наблюдается прохладная дождливая погода. Другие районы Советского Союза имеют также свои климатические особенности.

Однако даже в одном и том же климатическом районе по отдельным годам наблюдаются большие различия в осенних условиях: Различной бывает продолжительность осеннего периода, тепловой режим, осадки, влажность почвы и другие факторы, создающие комплекс агрометеорологических условий для роста, развития и заделки озимых.

Для того чтобы озимые наилучшим образом использовали условия осенней вегетации, необходим учет особенностей осенних условий каждого года и проведение сева озимых в наилучшие для этого года сроки.

В связи с этим к агрометеорологам Гидрометеослужбы, ведущим агрометеорологическое обслуживание сельского хозяйства, ежегодно в конце лета и осенью поступают от планирующих и сельскохозяйственных организаций следующие основные запросы:

1) какие агрометеорологические условия для роста и развития озимых в осенний период ожидаются в текущем году и на основании этого какие сроки сева озимых в различных районах СССР в текущем году будут наилучшими, предельно ранними и предельно поздними;

2) каково будет состояние озимых к моменту прекращения осенней вегетации в связи с особенностями погоды осенью.

Для ответов на эти запросы агрометеорологами в конце лета составляется прогноз сроков сева и агрометеорологических условий осенней вегетации озимых, а в конце осени — прогноз состояния озимых к моменту прекращения осенней вегетации.

Указанные прогнозы составляются на основании учета зависимости состояния и фаз развития озимых культур в осенний период от условий внешней среды.

Главными факторами, от которых зависит развитие, рост и состояние озимых культур в осенний период, являются тепло и увлажнение почвы. В связи с этим и оценка агрометеорологических условий осенью сводится в основном к оценке теплового режима и запасов влаги в почве.

В условиях достаточного увлажнения почвы определяющее значение для роста и развития озимых имеет температура. Т. Д. Лысенко [49] на основании экспериментальных исследований пришел к выводу, что каждой фазе для завершения ее процессов необходима постоянная сумма градусо-дней, если счет температуры вести от той термической точки, при которой начинается данный процесс. Исходя из этого, Лысенко для определения продолжительности межфазных периодов в зависимости от температуры предложил формулу $n = \frac{A}{t-B}$, где n — продолжительность межфазного периода (в днях); t — среднесуточная температура воздуха; B — температура, при которой начинаются процессы данной фазы; A — постоянная сумма эффективных температур, необходимая для прохождения фазы, начиная от предела, соответствующего B .

А. А. Шиголев [104, 107], используя опытные материалы Лысенко, получил для начальных фаз развития озимых в осенний период $B = 5^\circ$. С учетом этой величины он определил постоянную A для периодов посев — всходы и всходы — кущение.

По определению Шиголева при температуре выше 5° для появления всходов озимой ржи при достаточном увлажнении почвы необходима сумма эффективных температур, равная 52° , а для озимой пшеницы — равная 67° , считая со следующего дня после посева. Отсюда продолжительность межфазного периода посев — всходы озимой ржи равна $n = \frac{52}{t-5}$, а озимой пшеницы $n = \frac{67}{t-5}$.

Суммы 52 и 67° называются суммами эффективных температур (т. е. температур выше 5° , определяющих эффективность развития). Для периода от всходов до начала кущения озимых ржи и пшеницы Шиголевым была получена сумма эффективных температур, равная 67° . Отсюда продолжительность межфазного периода всходы — кущение ржи и пшеницы $n = \frac{67}{t-5}$, а всего периода от посева до кущения $n = \frac{119}{t-5}$ для ржи и $n = \frac{134}{t-5}$ для пшеницы. Указанные суммы эффективных температур характеризуют не массовое наступление фазы, а начало ее (у 10% растений).

Шиголевым было также установлено, что при наличии достаточных запасов влаги от посева до появления третьего побега кушения необходима сумма эффективных температур 200° , а до появления шестого побега кушения — сумма эффективных температур 300° .

Зная ожидаемую температуру воздуха и дату сева озимых, по указанным суммам эффективных температур (суммируя среднесуточные температуры с вычетом по 5° ежедневно) можно определить даты наступления последующих фаз озимых культур.

Эти количественные показатели Шиголева, характеризующие потребность озимых в тепле в начальные фазы развития, используются в основном в настоящее время при агрометеорологическом обслуживании сельского хозяйства для определения наступления фаз развития озимых культур осенью при достаточном увлажнении почвы. При проверке на фактическом материале наблюдений в оперативной агрометеорологической практике они показали неплохую оправдываемость.

Рядом исследователей предложены другие количественные показатели, по которым можно предвычислять наступление фаз озимых культур в осенний период.

Так, А. И. Носатовский [58] указывает, что появление всходов озимой пшеницы при хорошем увлажнении почвы наступает при накоплении после посева суммы среднесуточных температур 120° . От всходов до начала кушения озимой пшеницы сумма среднесуточных температур равна 220° . Образование трех побегов у озимой пшеницы наблюдается при накоплении суммы среднесуточных температур 580° , считая от посева, или 240° , считая от начала кушения.

Н. А. Зубаревым [25] для расчета скорости прорастания семян и сроков появления всходов зерновых культур при различной температуре и полном обеспечении влагой предложены гидротермические коэффициенты прорастания, показывающие, во сколько раз быстрее или медленнее идет набухание и прорастание семян при любой температуре по сравнению со скоростью прорастания при температуре 5° (табл. 1).

Таблица 1

Гидротермические коэффициенты (ГТК) прорастания семян при различной температуре воздуха (t) и достаточном увлажнении почвы

t	ГТК	t	ГТК	t	ГТК	t	ГТК
5	1,0	11	1,49	17	2,21	23	3,19
6	1,07	12	1,60	18	2,35	24	3,39
7	1,15	13	1,71	19	2,50	25	3,60
8	1,23	14	1,82	20	2,65	26	3,81
9	1,31	15	1,94	21	2,82	27	4,04
10	1,40	16	2,07	22	3,01	28	4,28

Эти гидротермические коэффициенты были получены Зубаревым на основании опытов с осмометрами, показывающими изменение скорости прохождения воды через полупроницаемые пленки при понижении температуры от 20 до 0°. Данные опытов Зубарева были близки к данным по проницаемости плазмы, полученным другими авторами.

Зубаревым установлено, что массовые всходы зерновых появляются тогда, когда сумма гидротермических коэффициентов прорастания достигнет 14. Суммируя после посева ежедневно в зависимости от ожидаемой температуры при полном водоснабжении соответствующие гидротермические коэффициенты, определяют день, когда сумма их будет равна 14; следующий день можно считать датой появления массовых всходов зерновых культур.

Однако в начальный период развития и роста озимых наряду с тепловым режимом очень большое значение имеет степень увлажнения почвы. Продолжительность периода посев — всходы резко увеличивается, если семена попадают в недостаточно увлажненную почву. Наступление фазы кущения также не в меньшей мере зависит от влажности почвы. Следовательно, определять наступление фаз озимых осенью, учитывая только один тепловой режим, при условии недостаточного увлажнения почвы нельзя.

Зубарев считает, что достаточное увлажнение почвы для появления всходов бывает в том случае, если влажность почвы на глубине заделки семян составляет не меньше 22% веса сухой почвы плюс максимальная гигроскопичность почвы, выраженная тоже в процентах веса сухой почвы. При влажности почвы, превышающей только на 2% максимальную гигроскопичность, прорастание семян практически прекращается.

На основании этих положений Зубаревым были рассчитаны гидротермические коэффициенты скорости прорастания семян зерновых культур для любых сочетаний температуры и влажности почвы на глубине заделки семян.

Суммируя ежедневно в зависимости от температуры и увлажнения почвы на глубине заделки семян соответствующие гидротермические коэффициенты, можно определить день накопления суммы коэффициентов, равной 14. Следующий день, как было уже сказано, можно считать датой появления массовых всходов зерновых культур.

Так как массовые наблюдения над влажностью почвы на глубине заделки семян не производятся, Зубарев предлагает систему расчетов ежедневных изменений влажности почвы на глубине заделки семян в зависимости от температуры, влажности воздуха, осадков и внутрипочвенного передвижения влаги.

Однако метод расчета скорости прорастания семян и появления всходов Зубарева больше применим для оценки сложившихся условий, чем ожидаемых, так как при прогнозе дат на-

ступления всходов по этому методу необходимо знать ожидаемые величины ежедневных значений относительной влажности воздуха, температуры и осадков. Поэтому использование метода Зубарева при прогнозе затруднено и мы подробно его не излагаем.

Необходимо было найти такие способы расчетов, которые возможно было бы использовать в агрометеорологических прогнозах при определении ожидаемых дат наступления фаз озимых осенью в зависимости от агрометеорологических условий.

На основании обработки большого материала наблюдений по различным районам Европейской территории СССР и Западной Сибири за фенологическими фазами озимых ржи и пше-

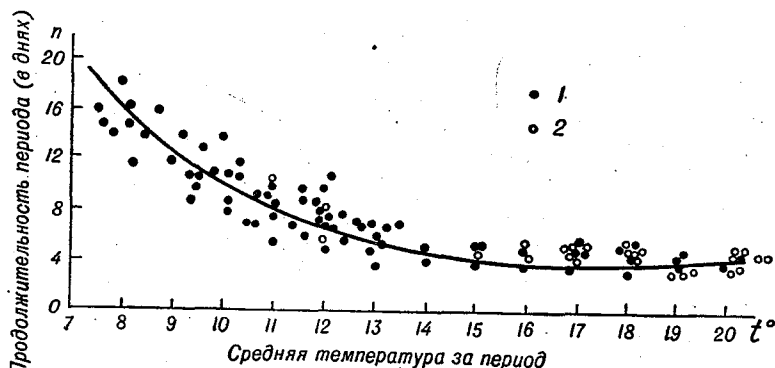


Рис. 1. Зависимость продолжительности периода посев—всходы озимой ржи и озимой пшеницы от средней температуры за период (при хорошем увлажнении почвы, 30—60 мм в слое 0—20 см).

1 — озимая рожь, 2 — озимая пшеница.

ницы в осенний период, а также над температурой воздуха, осадками и запасами влаги в пахотном слое почвы автором этой книги [96] были найдены зависимости продолжительности периодов посев — всходы и всходы — кущение озимой ржи и пшеницы от увлажнения почвы и температуры воздуха.

Как уже указывалось, продолжительность межфазных периодов зависит от температуры и увлажнения почвы. Для того чтобы наиболее ярко выразить зависимость продолжительности межфазных периодов от одного фактора, необходимо, чтобы другой фактор находился в положении наибольшего благоприятствования.

На рис. 1 представлена зависимость продолжительности периода посев — всходы озимой ржи и пшеницы от температуры воздуха при хорошем увлажнении почвы (30—60 мм в пахотном слое почвы). Из графика на этом рисунке следует, что при достаточных запасах влаги продолжительность периода посев — всходы может быть различной в зависимости от тем-

пературы. Различия достигают 12 дней и более. Наименьшая продолжительность периода посев — всходы (4 дня) наблюдается при средней температуре выше 14° . Следовательно, эту температуру можно считать оптимальной, обеспечивающей самое быстрое появление всходов при условии хорошего увлажнения почвы.¹

На основании этого вывода была определена зависимость продолжительности периода посев — всходы озимой ржи и озимой пшеницы от величины запасов влаги в пахотном слое почвы при температуре воздуха выше 14° (рис. 2).

Из зависимости, показанной на рис. 2, следует также, что при

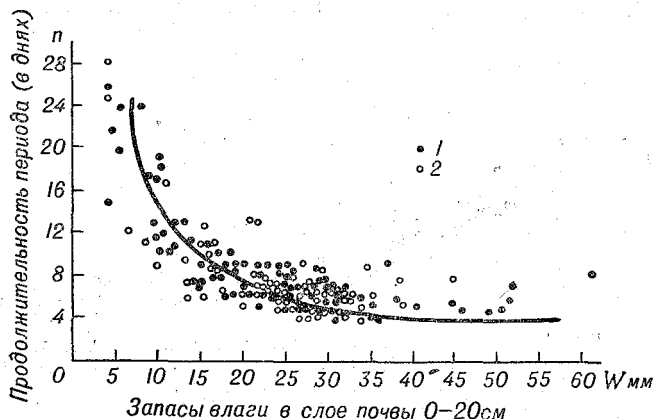


Рис. 2. Зависимость продолжительности периода посев — всходы озимой ржи и озимой пшеницы от увлажнения почвы (при температуре выше 14°).

1 — озимая рожь, 2 — озимая пшеница.

температуре выше 14° и хорошем увлажнении почвы (больше 30 мм в пахотном слое) продолжительность периода посев — всходы озимых будет наименьшей; она равна при этом четырем дням. При этой же температуре, но при уменьшении запасов влаги период посев — всходы увеличивается от 4 до 28 дней. Аналитическое выражение этой зависимости имеет вид $n =$

$$= \frac{74,2}{w^{0,74}}, \text{ где } n \text{ — продолжительность межфазного периода по-}$$

сев — всходы озимых в днях, w — запасы продуктивной влаги (в мм) в слое почвы 0—20 см.

Представляет большой интерес также нахождение зависимости прорастания семян и появления всходов от предпосевных дождей. Так, А. Маллик [118] на основе систематизированных

¹ Верхний предел оптимальной температуры не обнаружен, так как в анализируемых случаях осенью средняя температура выше 20° не наблюдалась.

наблюдений над всхожестью семян пшеницы на сети селекционных станций Индии и наблюдений над погодой установил корреляционную зависимость процента всхожести семян пшеницы от общего количества осадков в течение 4—6 недель перед посевом.

Для определения наступления фазы кушения при различной температуре и запасах влаги в пахотном слое почвы были определены следующие зависимости [96].

Во-первых, было установлено, что наименьшая продолжительность периода всходы — кушение озимой ржи при достаточных запасах влаги наблюдается в тех случаях, когда средняя температура не ниже 13° (рис. 3). При понижении температуры продолжительность периода увеличивается от 8 дней при тем-

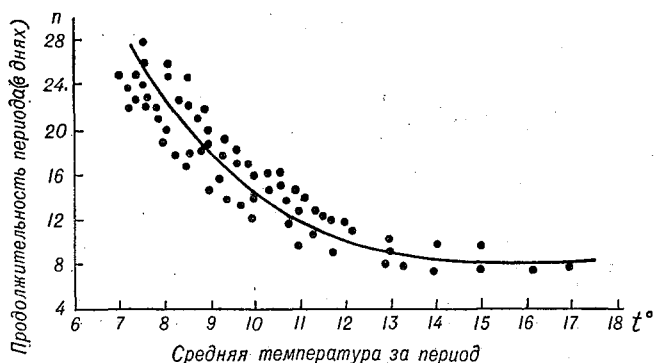


Рис. 3. Зависимость продолжительности периода всходы — кушение озимой ржи от средней температуры за период (при хорошем увлажнении почвы, 30—60 мм в слое 0—20 см).

пературе 13° до 28 дней при температуре 7° . Следовательно, температуру выше 13° можно считать оптимальной в период всходы — кушение, так как при этой температуре продолжительность этого периода наименьшая.

Во-вторых, как и для периода посев — всходы, для периода всходы — кушение при температуре выше 13° была найдена зависимость продолжительности этого периода у озимой ржи и озимой пшеницы от увлажнения почвы в пахотном слое (рис. 4). При хороших запасах влаги и при температуре выше 13° продолжительность периода всходы — кушение будет наименьшей (8 дней). С уменьшением запасов влаги при тех же температурах продолжительность этого периода увеличивается до 32 дней. Аналитический вид этой зависимости $n = \frac{93,4}{w^{0,64}}$,

где n — продолжительность межфазного периода (в днях), w — запасы продуктивной влаги (в мм) в слое почвы 0—20 см.

Таким образом, были получены две зависимости, по которым можно определять скорость появления всходов и наступление фазы кушения при различном увлажнении пахотного слоя почвы в случае оптимальных температур.

Такое решение вопроса для определения периода посев — всходы озимых можно считать вполне достаточным, так как чаще всего сев озимых осенью проводится при температуре воздуха около 15° .

Период всходы — кушение у озимых осенью часто проходит при пониженной температуре и недостаточном увлажнении почвы. В этих условиях рассмотренные зависимости, очевидно,

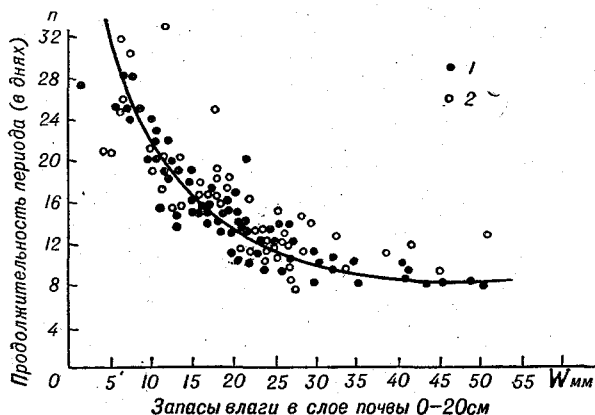


Рис. 4. Зависимость продолжительности периода всходы — кушение озимой ржи и озимой пшеницы от увлажнения почвы (при температуре выше 13°).
1 — озимая рожь, 2 — озимая пшеница.

не могут быть использованы при прогнозе дат наступления фазы кушения озимых. Учитывая это, автор определил зависимость продолжительности периода всходы — кушение озимой ржи одновременно от температуры и увлажнения почвы при любых значениях этих элементов (рис. 5).

Наименьший период всходы — кушение озимой ржи (до 10 дней) наблюдается при температуре выше 13° и хороших запасах влаги (больше 30 мм в слое почвы 0—20 см).

Продолжительность периода всходы — кушение от 10 до 15 дней наблюдается при температурах 11 — 13° и хороших запасах влаги или при более высоких температурах, но при некотором недостатке увлажнения (запасы влаги в слое 0—20 см от 20 до 30 мм).

Продолжительность периода всходы — кушение от 15 до 20 дней наблюдается при несколько пониженных температурах (9 — 11°) и хороших запасах влаги или при более высоких тем-

пературах (выше 13°) и пониженных запасах влаги (в слое почвы 0—20 см от 15 до 20 мм).

Продолжительность периода всходы — кущение 20—25 дней наблюдается при температурах $7-9^{\circ}$ и хороших запасах влаги или при более высоких температурах, но при плохом увлажнении почвы (меньше 15 мм в пахотном слое).

По вышеприведенным зависимостям можно производить расчет наступления фаз развития озимых осенью в районах с недостаточным увлажнением почвы.

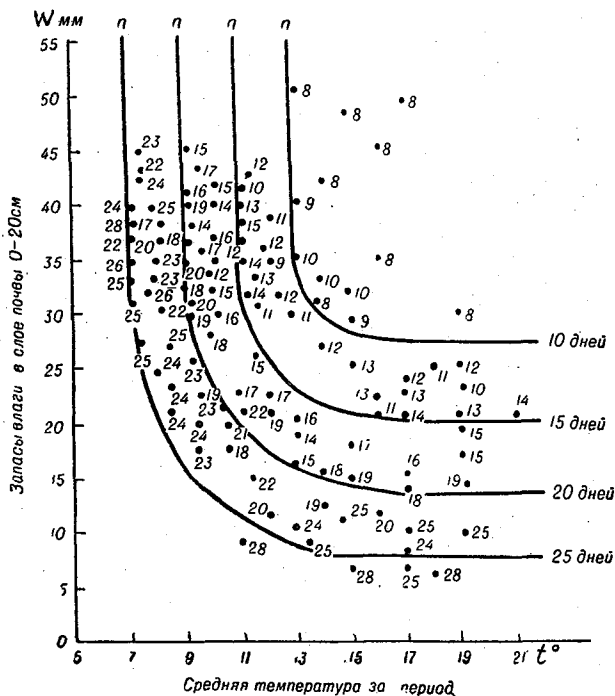


Рис. 5. Зависимость продолжительности периода всходы — кущение озимой ржи от температуры и увлажнения почвы.

Расчеты запасов продуктивной влаги по районам можно производить, используя установленные С. А. Вериго [12] зависимости изменения этих запасов от метеорологических условий.

Расчетные графики Вериго (рис. 6) построены следующим образом: по оси абсцисс отложены запасы влаги на начало предстоящей или на конец предшествующей декады, по оси ординат — ожидаемые суммы осадков за предстоящую декаду. Изолинии соответствуют изменениям запасов влаги за эту декаду. К графикам приложена таблица поправок к полученным

величинам изменений запасов влаги на ожидаемую температуру воздуха (табл. 2).

Увлажнение почвы пахотного слоя играет очень большую роль в изменении состояния сельскохозяйственных культур. Как указывает Вериго, при средних за декаду запасах продук-

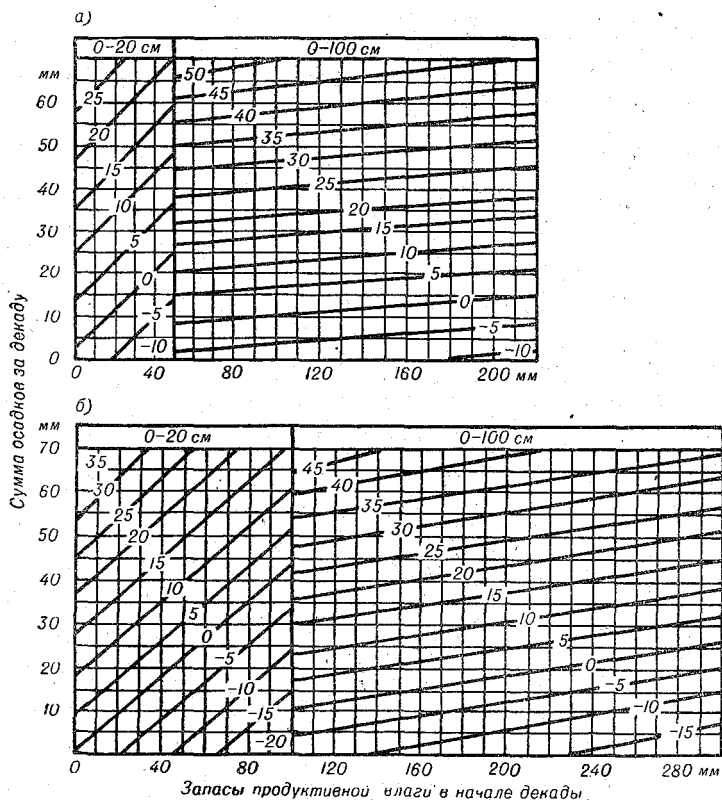


Рис. 6. Изменение запасов почвенной влаги под озимыми культурами (в мм за декаду) в слое почвы 0—20 и 0—100 см в период осенней вегетации.

а — в зоне черноземных почв, б — в зоне оподзоленных почв.

тивной влаги в пахотном слое почвы меньше 5 мм всходы не появляются совсем. При более высоком содержании влаги состояние всходов улучшается с увеличением запасов влаги. Хорошие оценки состояния отмечаются при влажности, соответствующей наименьшей полевой влагоемкости почвы. Вериго приводит средние оценки состояния всходов зерновых культур по пятибалльной системе¹ при различных запасах продуктивной влаги в слое почвы 0—20 см (табл. 3).

¹ Состояние посевов: отличное — 5, хорошее — 4, удовлетворительное — 3, плохое — 2, очень плохое — 1.

Таблица 2

Поправки (в мм)¹ на температуру при определении изменения запасов почвенной влаги по графикам на рис. 6

Среднеде- кадная температура воздуха	Слой 0— 20 см (а и б)	Слой 0— 100 см (б) ¹	Среднеде- кадная температура воздуха	Слой 0— 20 см (а и б)	Слой 0— 100 см (б) ¹
5	1	6	11	0	—1
6	1	5	12	0	—2
7	1	4	13	—1	—4
8	0	2	14	—1	—5
9	0	1	15	—1	—6
10	0	0			

¹ Для а поправка равна нулю.

Таблица 3

Средние оценки состояния всходов зерновых культур

Зона	Запасы влаги (мм)										
	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—50	51—60	61—70	71—80
Чернозем- ных почв	2,0	2,8	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	—	—	—
Оподзолен- ных почв	1,4	3,0	3,6	3,9	3,6	3,5	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0

Вериге пришла к выводу, что в тех случаях, когда во время кушения запасы продуктивной влаги за декаду в слое 0—20 см бывают меньше 10 мм, наблюдается резкое ухудшение состояния растений. Некоторое ухудшение посевов также наблюдается и в тех случаях, когда средние за декаду запасы продуктивной влаги в слое почвы 0—20 см бывают меньше 20 мм. Если запасы влаги большие (30—60 мм в пахотном слое почвы), то плохое и удовлетворительное состояние растений улучшается, а хорошее и отличное — сохраняется.

Изменение оценок состояния зерновых культур (в баллах) в период кушения в зависимости от количества влаги в слое почвы 0—20 см, по Вериге, показано в табл. 4.

Мы изложили существующие в настоящее время методы, по которым можно производить оценку сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий осеннего периода. Как же прак-

Средние за декаду запасы влаги (мм)								
1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—50
-1,0	-0,5	-0,3	-0,2	0	0	+0,2	+0,5	+0,5

тически по этим методам можно составлять прогнозы сроков сева и агрометеорологических условий осенней вегетации озимых?

Как уже указывалось, несвоевременный посев или неблагоприятные агрометеорологические условия осеннего периода ведут к тому, что озимые заканчивают вегетацию плохо раскустившимися и в плохом состоянии, что в свою очередь ведет к уменьшению числа колосonoсных побегов, а следовательно, и к уменьшению урожая. Кроме того, у озимых, закончивших осеннюю вегетацию нераскустившимися или, наоборот, переросшими, в неблагоприятные по перезимовке годы наблюдается значительно большая гибель.

Многолетней практикой и исследованиями установлено, что лучше всего зимуют озимые, имеющие ко времени прекращения вегетации 3—6 побегов кустистости.

Таким образом, оптимальными сроками сева считаются такие, при которых у растений к моменту прекращения вегетации наблюдается 3—6 побегов кустистости; предельно ранними сроками сева будут такие, при которых озимые заканчивают вегетацию переросшими, с большой кустистостью (больше 8—10 побегов), и предельно поздними, — при которых озимые к моменту прекращения вегетации остаются нераскустившимися, в фазе всходов и 3-го листа.

Следовательно, для определения различных сроков сева необходимо знать ожидаемые условия всего осеннего периода до момента прекращения вегетации. Однако долгосрочного прогноза погоды на весь осенний сезон мы не имеем, поэтому приходится использовать только месячный прогноз погоды, а остальную часть осеннего периода (свыше месяца) характеризовать средними многолетними данными. Так как сев озимых в южных и северных районах Европейской территории СССР проводится в разное время, целесообразно прогноз сроков сева озимых для этих районов составлять отдельно: в северных районах — сразу после получения прогноза погоды на август, а в южных районах — после получения прогноза погоды на сентябрь.

Прежде чем приступать к расчетам наступления фаз развития и состояния озимых, необходимо определить ожидаемые запасы влаги, температуру и осадки по декадам. Но в долго-

срочном прогнозе погоды количество осадков дается только в целом за месяц, а температура в среднем за месяц и по периодам, поэтому необходимо провести некоторую вспомогательную работу по определению ожидаемой температуры и осадков по декадам. Многие методы агрометеорологических прогнозов требуют знания декадных величин температуры и осадков, поэтому эти вспомогательные расчеты будут необходимы и при составлении других прогнозов.

Среднюю температуру по декадам точнее всего определять графически. На основании хода температуры по периодам, указанным в долгосрочном прогнозе погоды, строят график температуры в течение всего месяца и затем подсчитывают среднюю температуру за каждую декаду. Необходимо, чтобы полученная из декадных среднемесячная температура не расходилась со среднемесячной, рассчитанной по ожидаемому отклонению температуры воздуха от нормы.

Можно ожидаемую среднедекадную температуру получить и другим путем. Выписывается норма температуры по декадам и делается поправка на ожидаемое месячное отклонение температуры воздуха от нормы. Затем делаются поправки на ожидаемый ход погоды по периодам с учетом похолоданий и потеплений. Ожидаемая среднемесячная температура, полученная из декадных, не должна расходиться с месячной температурой, указанной в прогнозе.

С расчетом осадков по декадам дело обстоит сложнее, так как в прогнозе нет их количественного распределения, а дана аномалия осадков в целом за месяц. Этот расчет приближенно можно делать следующим образом. Путем интерполяции по карте определяется для данного пункта отклонение осадков от нормы в процентах, а затем вычисляется в соответствии с этим отклонением ожидаемое месячное количество осадков. Если качественная характеристика облачности и осадков в течение всего месяца более или менее одинакова, то месячная сумма осадков делится на 3 и тем самым получается сумма осадков за декаду. Если ход погоды по декадам различен, то к каждой декадной сумме делается поправка на увеличение или уменьшение осадков так, чтобы сумма осадков за три декады составила ожидаемое месячное количество осадков, указанное в прогнозе.

После того как рассчитаны ожидаемые температура и осадки по декадам, определяется по графикам Вериги (рис. 6) увлажнение пахотного слоя почвы в течение всего осеннего периода по декадам. Расчеты ожидаемых запасов продуктивной влаги производятся последовательно для каждой декады осеннего периода. Исходными данными для первого расчета служат фактические запасы влаги к моменту составления прогноза и ожидаемые осадки и температура будущей декады, а затем при расчете следующих декад ожидаемые запасы пред-

шествующей декады принимаются как начальные для последующей.

При расчетах изменения запасов влаги следует на графике найти точку с абсциссой, соответствующей начальным запасам влаги, и ординатой, соответствующей прогнозируемому количеству осадков в рассматриваемой декаде, и затем определить, какая изолиния изменения запасов пересекает эту точку. Изолинии изменения запасов продуктивной влаги на графике проведены через 5 мм, промежуточные значения могут быть проинтерполированы до 1 мм. К полученной величине должна быть внесена поправка на ожидаемую температуру (см. табл. 2).

Если найденная величина изменения запасов влаги имеет положительное значение, она прибавляется к запасам влаги за предшествующую декаду, а если имеет отрицательное значение, то отнимается.

Таким образом по всей территории проводится расчет запасов влаги в осенний период и выделяются районы с различным увлажнением почвы.

Определение оптимальных, ранних и поздних сроков сева и состояния озимых к моменту прекращения вегетации в районах с различным увлажнением почвы производится разными способами.

Как уже указывалось, в районах с хорошим увлажнением почвы, где запасов влаги в пахотном слое ожидается больше 30 мм, оценка ожидаемых условий сводится в основном к оценке теплообеспеченности посевов. В качестве показателя берутся суммы эффективных температур, которые требуются для достижения растениями к моменту прекращения осенней вегетации той или иной фазы и кустистости (по Шиголеву).

Разберем пример расчета оптимальных, предельно ранних и предельно поздних сроков сева в районе Вологды с хорошим увлажнением почвы (табл. 5).

Агрометеоролог, составляя прогноз сроков сева озимых 10 июля, может иметь прогноз температуры и осадков на две оставшиеся декады июля и прогноз температуры и осадков на август. Кроме того, он имеет данные о фактических запасах влаги ко времени составления прогноза, на основании которых с учетом температуры и осадков будут рассчитываться ожидаемые запасы влаги за весь период вегетации.

Как уже указывалось, вначале определяют по долгосрочному прогнозу ожидаемые величины температуры и осадков по декадам за две декады июля и за три декады августа, а за сентябрь (вследствие отсутствия прогноза) берут средние многолетние величины и записывают в соответствующие графы табл. 5.

Зная исходные запасы влаги к моменту составления прогноза (на 10/VII в данном примере 22 мм), ожидаемые осадки и температуру воздуха за вторую декаду июля, рассчитывают ожидаемые запасы влаги к концу второй декады июля по гра-

Таблица 5

Пример расчета сроков сева озимых пшеницы и ржи в районах с хорошими запасами влаги осенью

Агрометеостанция Вологда. Прогноз составлен 10 июля

Запасы влаги в пахотном слое почвы к 10 июля — 22 мм

А. Ожидаемые величины агрометеорологических элементов

Название элементов	Июль		Август			Сентябрь			Октябрь
	II	III	I	II	III	I	II	III	I
Температура	18	17	17	16	14	11	9	7	4
Осадки (мм)	15	20	25	20	30	15	20	25	20
Запасы влаги в пахотном слое почвы (мм)	25	29	35	38	45	43	43	48	50
Суммы эффективных температур ($\Sigma t_{\geq}$) за декаду	130	132	120	110	99	60	40	20	—

Б. Рассчитанные сроки

Прекращение вегетации 1 октября

Сроки сева, обеспечивающие к концу вегетации:

8 побегов кустистости ($\Sigma t_{\geq} = 400^{\circ}$) 4 августа
 6 " " ($\Sigma t_{\geq} = 300^{\circ}$) 13 "
 3 " " ($\Sigma t_{\geq} = 200^{\circ}$) 22 "
 начало кущения озимой пшеницы ($\Sigma t_{\geq} = 134^{\circ}$) 29 "
 " " ржи ($\Sigma t_{\geq} = 119^{\circ}$) 31 "
 всходы озимой пшеницы ($\Sigma t_{\geq} = 67^{\circ}$) 9 сентября
 " " ржи ($\Sigma t_{\geq} = 52^{\circ}$) 12 "

фику Вериго (рис. 6) для зоны оподзоленных почв. Такие расчеты делаются последовательно для всех декад, причем за исходные запасы влаги для каждой последующей декады берутся величины, полученные в предшествующую декаду, и записываются в соответствующую графу табл. 5.

После расчета запасов влаги проводят их анализ по декадам и, если они в течение всего осеннего периода ожидаются оптимальными, приступают к расчету сроков сева, учитывая один тепловой фактор.

Оценку ожидаемых условий осеннего периода по тепловому режиму и определение различных сроков сева производят следующим способом.

Определяют день прекращения вегетации озимых, считая его днем перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ (если нет прогнозируемой, то берется приближенно средняя многолетняя дата). В данном примере это 1 октября. Затем за каждую декаду для облегчения последующих расчетов под-

считывают сумму эффективных температур (среднесуточных с вычетом ежедневно по 5°). После этого от даты прекращения вегетации в сторону летних месяцев ведут суммирование эффективных температур и определяют даты накопления постоянных сумм эффективных температур, необходимых для наступления различных фаз и кустистости озимых (табл. 5). Эти даты и будут различными сроками сева, обеспечивающими ко времени прекращения вегетации то или иное состояние озимых.

День, когда от даты прекращения вегетации накопится сумма эффективных температур 119°, можно будет считать сроком сева, после которого у озимой ржи к моменту прекращения вегетации не будет наблюдаться кушение. Следовательно, озимая рожь, посеянная после этого срока, закончит вегетацию в фазе всходов или третьего листа. Эта дата будет предельно поздним сроком сева для озимой ржи, а дата, когда накопится сумма температур 134°, — предельно поздним сроком сева для озимой пшеницы.

Период между датами накопления сумм эффективных температур 200 и 300° можно считать периодом оптимальных сроков сева, так как озимые, посеянные в эти сроки, будут обеспечены теплом, необходимым для образования 3—6 побегов кустистости. Определив дату накопления суммы эффективных температур 400°, можно считать ее предельно ранним сроком сева, так как озимые, посеянные в этот срок и раньше, заканчивают вегетацию с очень большой кустистостью и вследствие этого хуже зимуют.

В нашем примере 200° эффективных температур накапливается за период от 22 августа до 1 октября, 300° — за период от 13 августа до 1 октября, а 400° — за период от 4 августа до 1 октября.

Следовательно, в данном году в районе Вологды предельно ранними будут сроки сева до 4 августа. При этих сроках сева озимые ко времени прекращения вегетации будут сильно переросшими, с кустистостью больше 8—10 побегов.

Ранними сроками сева, при которых у озимых будет также наблюдаться большая кустистость, 7—10 побегов, будут сроки от 4 до 13 августа.

Период оптимальных сроков сева будет 13—22 августа. Озимые, посеянные в эти сроки, закончат вегетацию с кустистостью 3—6 побегов.

Поздние сроки сева будут от 22 до 31 августа. Если озимые посеяны в эти сроки, то кустистость их недостаточна, всего 1—2 побега.

Предельно поздними сроки сева будут после 31 августа. Озимые, посеянные в эти сроки, закончат вегетацию нераскутившимися, в фазе 3-го листа и всходов.

Таким образом, в районах хорошего увлажнения почвы, производя оценку ожидаемого теплового режима всего осеннего

периода, мы определяем, в какие сроки нужно посеять озимые, чтобы к моменту прекращения вегетации они имели такую кустистость, при которой зимовка их проходит наилучшим образом.

В районах с увлажнением почвы ниже оптимального оценка условий и определение различных сроков сева проводится несколько сложнее. Разберем случай определения оптимального срока сева и анализа осенних условий, когда у озимой ржи к моменту прекращения вегетации будет обеспечено 6 побегов кустистости.

Определим оптимальный срок сева в районе Бузулука (Оренбургская обл.). Дата составления прогноза 20 июля (табл. 6). Так же как и в первом примере, вначале по прогнозу погоды рассчитываем ожидаемые температуру и осадки по декадам. За тот период, который не дан в прогнозе, берем средние многолетние величины.

Имея данные об исходных запасах влаги ко времени составления прогноза, рассчитываем по декадам с учетом ожидаемых температур и осадков ожидаемые запасы влаги по графику Вериги (рис. 6) для зоны черноземных почв.

Так как запасы влаги в течение всего периода осенней вегетации ожидаются недостаточными, расчет сроков сева производим с учетом увлажнения следующим образом.

Пока еще не разработаны показатели, определяющие интенсивность кушения в зависимости от увлажнения почвы в период от начала кушения до прекращения вегетации, этот период приходится оценивать только по температурным показателям. При этом мы не делаем больших ошибок, так как в этот период температура воздуха бывает очень высокой, около 5—8°, а дожди начинают выпадать чаще и самый верхний слой почвы вследствие очень пониженного испарения бывает увлажнен даже в районах, где запасы влаги пахотного слоя почвы низкие. В случае же плохого увлажнения самых верхних слоев почвы, если имелись длительные бездождные периоды, расчеты кустистости лучше вести с момента выпадения дождя.

От даты прекращения вегетации в сторону летних месяцев суммируется эффективная температура воздуха (среднесуточная с вычетом ежедневно 5°) до даты, когда накопится сумма эффективных температур 181°; приближенно это будет дата начала кушения озимой ржи. Отсюда мы получим период, в который у озимой ржи может образоваться 6 побегов кустистости. (По Шиголеву 300° эффективных температур необходимы для образования 6 побегов кустистости, считая от сева до прекращения вегетации; от сева до начала кушения озимой ржи необходима сумма температур 119°; следовательно, от начала кушения озимой ржи до образования 6 побегов кустистости необходимо накопление суммы эффективных температур 181°.) В нашем примере датой начала кушения будет 8 сентября.

**Пример расчета оптимального срока сева озимой ржи в районе
с недостаточным увлажнением почвы**

Агрометеостанция Бузулук. Прогноз составлен 20 июля
Запасы влаги в пахотном слое почвы к 20 июля — 8 мм

**А. Ожидаемые величины агрометеорологических
элементов**

Название элементов	Июль	Август			Сентябрь			Октябрь	
	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Температура	20	22	22	18	16	13	10	8	4
Осадки (мм)	5	8	20	18	12	15	12	10	15
Запасы влаги в пахотном слое почвы (мм)	7	8	14	17	17	19	20	19	23

Б. Рассчитанные сроки (в последовательности расчета)

Прекращение вегетации (6 побегов кустистости)	10 октября
Начало кушения	8 сентября
Всходы	24 августа
Оптимальный срок сева	14 .

После определения даты начала кушения определяется дата всходов, а затем дата оптимального срока сева. Но это делается уже с учетом увлажнения почвы по рассмотренным нами ранее зависимостям (см. рис. 2, 4, 5). Определение ожидаемого межфазного периода по этим зависимостям, когда нам неизвестны температура и увлажнение почвы за этот период, производится следующим образом.

Анализируются в сторону летних месяцев запасы влаги и температура по декадам, в данном примере от даты начала кушения. Если запасы влаги хотя и недостаточные, но из декады в декаду меняются мало, то берется осредненная величина примерно за две или три декады (здесь больших ошибок не будет) и по графику на рис. 5 или (в случае оптимальных температур) по графику на рис. 4 находится продолжительность периода всходы — начало кушения озимой ржи. В нашем примере мы рассчитали дату начала кушения 8 сентября. Берем средние запасы влаги за две декады (III декада августа и I декада сентября), они равны 17 мм. Температура в этот период оптимальная — выше 13°. По графику на рис. 4 определяем продолжительность периода всходы — начало кушения, которая оказывается равной 15 дням. Следовательно, датой всходов будет 24 августа.

Таким образом, мы видим, что при недостаточном увлажнении почвы, равном 17 мм, продолжительность периода всходы — начало кушения увеличивается до 15 дней, а при хорошем увлажнении она была бы равна всего 6 дням.

Дальше анализируем запасы влаги в сторону сева за II и III декады августа и вычисляем средние запасы, которые равны 15,5 мм. Температура в этот период выше 14° , т. е. оптимальная. По графику на рис. 2 вычисляем продолжительность периода посев — всходы озимой ржи, которая будет равна 10 дням. Следовательно, датой сева будет 14 августа. При посеве в этот срок озимая рожь даже при условии недостаточного увлажнения пахотного слоя почвы (15—17 мм) может к концу вегетации достичь 6 побегов кустистости.

Мы рассмотрели пример расчета срока сева, при котором озимые будут к моменту прекращения вегетации иметь 6 побегов кустистости. Таким же способом определяются сроки сева, обеспечивающие и другие степени кустистости озимых (3 побега и больше 8—10 побегов). Но теперь период от прекращения вегетации до начала кушения, например, озимой ржи вычисляется уже по другим суммам эффективных температур: в случае 3 побегов — по сумме 81° ($200 - 119 = 81^{\circ}$), в случае 8 побегов — по сумме 281° ($400 - 119 = 281^{\circ}$).

После определения даты начала кушения озимых дальнейший расчет оценки условий и сроков сева в случае недостаточных запасов влаги ведется описанным уже способом.

Ожидаемое состояние озимых от всходов до прекращения вегетации определяется по данным Вериги. По табл. 3 определяем оценки состояния озимых в период всходов в зависимости от запасов влаги. В последующий период кушения по табл. 4 определяем изменение оценок состояния по декадам в зависимости от изменения запасов влаги. Алгебраическая сумма оценки состояния озимых в предыдущую декаду и изменения оценки в текущую дает оценку состояния озимых на последний день текущей декады.

Расчеты оптимальных, предельно ранних и предельно поздних сроков сева производятся по наблюдениям большого числа станций, и данные о различных сроках сева наносятся на карты. Составляются отдельно карты оптимальных сроков сева, ранних и поздних. Полученные данные сравниваются со средними многолетними. Для примера приводим карту ожидаемых оптимальных сроков сева озимых в 1957 г. (рис. 7).

После окончания расчетов и анализа полученных данных приступают к составлению текста прогноза сроков сева и агрометеорологических условий осенней вегетации. В тексте должны быть освещены следующие вопросы:

- 1) Исходные запасы влаги к моменту составления прогноза по районам.
- 2) Ожидаемые условия роста и развития озимых в осенний

период (тепловой режим, осадки, запасы влаги в почве); особенности этих условий в сравнении со средними многолетними.

3) Ход развития озимых в связи с ожидаемыми условиями.

4) Оптимальные, ранние и поздние сроки сева в текущем

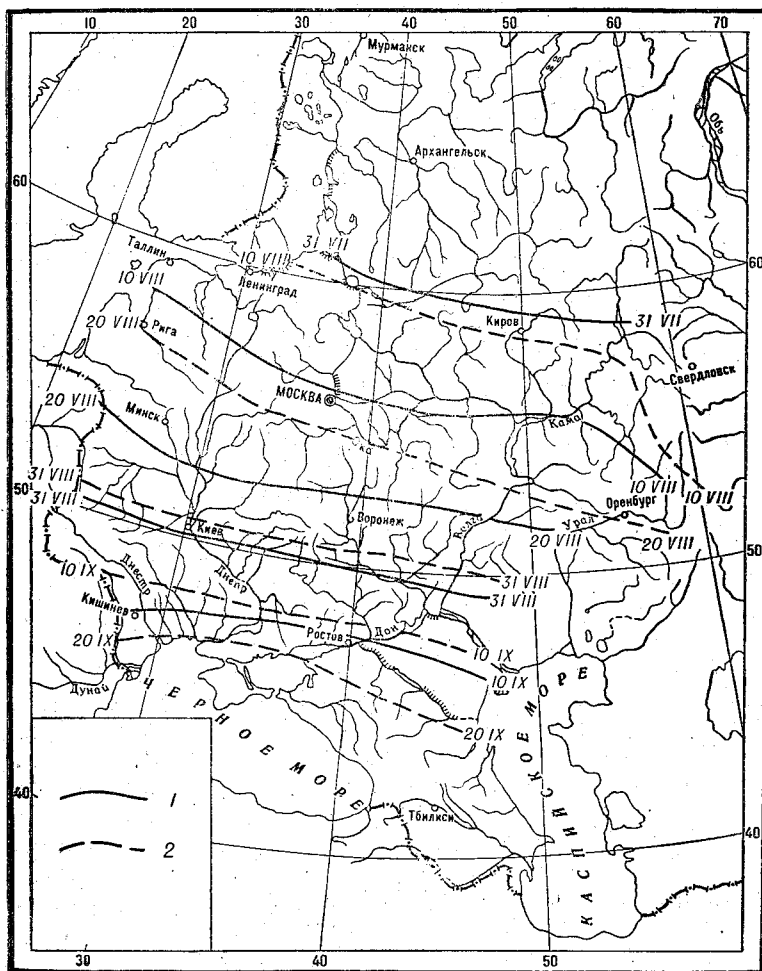


Рис. 7. Оптимальные сроки сева озимых, ожидаемые в 1957 г. (1) и средние многолетние (2).

году в связи с особенностями ожидаемых условий осенней вегетации.

5) Сравнение сроков сева текущего года со средними многолетними (если есть многолетние разработки).

Примерно в середине осеннего периода или даже в конце

его составляется уточненный прогноз состояния озимых культур к моменту прекращения вегетации. Этот прогноз уже основывается на фактических сроках сева и начальных фазах развития озимых. Несмотря на то что этот прогноз иногда составляется близко к концу вегетации, практическая ценность его весьма велика, так как в этом прогнозе указывается процент площадей с различным состоянием озимых в разных районах.

Наблюдения над фазами развития озимых агро- и гидрометеостанции проводят на растениях только одного срока сева или двух, редко трех, в то время как сев озимых из-за погодных условий иногда ведется длительный период. Кроме того, в северной части Европейской территории СССР и в Сибири сев озимых совпадает с уборкой яровых. Поэтому, чтобы определить, на каких площадях и в каком состоянии озимые любых сроков сева закончат осеннюю вегетацию, необходимо провести агрометеорологические расчеты. Эти расчеты с учетом засеянных площадей на различные даты сева проводятся по изложенным выше методам. Разница только в том, что расчет делается не обратным способом, а прямым, так как известны уже фактические сроки сева или начальные фазы развития. От фактического срока сева или от даты наступления фазы, анализируя ожидаемые до конца вегетации запасы влаги и тепловой режим, определяют даты наступления последующих фаз и состояние озимых ко времени прекращения вегетации.

Определяя таким образом кустистость озимых от различных сроков сева и зная процент площадей, засеянных на разные даты, мы определяем процент площадей с хорошо раскустившимися и плохо раскустившимися озимыми, а также с озимыми, которые закончили осеннюю вегетацию нераскустившимися, в фазе всходов или 3-го листа.

Таблица 7

Агрометеорологические условия в осенний период
Агрометеостанция Немчиновка (Московская обл.)

Название элементов	Август			Сентябрь			Октябрь	
	I	II	III	I	II	III	I	II
Средняя температура за декаду . . .	18	15	13	12	11	8	6	3
Осадки (мм)	20	25	15	30	15	20	20	30
Запасы продуктивной влаги в пахотном слое (мм)	25	32	32	41	39	42	45	52
Суммы эффективных температур по декадам	130	100	88	70	60	30	10	

Дата прекращения вегетации — 10 октября.

В районах с хорошим увлажнением почвы расчет состояния озимых с учетом засеянных площадей производится по суммам эффективных температур, необходимым для различных фаз озимых.

Например, необходимо определить ожидаемое состояние озимых к моменту прекращения вегетации в Московской области. Вначале выписывается полученная от сельскохозяйственных органов сводка сева по области. В данном году в Московской области на различные даты была засеяна озимыми следующая площадь (в процентах общей площади нарастающим итогом):

10/VIII	15/VIII	20/VIII	25/VIII	31/VIII	5/IX	10/IX	15/IX
15	30	50	65	80	85	90	100

После этого анализируются агрометеорологические условия по температуре, осадкам и запасам влаги. Расчет ожидаемых запасов влаги показал, что увлажнение почвы будет до конца вегетации хорошим, больше 30 мм в пахотном слое почвы; следовательно, главным фактором, определяющим развитие озимых, будет тепловой режим (табл. 7).

Зная фактическую температуру от сева до момента составления прогноза и ожидаемую — от момента составления прогноза до прекращения вегетации, подсчитываем суммы эффективных температур от каждого срока сева через пентаду. Можно расчеты вести от сроков сева, взятых через декаду, а проценты площадей по пентадам объединить по декадам. В данном примере сроки сева возьмем по пентадам, как указано в сводке сева.

Подсчет сумм эффективных температур показал, что от различных сроков сева в условиях текущего года до прекращения вегетации накопится следующая сумма эффективных температур:

от 10/VIII — 358° от 15/VIII — 308°	больше 300°	{ на 30% площади озимые будут иметь больше 6 побегов кустистости
от 20/VIII — 258° от 25/VIII — 218°	от 200 до 300°	{ на 35% площади кустистость озимых будет 3—6 побегов
от 31/VIII — 170° от 5/IX — 135°	больше 134 и 119°, но меньше 200°	{ около 20% площади будут занимать озимые с кустистостью 1—2 побега
от 10/IX — 100° от 15/IX — 70°	меньше 134 и 119°	{ примерно на 15% площади озимые закончат вегетацию нераскутивши- мися, в фазе всходов и 3-го листа

Анализируем полученные суммы эффективных температур от различных сроков сева.

От 5, 10 и 15 августа до прекращения вегетации сумма эффективных температур составляет больше 300°, следовательно, озимые, посеянные до 15 августа, закончат осеннюю вегетацию с кустистостью больше 6 побегов. К 15 августа было засеяно

30% площади, т. е. на 30% площади озимые будут иметь кустистость больше 6 побегов.

От сроков сева в период после 15 августа и до 25 августа до прекращения вегетации накапливается сумма эффективных температур 200—300°. В этот период, судя по сводке сева, было засеяно 35% площади; таким образом, на 35% площади озимые будут иметь кустистость 3—6 побегов.

От сроков сева периода после 25 августа до 5 сентября сумма эффективных температур будет меньше 200°, но больше 135°, т. е. у озимых этих сроков сева может быть 1—2 побега кустистости. В этот период было засеяно около 20% площади.

От сроков сева после 5 сентября сумма эффективных температур будет меньше 134 и 119°, т. е. при посеве в эти сроки озимые закончат вегетацию нераскустившимися, в фазе 3-го листа и всходов. В таком состоянии озимые будут находиться на 15% площади.

Мы привели пример расчета фаз к моменту прекращения вегетации при различных сроках сева. Но если прогноз составляется тогда, когда уже есть наблюдения о начальных фазах развития озимых, то расчеты ведутся непосредственно от этих фаз. Например, станции прислали наблюдения о всходах озимых, посеянных 10 и 15 августа. Тогда для этих сроков сева расчеты суммы эффективных температур ведутся от дат наступления всходов, только при оценке состояния показатель суммы эффективных температур для ржи уменьшается на 52°, а для пшеницы на 67°.

В этом примере мы проводили оценку условий по данным одной станции Немчиновка (Московской обл.), а площади озимых характеризовали в пределах области, так как сводка сева озимых чаще всего дается по областям или по районам. Если характеристика состояния озимых по площади проводится в пределах области, то анализ агрометеоусловий необходимо проводить по наблюдениям ряда станций, равномерно расположенных по области. Анализируются данные этих станций о фактических и ожидаемых запасах влаги, и если окажется, что по всей области они оптимальные, то проводят анализ теплового режима по суммам эффективных температур от сроков сева, указанных в областной сводке, по всем станциям. Затем от каждого срока сева анализируют полученные по этим станциям суммы температур и делают обобщенный по области вывод об ожидаемом состоянии озимых к моменту прекращения вегетации при различных сроках сева и о размерах площади (в %), какую будут занимать озимые в различном состоянии.

Если окажется, что в каком-нибудь районе данной области очень плохое увлажнение почвы, то расчеты площади в целом по области указанным способом делать нельзя. Тогда необходимо иметь сводки сева по районам. И в тех районах, где хорошее увлажнение почвы, следует проводить расчет указанным

выше способом (по суммам эффективных температур), а в районе с недостаточным увлажнением почвы — другим способом, с учетом зависимости продолжительности межфазных периодов не только от температуры, но и от запасов влаги.

Разберем пример определения площадей с различным состоянием озимых в районе с недостаточными запасами влаги.

Допустим, в текущем году в одном из районов Сталинградской области сев проходил следующим образом (в % общей площади):

15/VIII	20/VIII	30/VIII	10/IX	20/IX	25/IX
0	20	50	70	90	100

Фактические и ожидаемые агрометеорологические условия приводятся в табл. 8.

Для всех сроков сева, на которые даны проценты засеянных площадей, определяем возможное состояние озимых к моменту прекращения вегетации с учетом температуры и увлажнения почвы.

Для срока сева 20 августа определяем дату появления всходов по графику на рис. 2. Анализируем температуру и запасы влаги после 20 августа (табл. 8). Температура после 20 августа в среднем за две декады равна 20°, а запасы влаги 12 мм. При оптимальной температуре воздуха выше 14° и запасах влаги, равных 12 мм, продолжительность периода от посева до всходов озимых равна примерно 13 дням, т. е. при сроке сева 20 августа всходы появятся 2 сентября.

Далее анализируем условия после 2 сентября примерно

Таблица 8

Агрометеорологические условия в осенний период
Агрометеостанция Котельниково (Сталинградская обл.)

Название элементов	Август		Сентябрь			Октябрь		
	II	III	I	II	III	I	II	III
Средняя температура за декаду . .	22	21	19	16	13	10	7	3
Осадки (мм)	7	8	8	15	20	10	15	15
Запасы продуктивной влаги в пахотном слое (мм)	14	12	11	13	17	17	20	23

Дата прекращения вегетации — 21 октября.

также за две декады. Температура оптимальная — выше 13°, запасы влаги в среднем равны также 12 мм, по графику на рис. 4 определяем, что продолжительность периода всходы — кушение при запасах влаги 12 мм будет равна 21 дню, т. е. кушение озимых наступит 23 сентября. Если бы в этот период

температура была ниже, то расчет продолжительности периода всходы — кушение необходимо было проводить по графику на рис. 5.

Прекращение вегетации ожидается 21 октября, т. е. почти через месяц. Проводим оценку условий периода от начала кушения до прекращения вегетации. Оценка условий этого периода проводится, как указывалось, только по сумме эффективных температур, так как показателей оценки условий с учетом увлажнения пока не разработано. От начала кушения до прекращения вегетации подсчитывается сумма эффективных температур (в нашем примере от 23 сентября до 21 октября), которая равна 126° (см. среднюю декадную температуру в табл. 8). Показателем для кустистости в 6 побегов за период начало кушения — прекращение вегетации служит сумма эффективных температур, равная 181° , а для кустистости в 3 побега — сумма эффективных температур 81° . Следовательно, накопление за этот период суммы температур 126° говорит о том, что озимые в период от начала кушения до прекращения вегетации должны развить кустистость больше 3 побегов.

Таким образом, у озимых, посеянных 20 августа (на 20% площади), к моменту прекращения вегетации ожидается кустистость больше 3 побегов.

Точно таким же образом проводится расчет ожидаемого состояния озимых для других сроков сева при условии недостаточного увлажнения почвы и определяется процент площадей с различным состоянием озимых к концу вегетации. Данные по этим расчетам заносятся в табл. 9.

В рассмотренном примере 15 августа сев еще не начался, но расчет для этого срока следует также сделать, чтобы знать, какая кустистость возможна у озимых, посеянных в период от 15 до 20 августа. Мы рассчитали, что при сроке сева 15 августа в период кустистости озимых накопится сумма эффективных температур 183° , что создает условия для возможности образования у озимых 6 побегов, но сев начался после 15 августа, следовательно, кустистости больше 6 побегов у озимых в текущем году в данном районе не будет.

При сроке сева 30 августа в период кустистости озимых накапливается сумма эффективных температур 86° , т. е. возможно образование 3 побегов кустистости (так как показателем этого является сумма эффективных температур 81°). Следовательно, озимые всех сроков сева до 30 августа будут иметь кустистость примерно от 3 до 6 побегов, такое состояние озимых будет наблюдаться на половине площади (табл. 9).

Озимые более поздних сроков сева, но посеянные ранее 20 сентября, смогут достичь к моменту прекращения вегетации 1—2 побегов, при сроке сева 20 сентября кушения наблюдаться уже не будет (дата ожидаемого кушения 23 октября, дата прекращения вегетации 21 октября). Но к 20 сентября незасеянной

осталось 10% площади. Следовательно, на 40% площади озимые закончат вегетацию с кустистостью 1—2 побега, а на 10% — в фазе 3-го листа и всходов (табл. 9).

Таблица 9

Дата сева	Дата всходов	Дата начала кущения	Сумма эффективных температур за период кустистости	Состояние озимых к моменту прекращения вегетации	Процент засеянных площадей (нарастающим итогом)
15/VIII	27/VIII	17/IX	183	6 побегов	0
20/VIII	2/IX	23/IX	126	Кустистость больше 3 побегов	20
30/VIII	12/IX	28/IX	86	3 побега	50
10/IX	20/IX	10/X	20	1 побег	70
20/IX	29/IX	23/X	0	Всходы, 3-й лист	90

В конце вегетации на 50% площади кустистость 3—6 побегов, на 40% площади — 1—2 побега, на 10% площади — всходы, 3-й лист.

При наличии фактических данных не только о сроках сева, но и о начальных фазах развития расчеты состояния ведутся от наблюдаемых фаз развития озимых.

По данным таких расчетов составляются карты, на которых выделяются зоны с ожидаемым различным состоянием озимых. Чаще всего отдельно составляются 3 карты, на которых указываются проценты площади с хорошо раскустившимися озимыми, с плохо раскустившимися и с нераскустившимися (всходы, 3-й лист). Можно ограничиться составлением и двух карт (площади с раскустившимися и нераскустившимися озимыми, рис. 8). После этого приступают к составлению текста прогноза.

В прогнозе состояния озимых к моменту прекращения вегетации указываются: 1) условия сева и ход сева по районам; 2) особенности агрометеорологических условий осенней вегетации озимых, 3) состояние озимых ко времени прекращения вегетации при различных сроках сева по площадям. К тексту прилагаются карты состояния озимых.

Агрометеорологические прогнозы сроков сева и состояния озимых культур основываются не только на оценке условий погоды, ожидаемой по долгосрочному прогнозу, но и на разработках вероятности или обеспеченности явлений. Данные о вероятности осадков и температуры в осенние месяцы позволяют определить наиболее вероятный комплекс условий для различных районов. Агроклиматические разработки вероятности состояния озимых при различных сроках сева за большой период лет в зависимости от агрометеорологических условий дают возможность с любой заблаговременностью определить оптимальные, предельно ранние и предельно поздние сроки сева озимых.

На основании анализа и оценки многолетних материалов наблюдений по обеспеченности озимых культур теплом при различных сроках сева автором [94—97] были определены для ряда

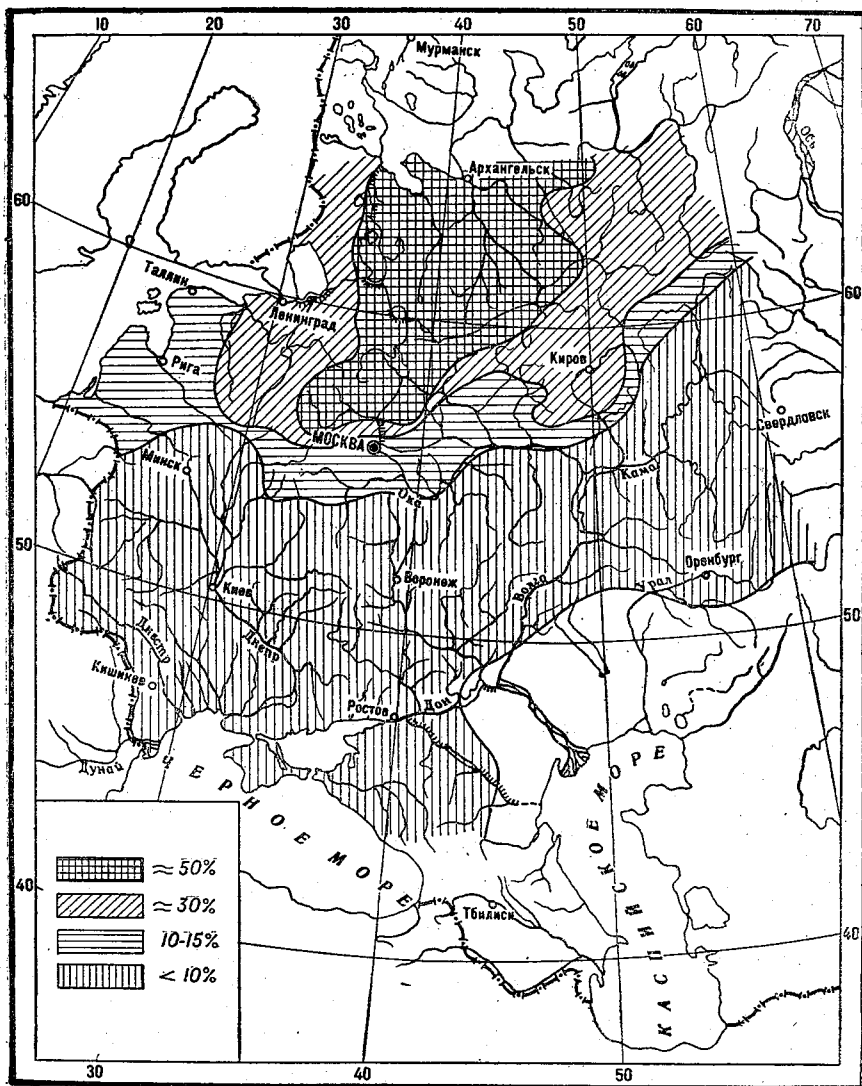


Рис. 8. Ожидаемые площади нераскутившихся озимых ко времени прекращения вегетации осенью 1956 г.

районов Советского Союза вероятности состояния этих культур к моменту прекращения вегетации при условии достаточного увлажнения почвы. Так, для Западной Сибири были получены

данные, представленные в табл. 10, а для ряда районов Украины — в табл. 11.

Таблица 10

Вероятность (в %) наступления фаз развития у озимых перед прекращением вегетации при различных сроках сева в Западной Сибири и северных районах Казахстана

Сроки сева	Нет всходов	Всходы, 3-й лист	Кущение		
			начало	3—6 побегов	больше 6 побегов

Северные районы Западной Сибири (Томск, Тара, Усть-Ишим)

1/VIII	—	—	0	70	30
10/VIII	—	0	0—5	95—100	0
20/VIII	—	0	30—40	60—70	0
30/VIII	0	30	70	0	—
10/IX	20—30	70	0—10	0	—
20/IX	75—80	20—25	0	0	—
30/IX	98	2	0		

Центральные районы Западной Сибири (Омск, Татарск, Новосибирск)

1/VIII	—	—	0	40—60	40—60
10/VIII	—	—	0	100	0
20/VIII	—	0	5—10	90—95	0
30/VIII	0	10	50—65	25—40	0
10/IX	0—8	60—65	24—35	0	—
20/IX	50—60	40—50	0	—	—
30/IX	85—95	5—15	0	—	—

Южные районы Западной Сибири (Алтайский край)

1/VIII	—	—	0	20	80
10/VIII	—	—	0	90	10
20/VIII	—	—	0—5	95—100	0
30/VIII	—	0—5	40—35	55—65	0
10/IX	0	40—35	45—60	0	—
20/IX	30—40	60—70	0	—	—
30/IX	85	15	0	—	—

Как следует из данных табл. 11, в северной половине Украины лучшим временем для сева озимых (в отношении тепла), когда у озимых в 80% лет к моменту прекращения вегетации обеспечено 3—8 побегов кустистости, является период при-

Таблица 11

Вероятность (в %) наступления фаз развития у озимых перед прекращением вегетации при различных сроках сева на Украине

Сроки сева	Нет всходов	Всходы, 3-й лист	Кушение			
			начало	3-6 побегов	7-8 побегов	больше 8 побегов

К и е в

10/VIII	—	—	—	—	0	100
20/VIII	—	—	—	0	54	46
31/VIII	—	0	0	18	70	12
10/IX	0	2	18	48	32	0
20/IX	2	18	48	22	10	—
30/IX	22	44	26	8	0	—
10/X	50	38	12	0	—	—
20/X	78	22	0	—	—	—
30/X	96	4	0	—	—	—
10/XI	—	—	—	—	—	—

К и р о в о г р а д

10/VIII	—	—	—	—	—	100
20/VIII	—	—	—	0	32	68
31/VIII	—	—	0	8	68	24
10/IX	—	0	12	32	50	6
20/IX	0	16	32	38	14	0
30/IX	14	28	44	12	2	—
10/X	40	38	18	4	0	—
20/X	60	36	4	0	—	—
30/X	90	10	—	—	—	—
10/XI	98	2	—	—	—	—

Л у г а н с к

10/VIII	—	—	—	—	—	100
20/VIII	—	—	—	0	30	70
31/VIII	—	—	0	2	72	26
10/IX	—	0	6	48	46	0
20/IX	0	14	40	28	18	0
30/IX	12	46	22	20	0	—
10/X	34	42	24	0	—	—
20/X	62	36	2	0	—	—
30/X	92	8	—	—	—	—
10/XI	98	2	—	—	—	—

К а м е н е ц - П о д о л ь с к и й

10/VIII	—	—	—	0	2	98
20/VIII	—	—	—	0	24	76
31/VIII	—	—	0	4	76	20

Сроки сева	Нет всходов	Всходы, 3-й лист	Кушение			
			начало	3—6 побегов	7—8 побегов	больше 8 побегов
10/IX	—	0	2	44	52	2
20/IX	0	10	28	44	18	0
30/IX	6	38	34	20	2	0
10/X	30	44	26	0	0	—
20/X	58	42	—	—	—	—
30/X	94	6	—	—	—	—
10/XI	98	2	—	—	—	—

Одесса

10/VIII	—	—	—	—	—	100
20/VIII	—	—	—	—	—	100
31/VIII	—	—	—	0	20	80
10/IX	—	—	0	6	62	32
20/IX	—	0	10	24	62	4
30/IX	0	14	16	54	14	2
10/X	4	30	44	20	2	0
20/X	22	46	30	2	0	—
30/X	48	48	2	2	0	—
10/XI	80	18	2	—	—	—
20/XI	98	2	—	—	—	—

Жданов

10/VIII	—	—	—	—	—	100
20/VIII	—	—	—	—	4	96
31/VIII	—	—	—	0	62	38
10/IX	—	0	2	30	60	8
20/IX	0	4	26	36	34	0
30/IX	4	26	40	28	2	0
10/X	24	42	30	4	0	—
20/X	58	34	8	—	—	—
30/X	86	14	—	—	—	—
10/XI	98	2	—	—	—	—
20/XI	—	—	—	—	—	—

мерно с 31 августа по 10 сентября. Озимые более ранних сроков сева (например, 20/VIII) очень часто заканчивают вегетацию осенью переросшими, с кустистостью больше 8 побегов. При посеве после 10 сентября создается большая вероятность того, что озимые закончат вегетацию слабо раскустившимися или в фазе всходов и 3-го листа, а при посеве после 30 сентября очень часто (50% лет и больше) не появляются даже всходы озимых.

В большинстве районов южной половины Украины лучшим временем сева (по тепловому режиму) является примерно пе-

риод с 5 по 15 сентября, а в крайних южных районах (Одесса) — с 10 по 25 сентября, когда в 70—90% лет озимые бывают обеспечены теплом, необходимым для хорошей кустистости (от 3 до 8 побегов).

Вышеуказанные данные вероятности состояния озимых культур при различных сроках сева используются не только для агроклиматических характеристик условий осенней вегетации озимых, но и в агрометеорологических прогнозах, если запросы о наилучших, поздних и ранних сроках сева и об ожидаемом состоянии озимых к концу осени поступают с очень большой заблаговременностью, а также в случае недостаточной надежности долгосрочного прогноза погоды.

Глава III

ПРОГНОЗЫ УСЛОВИЙ ПЕРЕЗИМОВКИ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР И ИХ СОСТОЯНИЯ К МОМЕНТУ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ВЕГЕТАЦИИ ВЕСНОЙ

Урожай озимых культур во многих районах Советского Союза в очень большой степени зависит от их перезимовки.

Частая гибель озимых от вымерзания в суровые зимы в Сибири, в Поволжье, на Урале является главным препятствием для получения устойчивых урожаев озимых культур и расширения их площадей. Во многих областях Советского Союза почти каждая зима вызывает тревогу за судьбу озимых.

Главными причинами гибели озимых посевов являются:

- 1) сильные морозы (вымерзание);
- 2) высокий снежный покров при наличии длительного периода с температурами, близкими к нулю или несколько выше нуля на глубине узла кущения озимых (выпревание);
- 3) застой воды (вымокание);
- 4) деформация почвы (выпирание узлов кущения, разрыв корней и пр.).

Имеется еще целый ряд сопутствующих причин, главной из которых является ледяная корка.

В большинстве районов озимые чаще всего гибнут от вымерзания, в северо-западных районах — от вымокания, ледяной корки, выпревания, в северо-восточных районах — от выпревания.

В отдельные годы гибель озимых вызывает несколько причин, которые накладываются одна на другую. Поэтому оценка и прогноз агрометеорологических условий перезимовки озимых культур и их состояния к моменту возобновления вегетации весной являются одним из наиболее важных и сложных разделов агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства. Трудность состоит не только в большом разнообразии причин, вызывающих повреждение или гибель посевов зимой, но и в том, что при наличии этих причин степень повреждения озимых бывает различной и находится в большой зависимости от состояния самих растений, от их зимостойкости, которая бывает не-

одинаковой в различные годы и в течение одного и того же года, изменяясь в течение зимы.

Прогноз условий перезимовки озимых культур практически состоит как бы из ряда прогнозов — прогноза вымерзания озимых, прогноза выпревания их и т. д. Проводится анализ и оценка сложившихся и ожидаемых условий по степени благоприятности и определяются зоны с возможной гибелью и повреждением озимых от вымерзания, выпревания и других причин, а также зоны благополучной перезимовки. Затем составляется общий прогноз условий перезимовки по всей территории.

Как уже указывалось, одной из самых главных причин, вызывающих повреждение, а иногда и гибель озимых на больших площадях в нашей стране, является вымерзание посевов, которое в разной степени и в разных районах встречается почти ежегодно. Иногда гибель озимых от вымерзания бывает весьма велика, например, в исключительно суровую зиму 1955/56 г. на Украине в конце января — начале февраля озимые вымерзли на очень больших площадях. Естественно, что исследователи значительное внимание уделяют вопросу вымерзания озимых посевов. В агрометеорологии в настоящее время вопрос о характеристике условий, вызывающих вымерзание озимых, является наиболее изученным. В этой области имеются количественные зависимости, позволяющие делать расчеты и определять площади вымерзания озимых. Большинство других причин гибели озимых изучено меньше, имеются только общие характеристики того или иного явления, поэтому в прогнозе дается в основном качественная оценка этих условий.

Вымерзание озимых посевов на больших площадях наиболее часто встречается в районах с неустойчивой зимой, когда неоднократно наблюдаются оттепели, снежный покров уменьшается или совсем сходит с полей. У озимых при сильных оттепелях нарушается состояние покоя, теряется закалка, а при последующих резких похолоданиях происходит вымерзание.

Так, в зиму 1955/56 г. на юге центрально-черноземной зоны и на Украине в течение почти всего января наблюдалась очень сильная оттепель. Максимальная температура днем достигала 8—10° тепла. Снежный покров в начале оттепели сошел с полей, у озимых началась слабая вегетация. В конце января наступило резкое похолодание, минимальная температура воздуха понизилась до —30, —35°. Сильные морозы сохранялись до середины февраля. Минимальная температура на глубине узла кущения в течение 7—10 дней понижалась до —22, —24°, результатом чего явилось массовое вымерзание озимых. Однако зима 1955/56 г. является исключительной по резкости колебаний температуры, в другие годы амплитуда этих колебаний значительно меньше. Но смена оттепелей похолоданиями происходит в этих районах часто, поэтому к оценке зимних условий в районах с не-

устойчивой зимой, где сосредоточены большие площади озимых, следует подходить с особой тщательностью.

Нередко вымерзают озимые в Нижнем и Среднем Поволжье и в степных районах Сибири, где зимы бывают очень суровые, а снежный покров — небольшой, недостаточный для сохранения озимых.

Очень опасным является повреждение низкими температурами узла кушения озимых, где находится наиболее важный и уязвимый орган — конус нарастания. При отмирании конуса нарастания происходит полная гибель растений. Поэтому основным показателем условий перезимовки посевов является температура почвы на глубине узла кушения озимых. Зная морозостойкость озимых, т. е. критическую температуру вымерзания растений, и понижение температуры почвы на глубине узла кушения озимых при похолодании, определяют путем сравнения этих величин возможность вымерзания озимых.

Таким образом, для определения районов повреждения озимых от вымерзания при оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий необходимо знать в первую очередь морозостойкость озимых, т. е. критическую температуру вымерзания посевов. За критическую температуру вымерзания озимых обычно принимают ту температуру, при которой гибнет около 50% растений. Эта величина принята за предел на том основании, что в производственных условиях при изреженности около 50% и более посевы обычно пересеваются.

Надежнее всего составлять прогноз вымерзания, основываясь на фактической критической температуре вымерзания растений, которую определяют в течение зимы несколько раз путем промораживания растений в специальных холодильниках. Однако не всегда и не все могут иметь такие данные, тогда приходится определять критическую температуру вымерзания озимых косвенным путем. Наибольшая морозостойкость озимых бывает в начале зимы, однако она у разных растений в разные годы бывает неодинаковой. К числу основных признаков, характеризующих морозостойкость озимых посевов, относится фаза и стадия развития растения, мощность травостоя и степень закаливания.

Наибольшую морозостойкость при прочих равных условиях имеют озимые, достаточно раскустившиеся, но не переросшие. Лучше всего сохраняются озимые, имеющие 3—6 побегов кустистости и растущие осенью при благоприятных условиях температурного, водного и питательного режима.

Однако озимые, закончившие вегетацию в одинаковой фазе, в разные годы имеют, как известно, различную морозостойкость в зависимости от условий закалки каждого конкретного года. Та или иная морозостойкость приобретает озимыми на определенных этапах развития их осенью.

И. И. Тумановым [93] установлены два периода, две фазы

закалки, во время которых при определенных условиях внешней среды повышается морозостойкость озимых. При прохождении первой фазы закалки растения под влиянием внешних условий накапливают к зиме питательные и защитные вещества. Эта фаза проходит на свету при среднесуточной температуре примерно 3—6°. При такой температуре скорость образования сахаров превышает скорость их расходования, так как ассимиляция продолжается, а ростовые процессы под влиянием низких температур заторможены. Вследствие этого в растениях накапливается неизрасходованный запас растворимых сахаров. При такой температуре воздуха и солнечной погоде за 5—6 дней растения накапливают около 20% сахаров из расчета на сухое вещество. После прохождения первой фазы закалки озимые могут выдерживать температуру —12, —15° в течение 2—3 дней.

Степень закалки растений зависит не только от наличия солнечной сухой погоды и соответствующей температуры, но и от влажности почвы. При сильно переувлажненной почве в период закалки растения имеют очень большую гидрофильность, что является отрицательным фактором.

Неблагоприятные условия для прохождения первой фазы закаливания создаются в теплые пасмурные дни с малой суточной амплитудой температуры воздуха, когда у растений наблюдается интенсивный рост, на который расходуются накопленные питательные вещества, запасы углеводов.

Анализируя по вышеприведенным признакам каждый осенний день после перехода среднесуточной температуры воздуха через +7°, можно сделать оценку агрометеорологических условий периода первой фазы закаливания.

Вторая фаза закалки у озимых может проходить при температуре —2, —5°. В этот период происходит перестройка в самой плазме, повышение ее морозостойкости и обезвоживание клеток вследствие перехода части воды в лед. Вторую фазу растение проходит только после первой и при наличии необходимых условий может пройти ее в течение 5 дней. После прохождения обеих фаз закалки морозостойкость озимых значительно повышается.

Следует учитывать, что способность приобретать высокую морозостойкость путем закалки озимые растения имеют только на определенной стадии их развития, а именно до окончания ими стадии яровизации. Если стадия яровизации закончилась и растения переходят в световую стадию, то они по другому реагируют на условия внешней среды и теряют способность к закаливанию. Это в очень большой степени связано с прохождением озимыми различных этапов органогенеза. Особенно легко и опасно повреждаются конусы нарастания на поздних этапах органогенеза.

Работами лаборатории биологии развития растений Московского государственного университета под руководством проф.

Ф. М. Куперман установлено, что все озимые злаки (пшеница, ячмень, рожь) проходят 12 основных этапов органогенеза. Чаще всего озимые в период зимовки находятся на первом и втором этапе органогенеза, реже — на третьем и исключительно редко — на четвертом. Остальные этапы озимые проходят только в весенне-летний период.

Первый этап органогенеза характеризуется недифференцированным конусом нарастания. У озимой пшеницы большинство побегов к началу зимы находится в состоянии первого, реже второго этапа не только при поздних, но иногда и при ранних сроках сева (у начавших куститься растений).

Второй этап характеризуется усиленной дифференциацией зачаточных стеблевых органов, расположенных над узлом кушения, у основания конуса нарастания. Для озимых ржи, ячменя и пшеницы ранних сроков сева перед началом зимовки наиболее характерно состояние второго этапа органогенеза.

Третий этап наступает, как правило, после завершения озимыми стадии яровизации, обычно в фазе кушения, в самом начале весенней вегетации. Однако в редкие годы, при очень ранних сроках сева, у озимого ячменя и озимой ржи третий этап может наступить до начала зимовки. Он характеризуется дифференциацией нижнего участка конуса нарастания на отдельные сегменты, зачатки будущих членников колосового стержня. Чем больше сегментов формируется на третьем этапе органогенеза, тем больше в последующем образуется колосков в колосе.

Четвертый этап органогенеза колоса наступает после завершения стадии яровизации и характеризуется началом формирования колосовых бугорков, он влечет за собой начало вытягивания нижних междоузлий стебля, т. е. фазу выхода в трубку. На этом этапе определяется число колосков в колосе. Только в исключительно редкие годы, при теплой продолжительной осени и частых сильных оттепелях зимой, может закончиться стадия яровизации и начаться этот этап органогенеза раньше весеннего периода.

По данным Лысенко, у озимой пшеницы стадия яровизации при среднесуточной температуре от 0 до $+2^{\circ}$ проходит в течение 20—60 дней в зависимости от сорта. Такие длительные периоды с температурой 0— 2° бывают даже на юге очень редко. Однако при очень продолжительной осени растения, достигшие большой степени яровизации, могут закончить ее в период сильных длительных зимних оттепелей, потерять закалку и не восстановиться ее.

И. М. Петунин [64] на основании многочисленных результатов исследований вымерзания озимых, опубликованных в литературе, и своих опытов приводит следующие данные по морозостойкости, которые можно использовать для практических расчетов при составлении прогнозов перезимовки.

1) Семена, не взошедшие с осени и оставшиеся в почве сухими, переносят очень низкие температуры в почве.

2) Семена, не взошедшие с осени, но к началу зимы набухшие, теряют всхожесть при температуре почвы на глубине залегания их -8 , -10° .

3) Озимые посевы как ржи, так и пшеницы в период их осенней и, особенно, весенней вегетации повреждаются и даже полностью гибнут при температуре ниже -10° , если период непрерывного действия такой температуры длится в течение 2—3 дней, при меньшем периоде наблюдаются только повреждения в разной степени.

4) С момента прекращения вегетации осенью и до момента возобновления ее весной морозостойкость озимых посевов в разных районах и даже в одном и том же районе различна и зависит от многих причин, связанных с физиологическими свойствами самих растений, с условиями погоды в период осеннего роста и развития, с характером почв и агротехники, с условиями погоды зимнего периода.

5) В среднем можно принять, что после прекращения вегетации до прохождения второй фазы закалки растения озимой пшеницы могут выдержать температуру -12 , -15° в течение 2—3 дней. В середине зимы у высокоморозостойких сортов те же результаты мы будем иметь при температуре -20° в течение 3—5 дней. К концу зимы устойчивость озимых снижается.

К устойчивым сортам с высокой морозостойкостью относятся сорта пшеницы Лютесценс 0329, Лютесценс 116, Лютесценс 1060/10, Гостианум 237, Одесская 12, Одесская 3, Ульяновка, ржано-пшеничный гибрид 46/131, пшенично-пырейный гибрид 599. Однако большинство сортов озимой пшеницы имеет критическую температуру -16 , -18° .

Озимая рожь более устойчивая к морозам, чем озимая пшеница, морозостойкость ее обычно на 2—3° выше, чем у озимой пшеницы. Наиболее морозостойкие сорта озимой ржи — Омка, Вятка, Саратовская, Авангард и др. — при хороших условиях закаливания имеют температуру вымерзания -25 , -30° . При плохих условиях закаливания гибель их может наступить при -20 , -25° .

Необходимо особо выделить местные сорта озимой ржи и пшеницы в Сибири и Северном Казахстане, которые выносят температуры значительно ниже указанных.

Озимый ячмень может возделываться в районах с мягкой зимой, так как он имеет слабую морозостойкость, выдерживает понижение температуры на глубине узла кущения только до -10 , -12° .

Определять степень закалки и критические температуры можно еще путем следующего анализа осенних условий. По данным П. Г. Кабанова [27] и К. В. Ливанова [46], для Поволжья следует, что высокая морозостойкость у озимых наблюдается

в годы, когда число дней от сева до перехода температуры через $+10^{\circ}$ меньше, чем число дней между переходами температуры через $+10$ и 0° при солнечной погоде в последний период. По Ливанову, число дней от сева до перехода температуры через $+10^{\circ}$ должно быть примерно равно числу дней между переходами температуры через $+5$ и 0° , а в годы с плохой закалкой должно значительно превышать это число. У обоих исследователей получилось, что в очень хорошие по закалке годы период от сева до перехода температуры через $+10^{\circ}$ был равен примерно 29 дням, а период между переходами температуры через $+10$ и 0° равен 46—47 дням. В плохие же годы у Кабанова этот период оказался равным 35—36 дням, а у Ливанова — 38—40 дням.

Приведенные данные относятся к Поволжью, для других районов эти показатели надо проверить на местном материале и установить, если это необходимо, свои показатели. Это даст возможность определить, какую температуру считать критической в текущем году, а также установить, приобрели ли озимые наивысшую морозостойкость или более низкую.

Таким образом, анализируя осенние условия роста и развития озимых культур, фазы развития, оценки состояния и условия для закалки, можно примерно установить критическую температуру вымерзания озимых. Это, конечно, будет сделано ориентировочно и скажется на точности прогноза, но, как уже говорилось, при отсутствии фактических данных о критической температуре вымерзания озимых их приходится заменять рассчитанными данными.

Можно критическую температуру вымерзания озимых вычислить также по способу В. М. Личикаки [47], который считает, что окончательно морозостойкость озимых зависит главным образом от температурных условий в период прохождения второй фазы закалки. Поэтому он предлагает рассчитывать критическую температуру вымерзания растений в зависимости от суммы среднесуточных температур воздуха или почвы на глубине узла кущения озимых за этот период.

Личикаки предложил шкалу зависимости критической температуры вымерзания от суммы среднесуточной температуры воздуха или суммы минимальной температуры почвы на глубине узла кущения для сортов озимой пшеницы средней морозостойкости. Определять критическую температуру озимой пшеницы по сумме температур воздуха по этой шкале можно только при полном бесснежье или при небольшом снежном покрове высотой 2—3 см (табл. 12).

Однако этот метод был разработан только по данным наблюдений станций центральных районов лесостепи Украины (Киев, Глухов, Полтава, Мироновка) для сортов озимых пшениц Украинки и Лесостепки. При применении этого метода в других районах и для других сортов необходимо его прове-

Таблица 12

Сумма среднесуточных температур воздуха или минимальных температур почвы на глубине узла кушения за период между датами перехода температуры через 0 и -10°	Критическая температура вымерзания	
	вычисленная по сумме среднесуточных температур воздуха	вычисленная по сумме минимальных температур почвы на глубине узла кушения
0	-11,0	-13,5
-5	-12,5	-14,5
-10	-13,5	-15,0
-15	-14,5	-16,0
-20	-15,0	-16,5
-25	-15,5	-17,0
-30	-16,0	-17,0
-35	-16,5	-17,5
-40	-17,0	-17,5
-45	-17,5	-18,0
-50	-18,0	-18,0
-55	-18,0	-18,0
-60	-18,5	-18,5
-65	-18,5	-18,5
-70	-19,0	-19,0

речь на местном материале и, если будут отклонения, ввести соответствующие поправки.

Таким образом, на сегодняшний день еще нет апробированного метода расчета критических температур вымерзания озимых, пригодного для различных районов и различных сортов, а существующие способы могут дать только ориентировочные указания или пригодны для одного определенного района. Следовательно, чтобы прогноз перезимовки был более точен, необходимо получать фактические критические температуры вымерзания озимых в каждом конкретном году путем промораживания озимых в специальных холодильниках. Так как морозостойкость в течение зимы изменяется, то критическую температуру вымерзания следует определять в течение зимы несколько раз. В среднем, исходя из литературных данных, можно считать, что морозостойкость озимой пшеницы понижается в феврале примерно на 5%, а в марте — на 15% по сравнению с морозостойкостью ее в декабре и январе. В районах с неустойчивой зимой изменение морозостойкости посевов в зимний период во многом определяется также частотой и интенсивностью оттепелей. Этот вопрос необходимо решать отдельно для каждого конкретного случая.

Зная критическую температуру вымерзания растений, можно приступить к оценке условий перезимовки. Вымерзание озимых обычно происходит при понижении температуры почвы на глубине узла кушения ниже критической, так как полная гибель

растений наступает при отмирании узла кушения. При благоприятных условиях роста осенью узел кушения озимых залегает в среднем на глубине 3 см.

Однако глубина залегания узла кушения озимых очень сильно зависит от освещенности, температуры, влажности почвы, глубины заделки семян и других факторов. Недостаточное освещение вызывает разрастание первого междоузлия и образование узла кушения ближе к поверхности почвы. Прямое действие яркого света и понижение температуры, наоборот, вызывают торможение роста первого междоузлия и более глубокое залегание узла кушения. При более глубокой заделке семян несколько глубже закладывается и узел кушения, но при чрезмерно глубокой заделке узел кушения закладывается, наоборот, ближе к поверхности почвы. В большинстве же случаев при нормальной заделке семян узел кушения озимых, как уже указывалось, закладывается в почве на глубине около 3 см.

Следовательно, соотношение температуры почвы на глубине узла кушения и критической температуры вымерзания озимых и будет определять тот или иной исход перезимовки. Оценка этих соотношений составляет основу прогноза вымерзания озимых.

Температура почвы на глубине узла кушения озимых зависит от многих метеорологических факторов и является комплексным показателем условий зимнего периода. Поэтому при составлении прогноза агрометеорологических условий перезимовки необходимо определить, до каких пределов будет понижаться температура почвы на глубине узла кушения в течение зимы. Для таких расчетов нужно знать зависимость изменения температуры почвы на глубине залегания узла кушения от метеорологических факторов.

Изучением теплового режима почвы занимались многие исследователи, однако работ, в которых устанавливались бы количественные зависимости температуры почвы на глубине узла кушения озимых от метеорологических факторов в зимний период, очень мало.

Тепловой режим почвы зимой в очень большой степени зависит от наличия снежного покрова. Вследствие этого условия зимовки озимых, покрытых различным снежным покровом и находящихся на свободных от снега полях, существенно различны. Для перезимовки озимых снежный покров в зависимости от условий может иметь как положительное, так и отрицательное значение.

В районах с суровыми зимами или при резких похолоданиях снежный покров является основной защитой озимых от вымерзания.

Защитное действие снежного покрова объясняется его плохой теплопроводностью. Теплопроводность снега примерно в 10 раз меньше теплопроводности минеральной почвы. В течение зим-

него периода она не остается постоянной, а меняется главным образом в зависимости от плотности снега.

Г. Ф. Абельс [1] предложил формулу изменения коэффициента теплопроводности снега (λ) в зависимости от его плотности (d): $\lambda = 0,0067 d^2 \text{ кал/см сек град}$. Наименьшую теплопроводность имеет рыхлый свежевывавший снег, который наилучшим образом утепляет озимые при понижениях температуры воздуха.

Колебания суточного хода температуры на различной глубине в снежном покрове в зависимости от амплитуды колебаний температуры на поверхности снега Абельс определял на основании формулы Пуассона $\log \Delta_p = \log \Delta_0 - B$, где Δ_p — амплитуда температуры снега на глубине p , Δ_0 — амплитуда температуры на поверхности снега, B — постоянная.

По данным Б. П. Кароль, суточная амплитуда температуры даже при большой ее величине на поверхности снега затухает в снежном покрове на глубине 25 см.

Вычисление градиентов температуры в снеге по результатам своих наблюдений проводил А. П. Тольский [92]. По его данным, ночью в верхнем слое снега (0—5 см) температурный градиент в среднем равен $2,12^\circ$ на 1 см; в слое снега 5—9 см градиент в среднем равен $0,55^\circ$ на 1 см; в слое 9—24 см — $0,35^\circ$; в слое 24—34 см — $0,28^\circ$; в слое 34—54 см — $0,16^\circ$.

Следовательно, по градиентам Тольского, зная температуру на поверхности снега и высоту снежного покрова, можно вычислить температуру под снегом на поверхности почвы. Для удобства этих вычислений Петуниным [64] была составлена таблица, по которой можно определить температуру в снежном покрове на любой глубине или на поверхности почвы под снегом в зависимости от температуры на поверхности снега (табл. 13).

Градиенты Тольского являются осредненными, они не учитывают различную плотность снежного покрова и получены по наблюдениям в одном пункте. Поэтому при использовании их в различных районах необходимо провести проверку на местном материале с учетом различной плотности снега и, если будут большие расхождения, внести соответствующие поправки. Однако для оценки условий перезимовки недостаточно знать только температуру в снежном покрове или даже на поверхности почвы под снегом, нужно определить температуру почвы на глубине узла кушения озимых.

А. Ф. Дюбек и А. С. Монин [22] предложили формулу для определения температуры на глубине узла кушения озимых. Однако их формулы очень сложны, а расчеты по ним настолько громоздки, что в практической работе при составлении прогноза перезимовки на большой территории мало применимы. Агрометеорологи пользуются другими, более простыми методами расчетов температуры на глубине узла кушения озимых, в которых количественные зависимости определены статистическим путем.

Значения градиентов ночной температуры в снежном покрове и их сумма по сантиметрам глубины от поверхности снега
(по А. П. Тольскому)

Глубина (см)	Градиенты	Сумма	Глубина (см)	Градиенты	Сумма
1	4,35	4,35	18	0,33	16,09
2	2,90	7,25	19	0,33	16,42
3	1,55	8,80	20	0,32	16,74
4	1,02	9,82	21	0,32	17,06
5	0,80	10,65	22	0,32	17,38
6	0,65	11,23	23	0,31	17,69
7	0,55	11,78	24	0,31	18,00
8	0,51	12,28	25	0,30	18,30
9	0,47	12,75	26	0,30	18,60
10	0,44	13,19	27	0,29	18,89
11	0,41	13,60	28	0,29	19,18
12	0,39	13,99	29	0,28	19,46
13	0,37	14,36	30	0,28	19,74
14	0,36	14,72	31	0,27	20,01
15	0,35	15,08	32	0,27	20,28
16	0,34	15,32	33	0,26	20,54
17	0,34	15,76	34	0,26	20,80

Н. В. Перегудовым [64] по материалам наблюдений Омской агрометеостанции была определена зависимость минимальной температуры почвы на глубине узла кущения (y) от минимальной температуры воздуха в день расчета (t), высоты (h) и плотности (d) снежного покрова в день расчета (при учете поправок на температуру воздуха и высоту снежного покрова за предшествующую декаду). Эту зависимость он выразил формулой

$$y = 1,80 - 1,78 \cdot 10^{-1}h + 0,18 \cdot 10^{-2}h^2 - 0,06 \cdot 10^{-4}h^3 + \\ + 5,90 \cdot 10^{-1}t - 1,77 \cdot 10^{-2}th + 1,77 \cdot 10^{-4}th^2 - 0,59 \cdot 10^{-6}th^3$$

К этой формуле даны поправки:

1) на среднюю температуру воздуха за предшествующую декаду (T) $z_1 = 1,15 + 0,14t - 0,26T$;

2) на среднюю высоту снежного покрова за предшествующую декаду (H):

а) для ноября $z_2 = 0,02 (H - h)$;

б) для декабря, января и февраля $z_2 = -0,17 (H - h)$;

в) для марта $z_2 = 0,42 (H - h)$;

3) на плотность снега (d):

а) для ноября $z_3 = 0,17 - 0,01T - 0,21H + 19,59d$;

б) для декабря, января и февраля $z_3 = 2,75 + 0,03T + 0,03H - 17,97d$;

в) для марта $z_3 = 3,49 + 0,02T + 0,02H - 16,82d$.

Для удобства вычислений по формулам Перегудова были сделаны расчетные таблицы, которые значительно ускоряют расчет минимальной температуры воздуха на глубине узла кушения с учетом поправок на температуру за предшествующую декаду и плотность снега (табл. 14, 15, 16). Таблица для вычисления поправки на среднюю высоту снежного покрова за предшествующую декаду здесь не приводится. Эту поправку легко вычислить по указанным выше формулам.

Как уже указывалось, формула Перегудова была выведена на основании материалов наблюдений только Омской агрометеостанции. Проверка, проведенная Петуниным в Центральном институте прогнозов на материалах нескольких станций, показала, что эта формула дает относительно хорошие результаты и в других районах при отсутствии резких скачков в ходе температуры и, особенно, в высоте снежного покрова. При сильных и резких изменениях погоды формула дает ошибки, в этих случаях методом Перегудова нужно пользоваться с большой осторожностью.

Для Алтайского края по материалам Барнаульской метеостанции А. М. Шульгиным [108] был построен график зависимости минимальной температуры почвы на глубине узла кушения озимых от минимальной температуры воздуха и высоты снежного покрова (рис. 9). На этом графике по горизонтальной оси отложены значения высоты снежного покрова, а по вертикальной оси — минимальной температуры почвы на глубине узла кушения (3 см). В поле графика кривые дают величины минимальной температуры воздуха.

Зная минимальную температуру воздуха и высоту снежного покрова, находят на графике точку пересечения кривой линии данной величины температуры воздуха с перпендикуляром, восстановленным из точки, соответствующей значению данной высоты снежного покрова. Затем из точки пересечения этих линий восстанавливают перпендикуляр на ось ординат (вправо)

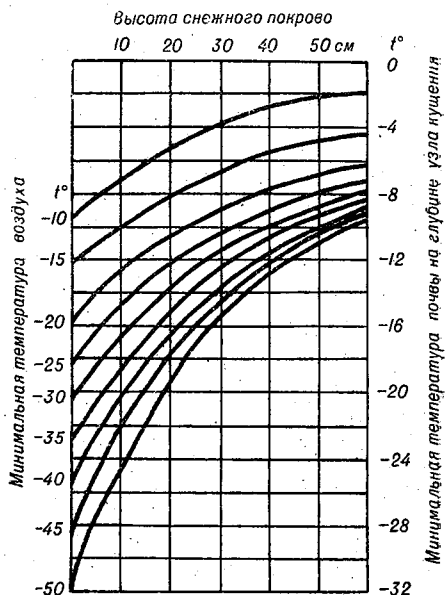


Рис. 9. Зависимость минимальной температуры почвы на глубине залегания узла кушения озимых зерновых культур от температуры воздуха и высоты снежного покрова.

Т а б л и ц а 14

[illegible]

Высота снежного покрова (см)	Минимальная температура воздуха										
	-30	-32	-34	-36	-38	-40	-42	-44	-46	-48	-50
0	-15,9	-17,1	-18,2	-19,4	-20,6	-21,8	-23,0	-24,1	-25,3	-26,5	-27,7
4	-14,5	-15,6	-16,6	-17,7	-18,7	-19,7	-20,8	-21,8	-22,9	-23,9	-25,0
8	-13,3	-14,2	-15,1	-16,0	-16,9	-17,9	-18,8	-19,7	-20,6	-21,6	-22,5
12	-12,1	-13,0	-13,8	-14,6	-15,4	-16,2	-17,0	-17,8	-18,6	-19,4	-20,2
16	-11,1	-11,8	-12,5	-13,2	-13,9	-14,6	-15,3	-16,0	-16,7	-17,4	-18,1
20	-10,2	-10,8	-11,4	-12,0	-12,6	-13,2	-13,8	-14,4	-15,0	-15,6	-16,2
24	-9,3	-9,8	-10,3	-10,7	-11,4	-11,9	-12,4	-12,9	-13,4	-14,0	-14,5
28	-8,5	-9,0	-9,4	-9,8	-10,2	-10,7	-11,2	-11,6	-12,0	-12,5	-12,9
32	-7,8	-8,2	-8,6	-9,0	-9,3	-9,7	-10,1	-10,4	-10,7	-11,2	-11,6
36	-7,2	-7,5	-7,8	-8,1	-8,5	-8,8	-9,1	-9,4	-9,7	-10,0	-10,3
40	-6,7	-6,9	-7,2	-7,4	-7,7	-8,0	-8,2	-8,5	-8,7	-9,0	-9,2
44	-6,2	-6,4	-6,6	-6,8	-7,0	-7,2	-7,5	-7,7	-7,9	-8,1	-8,3
48	-5,8	-6,0	-6,1	-6,3	-6,5	-6,6	-6,8	-7,0	-7,1	-7,3	-7,5
52	-5,4	-5,6	-5,7	-5,8	-6,0	-6,1	-6,2	-6,4	-6,5	-6,6	-6,7
56	-5,1	-5,2	-5,3	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,8	-5,9	-6,0	-6,1
60	-4,9	-5,0	-5,0	-5,1	-5,2	-5,3	-5,3	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7
64	-4,7	-4,7	-4,8	-4,9	-4,9	-5,0	-5,0	-5,1	-5,1	-5,2	-5,2
68	-4,5	-4,6	-4,6	-4,6	-4,7	-4,7	-4,8	-4,8	-4,8	-4,9	-4,9
72	-4,4	-4,4	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,6	-4,6	-4,6	-4,6	-4,7
76	-4,3	-4,3	-4,3	-4,4	-4,4	-4,4	-4,4	-4,4	-4,4	-4,5	-4,5
80	-4,2	-4,2	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3	-4,3
84	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2
88	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1
92	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1
96	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1
100	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1

Поправка на среднюю температуру воздуха за предшествующую декаду

Минимальная температура воздуха	Средняя температура воздуха за предшествующую декаду									
	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18
-10	2,6	2,0	1,5	1,0	0,5	-0,1	-0,6	-1,1	-1,6	-2,2
-12	2,8	2,3	1,8	1,3	0,7	0,2	-0,3	-0,8	-1,4	-1,9
-14	3,1	2,6	2,1	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,6	-1,1	-1,6
-16	3,4	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,3
-18	3,7	3,2	2,6	2,1	1,6	1,1	0,5	0,0	-0,5	-1,0
-20	4,0	3,4	2,9	2,4	1,9	1,3	0,8	0,3	-0,2	-0,7
-22	4,2	3,7	3,2	2,7	2,1	1,6	1,1	0,6	0,0	-0,5
-24	4,5	4,0	3,5	3,0	2,4	1,9	1,4	0,8	0,3	-0,2
-26	4,8	4,3	3,8	3,2	2,7	2,2	1,7	1,1	0,6	0,1
-28	5,1	4,6	4,0	3,5	3,0	2,5	1,9	1,4	0,9	0,4
-30	5,4	4,8	4,3	3,8	3,3	2,7	2,2	1,7	1,2	0,6
-32	5,7	5,1	4,6	4,1	3,6	3,0	2,5	2,0	1,5	0,9
-34	5,9	5,4	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,3	1,7	1,2
-36	6,2	5,7	5,2	4,6	4,1	3,6	3,1	2,5	2,0	1,5
-38	6,4	6,0	5,5	4,9	4,4	3,9	3,4	2,8	2,3	1,8
-40	6,8	5,3	5,7	5,2	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,0
-42	7,1	6,6	6,0	5,5	5,0	4,4	3,9	3,4	2,7	2,3
-44	7,4	6,8	6,3	5,8	5,3	4,7	4,2	3,7	3,1	2,6
-46	7,6	7,1	6,6	6,1	5,5	5,0	4,5	4,0	3,4	2,9
-48	7,9	7,4	6,9	6,3	5,8	5,3	4,8	4,2	3,7	3,2
-50	8,2	7,7	7,2	6,6	6,1	5,6	5,0	4,5	4,0	3,5
	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18

Минимальная температура воздуха	Средняя температура воздуха за предшествующую декаду										
	-20	-22	-24	-26	-28	-30	-32	-34	-36	-38	-40
-10	-2,7	-3,2	-3,8	-4,3	-4,8	-5,3	-5,9	-6,4	-6,9	-7,4	-8,0
-12	-2,4	-2,9	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,6	-6,1	-6,6	-7,2	-7,7
-14	-2,2	-2,7	-3,2	-3,7	-4,2	-4,8	-5,3	-5,8	-6,3	-6,9	-7,4
-16	-1,9	-2,4	-2,9	-3,4	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1
-18	-1,6	-2,1	-2,6	-3,1	-3,7	-4,2	-4,7	-5,3	-5,8	-6,3	-6,8
-20	-1,3	-1,8	-2,3	-2,9	-3,4	-3,9	-4,4	-5,0	-5,5	-6,0	-6,6
-22	-1,0	-1,5	-2,0	-2,6	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,7	-6,3
-24	-0,7	-1,2	-1,8	-2,3	-2,8	-3,4	-3,9	-4,4	-4,9	-5,5	-6,0
-26	-0,4	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,1	-3,6	-4,1	-4,7	-5,2	-5,7
-28	-0,2	-0,7	-1,2	-1,7	-2,3	-2,8	-3,3	-3,8	-4,4	-4,9	-5,4
-30	0,1	-0,4	-0,9	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,6	-4,1	-4,6	-5,1
-32	0,4	0,1	-0,6	-1,2	-1,7	-2,2	-2,8	-3,3	-3,8	-4,3	-4,8
-34	0,7	0,4	-0,4	-1,0	-1,4	-1,9	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,6
-36	0,9	0,7	-0,1	-0,6	-1,1	-1,7	-2,2	-2,7	-3,2	-3,8	-4,3
-38	1,2	1,0	0,5	-0,3	-0,9	-1,4	-1,9	-2,4	-2,9	-3,5	-4,0
-40	1,5	1,3	0,8	0,2	-0,6	-1,1	-1,6	-2,1	-2,7	-3,2	-3,7
-42	1,8	1,6	1,0	0,5	-0,3	-0,8	-1,3	-1,9	-2,4	-2,9	-3,4
-44	2,1	1,8	1,3	0,8	0,3	-0,5	-1,1	-1,6	-2,1	-2,6	-3,2
-46	2,4	2,1	1,6	1,1	0,5	-0,2	-0,8	-1,3	-1,8	-2,4	-2,9
-48	2,7	2,4	1,9	1,4	0,8	0,3	-0,5	-1,0	-1,5	-2,1	-2,6
-50	2,9	2,6	2,1	1,6	1,1	0,6	-0,2	-0,7	-1,3	-1,8	-2,3
	-20	-22	-24	-26	-28	-30	-32	-34	-36	-38	-40

Высота снежного покрова (см)	средняя температура воздуха		0,05 0,10 0,15 0,20 0,25 0,30 0,35 0,40																
от	до	от	до																
0	10	0	-10	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,0								
		-10,1	-20	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,0								
		-20,1	-30	-0,2	-0,1	-0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,0								
		-30,1	-40	-0,2	-0,1	-0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,0								
11	20	0	-10	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,0								
		-10,1	-20	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,0								
		-20,1	-30	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,0								
		-30,1	-40	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,0								
21	30	0	-10	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0								
		-10,1	-20	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0								
		-20,1	-30	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0								
		-30,1	-40	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0								
31	40	0	-10	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	0,0								
		-10,1	-20	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	0,0								
		-20,1	-30	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	0,0								
		-30,1	-40	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	0,0								
41	50	0	-10	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	0,0								
		-10,1	-20	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	0,0								
		-20,1	-30	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	0,0								
		-30,1	-40	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,8	-0,6	-0,5	0,0								
51	60	0	-10	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	0,0								
		-10,1	-20	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	0,0								
		-20,1	-30	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	0,0								
		-30,1	-40	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	0,0								
61	70	0	-10	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	0,0								
		-10,1	-20	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	0,0								
		-20,1	-30	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	0,0								
		-30,1	-40	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	0,0								
71	80	0	-10	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	1,1								
		-10,1	-20	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	1,1								
		-20,1	-30	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	1,1								
		-30,1	-40	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	1,1								
81	90	0	-10	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	1,1								
		-10,1	-20	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	1,1								
		-20,1	-30	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	1,1								
		-30,1	-40	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	1,1								
91	100	0	-10	-2,1	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	1,1								
		-10,1	-20	-2,1	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	1,1								
		-20,1	-30	-2,1	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	1,1								
		-30,1	-40	-2,2	-2,1	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	1,1								

Таблица 16

плотность снега															
Декабрь — февраль								Март							
ночь снега															
0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
2,2	1,3	0,4	-0,5	-1,4	-2,3	-3,2	-4,1	2,9	2,0	1,2	0,4	-0,5	-1,3	-2,2	-3,0
2,6	1,6	0,7	-0,2	-1,1	-2,0	-2,9	-3,8	3,1	2,3	1,5	0,6	-0,2	-1,1	-1,9	-2,7
2,8	1,9	1,0	0,1	-0,8	-1,7	-2,6	-3,5	3,4	2,5	1,7	0,9	0,0	-0,8	-1,6	-2,5
2,5	2,2	1,3	0,4	-0,5	-1,4	-2,3	-3,2	3,6	2,8	1,9	1,1	0,3	-0,6	-2,5	-2,2
2,4	1,6	0,7	-0,2	-1,1	-2,0	-2,9	-3,8	3,1	2,3	1,4	0,6	-0,2	-1,1	-1,9	-2,8
2,8	1,9	1,0	0,1	-0,8	-1,7	-2,6	-3,5	3,4	2,5	1,7	0,8	0,0	-0,8	-1,7	-2,5
3,0	2,2	1,3	0,4	-0,7	-1,4	-2,3	-3,2	3,6	2,8	1,9	1,1	0,2	-0,6	-1,4	-3,3
3,4	2,5	1,6	0,7	-0,2	-1,1	-2,0	-2,9	3,9	3,0	2,2	1,3	0,5	-0,3	-1,2	-2,0
2,7	1,8	0,9	0,0	-0,8	-1,7	-2,6	-3,5	3,3	2,5	1,6	0,8	-0,0	-0,9	-1,7	-2,5
3,1	2,2	1,3	0,4	-0,5	-1,4	-2,3	-3,2	3,6	2,7	1,9	1,1	0,2	-0,6	-1,5	-2,3
3,4	2,5	1,6	0,7	-0,2	-1,1	-2,0	-2,9	3,8	3,0	2,2	1,3	0,5	-0,4	-1,2	-2,0
3,7	2,8	1,9	1,0	0,1	-0,8	-1,7	-2,6	4,1	3,2	2,4	1,6	0,7	-0,1	-1,9	-2,8
3,0	2,1	1,2	0,3	-0,5	-1,4	-2,3	-3,2	3,6	2,7	1,9	1,0	0,2	-0,6	-1,5	-2,3
3,4	2,5	1,6	0,7	-0,2	-1,1	-2,0	-3,9	3,8	3,0	2,1	1,3	0,4	-0,4	-1,2	-2,1
3,7	2,8	1,9	1,0	-0,1	-0,8	-1,7	-2,6	4,1	3,2	2,4	1,5	0,7	-0,1	-0,9	-1,8
4,0	3,1	2,2	1,3	-0,4	-0,5	-1,4	-2,3	4,3	3,3	2,6	1,8	0,9	-0,1	-0,7	-1,6
3,3	2,4	1,5	0,6	-0,2	-1,1	-2,0	-2,9	3,8	2,9	2,1	1,4	0,4	-0,4	-0,3	-2,1
3,7	2,8	1,9	1,0	0,1	-0,8	-1,7	-2,6	4,0	3,2	2,4	1,5	0,7	-0,2	-1,0	-1,8
4,0	3,1	2,2	1,3	0,4	-0,5	-1,4	-2,3	4,3	3,3	2,6	1,8	0,9	0,1	-0,7	-1,6
3,3	3,4	2,5	1,6	0,7	-0,2	-1,1	-2,0	4,5	3,7	2,8	1,9	1,1	0,3	-0,5	-1,3
3,6	2,7	1,8	0,9	0,0	-0,9	-1,7	-1,6	4,0	3,2	2,3	1,5	0,6	-0,2	-1,0	-1,9
3,9	3,0	2,1	1,3	0,4	-0,5	-1,4	-1,3	4,3	3,3	2,6	1,7	0,9	0,1	-0,8	-1,6
3,3	3,4	2,5	1,6	0,7	-0,2	-1,1	-2,0	4,5	3,7	2,8	2,0	1,1	0,3	-0,5	-1,4
3,6	3,7	2,8	1,9	0,9	0,1	-0,8	-1,7	4,8	3,9	3,1	2,2	1,4	0,6	-0,3	-1,1
3,9	3,6	2,1	1,2	0,3	-0,6	-0,5	-2,4	4,2	3,4	2,6	1,7	0,9	0,0	-0,8	-1,6
3,2	3,8	2,4	1,5	0,6	-0,2	-1,1	-2,0	4,5	3,6	2,8	2,0	1,1	0,3	-0,6	-1,4
3,6	3,7	2,8	1,9	1,0	0,1	-0,8	-1,7	4,7	3,9	3,1	2,2	1,4	0,5	-0,3	-1,1
3,9	4,0	3,1	2,2	1,3	0,4	-0,5	-1,4	5,0	4,2	3,3	2,5	1,6	0,8	-0,0	-0,9
3,2	3,3	2,4	1,5	0,6	-0,3	-1,2	-2,0	4,5	3,6	2,8	1,9	1,1	0,3	-0,6	-1,4
3,5	3,6	2,7	1,8	0,9	0,0	-0,8	-1,7	4,7	3,9	3,0	2,2	1,3	0,5	-0,3	-1,2
3,7	4,0	3,1	2,2	1,3	0,4	-0,5	-1,4	5,0	4,1	3,3	2,4	1,0	0,8	-0,1	-0,9
3,2	4,3	3,4	2,5	1,6	0,7	-0,2	-1,1	5,2	4,4	3,5	2,7	1,9	1,0	0,2	-0,7
3,5	3,6	2,7	1,8	0,9	0,0	-0,9	-1,8	4,7	3,8	3,0	2,2	1,3	0,5	-0,4	-1,2
3,8	3,9	3,0	2,1	1,2	0,3	-0,5	-1,4	4,9	4,1	3,3	2,4	1,6	0,7	-0,1	-0,9
3,1	4,2	3,4	2,5	1,6	0,7	-0,2	-1,1	5,2	4,3	3,5	2,7	1,8	1,0	-0,1	-0,7
3,5	4,6	3,7	2,8	1,9	1,0	0,1	-0,8	5,4	4,6	3,8	2,9	2,1	1,2	0,4	-0,4
3,8	3,9	3,0	2,1	1,2	0,3	-0,6	-1,5	4,3	4,1	3,2	2,4	1,5	0,7	-0,1	-0,6
3,1	4,2	3,3	2,4	1,5	0,6	-0,3	-1,1	5,2	4,3	3,5	2,6	1,8	0,4	0,1	-0,7
3,4	4,5	3,6	2,7	1,8	1,0	0,1	-0,8	5,4	4,6	3,7	2,9	2,1	1,2	0,4	-0,5
3,8	4,9	4,0	3,1	2,2	1,3	0,4	-0,6	5,7	4,8	4,0	3,1	2,3	1,5	0,6	-0,2

и снимают с нее значение минимальной температуры почвы на глубине узла кущения. Например, высота снежного покрова составляет 10 см, минимальная температура воздуха равна -20° . По графику указанным путем находим, что минимальная температура на глубине узла кущения равна -13° .

Однако исследования зависимости температуры почвы зимой от метеорологических факторов в последние годы показали, что необходимо учитывать влияние более длительного периода предшествующих условий, чем декада. Показателем предшествующих условий может служить глубина промерзания почвы. Зависимость температуры на глубине узла кущения озимых от температуры воздуха, высоты снежного покрова и глубины промерзания почвы была получена для Юго-Востока В. А. Моисейчик [56].

По экспериментальным данным Моисейчик, при отсутствии снежного покрова ход минимальной температуры почвы на глубине 3 см в зимний период подобен ходу минимальной температуры воздуха, но абсолютное значение минимальной температуры почвы всегда, за исключением дней с резкими потеплениями, бывает выше минимальной температуры воздуха в среднем на $3-5^{\circ}$. Запоздывание сроков наступления максимума и минимума температуры почвы на глубине 3 см по сравнению с наступлением соответствующих температур воздуха при отсутствии снежного покрова составляет лишь один час. Глубина промерзания почвы оказывает существенное влияние на температуру почвы на глубине 3 см даже при отсутствии снежного покрова. Там, где глубина промерзания была больше, температура почвы почти при одной и той же температуре воздуха была ниже, чем там, где глубина промерзания почвы была меньше.

Для определения минимальной температуры почвы на глубине 3 см при отсутствии снежного покрова на полях Моисейчик предложены следующие уравнения:

1) для глубины промерзания почвы менее 30 см $y = 0,76x + 2,88$; $r = 0,90$; $\sigma = \pm 1,33^{\circ}$;

2) для глубины промерзания почвы 30—60 см $y = 0,81x + 0,26$; $r = 0,71$; $\sigma = \pm 1,12^{\circ}$. Здесь y — минимальная температура почвы на глубине 3 см, x — минимальная температура воздуха, r — коэффициент корреляции, σ — средняя квадратическая ошибка уравнения.

Если есть данные по минимальной температуре почвы за предыдущий день, то Моисейчик предлагает следующую формулу расчета: $t_{i+1} = t_i + 0,7(T_{i+1} - T_i) - 0,33$, где t_i и t_{i+1} — минимальная температура почвы на глубине 3 см за предыдущий день и за данный день, T_i и T_{i+1} — минимальная температура воздуха за предыдущий день и за данный день.

Для упрощения расчетов по двум первым из приведенных

выше формул был построен график зависимости минимальной температуры почвы на глубине 3 см от минимальной температуры воздуха при отсутствии снежного покрова и при глубине промерзания почвы меньше 30 см и от 30 до 60 см (рис. 10).

Снежный покров, как уже указывалось, изменяет тепловой режим почвы, поэтому зависимость температуры почвы от метеорологических факторов при наличии снежного покрова значительно сложнее, чем при отсутствии его.

Моисейчик по наблюдениям на агрометеостанциях Елшанка (Оренбургская обл.) и Ростоши (Саратовская обл.) приводит данные о термоизолирующем значении верхних слоев почвы и снежного покрова в среднем за два года (табл. 17).

При очень большом снежном покрове (более 60 см) температура почвы при любых амплитудах температуры воздуха колебалась в очень небольших пределах — около $0,2^{\circ}$.

Наступление минимума температуры почвы на глубине ула кущения озимых при высоте снежного покрова менее 5 см при любых колебаниях температуры воздуха запаздывает менее чем на одни сутки. При большей высоте снежного покрова отставание в сроках наступления минимума в почве зависит от интенсивности похолодания и составляет в среднем 1—2 дня, а при высоте снежного покрова 40—65 см — 2—4 дня.

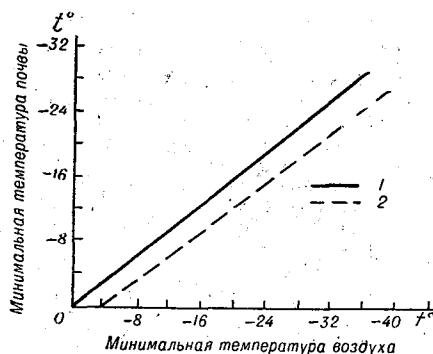


Рис. 10. Зависимость минимальной температуры почвы на глубине 3 см от минимальной температуры воздуха при отсутствии снежного покрова. 1—при промерзании почвы на 30—60 см, 2—при промерзании почвы меньше 30 см.

Таблица 17

Среднее отклонение температуры почвы на глубине 3 см от минимальной температуры воздуха при различной высоте снежного покрова

Высота снежного покрова (см)								
0	3	5	10	15	20	25	30	60
4,0	5,8	6,5	9,0	11,8	13,3	14,1	15,2	17,2

Располагая большим материалом наблюдений над минимальной температурой воздуха, высотой снежного покрова и глубиной промерзания почвы (глубиной проникновения в почву температуры 0°), Моисейчик определила статистическим путем зависимость минимальной температуры почвы от перечисленных

выше метеорологических факторов и получила следующий ряд уравнений:

- 1) для высоты снежного покрова 5 см $z = 0,64y - 0,07x + 5,2$; $r = 0,90$; $\sigma = \pm 1,3^\circ$;
- 2) для высоты снежного покрова 10 см $z = 0,15y - 0,06x + 0,48$; $r = 0,72$; $\sigma = \pm 1,05^\circ$;
- 3) для высоты снежного покрова 15 см $z = 0,17y - 0,06x + 1,9$; $r = 0,95$; $\sigma = \pm 0,7^\circ$;
- 4) для высоты снежного покрова 20 см $z = 0,12y - 0,05x + 1,56$; $r = 0,90$; $\sigma = \pm 1,1^\circ$.

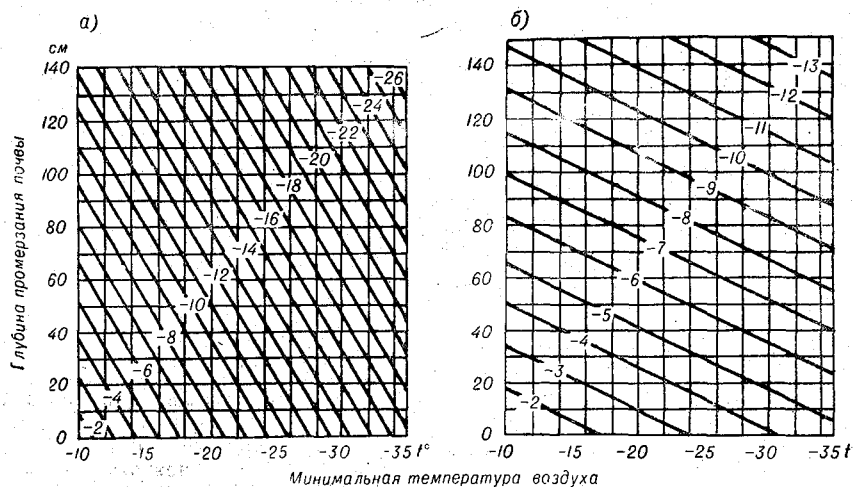


Рис. 11. Зависимость минимальной температуры почвы на глубине залегания узла кущения озимых от минимальной температуры воздуха и глубины промерзания почвы при высоте снежного покрова 5 см (а) и 10 см (б).

Здесь z — минимальная температура почвы на глубине узла кущения озимых, y — минимальная температура воздуха, x — глубина промерзания почвы (в см), r — коэффициент множественной корреляции, σ — средняя квадратическая ошибка.

Для ускорения расчетов по вышеприведенным уравнениям были построены графики (рис. 11). На этих графиках по оси абсцисс отложена минимальная температура воздуха, по оси ординат — глубина промерзания почвы (в см). Наклонными линиями показана минимальная температура почвы на глубине узла кущения озимых.

Отложив по оси абсцисс значение ожидаемой минимальной температуры воздуха, а по оси ординат — глубины промерзания почвы и восстановив из этих точек перпендикуляры, в точке пересечения их получают по наклонным линиям значение ожидаемой минимальной температуры на глубине узла кущения озимых.

График на рис. 11а показывает, что при небольшом снеж-

ном покрове (высотой 5 см) и при наличии очень большой глубины промерзания (больше 100 см) понижение минимальной температуры воздуха до -25° уже может быть опасным для озимой пшеницы, так как при этих условиях минимальная температура почвы на глубине узла кушения может опуститься ниже -18° .

Снежный покров высотой 10 см на всем поле уже хорошо предохраняет озимые от вымерзания. Из графика на рис. 11б следует, что если минимальная температура воздуха понижается до -35° , то даже при большой глубине промерзания минимальная температура почвы на глубине узла кушения будет неопасной для озимых (около -13°).

Графики и уравнения Мойсейчик рассчитаны для высот снежного покрова 5, 10, 15 и 20 см. Но расчет минимальной температуры почвы можно делать и при других значениях высоты снежного покрова путем интерполяции. Например, необходимо определить минимальную температуру почвы при минимальной температуре воздуха -20° , глубине промерзания 65 см и снежном покрове высотой 7 см.

Сначала определяют температуру почвы при высоте снежного покрова 5 см, а затем при высоте 10 см. В данном примере она будет равна по графику на рис. 11а -12° , а по графику на рис. 11б — примерно $-6,5^{\circ}$. Далее, применяя метод интерполяции, находим, что минимальная температура почвы на глубине узла кушения озимых при высоте снежного покрова 7 см будет равна $-9,8^{\circ}$.

Мы изложили основные методы, позволяющие при составлении прогноза перезимовки рассчитывать минимальную температуру почвы на глубине узла кушения озимых в зависимости от метеорологических факторов (температуры воздуха, высоты снежного покрова, глубины промерзания почвы). Однако для правильной оценки перезимовки озимых культур по территории недостаточно только знать температуру почвы на глубине узла кушения в одной точке при данном снежном покрове или при средней высоте снежного покрова. Необходимо хорошо знать распределение снежного покрова на полях.

В зимний период распределение снежного покрова на полях может быть очень неравномерным, особенно в районах, где бывают зимой сильные ветры. В таких районах на одном и том же поле наблюдается различная высота снежного покрова — от обнаженных и еле укрытых снежным покровом участков в местах сдувания снега до больших значений высоты снежного покрова в местах надувания снега. Поэтому при оценке ожидаемых условий перезимовки и расчете возможных размеров площадей вымерзания озимых недостаточно рассчитать только среднюю высоту снежного покрова, необходимо выяснить его распределение по полю.

Зубарев считает, что снежный покров в зависимости от сред-

ней его высоты распределяется по полю следующим образом: 5% площади поля имеет высоту снежного покрова в 3 раза, 10% в 2 раза и 20% в 1,5 раза меньше средней его высоты; 30% площади поля имеет снежный покров, близкий к среднему; на 20% площади поля высота снежного покрова в 1,5 раза, на 10% в 2 раза и на 5% в 3 раза больше средней его высоты.

Петуниным [64] были обработаны материалы снегосъемок станций Собакино (Московская обл.), Горький и Безенчук (Куйбышевская обл.) и рассчитана обеспеченность укрытия полей снежным покровом различной высоты при разной средней его высоте по снегосъемке. Несмотря на различие зон, для этих трех станций результаты оказались близкими, что дало возможность Петунину рекомендовать для практического использования одну осредненную таблицу (табл. 18).

Таблица 18

Обеспеченность укрытия полей снежным покровом различной высоты при разной средней его высоте по снегосъемке
(в % общей площади поля)

Средняя высота снеж- ного покрова по снегосъемке (см)	Высота снежного покрова на отдельных участках поля (см)								
	>0	>3	>6	>10	>15	>20	>30	>50	>80
1—2	73	15	5	2	0	—	—	—	—
4—6	94	68	24	5	2	0	—	—	—
9—11	98	93	81	37	8	1	0	—	—
14—16	100	99	95	80	42	12	1	0	—
19—21	100	99	97	92	75	39	6	0	—
24—26	100	100	100	98	91	72	14	0	—
29—31	100	100	100	100	100	92	40	1	0
34—36	100	100	100	100	100	96	73	3	0
39—41	100	100	100	100	100	100	95	8	0
44—46	100	100	100	100	100	100	95	15	0
49—51	100	100	100	100	100	100	99	41	0
54—56	100	100	100	100	100	100	100	78	0
59—60	100	100	100	100	100	100	100	96	4

А. А. Окушко [60] на основании данных наблюдений над снежным покровом по снегосъемкам на Юго-Востоке также определил зависимость между средней высотой снежного покрова и его распределением по полю и пришел к следующим выводам:

1) При средней высоте снежного покрова 5 см около 15% площади поля находится без снежного покрова, 50% и более укрыто снежным покровом незначительной высоты (не более 6 см), на 10% площади наблюдается высота снежного покрова от 11 до 20 см, высота больше 20 см не наблюдается.

2) При средней высоте снежного покрова 10 см до 10% площади поля остается без снега, около 30% площади укрыто снежным покровом, не превышающим 6 см, на 20% площади наблюдается высота от 11 до 20 см и на 10% — высота более 20 см.

3) При средней высоте снежного покрова 20 см свободных от снега мест на поле наблюдается очень мало (3%), высота снежного покрова до 6 см наблюдается лишь на 10% площади поля, более половины площади укрыто снежным покровом высотой 10 см и более, на 30% площади наблюдается высота более 20 см.

4) При средней высоте снежного покрова 30 см участков поля с высотой снежного покрова меньше 6 см не бывает, 90% площади укрыто снежным покровом высотой более 10 см.

Из данных Петунина и Окушко следует, что средняя высота снежного покрова 10 см и меньше не дает при низких температурах гарантии благополучной перезимовки озимых, так как в этих случаях большие участки поля будут плохо укрыты снежным покровом. Благоприятный исход перезимовки даже при очень сильных морозах возможен только при средней высоте снежного покрова больше 30 см, когда на поле не будет участков с высотой снежного покрова меньше 10 см.

Моисейчик [56], используя также данные маршрутных снегоъемок за последние 20 лет шести гидрометеостанций Юго-Востока, проделала аналогичную работу и составила таблицу вероятности различных значений высоты снежного покрова на полях озимых при определенной средней его высоте по снегоъемке (табл. 19).

Как следует из данных табл. 19, при средней высоте снежного покрова 2 см почти половина поля совсем не укрыта снегом, а при средней высоте 3 см — треть поля (27%). Все поле бывает укрыто снегом только при средней высоте снежного покрова больше 12 см, однако при средней высоте 13—14 см еще очень большая площадь поля (около 30%) имеет низкий снежный покров (высотой меньше 10 см), который в холодные зимы не обеспечивает благополучную зимовку посевов. Только при средней высоте снежного покрова больше 30 см высота его на всем поле будет достаточной (более 10 см) для обеспечения благополучной зимовки посевов.

По табл. 19 можно также определить суммарную вероятность снежного покрова высотой больше или меньше определенных пределов. Например, расчет минимальной температуры почвы на глубине узла кущения показал, что озимые могут вымерзнуть при высоте снежного покрова меньше 4 см. Допустим, что средняя высота снежного покрова на поле равна 6 см. Необходимо определить, какая площадь поля будет обеспечена высотой снежного покрова 4 см и больше, т. е. площадь, на которой не будет наблюдаться вымерзание озимых. Простейший расчет

**Вероятность распределения снежного покрова на полях озимых
при различной средней высоте его по снегосъемке
(в % общей площади поля)**

Средняя вы- сота снеж- ного покро- ва по снего- съемке (см)	Градации высоты снежного покрова (см)									
	0	1-3	4-6	7-10	11-15	16-20	21-30	31-50	51-80	81-100
1	70	24	5	1	0	—	—	—	—	—
2	46	33	17	4	0	—	—	—	—	—
3	27	38	25	9	1	0	—	—	—	—
4	18	30	36	13	3	0	—	—	—	—
5	10	25	39	21	5	0	—	—	—	—
6	7	19	34	29	10	1	0	—	—	—
7	5	16	30	35	12	2	0	—	—	—
8	2	11	25	41	15	6	0	—	—	—
9	2	7	18	42	23	7	1	0	—	—
10	1	7	14	38	28	9	3	0	—	—
11	1	4	12	34	32	13	4	0	—	—
12	1	3	9	29	38	16	4	0	0	—
13	0	3	7	24	37	19	9	1	0	—
14	0	2	6	21	35	23	11	2	0	—
15	0	2	5	17	33	27	14	2	0	—
16	0	2	4	14	29	29	19	3	0	—
17	0	1	4	13	25	30	23	4	0	—
18	0	0	4	10	23	31	26	6	0	—
19	0	0	2	9	21	30	32	6	0	—
20	0	0	2	8	19	28	33	10	0	—
21-30	0	0	1	3	9	21	44	21	1	0
31-50	0	0	0	0	1	5	25	63	6	0

(по табл. 19) показывает, что в данном случае на 74% общей площади поля озимые не будут повреждены морозом, а площадь вымерзания составит 26%.

Выпревание озимых происходит вследствие очень длительного пребывания растений под высоким снежным покровом при условии сохранения относительно высокой для зимы температуры почвы на глубине узла кушения (близкой к 0°). Выпревание озимых чаще всего наблюдается в зимы, когда значительный снежный покров устанавливается рано и снег выпадает на талую или слабoproмерзшую почву. При дальнейшем увеличении снежного покрова колебания температуры воздуха мало сказываются на температуре почвы, которая на глубине узла кушения озимых сохраняется высокой (около 0°). При таких условиях жизнедеятельность озимых остается повышенной и растения на процесс дыхания тратят значительно больше запасных питательных веществ, чем при более низкой темпера-

туре. Это приводит к расходу сахаров, накопленных с осени, и у растения начинается процесс голодания.

Петунин [64], приняв данные физиологов о том, что растения озимой пшеницы в процессе дыхания выделяют CO_2 при 7° в среднем $0,65 \text{ мг}$ в 1 час на 1 г сухого вещества, при 0° — $0,32$ и при -7° — $0,14$, рассчитал количество израсходованного в процессе дыхания сахара при различной температуре. Принимая, что сахара расходуется растениями $0,682$ веса выделенной углекислоты, он получил, что на 1 г сухого вещества расходуется следующее количество сахара (в мг/час): при 7° — $0,411$, при 0° — $0,218$ и при -7° — $0,096$.

Предполагая для простоты расчета, что интенсивность дыхания с понижением температуры на 1° ослабевает равномерно, Петунин рассчитал расход сахаров озимой пшеницей в процессе дыхания при различной температуре от 7 до -7° за сутки (табл. 20).

Из этих данных Петунин определил, на какое время хватит растениям озимой пшеницы сахаров, накопленных к началу зимы (в случае, если растения к началу зимы имеют 25% сахаров, или 250 мг на 1 г сухого вещества). Данные эти представлены в табл. 21.

Таблица 20

Расход сахаров озимой пшеницей в миллиграммах за сутки на 1 г сухого вещества (p) при различной температуре (t)

t	p	t	p	t	p
7	9,86	2	6,31	-3	3,84
6	9,07	1	5,74	-4	3,43
5	8,30	0	5,23	-5	3,05
4	7,56	-1	4,73	-6	2,66
3	6,91	-2	4,27	-7	2,30

Таблица 21

Период (S) в днях, на который озимой пшенице хватает сахаров, накопленных к началу зимы, при различной температуре (t)

t	S	t	S	t	S
7	25—26	1	43—44	-5	83—84
6	27—28	0	47—48	-6	93—94
5	30—31	-1	52—53	-7	108—109
4	33—34	-2	58—59	-8	126—127
3	36—37	-3	65—66	-9	150—151
2	39—40	-4	72—73	-10	182—183

Как видно из данных табл. 21, даже если растения накопили к началу зимы 25% сахаров, но температура на глубине узла кущения будет длительное время держаться близкой к 0°, то примерно через 50 дней у растений начнется голодание. Таким образом, по этой таблице можно ориентировочно рассчитывать начало голодания растений и определять районы возможной гибели озимых от выпревания. Однако при этих расчетах следует учитывать, что растения могут экономить сахара (при малом их количестве), хотя поправок на эту экономию дать пока не представляется возможным.

Гибель растения наступает не сразу после начала голодания, а значительно позднее. Петунин указывает, что полная гибель всех или большинства растений на поле происходит тогда, когда период голодания длится не менее 30—40 дней. На Европейской территории СССР наиболее часто условия для выпревания озимых создаются в северо-восточных районах, реже — в северо-западных.

В условиях, вызывающих выпревание озимых, гибель истощенных растений значительно ускоряется вследствие поражения их грибными болезнями (снежной плесенью, склеротинией). Грибные заболевания являются частым спутником выпревания, так как условия, вызывающие выпревание озимых очень благоприятны и для развития грибных заболеваний.

Вымокание озимых, вызывающее их гибель, происходит тогда, когда растения длительное время затоплены водой. Причиной гибели при вымокании, как считает большинство исследователей, является удушение растений вследствие недостатка кислорода.

В литературе наиболее часто встречаются данные о том, что проросшие семена озимых при застое воды гибнут через 15—20 дней, осенью зеленые растения при достаточном освещении могут выдерживать полное затопление водой до 25—30 дней и более, при отсутствии света гибель их происходит значительно быстрее. Зеленые растения, затопленные в темноте, погибли в течение 14 дней на 57%, растения, также затопленные, но оставленные на свету, в течение этого же периода сохранились. Весной истощенные озимые, перенесшие зимовку, погибают от вымокания больше и значительно быстрее, чем осенью или в начале зимы.

Вымокание озимых чаще всего наблюдается в районах с неустойчивой зимой, когда погода со снегопадами сменяется длительными оттепелями, вызывающими таяние снежного покрова и застой воды на полях. Наиболее часто вымокание озимых происходит в пониженных местах.

Выпирание озимых происходит при замерзании воды в почве. Ледяные кристаллы при этом распирают и поднимают почву, а вместе с почвой поднимаются и вмерзшие в нее растения. После оттаивания почва оседает, обнажая корневую шейку

растений, ранее закрытую почвой. При частых и резких сменах температуры это обнажение увеличивается. Нередко становятся открытыми узлы кущения озимых и часть корневой системы. Озимые с обнаженными узлами кущения быстрее вымерзают зимой, а весной подвергаются высушиванию и также гибнут. Наибольших размеров выпирание достигает на тяжелых почвах, при избыточном увлажнении верхних слоев почвы, на поздно вспаханных и бесструктурных почвах.

Явление выпирания наблюдается при образовании ледяной корки на поверхности и в верхнем горизонте почвы. В этом случае ледяная корка часто приводит к обрыву корней, что ведет к гибели растений.

Выдувание озимых происходит при сильных ветрах, которые наблюдаются во многих степных районах как осенью, так и зимой. Осенью сильные ветры, снося верхний слой почвы, обнажают узлы кущения и корневую систему озимых и значительно ухудшают условия их зимовки, в дальнейшем облегчая вымерзание. Плохо укоренившиеся, слабые растения нередко вырываются ветром и уносятся с поля.

Сильные ветры зимой сносят снег с полей, ухудшая этим условия зимовки озимых. В степных районах от ветра, несущего с большой силой массу песка и снега, неукрытые озимые получают значительные механические повреждения надземной массы, ломаются и мочалются.

Ледяная корка в виде прослоек в снегу не опасна для озимых в период перезимовки. В последнее время наиболее распространено мнение, что и притертая к земле ледяная корка сама по себе безвредна для озимых, если толщина ее небольшая, меньше 8 см. В опытах Окушко [60, 61] озимая рожь, находясь под притертой ледяной коркой толщиной 5—8 см, в 80% случаев не имела повреждений, а озимая пшеница в тех же условиях сохранилась на 60%. Из 1209 случаев под небольшой притертой ледяной коркой изреженность в пробах больше 10% растений наблюдалась в 19% случаев, причем, как указывает Окушко, только в 6% случаев повреждение можно отнести к ледяной корке.

Наиболее опасной для озимых является притертая ледяная корка, представляющая с верхним слоем почвы единый монолит, что бывает при сильном переувлажнении верхнего слоя почвы. Такая корка причиняет механические повреждения озимым и приводит к их гибели. Во всех остальных случаях считают, что ледяная корка сама по себе безвредна, но может способствовать ускорению гибели озимых от других причин. Например, притертая ледяная корка ускоряет вымерзание озимых.

Снежный покров легко сдувается ветром с ледяной корки, и эти места становятся открытыми. Вследствие большей теплопроводности льда по сравнению со снегом озимые под ледяной коркой быстрее и больше вымерзают. Ледяная корка увеличи-

вает также и вымокание посевов. При постепенном таянии ледяной корки в пониженных местах над коркой получается длительный застой воды, который сохраняется значительно дольше, чем в местах без ледяной корки.

По данным Окушко, на Европейской территории СССР можно выделить три зоны с различной повторяемостью притертой ледяной корки.

Первая зона, где ледяная корка наблюдается сравнительно редко (менее 50% лет), занимает территорию севернее линии, проходящей примерно от Петрозаводска к Куйбышеву и южнее линии, проходящей через Каменец-Подольский, Николаев, Ростов-на-Дону, Астрахань.

Наиболее часто притертая ледяная корка наблюдается в большинстве центральных областей, в центрально-черноземных областях, в северных и центральных районах Украины и в ряде районов Среднего Поволжья (свыше 70% лет). В остальных районах повторяемость притертой ледяной корки составляет от 50 до 70%.

Сплошная притертая ледяная корка, т. е. корка, залегающая на всей площади поля, наблюдается сравнительно редко (14% случаев), чаще всего она залегает местами (86% случаев) на Европейской территории СССР.

В большинстве случаев продолжительность залегания корки составляет от 1 до 3 декад (48% случаев). В некоторые годы продолжительность залегания корки очень большая — от 10 до 18 декад (18% случаев). Такие случаи наблюдались в основном на территории примерно севернее линии, проходящей через Киев, Харьков, Оренбург. В более южных районах максимальная продолжительность залегания притертой ледяной корки составляет от 1 до 7 декад.

По своей толщине притертая ледяная корка распределяется по территории крайне неравномерно. В одних и тех же районах можно наблюдать корку весьма различной толщины. Притертая ледяная корка толщиной более 5 см на значительных пространствах наблюдается в северо-западных областях, в восточных районах Белоруссии, в ряде районов центральных и центрально-черноземных областей, в Саратовской, Куйбышевской областях, а также в северных и центральных районах Украины.

Мы рассмотрели основные причины гибели озимых культур в период зимовки, методы и приемы расчетов возможности гибели озимых от вымерзания и выпревания. Надежных количественных показателей, по которым можно было бы рассчитать гибель озимых от вымокания, выпирания и ледяной корки до сих пор нет. Поэтому при оценке сложившихся и ожидаемых условий перезимовки озимых и при определении районов возможной гибели озимых от этих причин агрометеорологи огра-

ничиваются только качественным анализом и качественными характеристиками.

Прогнозы агрометеорологических условий перезимовки озимых культур чаще всего составляются по месяцам (на декабрь, на январь и т. д.) или сразу на более длительный период (на первую половину зимы, на вторую половину зимы). В конце зимы, за месяц до возобновления вегетации, составляется прогноз состояния озимых к моменту возобновления вегетации весной. Все эти прогнозы составляются на основании общих методов и приемов, изложенных выше.

Разберем пример составления прогноза перезимовки на январь. На основании долгосрочного прогноза погоды выделяются районы с резкими и сильными понижениями температуры воздуха и проводится вначале расчет возможности вымерзания посевов в этих районах. Эти расчеты удобнее всего проводить по форме, указанной в табл. 22.

Таблица 22

Пример расчета площадей вымерзания озимой ржи в декабре и январе
Агрометеостанция Ершов (Саратовская обл.).—Дата составления прогноза — 10 декабря

Название элементов	Декабрь			Январь		
	1	2	3	1	2	3
Критическая температура вымерзания озимой ржи						
в фазе всходов — 3-го листа	-19	-19	-19	-19	-19	-19
в фазе кущения	-22	-22	-22	-22	-22	-22
Минимальная температура воздуха	-12	-20	-22	-30	-20	-25
Сумма осадков (в мм)	—	6	8	4	12	10
Средняя высота снежного покрова (в см)	0	3	7	9	15	20
Сумма отрицательных среднесуточных температур	—	-60	-110	-160	-85	-125
Глубина промерзания почвы (в см)	50	60	75	97	102	110
Минимальная температура почвы на глубине узла кущения озимых при снежном покрове высотой						
0 см	-9	-16	-18	-24	-16	-20
5 см	—	-12	-14	-21	-15	-18,5
10 см	—	—	—	-10	-8,6	-10,0
Высота снежного покрова (в см), при которой возможно вымерзание озимой ржи						
в фазе всходов — 3-го листа	—	—	—	6	—	3
в фазе кущения	—	—	—	3	—	—
Площадь вымерзания озимой ржи (более 50% растений)						
в фазе всходов — 3-го листа	0	0	0	27	0	0
в фазе кущения	0	0	0	9	0	0

Для расчетов площадей вымерзания озимых в первую очередь необходимо знать морозостойкость растений, т. е. критическую температуру вымерзания озимых. Если в начале зимы агрометеостанциями или сельскохозяйственными опытными учреждениями проводились определения критической температуры вымерзания озимых, то берутся фактические данные для разных посевов, т. е. критическая температура раскустившихся озимых и закончивших вегетацию в фазе всходов или третьего листа. Если фактических данных определения морозостойкости получить нельзя, критическую температуру вымерзания озимых определяют приближенно, тщательно анализируя условия роста и развития озимых в осенний период, условия закалки и состояние озимых перед прекращением вегетации, как было указано выше.

Критическая температура определяется отдельно для озимых с различным состоянием, и записываются площади раскустившихся и нераскустившихся озимых к моменту прекращения вегетации. Такие данные о площадях с различным состоянием озимых к концу осени должен иметь каждый агрометеоролог-прогнозист. Следовательно, первые исходные данные для прогноза вымерзания — это критические температуры вымерзания озимых, закончивших вегетацию осенью в различном состоянии, и площади, занятые такими озимыми.

Как уже указывалось, зная критические температуры вымерзания озимых различного состояния, рассчитав ожидаемую минимальную температуру на глубине узла кушения озимых и анализируя их соотношение, можно выделить районы возможного вымерзания озимых. Однако, прежде чем приступать к расчетам ожидаемой температуры почвы на глубине узла кушения озимых, следует еще провести ряд работ.

Минимальная температура почвы на глубине узла кушения озимых зависит от минимальной температуры воздуха, высоты и плотности снежного покрова, глубины промерзания почвы. Этих данных в долгосрочном прогнозе погоды нет, необходимо их рассчитать дополнительно. Минимальная температура воздуха, если не указана в прогнозе, берется из года-аналога, по которому был составлен долгосрочный прогноз погоды.

Средняя высота снежного покрова по декадам вычисляется следующим образом. Зная исходную высоту снежного покрова к моменту составления прогноза, определяют ожидаемое изменение этой высоты (Δh) по декадам, которое рассчитывается

по известной формуле $\Delta h = \frac{\omega}{10d}$, где Δh — изменение высоты снежного покрова за декаду (в см), ω — сумма осадков за декаду (в мм), d — плотность снежного покрова.

Сумма осадков по декадам рассчитывается следующим образом. В прогнозе дана месячная сумма осадков в процентах нормы и характеристика облачности и осадков по периодам.

Вычислив ожидаемую сумму осадков за месяц (в мм) и учитывая ход облачности и осадков по периодам, определяют сумму осадков по декадам.

Плотность снега берется с учетом фактических наблюдений или приближенно. По Б. П. Вейнбергу, для декабря она равна в среднем 0,15—0,20, для января 0,20—0,25, для февраля и марта 0,25—0,30 (за исключением свежеснежавшего снега).

Боссоласко и Даньино [115] при анализе зависимости плотности снега от температуры воздуха по наблюдениям за 17 лет на станции Сенти получили, что плотность свежеснежавшего снега изменяется от 0,16 г/см² при температуре -2° до 0,075 г/см² при температуре $-11,5^{\circ}$.

Зная исходную высоту и плотность снежного покрова к моменту составления прогноза, по ожидаемой сумме осадков последующей декады определяют по указанной формуле изменение высоты снежного покрова за эту декаду. Полученное изменение прибавляют к исходной высоте и получают среднюю высоту снежного покрова в первую предстоящую декаду (на конец ее). Таким же образом проводится расчет высоты снежного покрова в течение всех декад рассматриваемого периода. Высота, рассчитанная на конец предшествующей декады, берется как исходная для расчетов высоты снежного покрова на конец последующей декады.

В нашем примере (табл. 22) фактическая высота снежного покрова на 10 декабря равна нулю. За вторую декаду декабря сумма осадков ожидается равной 6 мм. По формуле изменения высоты снежного покрова находим, что $\Delta h = 3$ см. Следовательно, на 20 декабря высота снежного покрова увеличивается на 3 см, а так как до этого снега не было, то она и будет равна 3 см. За третью декаду декабря изменение высоты снежного покрова в зависимости от осадков будет равно 4 см, а средняя высота снежного покрова на 31 декабря составит 7 см. Таким образом делаем расчеты средней высоты снежного покрова по декадам за весь рассматриваемый период. Во время расчетов высоты снежного покрова особое внимание необходимо обратить на оттепели, во время которых происходит таяние снега, а нередко и полный сход его.

Для расчетов минимальной температуры почвы на глубине узла кушения озимых нам необходимо, кроме высоты снежного покрова и минимальной температуры воздуха, знать еще глубину промерзания почвы.

Изменение глубины промерзания почвы по декадам рассчитывается по графикам Л. А. Разумовой [11] (рис. 12). На этих графиках наклонные линии представляют собой изменение глубины промерзания за декаду (в см) в зависимости от высоты снежного покрова и суммы отрицательных среднесуточных температур воздуха за декаду. Алгебраическая сумма величины изменения глубины промерзания почвы, снятой с графика, и ве-

личины поправки (табл. 23) дает окончательный результат изменения глубины промерзания почвы за декаду в зависимости от температуры воздуха, высоты снежного покрова и исходного промерзания почвы.

Если исходная глубина промерзания почвы в предшествующую декаду была небольшой, то поправки на снятую с графика величину вводятся небольшие. Но при очень большой

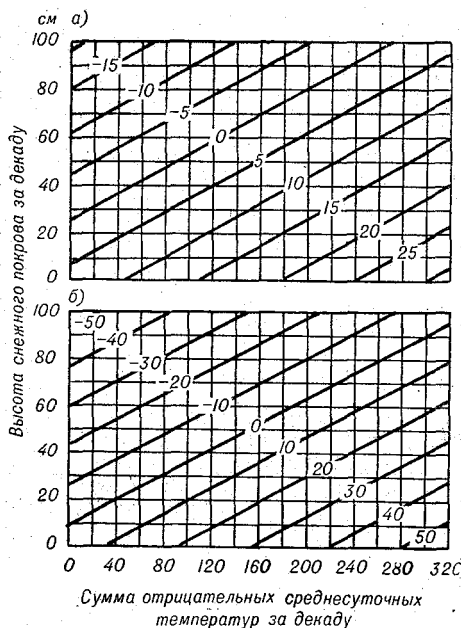


Рис. 12. Изменение глубины промерзания почвы (в см за декаду) на Европейской территории СССР в районах с высоким стоянием (а) и с глубоким залеганием (б) грунтовых вод.

глубине промерзания почвы поправка становится значительной. Так, например, при сумме отрицательных среднесуточных температур воздуха за декаду 220° и высоте снежного покрова 10 см изменение глубины промерзания почвы по графику на рис. 12б составит 35 см. Если в предшествующую декаду промерзание почвы было небольшим (10—16 см), то поправка будет всего —1. Следовательно, глубина промерзания почвы в этом случае увеличится за декаду на 34 см. Если же и в предшествующую декаду уже было глубокое промерзание почвы (например, 100 см), то поправка будет больше (—7) и глубина промерзания почвы увеличится за декаду при тех же метеорологи-

ческих условиях на меньшую величину (на 28 см).

В районах с высоким стоянием грунтовых вод и избыточным увлажнением почвы (Северо-Запад) расчет изменения глубины промерзания почвы производится по графику на рис. 12а, в районах с более глубоким залеганием грунтовых вод на Европейской территории СССР, где не было избыточного увлажнения, — по графику на рис. 12б.

В момент составления прогноза первой исходной величиной будет фактическое промерзание почвы, к которому в зависимости от условий погоды последующей декады прибавляется или отнимается изменение глубины промерзания, рассчитанное по графикам. Глубина промерзания рассчитывается по декадам всего предстоящего периода, на который составляется прогноз,

Таблица 23

Поправки (в см) на исходное промерзание при определении изменения глубины промерзания почвы по графикам на рис. 12

Исходные промерзания (см)	а	б	Исходные промерзания (см)	а	б
0—2	0	0	59—65	1,0	—4,5
3—9	0	—0,5	66—72	1,0	—5,0
10—16	0	—1,0	73—79	1,0	—5,5
17—23	0,5	—1,5	80—86	1,5	—6,0
24—30	0,5	—2,0	87—93	1,5	—6,5
31—37	0,5	—2,5	94—100	1,5	—7,0
38—44	0,5	—3,0	101—110	1,5	—
45—51	0,5	—3,5	111—140	2,0	—
52—58	1,0	—4,0			

причем расчетные данные глубины промерзания предыдущей декады берутся как исходные для последующей.

В нашем примере (см. табл. 22) исходная глубина промерзания на 10 декабря равна 50 см. Высота снежного покрова за вторую декаду декабря равна 3 см, а сумма отрицательных температур -60° . По графику на рис. 12б с учетом поправок находим, что изменение глубины промерзания за вторую декаду декабря равно 10 см. Следовательно, глубина промерзания почвы к 20 декабря ожидается равной 60 см.

Находим изменение глубины промерзания для третьей декады декабря; оно равно 15 см. Следовательно, к 31 декабря глубина промерзания будет равна $60 + 15 = 75$ см. Таким же образом находим ожидаемые величины глубины промерзания почвы для всех последующих декад.

После расчета высоты снежного покрова и глубины промерзания почвы можно приступить к расчету минимальной температуры почвы на глубине узла кущения озимых. Так как высота снежного покрова и глубина промерзания почвы рассчитываются на конец каждой декады, то очень важно учитывать, когда происходят сильные понижения температуры воздуха — в начале, конце или в середине декады. Если похолодание ожидается в самом начале декады, то следует учесть высоту снежного покрова и глубину промерзания почвы на конец предшествующей декады. Если похолодание ожидается в конце декады, то берутся значения этих элементов, рассчитанные на конец текущей декады; а если похолодание ожидается в середине декады, то лучше брать средние значения высоты снежного покрова и глубины промерзания почвы за предшествующую и текущую декады.

Однако расчет минимальной температуры почвы на глубине узла кущения озимых только по средней за декаду высоте снеж-

ного покрова не даст возможности определить площади вымерзания озимых. Поэтому необходимо сначала определить, при каком снежном покрове температура почвы на глубине узла кушения озимых может понижаться до критической и ниже, т. е. определить высоту снежного покрова, не обеспечивающую сохранность озимых, а после рассчитать процент площади поля с такой высотой при данной средней высоте снежного покрова. Это и будет возможная площадь вымерзания озимых. Эти расчеты удобнее и быстрее всего производить в следующем порядке.

В зависимости от района по графикам Моисейчик, Шульгина или Перегудова рассчитывают температуру на глубине узла кушения озимых вначале для высоты снежного покрова 0, 5 и 10 см.

Рассчитав ожидаемые понижения минимальной температуры почвы на глубине узла кушения озимых по декадам при высоте снежного покрова 0, 5 и 10 см, определяем высоту снежного покрова, при которой возможно вымерзание озимых в той или иной декаде.

Анализируем в каждую декаду минимальную температуру почвы на глубине узла кушения озимых. В нашем примере (см. табл. 22) во вторую и третью декады декабря даже при бесснежье она выше критической температуры вымерзания озимой ржи. В первую декаду января будут наблюдаться опасные понижения температуры почвы на глубине узла кушения озимых. Морозостойкость нераскутившихся озимых равна -19° . Путем интерполяции находим, что понижения температуры на глубине узла кушения озимых до -19° и ниже будут наблюдаться при высоте снежного покрова 6 см и меньше.

В фазе кушения озимые имеют морозостойкость -22° . Понижение температуры почвы на глубине узла кушения до -22° возможно при высоте снежного покрова 3 см.

Во вторую декаду января ожидаемая температура почвы на глубине узла кушения озимых даже при бесснежье выше критической. В третью декаду января при высоте снежного покрова 3 см и меньше она вновь будет понижаться до -19° и ниже, т. е. ниже критической температуры вымерзания нераскутившихся посевов озимых.

Зная высоту снежного покрова, при которой возможно вымерзание озимых в ту или иную декаду, и ожидаемую среднюю высоту снежного покрова по декадам, определяем площади с высотой снежного покрова, не обеспечивающей сохранности озимых, т. е. площади вымерзания озимых. В нашем примере угроза вымерзания озимых создается в первую и третью декады января. Рассчитываем по средней высоте снежного покрова в эти декады по данным табл. 19 распределение снежного покрова на полях и определяем площади с высотой снежного покрова меньше 3 см и меньше 6 см.

К концу первой декады января ожидается средняя высота снежного покрова 9 см. Сильное похолодание должно произойти, допустим, в конце этой декады. По табл. 19 получаем, что при такой средней высоте снежного покрова 27% площади будет иметь высоту снежного покрова 6 см и меньше и 9% площади — высоту 3 см и меньше. Следовательно, в первую декаду января на 27% площади ожидается вымерзание нераскустившихся озимых и на 9% площади — вымерзание раскустившихся озимых.

В третью декаду января при ожидаемой средней высоте снежного покрова 20 см таким же путем определяем, что участков поля с высотой снежного покрова 3 см и меньше не будет, т. е. вымерзания озимых в эту декаду ожидать не следует.

Таким образом, мы установили, что большую часть рассматриваемого периода зимовка озимых будет проходить благополучно, только при сильном похолодании в первую декаду января возможно вымерзание нераскустившихся посевов на 27% площади, а раскустившихся — на 9% площади.

Зная процент площади нераскустившихся и раскустившихся озимых к концу осени и процент площади возможного их вымерзания, легко вычислить эти площади в гектарах.

При определении возможности вымерзания озимых в последующие месяцы проводятся точно такие же расчеты. Если при этом получится, что каждую декаду ожидается вымерзание озимых на какой-либо площади, то выводы делаются по декаде с наибольшей величиной площади вымерзания озимых. Такие расчеты проводятся по данным большой сети станций, где ожидаются опасные похолодания, результаты наносятся на карты и выделяются зоны возможного вымерзания озимых и площади с ожидаемой гибелью больше 50% растений.

Площади вымерзания озимых очень важно определять не только по ожидаемым условиям, но и по сложившимся, сразу определяя возможность вымерзания озимых в период наступившего похолодания.

На рис. 13 представлена карта ожидаемой изреженности озимых зимой 1955/56 г. В этом году условия перезимовки озимых складывались исключительно неблагоприятно в большинстве районов Европейской территории СССР, в особенности в южных районах, где в конце января после сильной оттепели наступило очень резкое похолодание. Агрометеорологи Центрального института прогнозов произвели расчеты ожидаемых площадей вымерзания озимых. Эти расчеты показали, что основная зона вымерзания озимых должна быть в центральных районах Украины (рис. 13). Расчеты были сделаны в период похолодания в начале февраля и представлены работникам сельского хозяйства. На карте (рис. 14) показаны районы и размеры фактической гибели озимых зимой 1955/56 г. по данным отращивания и весеннего обследования. Сравнивая обе

карты (рис. 13 и 14), можно сделать вывод, что агрометеорологи на основании своих расчетов правильно ориентировали сельскохозяйственные органы еще в феврале на необходимость

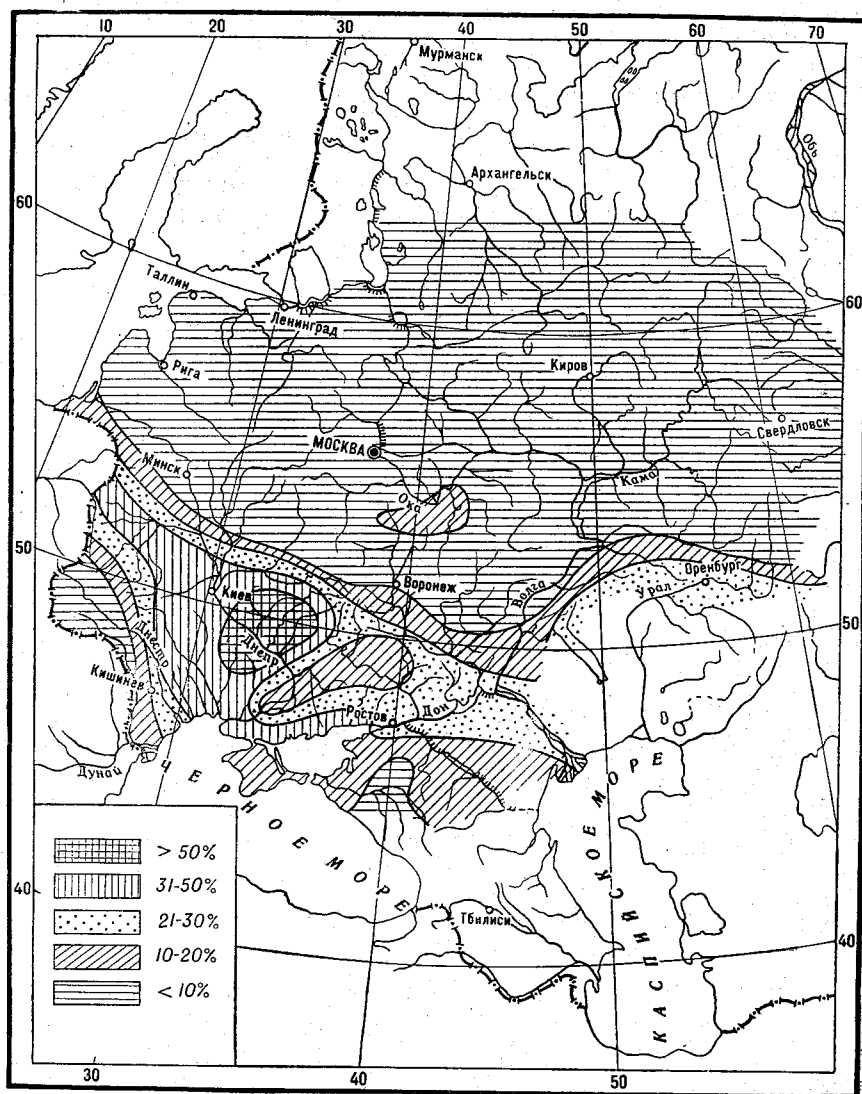


Рис. 13. Районы ожидаемого изреживания озимых зимой 1955/56 г. (в процентах всей площади озимых).

подготовки к пересеву больших площадей озимых на Украине.

После того как по районам, где ожидаются опасные похолодания, проведен анализ возможности вымерзания озимых и

получены расчетные данные площадей вымерзания, проводят дальнейший анализ и оценку условий перезимовки в остальных районах и выделяют районы возможного выпревания озимых,

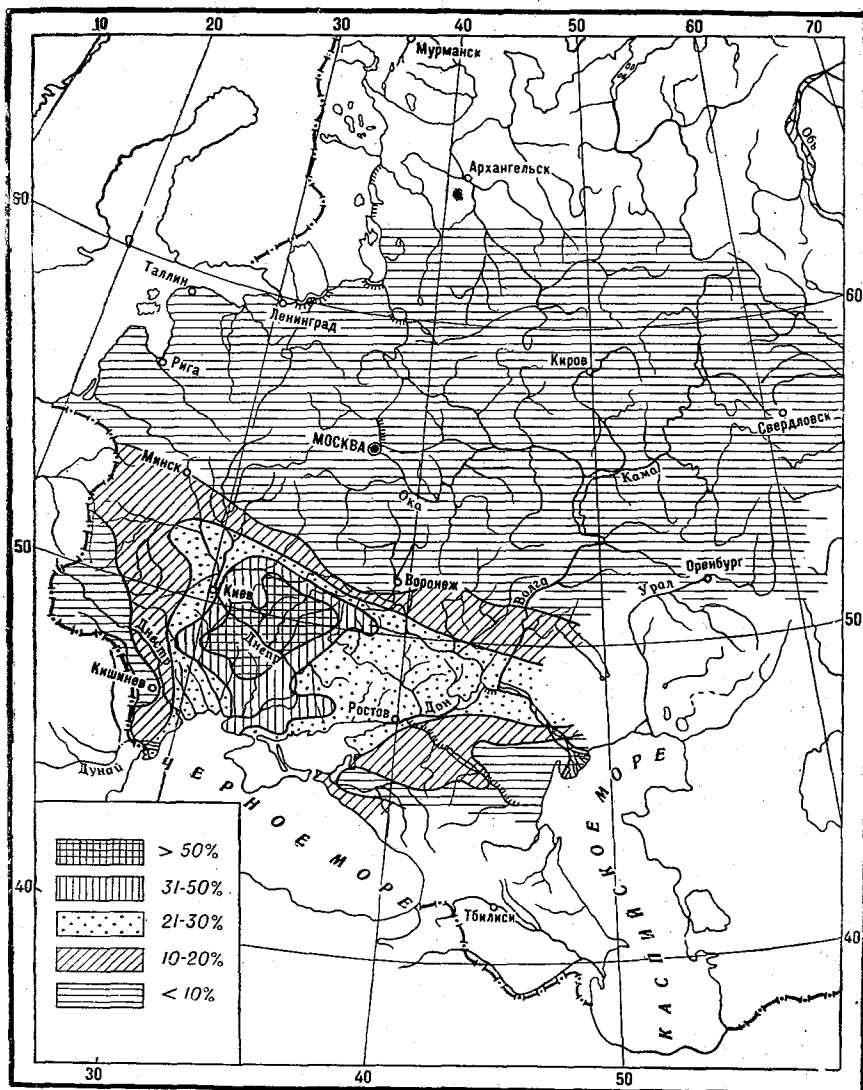


Рис. 14. Районы фактического изреживания озимых зимой 1955/56 г. (в процентах всей площади озимых).

возможной гибели их от ледяной корки, от вымокания и других причин.

Возможность выпревания прогнозируется следующим обра-

зом. Например, составляется прогноз условий перезимовки на февраль. В северо-восточных районах ожидается положительная аномалия температуры воздуха и большие снегопады. В то же время уже к моменту составления прогноза (допустим, 10/I) высота снежного покрова там была больше 60 см, температура на глубине узла кущения с начала января все время была высокой (0, —1°).

Рассчитываем ожидаемую минимальную температуру на глубине узла кущения озимых. Получаем, что при таком снежном покрове она в течение оставшейся части января и в феврале будет сохраняться высокой, близкой к 0°. По данным, приведенным в табл. 21, рассчитываем начало возможного голодания растений. Если температура почвы на глубине узла кущения озимых будет сохраняться близкой к 0°, то начало голодания растений начнется примерно через 50 дней, т. е. к 20 февраля. Переход же температуры воздуха через 0° и начало интенсивного таяния снежного покрова происходят в этих районах обычно только в первой декаде апреля (7—10/IV), а сход снежного покрова — около 25 апреля. Период голодания при таких условиях будет очень длительным (больше 50 дней), и следует ожидать большого выпревания озимых.

Если снежный покров менее высокий и будут наблюдаться в отдельные периоды изменения температуры на глубине узла кущения, то расчет расхода сахаров проводится по дням по табл. 20 и определяется день, когда будет израсходован весь запас сахаров растениями, т. е. день начала их голодания.

Данные о запасе сахаров в растениях к началу осени необходимо определять путем эксперимента. Расчеты возможности выпревания следует уже начинать с того момента, как только сложившиеся фактические условия благоприятствуют выпреванию озимых. Расчет выпревания на предстоящий период обычно является продолжением расчета по прошедшим неблагоприятным условиям.

Возможность гибели озимых от ледяной корки, выпирания и вымокания определяется на основании тщательного качественного анализа прошедших и ожидаемых условий перезимовки, так как количественных показателей для учета этих явлений нет.

После анализа и оценки условий перезимовки по всей обслуживаемой территории и определения районов и размеров гибели озимых от тех или иных причин составляется текст прогноза.

В прогнозе, если он составляется на первые месяцы зимы, необходимо указать:

1) условия закалки озимых осенью, их состояние перед прекращением вегетации; морозостойкость озимых, закончивших вегетацию хорошо раскустившимися, слабо раскустившимися и

в фазе всходов и 3-го листа; площади озимых с различной кустистостью к концу осени;

2) условия перезимовки до момента составления прогноза (время установления снежного покрова и его высота, изменение глубины промерзания почвы, понижения температуры воздуха и почвы на глубине узла кущения озимых, оттепели, наличие ледяных корок и т. д.);

3) ожидаемые условия перезимовки озимых (изменение высоты снежного покрова и глубины промерзания почвы, оттепели и похолодания, пределы понижения минимальной температуры воздуха и почвы) и возможность вымерзания озимых; возможность гибели озимых от других причин и ожидаемые размеры гибели; районы благополучной перезимовки озимых культур.

Если прогноз составляется на вторую половину зимы, то в начале прогноза дается краткая характеристика прошедших условий зимовки и результатов отращивания озимых, а затем уже характеристика ожидаемых условий, как в первом прогнозе.

При поступлении фактических данных об отращивании озимых рассчитанные данные по районам уточняются. В конце зимы, обычно за месяц до возобновления вегетации, на основании анализа и оценки прошедших условий зимовки, результатов отращивания озимых культур и ожидаемых условий окончания зимовки составляется прогноз состояния озимых к моменту возобновления вегетации весной.

В этом прогнозе, во-первых, дается оценка агрометеорологических условий перезимовки озимых культур за прошедший период зимы и указываются зоны и степень повреждения озимых за этот период по данным результатов отращивания; во-вторых, проводится оценка ожидаемых агрометеорологических условий периода окончания зимовки озимых и указываются районы, где еще следует ожидать гибели озимых. Определение районов и степени ожидаемой гибели озимых делается точно таким же способом, как было указано при составлении прогноза перезимовки на отдельный месяц.

Прогноз заканчивается характеристикой ожидаемого состояния озимых к моменту возобновления вегетации весной, указываются районы возможного пересева озимых, районы подсева и районы благополучной перезимовки. К прогнозу прилагается карта ожидаемого состояния озимых весной, на которой выделяются районы гибели растений от различных причин и районы благополучной перезимовки (рис. 15).

Прогнозы условий перезимовки озимых культур, как уже указывалось, обычно составляются с месячной заблаговременностью, но если запросы от сельскохозяйственных органов поступают раньше, то в этом случае пользуются агроклиматическими разработками вероятности вымерзания озимых в различных районах СССР.

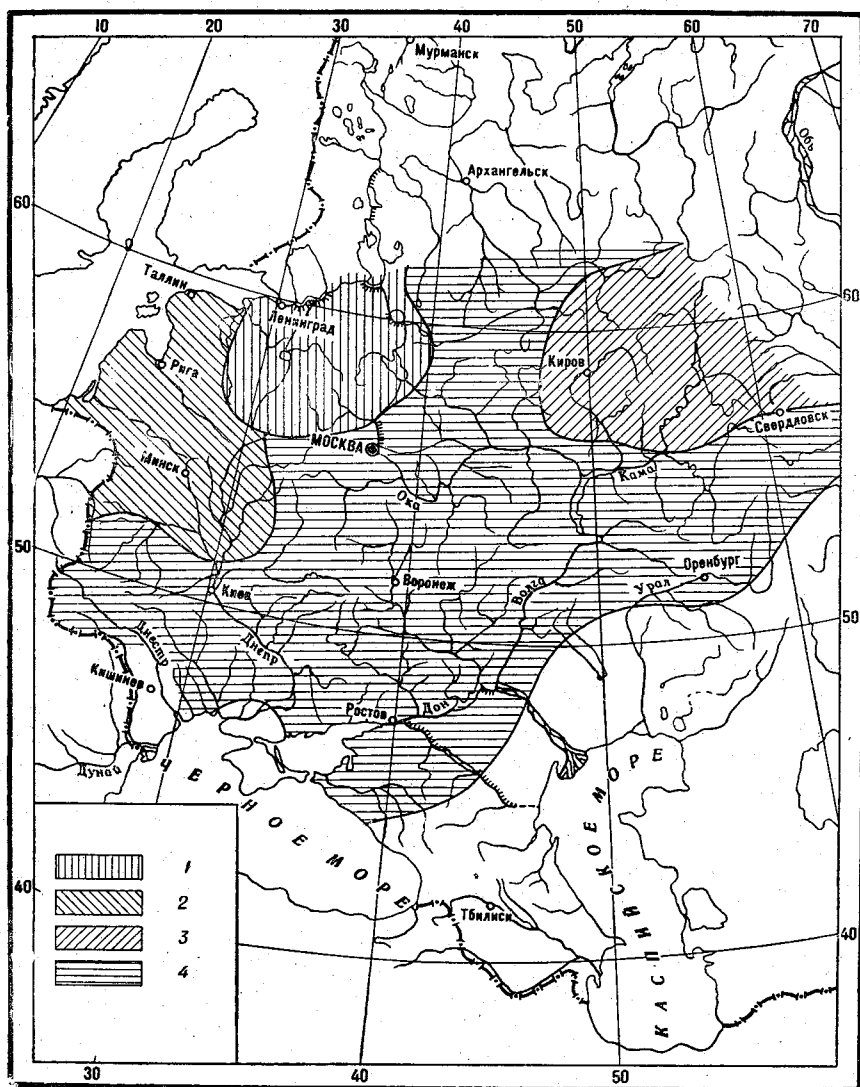


Рис. 15. Ожидаемое состояние озимых весной 1957 г. Районы изреженности озимых вследствие вымокания (1), вымерзания (2) и выпревания (3) и районы благополучной перезимовки озимых (4).

Вероятность вымерзания посевов озимой ржи с морозостойкостью в Заволжье -20° , в Западной Сибири и Казахстане -22° в различные периоды зимовки (в ‰)

Станция	Площадь вымерзания посевов в процентах общей площади поля														
	больше 10					больше 30					больше 50				
	ноябрь — март	декабрь — март	январь — март	февраль — март	март	ноябрь — март	декабрь — март	январь — март	февраль — март	март	ноябрь — март	декабрь — март	январь — март	февраль — март	март
Безенчук	73	73	47	21	21	53	58	26	11	11	21	21	5	5	5
Бузулук	60	55	42	26	21	35	35	11	5	5	30	25	11	5	5
Оренбург	50	50	40	30	20	25	25	20	10	5	25	25	20	10	5
Озинки	47	47	33	28	16	32	32	28	16	11	16	16	16	11	6
Ершов	30	30	20	10	10	25	25	15	10	5	10	10	5	5	0
Чишмы	57	50	40	30	21	30	27	21	13	13	21	20	13	7	7
Троицк	37	37	22	11	10	18	18	14	8	7	7	7	3	0	0
Свердловск	10	5	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Тюмень	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Пудино	18	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Омск	68	50	41	37	32	45	23	10	5	5	18	9	5	5	5
Новосибирск	29	24	14	10	10	10	10	10	5	5	10	10	5	5	5
Барнаул	29	29	24	6	0	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
Кокчетав	79	79	75	69	62	52	52	50	50	50	42	53	31	31	31
Шербақты	85	79	50	21	7	57	50	14	0	0	29	21	7	0	0
Ақмолинск	46	38	23	14	5	25	22	5	5	0	16	13	5	5	0
Красноярск	67	67	67	43	24	34	33	29	19	10	10	9	9	9	0
Иркутск	52	36	28	24	24	32	20	20	20	20	20	16	20	20	20

Вероятность вымерзания посевов озимой ржи с морозостойкостью -25° за различные периоды зимовки (в ‰)

Станция	Площадь вымерзания посевов в процентах общей площади поля														
	больше 10					больше 30					больше 50				
	ноябрь— март	декабрь— март	январь— март	февраль— март	март	ноябрь— март	декабрь— март	январь— март	февраль— март	март	ноябрь— март	декабрь— март	январь— март	февраль— март	март
Безенчук	21	21	16	5	0	5	5	5	5	0	5	5	5	5	0
Бузулук	15	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Оренбург	5	5	0	0	0	5	5	0	0	0	5	5	0	0	0
Озинки	16	16	16	11	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
Ершов	10	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Троицк	15	15	11	6	8	7	7	3	3	0	0	0	0	0	0
Свердловск	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Тюмень	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Пудино	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Омск	59	47	27	18	14	23	11	9	9	5	9	5	0	0	0
Новосибирск	19	14	10	10	10	10	10	5	0	0	5	0	0	0	0
Барнаул	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шербақты	64	57	28	7	7	21	21	7	0	0	21	21	7	0	0
Кокчетав	63	58	50	50	50	47	42	37	37	37	26	26	25	25	25
Акмолинск	25	20	5	5	0	21	16	0	0	0	8	4	0	0	0
Красноярск	38	38	34	19	14	14	14	10	10	0	5	5	5	5	0
Иркутск	36	28	24	20	20	20	20	20	20	20	16	16	16	16	16

Моисейчик [20] рассчитала вероятность вымерзания озимой ржи различной морозостойкости в Заволжье, Сибири и Казахстане, т. е. в районах очень суровых условий зимовки посевов (табл. 24 и 25).

В табл. 24 дана вероятность вымерзания озимой ржи с морозостойкостью в Заволжье -20° , а в Сибири и северных районах Казахстана с морозостойкостью -22° на различных площадях в целом за зиму и в различные периоды зимовки. В первом разделе таблицы дана вероятность вымерзания на площади поля больше 10%, во втором разделе — на площади больше 30%, в третьем — на площади поля больше 50%.

Как следует из данных табл. 24, даже у хорошо подготовленной к зимовке озимой ржи большая изреженность на площади более 30% наблюдается в районах Заволжья, Северного Казахстана и в ряде районов Западной Сибири в 30—50% лет. Вероятность такой изреженности озимых в лесных районах Западной Сибири мала и составляет всего 5—10% лет.

Вероятность благополучной перезимовки озимой ржи с морозостойкостью -20° , -22° , когда изреженность растений бывает меньше чем на 10% площади поля, в северных районах Казахстана составляет меньше 20% лет. Благополучная перезимовка чаще всего наблюдается в лесных районах Западной Сибири (в 80% лет и больше).

Значительно уменьшается вероятность вымерзания озимой ржи на больших площадях при повышении ее морозостойкости до -25° . Только в центральной и восточной частях Северного Казахстана даже при такой высокой морозостойкости гибель может наблюдаться более чем в 20% лет. В Заволжье и в Сибири вымерзание озимых на больших площадях при морозостойкости -25° наблюдается уже очень редко, меньше 10% лет, а в ряде районов озимая рожь на больших площадях при такой морозостойкости совсем не будет вымерзать.

В табл. 25 приведена вероятность вымерзания озимой ржи с морозостойкостью -25° в различные периоды зимы.

Глава IV

ПРОГНОЗЫ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В ПОЧВЕ К НАЧАЛУ ВЕСНЫ

Влага является одним из незаменимых факторов жизни растений. Расходуя непрерывно большое количество влаги из тканей на транспирацию, растение должно все время пополнять этот расход, чтобы поддерживать свои клетки в тургесцентном состоянии. Поступление в растение воды происходит в основном через корневую систему. Таким образом, почва является основным источником, откуда растение получает влагу, а вместе с ней и необходимые минеральные питательные вещества.

Интенсивность поступления воды в растения большей частью зависит от количества доступной для них влаги в почве. По мере снижения влажности почвы уменьшается и подвижность воды, растет водоудерживающая сила почвы. Способность почвы удерживать воду является одним из основных ее физических свойств.

Увядание начинается тогда, когда ничтожное поступление влаги в растение еще идет, но становится недостаточным для поддержания его нормальной жизнедеятельности. Влажность почвы, при которой недостаток влаги в тканях растения не восстанавливается даже в условиях минимальной транспирации ночью, называется влажностью увядания (или коэффициентом увядания). Влага, используемая растением (сверх влажности увядания) называется продуктивной влагой.

Влажность увядания для различных почв различна. У песчаных почв она колеблется в пределах 0,5—2%, на тяжелых суглинистых почвах достигает 20%, а на торфяных почвах превышает 50% веса абсолютно сухой почвы. Поэтому для оценки запасов влаги как ресурсов создания урожая необходимо учитывать лишь влагу, имеющуюся в почве сверх влажности увядания, т. е. продуктивную влагу.

Запасы продуктивной влаги выражают в миллиметрах толщины водного слоя и вычисляют по формуле $w = 0,1dh(v - k)$, где w — запасы продуктивной влаги (в мм), d — объемный вес

почвы (в $г/см^3$), h — мощность слоя почвы (в $см$), u — влажность почвы (в процентах веса абсолютно сухой почвы), k — влажность увядания (в процентах веса абсолютно сухой почвы). Входящие в эту формулу величины объемного веса почвы и влажности увядания являются постоянными для данного вида почвы и не изменяются при изменении влажности почвы.

Количество влаги, которое может удерживаться почвой в полевых условиях, т. е. влагоемкость почвы, определяется ее свойствами, механическим составом, структурой, количеством органического вещества и глубиной залегания грунтовых вод. Чем почва мелкоземистее, структурнее и богаче органическим веществом, тем больше ее влагоемкость.

В настоящее время различают следующие пределы влагоемкости почвы:

1) Полная влагоемкость — максимальное количество воды, содержащееся в почве, когда все поры заняты водой и водное зеркало выходит на поверхность почвы.

2) Максимальная капиллярная влагоемкость — то количество воды, которое может удерживать слой почвы в 10 $см$ над свободной водной поверхностью вследствие капиллярного поднятия.

3) Наименьшая полевая влагоемкость — то количество воды, которое почва способна удерживать в условиях глубокого стояния грунтовых вод.

Л. А. Разумовой, С. А. Вериги и С. Б. Мاستинской [11] составлена сводная таблица, в которой указаны виды почвенной воды, каким пределам увлажнения они соответствуют, их доступность для растений и т. д. (табл. 26).

Запасы влаги в почве непрерывно изменяются. Изменение запасов влаги в зимний период в основном зависит от двух причин: от внутрипочвенного передвижения воды и проникновения в почву талых вод и осадков, выпадающих во время оттепелей.

Передвижение влаги в почве в зимний период происходит в парообразном и жидком виде. Передвижение водяных паров зимой в почве снизу вверх и конденсация их в корнеобитаемом слое почвы обусловлены разностями значений температуры и упругости водяных паров верхних и нижних слоев почвы.

Процесс передвижения влаги в жидком виде происходит при наличии легкоподвижной капиллярной воды в незамерзших слоях почвы. С момента, когда верхние слои почвы начинают замерзать, у нижней границы мерзлого слоя идет все время обезвоживание почвы в процессе ледообразования. Толщина водных пленок вокруг почвенных частиц, находящихся вблизи кристаллов льда, становится меньше, чем вокруг более отдаленных от них почвенных частиц. Таким образом создается разница

Свойства почвенной воды, их значение для растений и физико-механического состояния почвы

Вид почвенной воды	С какой силой удерживается почвой (атм)	Как передвигается	Каким пределам увлажнения соответствует	Доступна ли для растений	Какой консистенции талой почвы соответствует	При какой температуре замерзает	Какому виду кристаллизации льда (по визуальным наблюдениям) соответствует	Каким физико-механическим свойствам почвы в мерзлом состоянии соответствует
Связанная								
Прочносвязанная	>50	Неподвижна	Ниже максимальной гигроскопичности	Недоступна	Твердой и сыпучей	Ниже $-4,0$	Кристаллы льда отсутствуют	Почва рассыпается при легком прикосновении
Рыхлосвязанная	$10 - 50$	Практически неподвижна	Максимальная гигроскопичность — влажность завядания	Практически недоступна	Твердой и твердопластичной	$-4,0$, $-1,5$	Кристаллы видны лишь через лупу в небольшом количестве вблизи корешков	Почва крошится при резании ножом и надавливании

Вид почвенной воды	С какой силой удерживается почвой (атм)	Как передвигается	Каким пределам увлажнения соответствует
Капиллярная			
Открытых капилляров	0,5—5,0	Слабоподвижна; у нижнего предела практически неподвижна	Влажность завядания — наименьшая влагоемкость
Закрытых капилляров	0,5—0,0	Легкоподвижна	Наименьшая влагоемкость максимальная капиллярная влагоемкость
Гравитационная			
Грунтового потока	0,0	Легкоподвижна	Выше максимальной капиллярной влагоемкости

Доступна ли для растений	Какой консистенции талой почвы соответствует	При какой температуре замерзает	Какому виду кристаллизации льда (по визуальным наблюдениям) соответствует	Каким физико-механическим свойствам почвы в мерзлом состоянии соответствует
Доступна	Твердо- и мягкопластичной	—1,5, —0,1	При нижнем пределе мелкие кристаллы льда видны через лупу; при верхнем пределе кристаллы льда не видны невооруженным глазом	Почва с трудом режется ножом
Легкодоступна	Липкой	—0,1, 0,0	При разломах на стенках раковин видны скопления крупных кристаллов льда	Почва с трудом распиливается пилой
Легкодоступна, временами избыточна	Текучей	—0,0	Имеется большое количество горизонтальных прослоек льда монокристаллической структуры	Почва с очень большим усилием распиливается пилой

в натяжении водных пленок, которая вызывает подтягивание воды к мерзлому слою.

Разумова [77] указывает три типа обогащения почвы влагой в зимний период:

1) Тип сильного обогащения почвы влагой, который характерен для районов высокого увлажнения с близким стоянием грунтовых вод и наличием верховодок. Он наиболее ярко выражен в северо-западных районах Европейской территории СССР. Передвижение влаги при таком типе происходит в жидком виде и в среднем составляет 40—50 мм за зиму, а в отдельные годы — значительно больше.

2) Тип практически малозначимого изменения влаги зимой (меньше 15 мм), при котором наблюдается в основном паробразное передвижение влаги; грунтовые воды залегают очень глубоко. Наиболее ярко этот тип выражен в юго-восточных районах Европейской территории СССР.

3) Переходный тип, который в зависимости от влагонасыщенности почвы осенью и условий зимы может характеризоваться как сильным, так и слабым обогащением почвы влагой. Этот тип свойственен зоне глубокого залегания грунтовых вод и неустойчивой зимы, во время которой происходит обильное увлажнение почвы талыми водами во время оттепелей. Он наблюдается в юго-западных и южных районах Европейской территории СССР.

Весной, а в районах с неустойчивой зимой и в период оттепелей поглощение талых вод почвой зависит в основном от количества их, от осенней влагонасыщенности почвы и от характера снеготаяния. В течение осеннего периода вследствие выпадения осадков запасы влаги в большинстве районов Советского Союза значительно увеличиваются по сравнению с теми, какие были в конце лета.

На основании обработки многолетних материалов наблюдений за влажностью почвы Вериго [10] были составлены карты средних многолетних запасов влаги к концу осени и к началу весны. К концу осени запасы влаги в пахотном слое почвы под озимыми культурами только в юго-восточных районах остаются меньше 20 мм, в большинстве остальных районов они становятся близкими к полевой влагоемкости (рис. 16).

В метровом слое почвы за осень происходит существенное изменение запасов влаги. В северо-западных, северных и центральных районах Европейской территории СССР к концу осени запасы влаги в метровом слое почвы в среднем значительно превышают наименьшую полевую влагоемкость. Однако на большой территории восточных и южных районов, несмотря на значительное осеннее пополнение, они остаются ниже полевой влагоемкости и составляют, например, под озимыми около 100 мм и меньше (рис. 17).

Разумова [76] предлагает в среднем считать наименьшую

полевою влагоемкостью песчаных почв равной 80—120 мм, супесчаных 150—160 мм, суглинистых 170—180 мм продуктивной

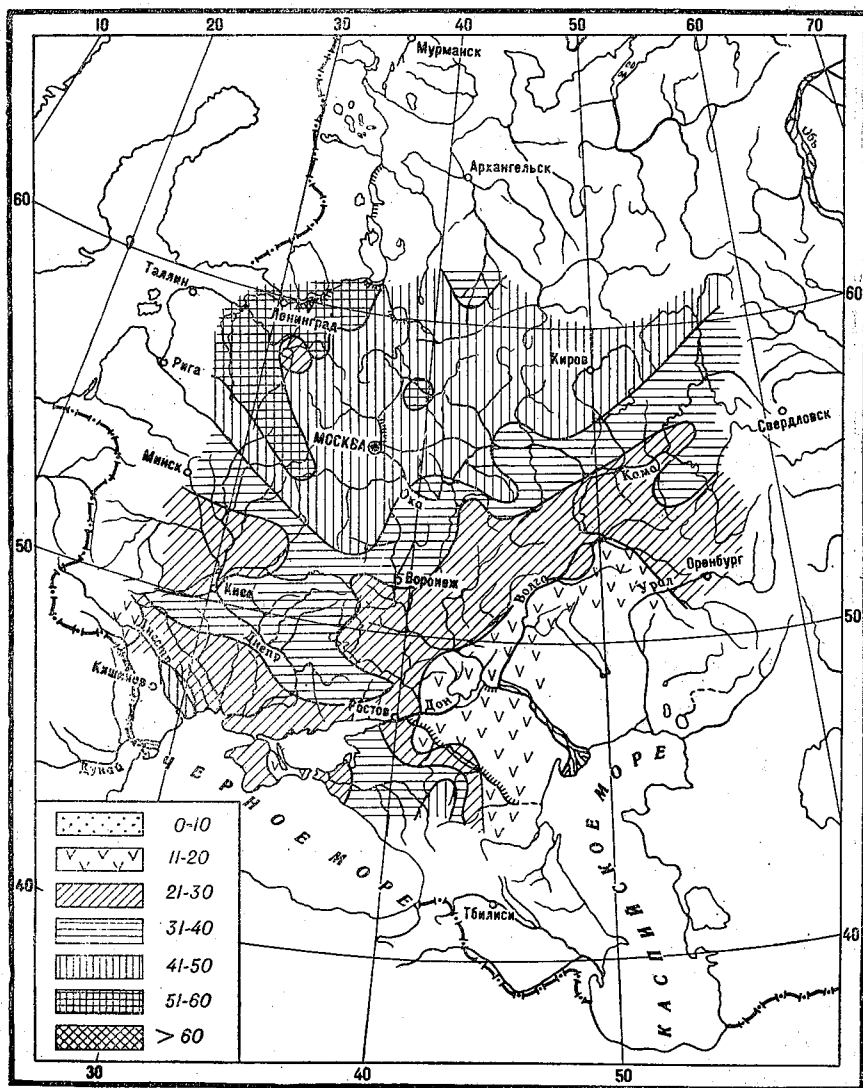


Рис. 16. Средние многолетние запасы продуктивной влаги (в мм) в слое почвы 0—20 см под озимыми культурами на Европейской территории СССР в момент перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ осенью.

влаги. Наименьшая полевая влагоемкость почв на Европейской территории СССР, по данным А. В. Процорова [69], показана на карте рис. 18.

Весной при полном оттаивании почвы в тех случаях, когда количество талой воды значительно больше, чем требуется для

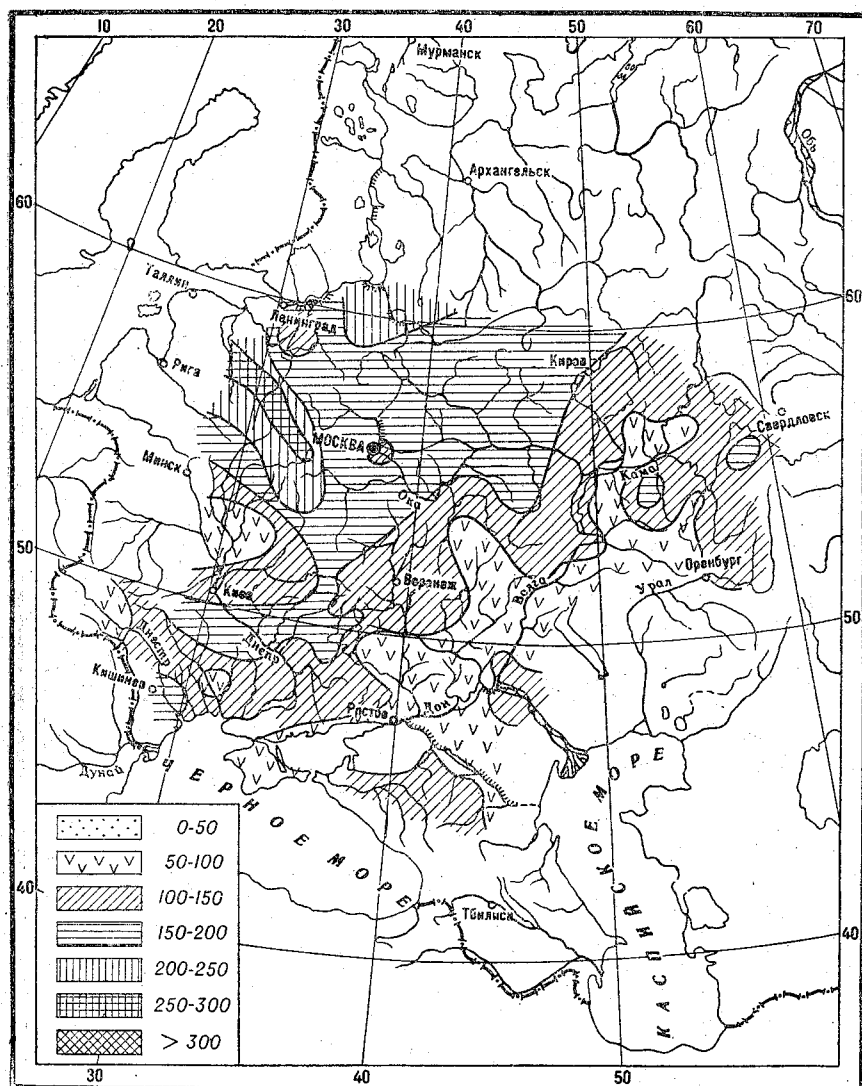


Рис. 17. Средние многолетние запасы продуктивной влаги (в мм) в метровом слое почвы под озимыми культурами на Европейской территории СССР в момент перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ осенью.

насыщения почвы, весь избыток талых вод под действием силы тяжести сбрасывается в грунтовые воды. В районах хорошего увлажнения почвы с осени, где запасы влаги больше наимень-

шей полевой влагоемкости, талые воды не могут поглощаться почвой. В этих районах во время полного разморзания почвы

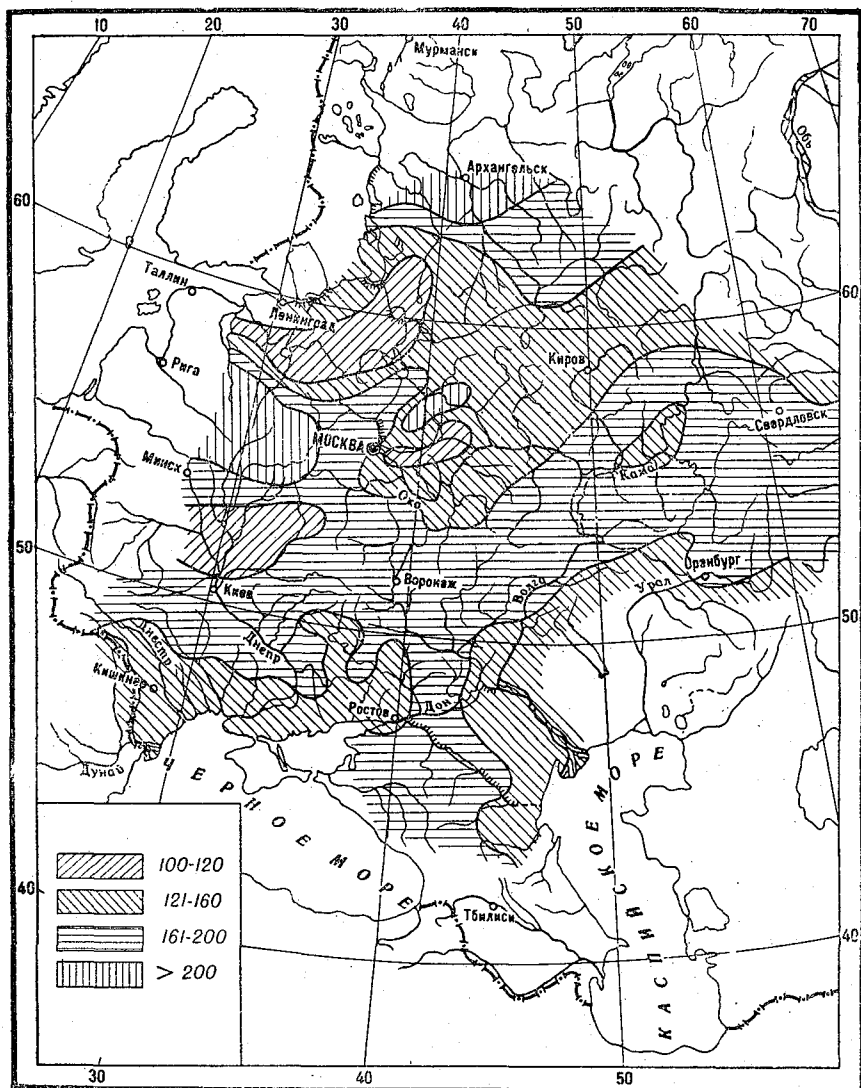


Рис. 18. Наименьшая полевая влагоемкость почв (в мм) на Европейской территории СССР (по А. В. Прохорову).

сброс воды из метрового слоя почвы в нижние горизонты составляет в среднем 70—80 мм, в отдельные годы достигая 100—120 мм. Практически в этих районах необходимости в прогнозе

запасов влаги на весну нет, ибо запасы влаги к началу весны остаются без изменения такими же высокими, какими были с осени.

В районах, где запасы влаги с осени были значительно ниже наименьшей полевой влагоемкости, происходит большое пополнение их талыми водами. В районах ненасыщенных почв с устойчивой зимой это пополнение происходит в основном в период снеготаяния, а в районах с неустойчивой зимой — также при зимних оттепелях.

Средние запасы продуктивной влаги к началу весны (к моменту перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$) на Европейской территории СССР в метровом слое почвы под озимыми, по данным Вериги [10], показаны на рис. 19, а по зяби — на рис. 20. По картам на этих рисунках легко установить, что в северо-западных, а также в ряде северных и центральных районов к началу весны запасы влаги метрового слоя почвы являются предельно высокими, составляющими больше 200—250 мм.

В большинстве районов лесостепной части Европейской территории СССР запасы влаги к началу весны в среднем многолетнем близки к наименьшей полевой влагоемкости и колеблются для суглинистых почв в пределах 180—200 мм в метровом слое почвы. В степных районах запасы влаги к началу весны остаются ниже наименьшей полевой влагоемкости и составляют в метровом слое почвы меньше 150 мм. Особенно низкие запасы влаги под зябью даже весной наблюдаются в Нижнем Поволжье, в юго-восточных районах Украины, в ряде районов Ростовской и Оренбургской областей, где они в среднем составляют только 50—70% наименьшей полевой влагоемкости.

Указанные величины запасов влаги к началу весны являются средними многолетними. В отдельные годы они могут значительно отличаться от средних многолетних величин. В связи с этим ежегодно со стороны сельскохозяйственных органов поступают запросы об ожидаемых запасах продуктивной влаги к началу весны в каждом конкретном районе.

Прогноз запасов продуктивной влаги в почве имеет очень большое производственное значение, так как в нем указываются ресурсы создания будущего урожая. Особенно большое значение этот прогноз имеет в засушливых районах, где летние осадки не обеспечивают потребности растений во влаге. Имея прогноз запасов продуктивной влаги к началу весны по различным районам, можно заблаговременно спланировать в связи с особенностями увлажнения почвы в текущем году размещение по районам различных культур (засухоустойчивых и влаголюбивых) и подготовиться к проведению необходимых агротехнических мероприятий весной. Прогноз запасов влаги на весну составляется на основании расчетных методов с использованием

данных наблюдений над влажностью почвы осенью и над осадками зимнего периода. Этот прогноз имеет хорошую оправданность.

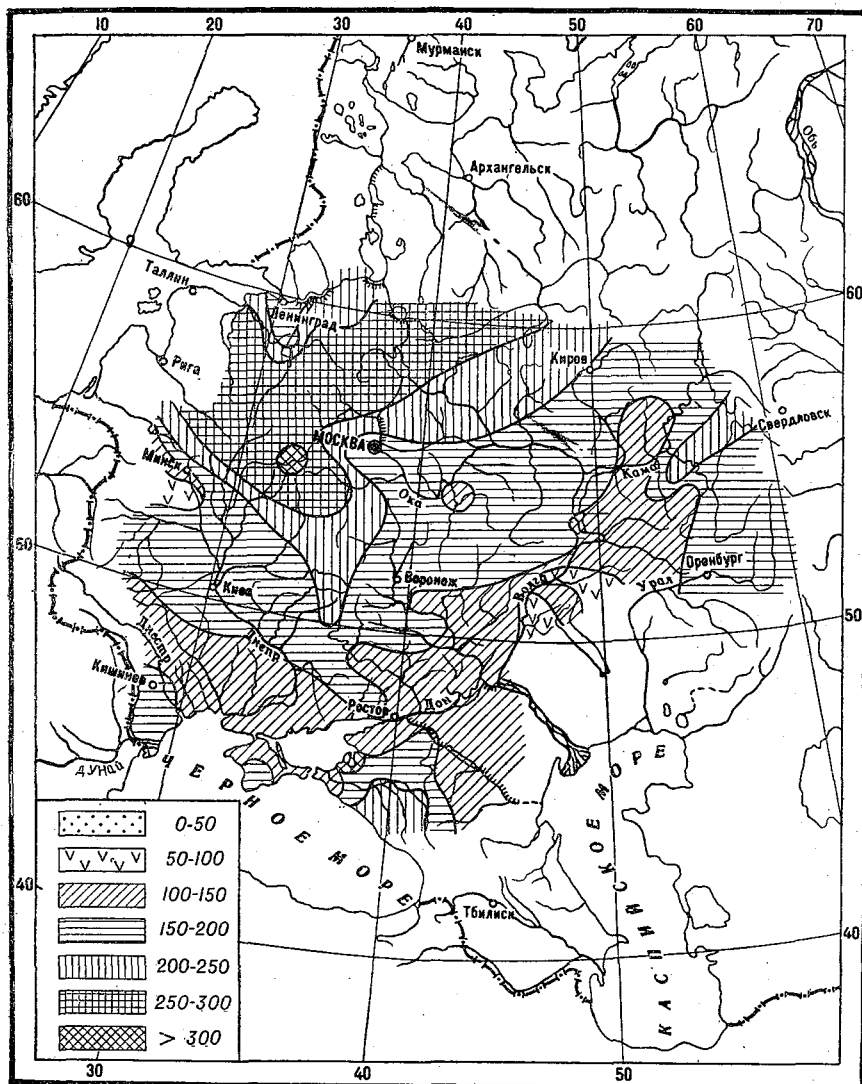


Рис. 19. Средние многолетние запасы продуктивной влаги (в мм) в метровом слое почвы под озимыми культурами на Европейской территории СССР в момент перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ весной.

Ожидаемые запасы влаги к началу весны можно определить двумя методами, разработанными Разумовой [77] и Процеровым [68].

Разумова считает, что при всем многообразии факторов, влияющих на изменение запасов влаги от осени к весне, главными, ведущими факторами являются количество поступающей

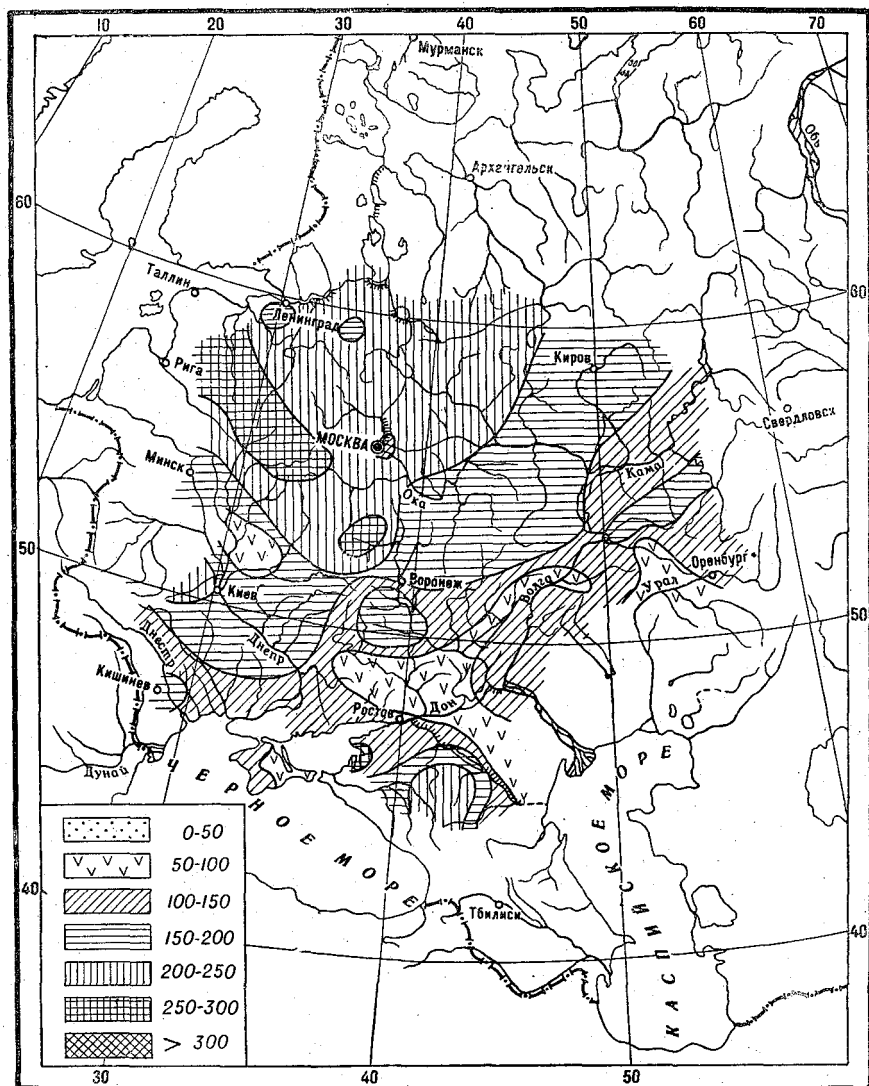


Рис. 20. Средние многолетние запасы продуктивной влаги (в мм) в метровом слое почвы по зяби на Европейской территории СССР в момент перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ весной.

в почву воды и недостаток насыщения почвы влагой. На основании этого ею определены статистические зависимости изменения запасов влаги к началу весны от этих двух факторов.

Для районов, где наблюдается глубокое залегание грунтовых вод и зима устойчива, эта зависимость выражается уравнением $y = 0,115x + 0,56h - 20$.

Для районов с глубоким залеганием грунтовых вод и неустойчивой зимой уравнение имеет вид $y = 0,21x + 0,62h - 33$. Здесь y — изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (в мм) за период от последнего определения запасов влаги осенью, близкого к переходу среднесуточной температуры воздуха через 0° , до перехода температуры через $+5^\circ$ весной; x — количество осадков, выпавших за период от последнего определения влажности почвы осенью до момента составления

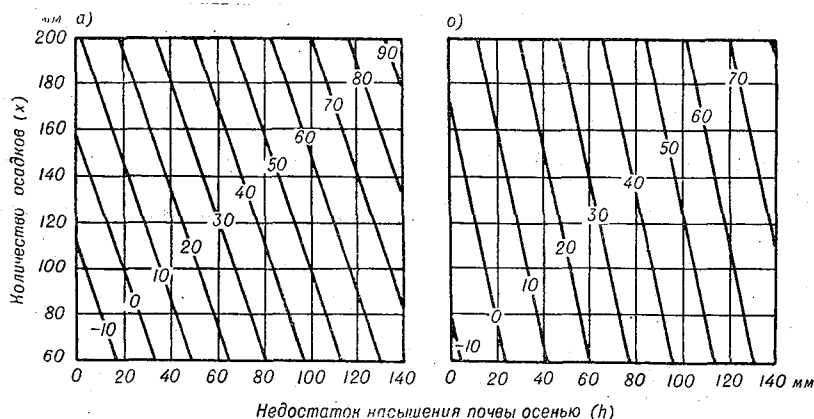


Рис. 21. Изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за осенне-зимне-весенний период (в мм).

а — районы с глубоким залеганием грунтовых вод и неустойчивой зимой,
б — районы ненасыщенных почв с устойчивой зимой.

прогноза, плюс ожидаемые осадки с момента составления прогноза до перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^\circ$ весной; h — недостаток насыщения почвы влагой до наименьшей полевой влагоемкости осенью, т. е. разность между наименьшей полевой влагоемкостью и величиной запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в последнее осеннее определение, близкое к переходу температуры воздуха через 0° .

Для ускорения расчетов по этим формулам были построены графики (рис. 21). Наклонные линии на рис. 21 представляют собой изменения запасов продуктивной влаги (в мм) в метровом слое почвы от осени к началу весны (y) при определенных значениях недостатка насыщения почвы влагой осенью (h) и количества осадков (x). Изолинии изменения запасов влаги проведены через каждые 10 мм, промежуточные значения определяются путем интерполяции.

Прогноз запасов влаги к началу весны составляется примерно с месячной заблаговременностью. Ожидаемые запасы

влаги рассчитываются к моменту перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$, так как в это время чаще всего происходит полное разморозание почвы, начинается вегетация озимых культур и сев ранних яровых культур. Расчет запасов продуктивной влаги к началу весны производится отдельно для основных культур по тем пунктам, где есть данные об осенних запасах влаги. Первым этапом работы при составлении прогноза запасов влаги к началу весны и является анализ этих исходных запасов влаги. Проанализировав осенние запасы влаги к концу осени под озимыми и под зябью, выделяют районы, где запасы влаги уже осенью были равны или превышали наименьшую полевую влагоемкость. Для этих районов прогноз запасов влаги не составляется, так как изменения осенних запасов влаги к весне здесь не будет. Для остальных районов, где почва с осени педонасыщена влагой, производят расчеты ожидаемых запасов влаги к началу весны.

Эти расчеты удобнее всего производить по следующей форме, предложенной Разумовой (табл. 27). Сначала определяют недостаток насыщения почвы влагой осенью отдельно под озимыми культурами и под зябью как разность между наименьшей полевой влагоемкостью и запасами влаги метрового слоя почвы, наблюдавшимися в конце осени, в сроки, близкие к переходу среднесуточной температуры воздуха через 0° . Если величина наименьшей полевой влагоемкости почвы в данном пункте не определена, пользуются средними величинами.

Пример расчета ожидаемых запасов влаги к началу весны дан в табл. 27. Допустим, запасы влаги в конце осени, по данным ст. Бузулук (Оренбургская обл.), под озимыми составляли 100 мм, а под зябью 50 мм в метровом слое почвы. Наименьшая полевая влагоемкость почвы в этом районе равна 180 мм. Следовательно, недостаток насыщения почвы влагой к концу осени был очень большой и составлял 80 мм на поле под озимыми и 130 мм под зябью.

После расчета недонасыщенности почвы приступают к определению суммы осадков за период от последнего определения запасов влаги осенью до перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ весной. В нашем примере по долгосрочному прогнозу погоды устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ ожидается на ст. Бузулук 18 апреля, а прогноз составляется 5 марта. Подсчитывается сначала сумма осадков за прошедший период от даты последнего определения запасов влаги осенью (10/XI) до момента составления прогноза (5/III). Эта сумма осадков составила по подсчетам 80 мм. Далее подсчитывается сумма ожидаемых осадков от момента составления прогноза (5/III) до перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ (18/IV). Эта сумма осадков составляет 38 мм. Таким образом, общая сумма осадков за весь период от последнего определения запасов влаги осенью до

Таблица 27

Расчет ожидаемых запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы
к началу весны по методу Л. А. Разумовой
Станция Бузулук (Оренбургская обл.)

Наименование данных	Зябь	Озимые
Исходные данные		
Последние определения влажности почвы осенью	10/XI	10/XI
Запасы влаги осенью (мм)	50	100
Наименьшая полевая влагоемкость (мм)	180	180
Осадки за период от последнего определения влажности почвы до составления прогноза (мм)	80	80
Данные по прогнозу погоды		
Переход среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$ весной	18/IV	18/IV
Осадки за период от составления прогноза до перехода температуры через $+5^{\circ}$ весной (мм)	38	38
Вычисленные данные		
Осадки за период от последнего определения влажности почвы осенью до перехода тем- пературы через $+5^{\circ}$ весной (мм)	118	118
Недостаток насыщения почвы влагой осенью (мм)	130	80
Изменение запасов влаги за осенне-зимне-весен- ний период (мм)	65	38
Запасы влаги, ожидаемые весной (мм)	115	138
То же в процентах наименьшей полевой влаго- емкости	64	77
То же в процентах многолетней средней вели- чины запасов	96	92
Средние многолетние запасы влаги при пере- ходе температуры через $+5^{\circ}$ весной (мм)	120	150

перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}$ весной составляет 118 мм.

Имея данные о величине недостатка насыщения почвы влагой под озимыми и под зябью осенью (под озимыми 80 мм, под зябью 130 мм) и сумму осадков за весь период (118 мм), по графику на рис. 21 б определяют изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу весны отдельно под озимыми и зябью. В данном случае под озимыми это изменение составит 38 мм, а под зябью 65 мм. Прибавив к последнему осеннему определению запасов влаги полученное изменение, вычисляют запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу весны, а именно: под озимыми $100 + 38 = 138$ мм и под зябью $50 + 65 = 115$ мм.

Рассчитанные ожидаемые запасы (в мм) можно выразить также в процентах средних многолетних запасов к началу весны или в процентах наименьшей полевой влагоемкости.

Процеров, так же как и Разумова, считает, что увеличение запасов влаги весной зависит главным образом от количества выпавших за осенне-зимне-весенний период осадков и осенней насыщенности почвы влагой. На основании статистической обработки материалов наблюдений он установил зависимость между количеством аккумулируемых почвой осадков в период разморзания почвы и осенней насыщенностью почвы влагой. Эта зависимость выражается уравнением $y = 69,67 - 0,615x$; $r = 0,82 \pm 0,04$; $\sigma_x = 18,63$; $\sigma_y = 14,26$; здесь y — величина аккумулируемых почвой осадков (в % общего их количества), выпавших за период от последнего определения запасов влаги осенью до перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}$ весной; x — насыщенность почвы влагой (в % наименьшей полевой влагоемкости) в момент последнего определения запасов влаги осенью, близкий к переходу среднесуточной температуры воздуха через 0° ; r — коэффициент корреляции; σ_x и σ_y — ошибка уравнения.

Эта зависимость, изображенная на рис. 22 а, является осредненной (как и зависимости Разумовой). Она не учитывает агротехнического фона, на график зависимости нанесены все случаи, характеризующие зябь и пар. График показывает, что при плохой насыщенности почвы с осени (около 30% наименьшей полевой влагоемкости) весной при полном оттаивании почвы ею поглощается около 50% всех выпавших за зиму осадков. При увеличении насыщенности почвы влагой уменьшается процент поглощенных осадков. Так, при насыщенности почвы на 60% наименьшей полевой влагоемкости ею поглощается около 35% всех выпавших за зиму осадков.

Процеровым была определена также зависимость величины аккумуляции осадков от осенней насыщенности почвы отдельно для зяби (рис. 22 б). Уравнение этой зависимости имеет вид

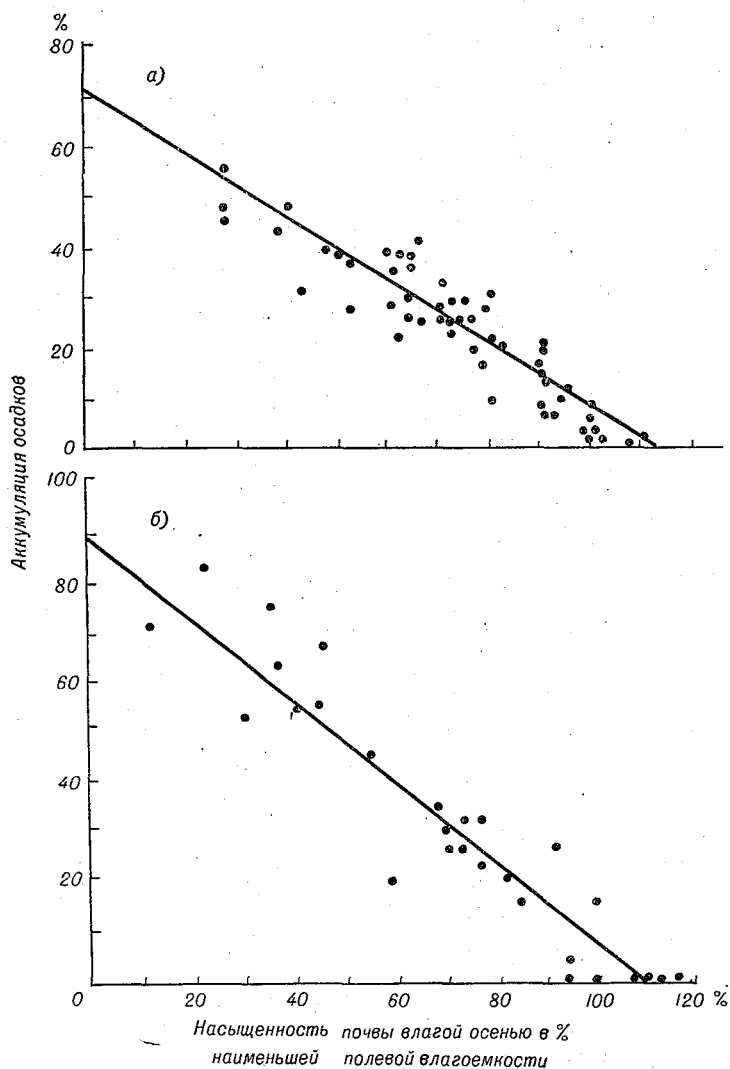


Рис. 22. Связь между насыщением почвы влагой осенью (в % наименьшей полевой влагоемкости) и количеством аккумулируемых почвой осадков весной (в % общего их количества, выпавшего за период замерзания—оттаивание почвы).

а — для разных агрофонов, б — для ячменя.

$y = 87,67 - 0,79x$; $r = 0,946 \pm 0,018$; $\sigma_x = 28,12$; $\sigma_y = 24,54$ (обозначения те же, что и в предыдущем уравнении).

Полученные Процеровым зависимости можно использовать для расчетов ожидаемых запасов влаги во всех районах, где имеется устойчивое промерзание почвы зимой. Для расчетов в районах с неустойчивым зимним промерзанием эти зависимости непригодны.

Расчет ожидаемых запасов влаги по методу Процера производится следующим образом. Возьмем тот же пример, который мы рассчитывали по методу Разумовой. На ст. Бузулук запасы влаги в последнее определение осенью под озимыми были 100 мм, под зябью 50 мм. Наименьшая полевая влагемкость почвы 180 мм. В первую очередь рассчитывается осенняя насыщенность почвы. В данном случае она составит под озимыми 56%, а под зябью 28% наименьшей полевой влагемкости. Далее по графику на рис. 22 а определяют количество аккумулируемых осадков почвой под озимыми весной в процентах общего их количества за холодный период. В данном случае это будет 37%. Общее количество осадков от последнего определения влажности почвы осенью до перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^\circ$ равно 118 мм. Следовательно, 37% этого количества составляют 43,6 мм (округленно 44 мм). Таким образом, почва под озимыми аккумулирует весной 44 мм осадков, а запасы влаги к началу весны под озимыми будут равны 144 мм ($100 + 44 = 144$ мм). Под зябью при насыщенности почвы осенью на 28% наименьшей полевой влагемкости аккумуляция осадков будет больше, чем под озимыми, и составит примерно 67% (расчет для зяби ведем по графику на рис. 22 б), т. е. 79 мм. Запасы влаги к началу весны в метровом слое почвы будут составлять $50 + 79 = 129$ мм (табл. 28).

Следует отметить, что в степных районах с сильной ветровой деятельностью в зимний период, где происходит сдувание снега с полей, при расчете запасов влаги лучше пользоваться данными не об осадках, а о запасах воды в снеге. Запасы воды в снеге рассчитываются по средней высоте снежного покрова, полученной по результатам снегомерной съемки, проведенной на полях в срок, наиболее близкий к составлению прогноза. Десятикратное произведение средней высоты снежного покрова h (в см) на его плотность d дает запас воды в снежном покрове w (в см): $w = 10hd$.

Полученные на сети станций данные об ожидаемых запасах влаги наносятся на карты, и выделяются зоны с различным увлажнением почвы к началу весны (рис. 23).

Карты ожидаемых запасов продуктивной влаги к началу весны составляются отдельно для озимых культур и для зяби. Можно составлять, кроме этого, карты запасов влаги в процентах наименьшей полевой влагемкости и в процентах средних

Расчет ожидаемых запасов продуктивной влаги в метровом слое
почвы к началу весны по методу А. В. Процорова
Станция Бузулук (Оренбургская обл.)

Наименование данных	Зябь	Озимые
Исходные данные		
Последние определения влажности почвы осенью . . .	10/XI	10/XI
Запасы влаги осенью (мм)	50	100
Наименьшая полевая влагоемкость (мм)	180	180
Осадки за период от последнего определения влаж- ности почвы до составления прогноза (мм)	80	80
Данные по прогнозу погоды		
Переход среднесуточной температуры воздуха через +5° весной	18/IV	18/IV
Осадки за период от составления прогноза до пере- хода температуры через +5° весной (мм)	38	38
Вычисленные данные		
Осадки за период от последнего определения влаж- ности почвы осенью до перехода температуры через +5° весной (мм)	118	118
Насыщенность почвы осенью (в % полевой влаго- емкости)	28	56
Аккумуляция осадков весной:		
в %	67	37
в мм	79	44
Запасы влаги к моменту перехода температуры через +5° весной (мм)	129	144

многолетних запасов влаги. Затем составляется текст прогноза, который должен содержать следующие пункты:

1) Запасы влаги по территории к концу осени и насыщенность почв влагой в сравнении с наименьшей полевой влагоемкостью (в %) или недостаток ее как разность между наименьшей полевой влагоемкостью и фактическими запасами влаги к концу осени.

2) Количество выпавших осадков за прошедший период от даты последнего определения влажности почвы осенью, близкой к переходу среднесуточной температуры воздуха через 0°, до даты составления прогноза и количество ожидаемых осадков от момента составления прогноза до перехода среднесуточной температуры через +5°.

3) Краткая характеристика зимнего режима; интенсивность оттепелей и изменение запасов влаги в районах с неустойчивой зимой в период оттепелей; запасы воды в снежном покрове в районах с устойчивой зимой.

4) Ожидаемые запасы продуктивной влаги к началу весны.

Районы, где вследствие незначительных запасов влаги сельскохозяйственные культуры будут находиться в большой зависимости от летних осадков, и районы, где запасы влаги к началу весны обеспечат хорошие условия водоснабжения растений в большую часть периода вегетации.

5) Сравнение ожидаемых запасов продуктивной влаги к началу весны в текущем году со средними запасами влаги по многолетним данным и с прошлогодними.

6) Обоснование агротехнических мероприятий, которые следует применить с учетом запасов влаги в почве. Выделяются районы, где в связи с ожидаемыми плохими запасами влаги целесообразно провести сев более засухоустойчивых культур, районы, где следует весной рекомендовать отвод талых вод с полей в связи с тем, что будет избыточное увлажнение почвы, районы, где особенно большое значение будут иметь сжатые сроки сева ранних яровых культур вследствие недостаточных запасов влаги, и т. д.

Глава V

ПРОГНОЗЫ СРОКОВ СЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

1. Прогнозы начала полевых работ и сроков сева ранних яровых культур

Полевые работы и сев ранних яровых культур весной не могут начаться до тех пор, пока почва на полях не достигнет мягкопластичного состояния, при котором работа машин идет бесперебойно и пахота получается хорошего качества. Освобождение полей от снежного покрова, просыхание и прогревание почвы весной зависят от многих факторов: высоты снежного покрова на полях в конце зимы, глубины промерзания почвы, температуры воздуха, скорости снеготаяния, осадков, насыщенности почвы влагой и других. Эти факторы прежде всего необходимо учитывать агрометеорологу при составлении в конце зимы прогноза начала полевых работ и сроков сева.

Однако до сих пор не разработано единого метода прогноза начала полевых работ и сроков сева ранних яровых культур. Поэтому приходится анализ и оценку сложившихся условий снеготаяния и просыхания почвы делать на основании отдельных, частных приемов.

Интенсивность снеготаяния в дневные часы можно рассчитать, как уже указывалось в главе III, по формуле Е. Г. Попова: $h = 7,1[(1 - \alpha)(t_{\text{макс}} - t_{\text{ср}} - 0,2) - 0,2(t_{\text{ср}} - t_{\text{мин}}) + 0,1v(t_d - 0,5)]$, где h — снеготаяние за 12 дневных часов (в мм), α — альбеда снега, $t_{\text{макс}}$, $t_{\text{мин}}$, $t_{\text{ср}}$ — максимальная, минимальная и средняя температура воздуха за сутки, t_d — средняя температура за дневные часы (7, 13 и 19 час.), v — скорость ветра в дневные часы.

Для ночных часов расчет снеготаяния проводится также по этой формуле со следующими изменениями: первый член формулы полагается равным нулю, а в третьем члене вместо средней температуры за дневные часы берется средняя температура за ночные часы (19, 1 и 7 час.).

Однако эту формулу целесообразнее применять для расчета

снеготаяния по текущим условиям, когда известны данные наблюдений за температурой. Для прогноза снеготаяния ее использовать сложнее, так как ожидаемая температура воздуха в отдельные сроки наблюдений неизвестна. Эти данные могут быть получены в том случае, если прогноз погоды составлен по известному году-аналогу, откуда эти данные могут быть ориентировочно взяты.

Интенсивность снеготаяния и сход с полей снежного покрова можно определять также по методу, разработанному В. Д. Комаровым [31, 32] и Т. Т. Макаровой [28]. Этот способ более удобен для прогностических целей.

В основу расчета площадей снеготаяния Комаровым положена кривая обеспеченности запасов воды в снежном покрове, характеризующая условия залегания снежного покрова на некоторой площади (рис. 24). Им установлено, что величина стаивания снежного покрова на 1° равна для открытых мест 6,4 мм, для редкого леса 4,1 мм, а для густого 1,8 мм.

Комаров, предлагая способ расчета степени покрытия местности снегом в период снеготаяния, исходит из положения неравномерного распределения снежного покрова на местности и допущения равномерного таяния снега в каждый данный момент времени.

Для расчета в качестве исходных принимаются следующие данные: средний запас воды в снежном покрове на всей площади перед началом снеготаяния, ежедневные величины стаивания снежного покрова на площади и типовая кривая обеспеченности величин запасов воды в снежном покрове.

На рис. 25 приведены полученные Комаровым кривые обеспеченности величин запасов воды в снежном покрове на открытой местности в лесостепных и степных районах Европейской территории СССР перед началом снеготаяния. На основании этого рисунка можно сделать вывод об определенной устойчивости распределения снежного покрова на открытой местности в степи и лесостепи.

По оси ординат графиков кривых обеспеченности (рис. 24 и 25) отложен параметр k , равный отношению величины запасов воды в снежном покрове в данной точке поля к средней величине этих запасов на всей площади поля.

По оси абсцисс отложено распределение различных запасов воды в снежном покрове в процентах величины запасов всей площади поля. По этим кривым распределения и обеспеченно-

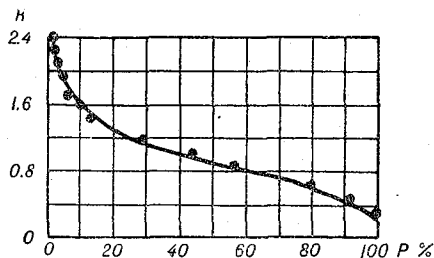


Рис. 24. Кривая распределения и обеспеченности запасов воды в снежном покрове на открытой местности.

сти величин снегов запасов, зная интенсивность таяния снега, можно рассчитать площади, покрытые снежным покровом, на различные даты периода снеготаяния.

Макаровой был принят коэффициент стаявания снежного

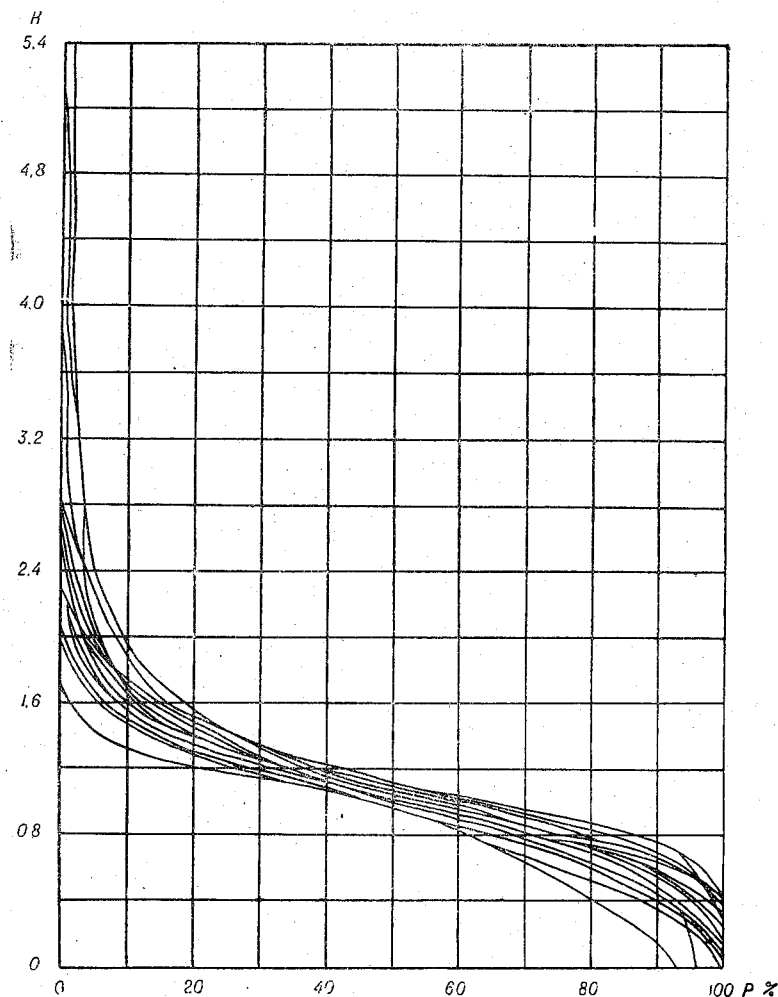


Рис. 25. Кривые обеспеченности величин запасов воды в снежном покрове на открытой местности в степных и лесостепных районах Европейской территории СССР.

покрова, равный в среднем 5 мм на 1°, и рекомендована табличная форма для определения степени покрытия снежным покровом площади в разные моменты снеготаяния (табл. 29).

В табл. 29 приняты следующие обозначения: n — слой стаяв-

шего снега за сутки при коэффициенте стаивания, равном 5 мм на 1°; Σn — сумма слоев стаявшего снега за предшествующий период снеготаяния; $k = \frac{\Sigma n}{x}$ — отношение величины стаявшего снега к средней величине запасов воды в снежном покрове ($\bar{x}$); f — процент площади, покрытой снежным покровом. Зная параметр k , этот процент легко определить по графику Комарова на рис. 24.

Таблица 29

Пример расчета схода снежного покрова с полей

Дата	Среднесуточная температура воздуха	$n = 5t$ (мм)	$\Sigma n = \Sigma 5t$ (мм)	$k = \frac{\Sigma n}{x}$	f (%)
Апрель					
1	0,8	4,0	4,0	0,04	100
2	1,2	6,0	10,0	0,09	100
3	3,2	16,0	26,0	0,24	100
4	2,4	12,0	38,0	0,35	97
5	1,4	7,0	45,0	0,42	94
6	2,5	12,5	57,5	0,53	88
7	4,4	22,0	79,5	0,74	72
8	5,4	27,0	106,5	1,0	45
9	4,5	22,5	129,0	1,2	28
10	8,4	42,0	171,0	1,6	11
11	8,4	42,0	213,0	2,0	4
12	8,4	42,0	255,0	2,4	0

В примере, приведенном в табл. 29, снеготаяние началось 1 апреля. К 9 апреля слой растаявшего снега (Σn) был равен 129 мм. Допустим, что средний запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния $x = 107$ мм. Следовательно, на 9 апреля $k = 1,2$. По графику на рис. 25 находим, что при $k = 1,2$ 28% площади остается покрытой снегом. Путем указанного способа расчета можно определить даты полного схода снежного покрова со всей площади.

Сравнение вычисленной степени покрытия площади снегом с данными визуальных наблюдений привело Комарова к следующим выводам.

1) В начале снеготаяния рост проталин происходит быстрее, чем получается по расчету, это наблюдается до момента освобождения площади от снега на 10—20%. Весьма вероятно, что это связано с некоторыми неточностями расчета теплового баланса снежного покрова, а также с повышенной интенсивностью таяния снега на некоторых элементах рельефа (южные склоны и др.).

2) Наблюденные и полученные по расчету даты полного схода снега очень близки друг к другу (расхождение ± 1 день).

Следовательно, пользуясь методом Комарова, можно с до-

статочной степенью точности определять даты полного схода снежного покрова с больших площадей.

При определении сроков начала полевых работ необходимо знать не только ожидаемые даты полного схода снежного покрова с полей, но также время и скорость оттаивания и просыхания почвы. Время оттаивания почвы можно определить по графикам Разумовой [11], выражающим зависимость изменения глубины оттаивания почвы после схода снежного покрова

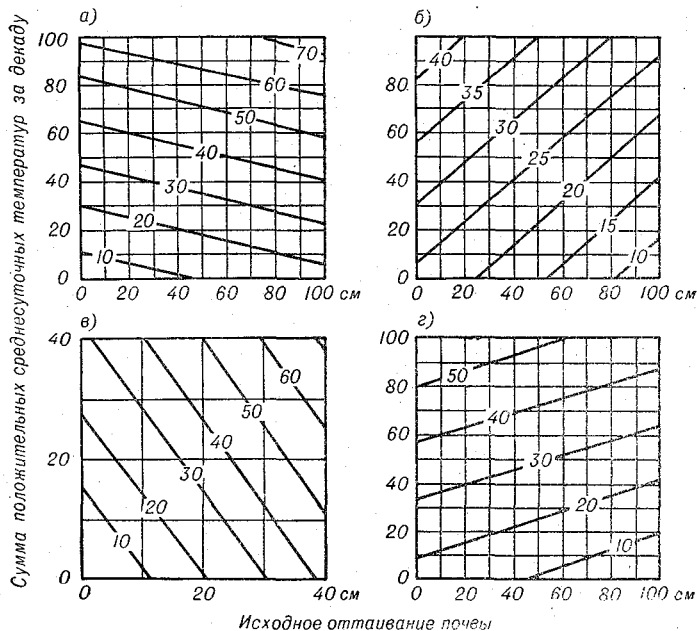


Рис. 26. Изменение глубины оттаивания почвы (в см) после схода снежного покрова на Европейской территории СССР. а — для северо-западных районов (с высоким стоянием грунтовых вод), б — для юго-восточных районов (засушливых), в — для южных районов (с неустойчивой зимой), г — для остальных равнинных районов.

от суммы положительных среднесуточных температур за декаду и исходного оттаивания почвы (рис. 26).

Расчет по этим графикам ведется следующим образом. После определения даты схода снежного покрова в первую декаду подсчитывается сумма ожидаемых положительных среднесуточных температур воздуха и, принимая, что исходное оттаивание к началу декады было равно нулю, определяется оттаивание за декаду по графику для соответствующей территории. Допустим, мы ведем расчет для северо-западных районов Европейской территории СССР. Сход снежного покрова ожидается 10 апреля. За вторую декаду апреля сумма положительных

среднесуточных температур равна 30° , исходное оттаивание — нулю. Следовательно, к концу первой декады после схода снежного покрова (второй декады апреля) почва может оттаять на 20 см. Это будет исходная величина оттаивания для расчетов за третью декаду апреля. Сумма положительных среднесуточных температур за третью декаду апреля равна 90° . Следовательно, при исходном оттаивании на 20 см и сумме положительных температур 90° почва за третью декаду апреля может оттаять еще на 60 см, т. е. к концу апреля за весь период оттаивания — на 80 см. Сравнивая глубину промерзания с величиной оттаивания, определяем время, когда почва может оттаять на всю глубину.

После определения схода снежного покрова и оттаивания

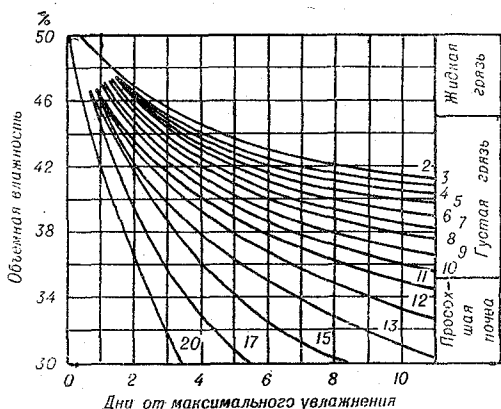


Рис. 27. Продолжительность просыхания почв после максимального увлажнения. Числа у концов кривых обозначают температуру воздуха.

верхних слоев почвы необходимо определить период просыхания почвы, т. е. сроки, когда верхние слои почвы достигнут мягкопластичного состояния.

Б. П. Поляковым [66] на основании непосредственных измерений была определена зависимость величины испарения за сутки от температуры воздуха при различном увлажнении почвы, выраженном в процентах полной влагоемкости.

На основании указанной зависимости им был построен график изменения объемной влажности почвы, которым можно пользоваться для прогноза времени просыхания почвы (рис. 27).

За исходную величину при расчетах принимают максимальное увлажнение почвы весной, которое соответствует примерно 50% объемной влажности (состояние распутицы). От этой величины ведут дальнейшие расчеты в зависимости от температуры.

На рис. 27 в поле графика даны изолинии температуры воздуха. Допустим, после схода снежного покрова и оттаивания

верхних слоев почвы температура воздуха по прогнозу в течение нескольких дней ожидается равной 13°. Опуская перпендикуляры на ось абсцисс из точек пересечения изолинии температуры 13° и горизонтальных линий различных процентов влажности, определяем, через сколько дней почва достигнет того или иного состояния. Так, через 3 дня почва достигнет влажности 40% и будет находиться в состоянии густой грязи, мягкопластичного состояния (влажность ниже 35%) она достигнет на 7-й день.

Мы разобрали случай, когда температура воздуха по прогнозу ожидается в течение длительного периода одинаковой. Однако обычно происходят колебания температуры. Кроме того, в период просыхания почвы могут выпасть осадки, которые также следует учитывать. В своих расчетах Поляков принимает, что каждый миллиметр осадков повышает влажность почвы на 1%.

Для определения времени просыхания почвы при колебаниях температуры воздуха необходимо пользоваться данными изменения влажности почвы за каждые сутки в зависимости от среднесуточной температуры воздуха, которые были рассчитаны Г. З. Венцкевичем [9] по графику Полякова (табл. 30). Зная температуру воздуха, рассчитываем по табл. 30 изменение влажности почвы за каждые сутки и определяем сроки, когда почва достигнет мягкопластичного состояния.

Таблица 30

Просыхание почвы в зависимости от температуры воздуха и насыщенности почвы влагой (в % снижения объемной влажности почвы)

Температура	Влажность почвы (%)									
	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32
20	7	7	6	6	5	5	4	3	3	2
16	6	6	5	5	4	4	3	3	2	1
12	5	5	4	4	3	3	2	2	1	0
8	4	4	3	3	2	2	1	1	0	0
4	3	3	2	2	1	1	0	0	0	0
0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0

Например, необходимо определить просыхание почвы до 35—30% объемной влажности, что соответствует почве просохшей до мягкопластичного состояния. При максимальном насыщении объемная влажность почвы равна около 50%. Допустим, что в течение трех дней температура была 8°, а затем повысилась до 12°. Ведем расчет снижения влажности почвы по форме, предложенной Венцкевичем (табл. 31). Через 6 дней, т. е. к 7 мая, произойдет просыхание почвы до влажности 34%, т. е.

Пример расчета снижения влажности почвы

	1/V	2/V	3/V	4/V	5/V	6/V	7/V	8/V
Температура воздуха . . .	8	8	8	12	12	12	12	12
Осадки (в мм)	—	—	2	—	3	—	—	—
Изменение объемной влажности почвы (% за 1 день); уменьшение (по табл. 30)	4	3	3	3	3	3	2	1
увеличение	—	—	2	—	3	—	—	—
Увлажнение почвы к концу дня (% объ- емной влажности) . .	46	43	42	39	39	36	34	33
Характеристика состоя- ния почвы	Жидкая грязь	Густая грязь					Просыхающая почва	

до мягкопластичного состояния, когда можно начинать полевые работы и сев ранних яровых культур.

Таким образом, имея данные об ожидаемых температуре воздуха и осадках в весенний период, по методу Комарова определяют начало и период снеготаяния и время полного схода снежного покрова с полей в данном районе. После этого по графикам Разумовой рассчитывают время полного оттаивания почвы и установления водного равновесия в почве, а по методу Полякова определяют период и сроки просыхания почвы до мягкопластичного состояния, т. е. определяют возможные сроки начала полевых работ и сева ранних яровых культур.

Приблизительно начало полевых работ и сроки сева ранних яровых культур можно рассчитывать по переходам среднесуточной температуры воздуха весной через различные пределы.

Многолетней практикой установлено, что в сухих степных районах (восточные районы Северного Кавказа, Нижнее Поволжье, южные и юго-восточные районы Украины) при мало-снежных зимах оттаивание и просыхание почвы до мягкопластичного состояния ранней весной чаще всего происходят при условии окончательного схода снежного покрова вскоре после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через $+3^{\circ}$. В районах с большим снежным покровом и избыточным весенним увлажнением, например в северных, северо-восточных и северо-западных районах Европейской территории СССР, в подтаежных районах Сибири, возможность сева ранних яровых создается только вскоре после перехода среднесуточной температуры воздуха через $+7^{\circ}$, а в большинстве остальных районов СССР — с переходом температуры воздуха через $+5^{\circ}$. Определив по прогнозу погоды указанные устойчивые переходы

среднесуточной температуры воздуха в каждом конкретном году, принимают их за ожидаемые сроки начала сева ранних яровых культур (яровой пшеницы, овса, ячменя).

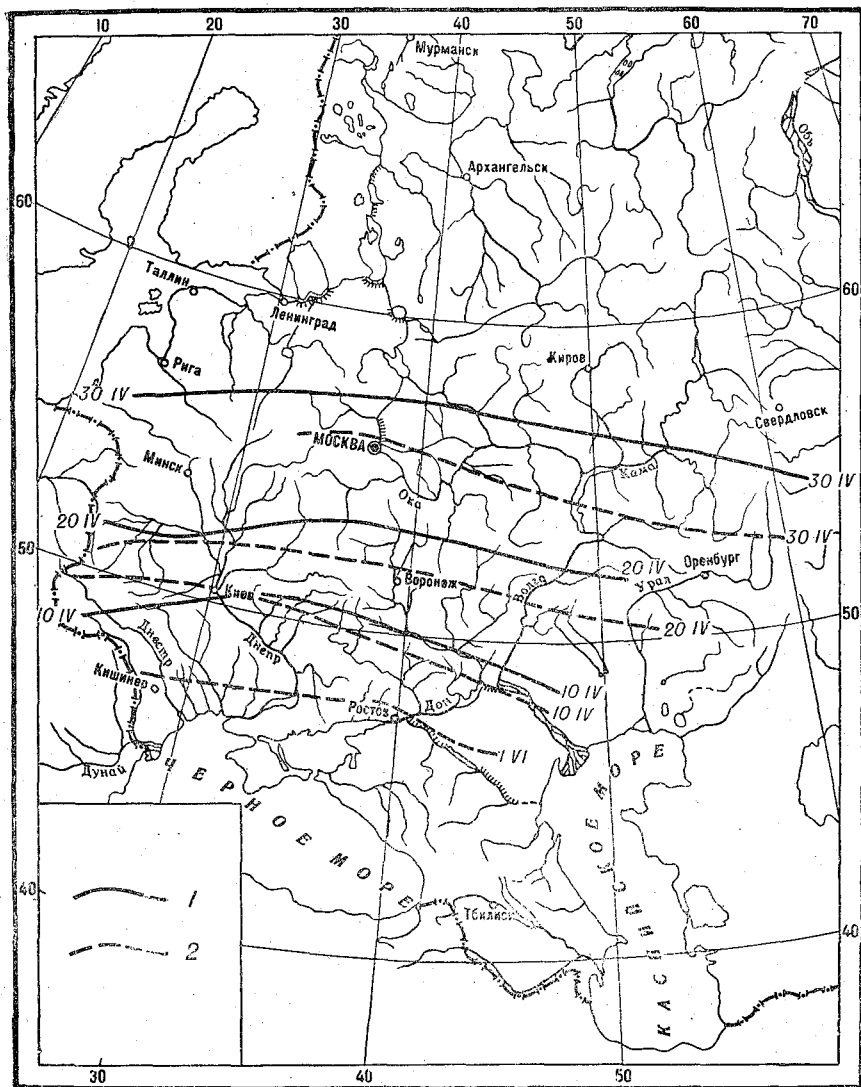


Рис. 28. Сроки сева ранних яровых культур, ожидаемые в 1957 г. (1) и средние многолетние (2).

Ожидаемые сроки сева, рассчитанные тем или иным способом, наносят на карту и проводят соответствующие изолинии. На этой же карте другими изолиниями указываются средние

многолетние сроки начала сева ранних яровых культур (рис. 28). После этого составляется текст прогноза. В тексте прогноза сроков сева ранних яровых культур необходимо указать следующее:

1) Ожидаемые запасы продуктивной влаги пахотного и метрового слоя почвы к началу сева.

2) Ожидаемые сроки начала сева ранних яровых в текущем году и сравнение их со средними многолетними в различных районах обслуживаемой территории.

3) Ожидаемые условия проведения сева ранних яровых культур (дается оценка условий по осадкам и температуре, выделяются периоды похолоданий, дождей, периоды с сильными ветрами, указываются районы, где сев яровых необходимо провести в сжатые сроки).

2. Прогнозы сроков сева поздних яровых теплолюбивых культур

При составлении прогнозов сроков сева теплолюбивых культур (кукурузы, проса, гречихи, картофеля) очень важно знать степень прогревания почвы. Семена этих культур хорошо прорастают, посеянные в почву, прогретую до $8-10^{\circ}$ на глубине заделки семян. Если сев произведен в более холодную почву, семена долго не прорастают, загнивают и всходы появляются изреженными. Таким образом, при составлении прогноза в первую очередь необходимо определить сроки прогревания почвы на глубине заделки семян до $8-10^{\circ}$ в текущем году.

Прогревание почвы весной находится в очень тесной связи с повышением среднесуточной температуры воздуха. Приближенно установлено, что в среднем при устойчивом переходе среднесуточной температуры воздуха через 10° почва на глубине 5 см прогревается до 8° . Более точное установление зависимости температуры верхних слоев почвы от температуры воздуха дано в работах Н. З. Ивановой и Ю. И. Чиркова [101].

Ивановой предложено два уравнения для зоны черноземных почв и зоны подзолистых почв, по которым, учитывая особенности хода температуры воздуха, можно рассчитать время, когда почва на глубине 5 см прогревается до $8-10^{\circ}$.

Для зоны черноземных почв $z = 0,35x + 0,55y + 0,79$; $\sigma = \pm 0,8^{\circ}$; для зоны подзолистых почв $z = 0,58x + 0,40y + 0,58$; $\sigma = \pm 1,0^{\circ}$; здесь z — среднесуточная температура почвы на глубине 5 см в текущий день, x — среднесуточная температура воздуха в текущий день, y — среднесуточная температура почвы в предшествующий день, σ — ошибка уравнения.

Расчет ожидаемой температуры почвы по вышеуказанным уравнениям производится от даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0° при условии схода снежного покрова. В первый день с положительной среднесуточной

температурой воздуха температура почвы на глубине 5 см принимается равной 0°. В районах с большим снежным покровом, где сход его происходит позднее устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°, расчет температуры почвы на глубине 5 см следует начинать с даты схода снежного покрова, принимая в этот день температуру почвы на глубине 5 см также равной 0°. Температура почвы каждого последующего дня в уравнении определяется по рассчитанной температуре почвы предшествующего дня. Проверка этих уравнений на фактическом материале дала неплохие результаты.

Наибольшее отклонение рассчитанной температуры почвы от фактической достигало 3° и наблюдалось в дни с большими колебаниями температуры воздуха. Причем в дни с резким понижением температуры воздуха рассчитанная температура почвы, как правило, превышала фактическую, а в дни с резким повышением температуры воздуха была ниже фактической. В большинстве же случаев отклонения рассчитанной температуры почвы от фактической не превышали 1—2°.

Иванова считает, что температуру на глубине 5 см песчаных и супесчаных почв можно определять по максимальной температуре воздуха по уравнению $y = 0,62x + 1,2$, где y — среднесуточная температура почвы на глубине 5 см, x — максимальная температура воздуха.

Чирков, анализируя данные метеорологических наблюдений 8 станций УГМС центральных областей, расположенных на суглинистых и супесчаных почвах, получил большое сходство в отклонениях температуры почвы от температуры воздуха на станциях, расположенных на почвах, близких по механическому составу.

Значительное влияние на величину и знак отклонения среднесуточной температуры почвы от температуры воздуха оказывает степень увлажнения почвы. Чередование потеплений и похолоданий весной при общей тенденции к нарастанию тепла приводит к тому, что при повышении температуры воздуха температура влажной почвы значительно ниже, чем слабо увлажненной. На суглинках это отставание больше, чем на супесчаных почвах.

При значительных похолоданиях влажная почва охлаждается медленнее, чем слабо увлажненная, и бывает теплее воздуха. Чтобы учесть влияние этого фактора при установлении зависимости между среднесуточной температурой воздуха и почвы на глубине 5 см, Чирковым были рассчитаны уравнения регрессии отдельно для хорошо увлажненной и для слабо увлажненной почвы с учетом ее механического состава.

Для влажных суглинков $y = 0,571x + 3,551$; $r = 0,84$; для влажных супесчаных почв $y = 0,524x + 5,09$; $r = 0,8$; для суглинистых слабо увлажненных почв $y = 0,96x + 1,77$; $r = 0,95$; для супесчаных слабо увлажненных почв $y = 0,89x + 2,94$; $r = 0,95$. В этих уравнениях y — среднесуточная температура почвы на

глубине 5 см, x — среднесуточная температура воздуха, r — коэффициент корреляции.

Указанные зависимости выведены Чирковым для периода, ограниченного устойчивыми переходами среднесуточной температуры воздуха через $+5$ и $+15^\circ$. Рассчитанные данные по этим уравнениям наиболее близки к фактическим при сравнительно ровном ходе температуры воздуха. При резких колебаниях температуры, на 4—5° за сутки, отклонение рассчитанных данных от фактических может достигать 2—3°.

При определении температуры почвы следует учитывать крутизну и экспозицию склонов. Известно, что на южных склонах температура почвы выше, чем на склонах других экспозиций. Чирков дает следующие поправки, которые необходимо учесть при расчете температуры почвы для разных склонов. При крутизне склона 5—10° эта поправка равна $+1^\circ$ для южного склона и -1° для северного склона. При просохшей почве это различие будет больше.

По уравнениям Чиркова можно рассчитывать прогревание почвы при определении сроков сева поздних теплолюбивых культур и прогнозировать условия теплообеспеченности семян этих культур в период от посева до всходов.

Однако, определив сроки прогревания почвы на глубине заделки семян до 8—10°, нельзя еще их считать сроками начала сева теплолюбивых культур. Раньше необходимо выяснить, какова при этих сроках сева вероятность повреждения всходов теплолюбивых культур весенними заморозками. Таким образом, выбор сроков сева этих культур производится по двум факторам — прогреванию почвы на глубине заделки семян до 8—10° и наименьшей вероятности повреждения всходов весенними заморозками.

Степень опасности заморозка для сельскохозяйственных культур различна и зависит от времени его наступления, интенсивности, продолжительности, от состояния растения, сорта и т. д.

В. Н. Степанов [90] дал сводку устойчивости сельскохозяйственных культур по отношению к заморозкам в различные фазы их развития. В этой сводке он выделяет пять основных групп сельскохозяйственных культур по степени устойчивости к заморозкам их вегетативных органов.

1. Наиболее устойчивыми культурами умеренного пояса, выдерживающими кратковременные понижения температуры до -7 , -8° , являются ранние яровые, зернобобовые и масличные раннего сева.

2. Устойчивыми к заморозкам являются также корнеплоды, большинство масличных, прядильных раннего сева (лен, конопля); они выдерживают заморозки до -5 , -8° .

3. Среднестойкие к заморозкам культуры — соя, могар, канатник и др. — выносят заморозки до -3 , -4° .

4. Малоустойчивые к заморозкам культуры южных широт — кукуруза, просо, сорго, картофель и др. — выдерживают понижение температуры только до -2 , -3° .

5. Неустойчивыми к заморозкам являются фасоль, рис, хлопчатник, кунжут, арахис, а из растений умеренного пояса — гречиха. Всходы этих культур повреждаются даже очень слабыми заморозками ($-0,5$, $-1,5^{\circ}$).

Генеративные органы растений более чувствительны к заморозкам и повреждаются при понижении температуры до 0 , -2° , а гибель цветов большинства растений наблюдается при температуре -3 , -4° . В период достижения зерновыми культурами восковой спелости устойчивость к заморозкам возрастает, достигая наивысших значений к моменту полной спелости.

Из вышеизложенного следует, что при прогнозе сроков сева ранних яровых культур расчеты вероятности заморозков в период всходов проводить не нужно, так как слабые заморозки для них не опасны, а сильные заморозки (ниже -5 , -8°), при которых могут быть повреждения всходов ранних яровых культур, после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5$, $+7^{\circ}$ в большинстве районов маловероятны. При прогнозе же сроков сева поздних теплолюбивых культур, всходы которых не выдерживают температуры на уровне высоты растений ниже -2 , -3° (просо, кукуруза, картофель, а гречиха иногда даже $-0,5^{\circ}$), необходимо (при выборе сроков сева) учитывать возможность заморозков в период появления всходов. Понижения температуры на уровне высоты растений в фазе всходов до -2 , -3° на ровном открытом месте могут наблюдаться при понижении температуры воздуха в метеорологической будке до 0° .

Следовательно, ожидаемое по прогнозу погоды понижение минимальной температуры воздуха до 0° может служить уже опасным сигналом в период всходов теплолюбивых культур. Поэтому после расчета ожидаемых сроков прогревания почвы до $8-10^{\circ}$ для определения сроков сева с учетом заморозков рассчитывают сначала даты появления всходов теплолюбивых культур, а затем проводят оценку условий периода после появления всходов по заморозкам.

Определение ожидаемых сроков появления всходов проводят по суммам эффективных температур, необходимым для наступления этой фазы.

По данным Шиголева, для появления всходов проса необходима сумма эффективных температур, равная 150° , а для гречихи 75° . Со следующего дня, считая от даты прогревания почвы в данном пункте до $8-10^{\circ}$ на глубине 5 см, суммируют эффективную температуру воздуха (среднесуточную температуру воздуха с вычетом ежедневно по 5°). Дни, когда накопятся суммы эффективных температур 75 и 150° , считают соответственно днями появления всходов гречихи и проса. Р. Д. Весе-

ловзоровой [13] была получена сумма эффективных температур, необходимая для появления всходов кукурузы, равная 120°. Нижний температурный предел развития кукурузы был получен равным 6°. На полученные даты появления всходов теплолюбивых культур определяют возможность их повреждения заморозками.

Однако очень часто сельскохозяйственные органы в запросе об ожидаемых сроках сева теплолюбивых культур указывают на необходимость дать климатическую вероятность прекращения заморозков на определенные даты в различных районах. Чаще всего производственные сельскохозяйственные мероприятия планируются с учетом вероятности явления не в 100, а в 80 % лет. Это объясняется тем, что каждое мероприятие связано не с одним фактором, а с целым комплексом. Определяя наилучшие сроки сева поздних теплолюбивых культур, учитывают не только угрозу заморозков, но и прогревание и увлажнение верхнего слоя почвы. Во многих районах Советского Союза в период сева теплолюбивых культур увлажнение пахотного слоя почвы еще бывает достаточным для прорастания семян и появления всходов, однако при длительной задержке с севом верхние слои почвы пересыхают и для прорастания семян и появления всходов создаются плохие условия. Следует также учитывать, что при поздних сроках сева в ряде районов может произойти недозревание теплолюбивых культур. Вот почему начало сева теплолюбивых культур определяется на основании учета прогревания и увлажнения верхнего слоя почвы, а также вероятности повреждения всходов заморозками.

И. А. Гольцберг [18] рассчитаны кривые суммарной вероятности прекращения заморозков весной по многим пунктам Советского Союза. По этим кривым на любую дату можно узнать, в каком проценте лет обеспечено прекращение заморозков весной (рис. 29).

Графики вероятности Гольцберг показывают, что весной в западных районах СССР и на побережьях морей заморозки в некоторые годы оканчиваются до перехода среднесуточной температуры воздуха через +5° и редко после перехода ее через +10°. Вследствие этого вероятность повреждения заморозками всходов теплолюбивых культур в этих районах незначительна.

В континентальных районах заморозки никогда не прекращаются ранее перехода температуры воздуха через +5° и могут еще продолжаться в течение длительного времени (до месяца) после устойчивого перехода температуры воздуха через +10°. Вероятность повреждения заморозками теплолюбивых культур здесь резко возрастает. Если необходимо определить вероятность или обеспеченность прекращения заморозков по другим пунктам, не указанным на рис. 29, Гольцберг предлагает это делать по следующей методике.

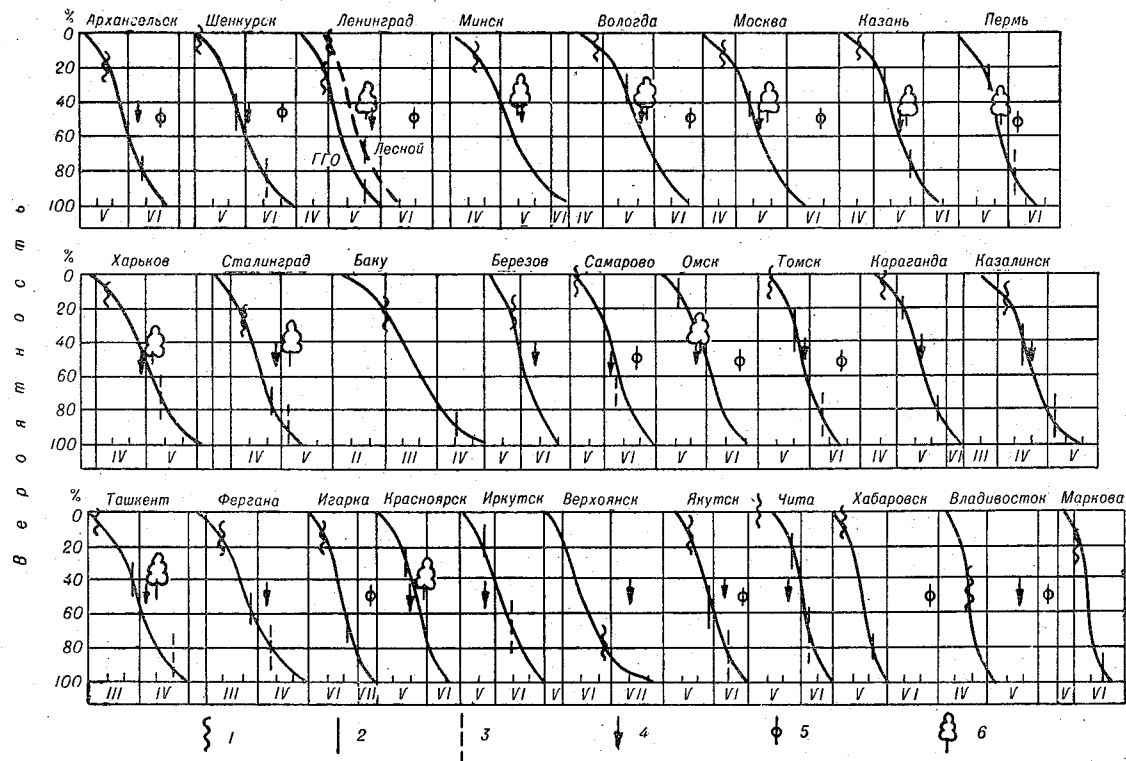


Рис. 29. Кривые вероятности прекращения заморозков в СССР.

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

Для любого пункта Советского Союза можно рассчитать кривую вероятности и обеспеченности прекращения заморозков, если известна средняя многолетняя дата прекращения заморозков в этом пункте и вид кривой вероятности, который определяется

квадратическим отклонением $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n}}$, где Σd^2 —

сумма квадратов отклонений от средней даты прекращения заморозка в данном пункте, n — число наблюдений.

Гольцберг рассчитала значения σ для всех районов Советского Союза (рис. 30), она определила также средние многолетние даты прекращения заморозков весной. После этого необходимо было определить, какое отклонение от средней многолетней даты прекращения заморозков при различных σ соответствует той или иной вероятности прекращения заморозков весной. Для различных процентов вероятности Гольцберг были рассчитаны коэффициенты, на которые нужно умножить σ данного пункта, чтобы получить отклонение в днях от средней многолетней даты прекращения заморозков весной, на которое приходится данный процент вероятности. Отклонения от средней даты заморозков весной по отдельным годам симметричны для обеих частей кривой вероятности, поэтому коэффициенты для них численно одинаковы и отличаются только знаком (табл. 32). Зная σ , среднюю многолетнюю дату прекращения заморозков и коэффициенты, можно рассчитать вероятность заморозков для любого пункта Советского Союза.

Таблица 32

Вероятность (‰)	50	40	30	20	10	0
Коэффициент	0	0,25	0,52	0,84	1,28	2,25

Например, нам необходимо рассчитать вероятность прекращения заморозков в Курске. По климатическому справочнику средняя дата прекращения заморозков там 29 апреля, σ для Курска равно 14 (рис. 30). Умножая на 14 коэффициенты (табл. 32), получаем отклонения в днях, соответствующие различной вероятности прекращения заморозков. По отклонениям вычисляем даты, на которые приходится тот или иной процент вероятности (табл. 33). В результате устанавливаем, что в Курске заморозки окончательно прекращаются во все годы только 30 мая, в 80% лет прекращение заморозков происходит 11 мая.

Часто при решении вопроса о сроках сева теплолюбивых культур необходимо знать вероятность прекращения заморозков определенной интенсивности. Например, необходимо определить вероятность прекращения заморозков интенсивностью -2 или -4° .

Выше указывалось, что повреждение всходов, например, гречихи происходит при понижении минимальной температуры воздуха на уровне высоты растений $-0,5$, $-1,5^\circ$. Это часто наблю-

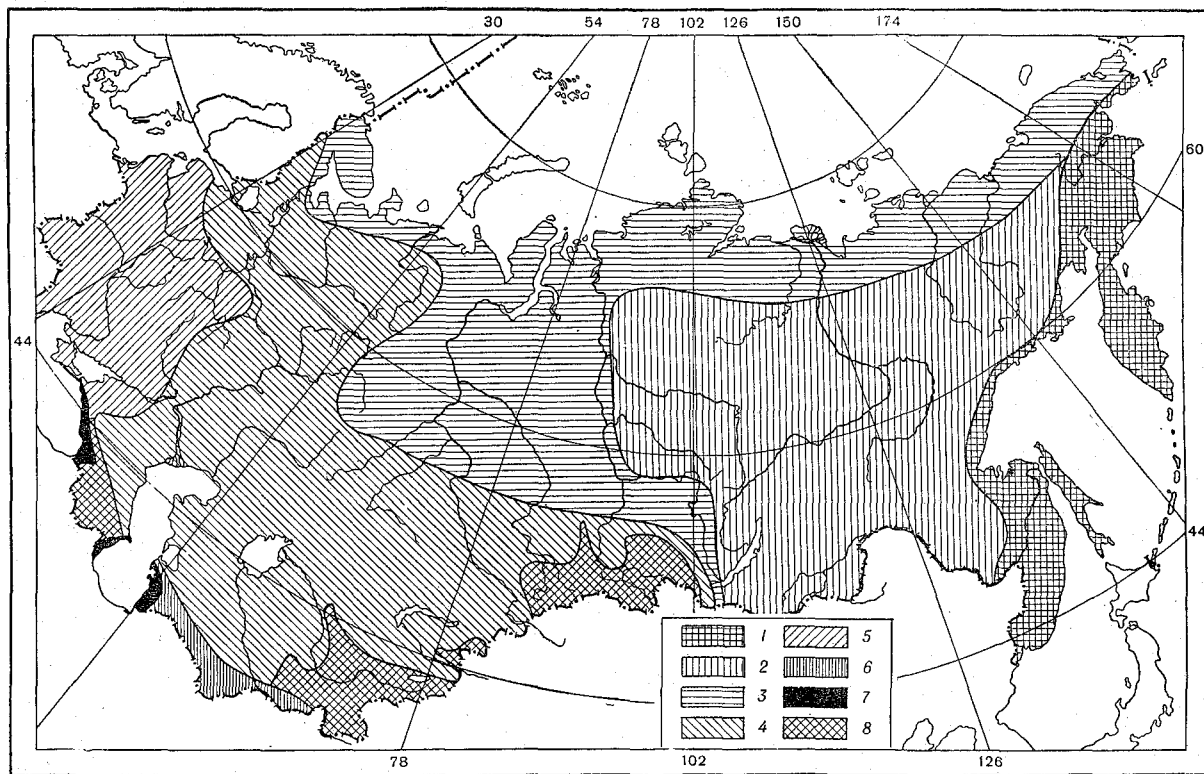


Рис. 30. Карта типов кривых вероятности заморозков (σ). Осень.
 Величина σ : 1 — от 5 до 7; 2 — от 7 до 9; 3 — от 9 до 11; 4 — от 11 до 13; 5 — от 13 до 15; 6 — от 15 до 17; 7 — от 19 до 20; 8 — горные районы, в которых σ возрастает с высотой.

Пример вычисления вероятности прекращения заморозков весной
Курск

Вероятность прекращения заморозков (в 0/0)	Отклонение от средней даты (в днях)	Дата прекращения заморозков	Вероятность прекращения заморозков (в 0/0)	Отклонение от средней даты (в днях)	Дата прекращения заморозков
10	-18	11/IV	60	+3,5	2/V
20	-12	17/IV	70	+7,3	6/V
30	-7,3	22/IV	80	+12	11/V
40	-3,5	26/IV	90	+18	17/V
50	0	29/IV	100	+31	30/V

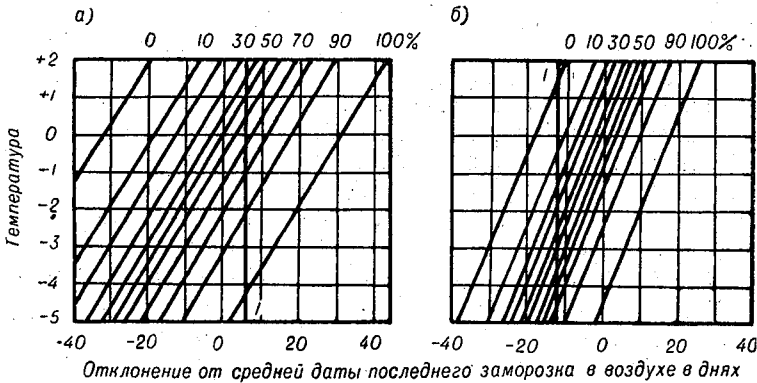


Рис. 31. График для определения вероятности прекращения температур от $+2$ до -5° в Белоруссии (а) и Забайкалье (б).
1 — дата установления среднесуточной температуры воздуха выше 10° .

дается при положительной температуре воздуха на уровне метеорологической будки ($+1$, $+2^\circ$). При такой температуре воздуха в морозобойных местах на поверхности почвы температура понижается даже до -3 , -4° . Поэтому знать вероятность прекращения таких температур для решения практических вопросов также очень важно.

Гольцберг предложила графики для определения вероятности прекращения различных температур на уровне метеорологической будки от $+2$ до -5° . Графики на рис. 31 рассчитаны для двух разных климатических районов СССР — Белоруссии и Забайкалья. Аналогичные графики построены и для районов целинных земель.

На графиках (рис. 31) по оси абсцисс даны отклонения в днях от средней даты последнего заморозка в воздухе на уровне метеорологической будки, по оси ординат показаны различные понижения температуры воздуха на уровне метеорологической будки.

рологической будки от $+2$ до -3 , а в поле графика дана вероятность прекращения таких температур. Например, в Минске средняя дата прекращения заморозков на уровне метеорологической будки 4 мая, а нам необходимо определить вероятность прекращения заморозков -2° и ниже на 10 мая. Отклонение даты, на которую мы определяем вероятность, от средней многолетней составляет $+6$ дней. Из точки со значением $+6$ на оси абсцисс и из точки -2 на оси ординат восстанавливаем перпендикуляры и в точке их пересечения снимаем с прямой вероятность, равную 90%. Следовательно, на 10 мая в Минске прекращение заморозков -2° и ниже наблюдается в 90% лет.

Часто бывает необходимо сравнить сроки появления всходов теплолюбивых культур в годы с очень поздним развитием весны с самыми поздними датами прекращения заморозков. Если окажется, что они близки, вычислять вероятность прекращения заморозков на эти даты не нужно.

Гольцберг приводит карту самых поздних возможных весной заморозков в воздухе (рис. 32). Эта карта показывает, что в большинстве крайних южных районов Европейской территории СССР заморозки окончательно прекращаются во все годы в первой половине мая, а несколько севернее (до 50° с. ш.) и во всех крайних западных районах — во вторую половину мая. В большинстве более северных районов Европейской территории СССР и земледельческих районах Западной Сибири самые поздние заморозки возможны в июне.

Гольцберг указывает, что небольшие заморозки на уровне высоты растений и на поверхности почвы весной (до -1 , -2°) могут наблюдаться при положительной температуре воздуха на уровне метеорологической будки ($+1$, $+3^\circ$). Это следует учитывать при анализе ожидаемых похолоданий и скорости появления всходов теплолюбивых культур при различных сроках сева. При выяснении возможности повреждения заморозками всходов теплолюбивых культур, если прогноз сроков сева составляется по территории с различными формами рельефа, следует вводить возможные поправки на местные условия. Здесь следует учитывать влияние местных условий как на время наступления, так и на интенсивность заморозков.

Морозоопасность различных форм рельефа определяется условиями стока и подтока охлажденного воздуха из прилегающих мест. На степень морозоопасности вогнутых форм рельефа сильно влияет площадь воздухообора. Чем больше площадь склонов, с которых стекает в долину охлажденный воздух, тем интенсивнее и чаще заморозки в этой долине. В табл. 34 показана степень морозоопасности различных форм рельефа по данным С. А. Сапожниковой [85].

Гольцберг [18] дает следующую характеристику изменений во времени наступления заморозков под влиянием различных форм рельефа.

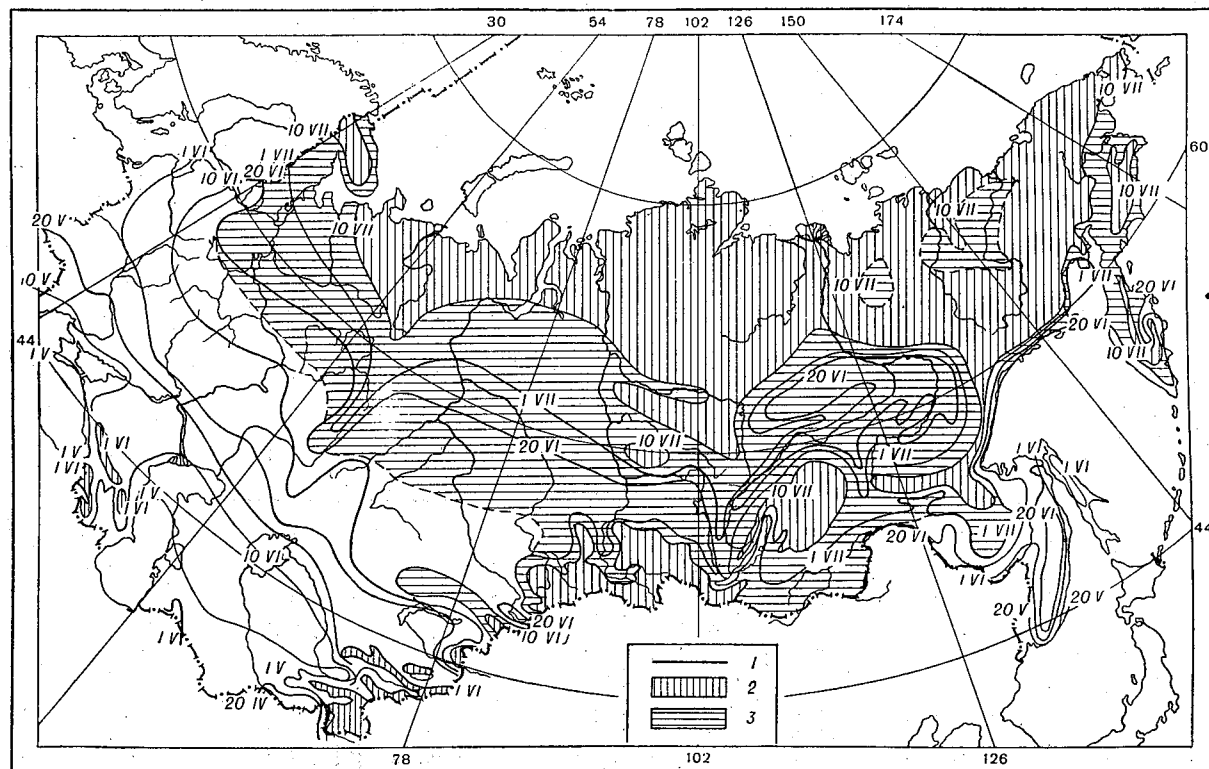


Рис. 32. Самые поздние возможные весенние заморозки в воздухе.

1 — даты самых поздних заморозков на ровном открытом месте, 2 — заморозки в воздухе возможны в течение всего лета, 3 — в июле и в начале августа возможны заморозки на поверхности почвы, а в морозобойных местах — в воздухе.

1. В долинах холмистой местности, к которым относятся плоские довольно широкие долины возвышенных районов Европейской территории СССР, с относительной разностью высот между дном долины и бровкой 50—100 м продолжительность безморозного периода уменьшается в среднем на 15 дней. Весной заморозки прекращаются в среднем на 5 дней позднее, а осенью начинаются примерно на 10 дней раньше, чем на ровном открытом месте.

2. В горных долинах с относительной разностью высот между дном и бровкой более 100 м продолжительность безморозного периода в среднем уменьшается на 25 дней. Весной заморозки оканчиваются позднее в среднем на 12 дней, а осенью начинаются на 13 дней раньше.

3. В местах, расположенных на дне или нижней части склона котловины или замкнутой долины, наблюдается уменьшение длительности безморозного периода на 30 дней и более.

4. Положительные формы рельефа, вершины с хорошим воздушным дренажем, а также верхние части склонов способствуют увеличению безморозного периода в среднем на 20 дней. Весной заморозки заканчиваются примерно на 10 дней раньше, а осенью начинаются на 10 дней позже.

Увеличение длительности безморозного периода наблюдается также в местах, находящихся под влиянием водоемов, а также в городах.

Таблица 34

Морозоопасность различных форм рельефа

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

Моря оказывают значительное тепляющее влияние на побережья. Например, на расстоянии 1 км от берега продолжительность безморозного периода увеличивается на 25—30 дней. Увеличение длительности безморозного периода (до 15 дней) наблюдается и в долинах больших рек (табл. 35).

В связи с изменением во времени прекращения заморозков под влиянием местных условий изменяется и вероятность их прекращения (по сравнению с ровным открытым местом). Как указывает Гольцберг, изменение кривой вероятности прекращения или наступления заморозков при различных формах

рельефа приводит к ее асимметричности, выражающейся в удлинении нижней части кривой в пределах вероятности от 0 до 10% и от 90 до 100%. Эти части кривой подвержены значительно большим изменениям под влиянием местоположения, чем часть кривой между 10 и 90% вероятности. Вид этой основной части кривой вероятности определяется общеклиматическими условиями района. Асимметричность кривой вероятности под влиянием форм рельефа влечет за собой изменение средней даты прекращения или наступления заморозков, а следовательно, и изменение вероятности заморозка на одно и то же число.

В табл. 36 приведены данные Гольцберг об изменении вероятности наступления заморозков в зависимости от местоположения в районах, где $\sigma = 12$.

На основании своих микроклиматических наблюдений и ряда других авторов, а также материалов метеостанций Гольцберг приводит средние поправки на изменение интенсивности заморозка под влиянием рельефа в умеренной зоне СССР в тихие, ясные ночи (табл. 37).

Таблица 35

Изменение средних дат заморозков в воздухе под влиянием местоположения (в днях)

Местоположение	Изменение средних дат заморозков		Изменение длительности безморозного периода
	весной	осенью	
Вершины и верхние части склонов	+10	+10	+20
Долины в холмистой местности; относительная разность высот бровка — дно от 50 до 100 м	—5	—10	—15
Долины в горах; относительная разность высот бровка — дно более 100 м	—12	—13	—25
Котловины и замкнутые долины в горах	—18	—22	—40
Горные плато	—5	—10	—15
Плоские котловины с континентальным климатом (степи Казахской ССР)	—11	—14	—25
Сырые низины	—11	—14	—25
Поляны	—11	—14	—25
Острова среди моря	+10	+25	+35
Косы на взморье	+10	+15	+25
Побережье моря	+8	+12	+20
Долины больших рек	+5	+10	+15
Города	+5	+10	+15

Знак плюс (+) в табл. 37 означает более высокую температуру по сравнению с ровным местом, знак минус (—) — соответствующее понижение ее. Агрометеоролог при анализе возможности повреждения заморозками всходов теплолюбивых культур должен вводить поправки с учетом рельефа и только после

Изменение вероятности наступления заморозков (в ‰)

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

Таблица 37

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

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

этого делать окончательные выводы по территории о лучших сроках сева поздних теплолюбивых культур.

Разберем на примере составление прогноза лучших сроков сева проса, кукурузы и гречихи по данным станции Курск (табл. 38). Дата составления прогноза 15 апреля. Имея прогноз погоды на вторую половину апреля и на май, в первую очередь анализируем среднесуточную температуру по периодам и определяем дату перехода температуры воздуха через 0°, дату схода снежного покрова (если он еще не сошел) и дату устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через +10°. В данном примере устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0° наблюдался 1 апреля, а сход снежного покрова — 5 апреля; следовательно, к моменту составления прогноза (15/IV) эти исходные данные были уже известны.

Выписываем до 15 апреля фактическую температуру воздуха, а дальше — ход ожидаемой среднесуточной температуры на основании долгосрочного прогноза периодных температур. Затем по температуре воздуха производим за каждый день расчет температуры почвы на глубине 5 см по уравнению Ивановой для черноземных почв: $z = 0,35x + 0,55y + 0,79$, где z — среднесуточная температура почвы на глубине 5 см в текущий день,

Пример расчета сроков сева теплолюбивых культур — гречихи, кукурузы, проса
Агрометеостанция Курск. Дата составления прогноза — 15 апреля

Исходные данные			Прогнозируемые данные					
Дата	среднесуточ- ная темпера- тура воздуха	температура почвы на глу- бине 5 см	Дата	среднесуточ- ная темпера- тура воздуха	температура почвы на глу- бине 5 см	Дата	среднесуточ- ная темпера- тура воздуха	температура почвы на глу- бине 5 см
			Переход температуры воздуха через 10° и температуры почвы на глубине 5 см че- рез 8° 25/IV					
			Начало сева гречихи, кукурузы и проса (по прогреванию поч- вы) 25/IV					
			Всходы: гречихи ($\Sigma t_{\theta} = 75^{\circ}$) 7/V кукурузы ($\Sigma t_{\theta} = 120^{\circ}$) 16/V проса ($\Sigma t_{\theta} = 150^{\circ}$) 17/V					
			Вероятность прекраще- ния заморозков: 7 мая 72%/о 16 " 88%/о 17 " 90%/о					
			Оптимальные сроки се- ва: кукурузы и проса . 25/IV гречихи 30/IV					
Апрель			Апрель			Май		
1	1	—	16	6	6	3	12	12
2	1	—	17	6	6	4	10	11
3	2	—	18	3	5	5	8	10
4	2	—	19	3	5	6	8	9
5	2	—	20	3	5	7	8	8
6	2	0	21	6	6	8	8	8
7	3	2	22	7	6	9	8	8
8	3	3	23	8	7	10	8	8
9	3	3	24	8	7	11	8	8
10	4	4	25	10	8	12	9	8
11	4	4	26	10	9	13	12	9
12	4	4	27	10	9	14	18	12
13	4	4	28	12	10	15	20	14
14	4	4	29	14	11	16	20	15
15	5	5	30	14	12	17	17	15
Переход температуры воздуха через 0° 1/IV			Май					
Сход снежного покрова 5/IV			1	15	13	18	16	15
			2	15	13	19	15	14

x — среднесуточная температура воздуха в текущий день, y — среднесуточная температура почвы в предшествующий день. За исходную температуру почвы на другой день схода снежного покрова принимаем 0° .

Рассчитывая ежедневную температуру на глубине 5 см за длительный период, определяем дату устойчивого перехода среднесуточной температуры почвы через 8° . В нашем примере это будет 25 апреля. Следовательно, 25 апреля можно ориентировочно считать за срок начала сева поздних культур, благоприятный по температуре почвы. Теперь определяем даты появления всходов при этом сроке сева путем соответствующего подсчета накопления сумм эффективных температур (начиная со следующего дня после установленного срока сева). День накопления суммы эффективных температур 75° считаем датой появления всходов гречихи (7/V), день накопления суммы эффективных температур (выше 6°), равной 120° , — датой появления всходов кукурузы (16/V), день накопления суммы 150° — датой появления всходов проса (17/V).

Далее выясняем возможность повреждения заморозками всходов гречихи, кукурузы и проса на указанные даты всходов.

Анализируем ожидаемые понижения температуры в прогнозе погоды. Заморозки в воздухе в период всходов не ожидаются, но в период 5—11 мая температура может понижаться до 8° . Для более точного подтверждения анализируем климатологическую вероятность прекращения заморозков на полученные даты всходов гречихи, проса и кукурузы. Произведя соответствующие расчеты указанным ранее способом (см. табл. 33), устанавливаем, что вероятность прекращения заморозков 7 мая составляет 72%, а 16—17 мая (дата всходов кукурузы и проса) — 88—90%. Следовательно, при сроке сева 25 апреля вероятность повреждения всходов кукурузы и проса заморозками очень мала (1 раз в 10 лет), и для них этот срок сева можно считать оптимальным. Для гречихи считать его оптимальным нельзя, так как при этом сроке сева всходы гречихи могут быть повреждены заморозками в 28% лет.

Следует определить и для гречихи такой срок сева, при котором вероятность повреждения всходов заморозками была бы небольшой — меньше 20%. Такой срок сева рассчитывают следующим образом. По табл. 33 находим, что в районе Курска прекращение заморозков в 80% лет наблюдается после 11 мая. Следовательно, наиболее благоприятным для всходов гречихи является (в отношении прекращения заморозков) период после 11 мая. Определяем (считая от 12 мая к апрелю) дату, когда накопится сумма эффективных температур, равная 75° . В нашем примере это будет 29 апреля. При посеве гречихи позднее 29 апреля всходы ее появятся после 12 мая, когда вероятность прекращения заморозков больше 80%.

Таким образом, мы определили оптимальные сроки сева

проса, кукурузы и гречихи с учетом прогревания почвы и возможности повреждения всходов заморозками.

Может возникнуть вопрос, нельзя ли наилучшие сроки сева поздних культур рассчитывать сразу, считая дату прекращения заморозков в 80% лет датой появления всходов и отсчитывая в сторону сева по ожидаемой температуре текущего года необходимые суммы эффективных температур. Но в этом случае также должна быть рассчитана и температура почвы на глубине заделки семян, и если окажется, что на вычисленную с учетом заморозков дату сева уже произошел устойчивый переход температуры почвы через 8—10°, то можно эти сроки сева считать за оптимальные. Однако в поздние холодные весны температура почвы на вычисленную дату сева часто может быть ниже оптимальной, и тогда придется снова все расчеты повторять сначала по температуре почвы, а потом по заморозкам, т. е. в порядке, рассмотренном нами вначале. Поэтому во избежание двойной работы лучше сразу проводить расчеты рекомендованным выше путем (сначала по температуре почвы, а потом по заморозкам).

После окончания расчетов данные об ожидаемых оптимальных сроках сева отдельно по культурам наносятся на карту и проводятся линии одинаковых сроков сева. На карте или в тексте прогноза следует по районам указать процент вероятности повреждения всходов заморозками при данных сроках сева. Затем составляется текст прогноза, в котором необходимо указать:

- 1) ожидаемые оптимальные сроки начала сева поздних теплолюбивых культур;
- 2) ожидаемые условия сева (указываются дождливые холодные периоды и периоды хорошей погоды);
- 3) ожидаемые запасы влаги к началу сева, условия прорастания семян и появления всходов;
- 4) возможность повреждения всходов заморозками.

Глава VI

ПРОГНОЗЫ НАСТУПЛЕНИЯ ФАЗ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Прогнозы наступления фаз развития сельскохозяйственных культур являются одним из самых важных разделов агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства. Они начали составляться значительно раньше многих других видов прогнозов. Еще в 1931 г. ШигOLEвым был составлен прогноз наступления восковой спелости озимой ржи на Европейской территории СССР.

Прогнозы наступления фаз развития сельскохозяйственных культур выпускаются как самостоятельные прогнозы, и в то же время они являются необходимой составной частью многих других прогнозов, где оценку агрометеорологических условий следует проводить по межфазным периодам, учитывая различные требования растений к условиям внешней среды в разные фазы развития.

Чаще всего самостоятельно выпускаются такие фенологические прогнозы, как прогнозы сроков созревания сельскохозяйственных культур, цветения плодовых деревьев, колошения зерновых культур, наступления молочно-восковой спелости кукурузы, сроков уборки ее на высококачественный силос и другие. Эти прогнозы помогают своевременно подготовиться к проведению различных сельскохозяйственных работ, связанных с наступлением фаз развития, с учетом особенностей погоды каждого конкретного года.

Определение ожидаемых сроков наступления различных фаз сельскохозяйственных культур проводится на основании показателей, характеризующих зависимость скорости развития растений от условий внешней среды.

Многими исследованиями установлено, что скорость прохождения различных фаз развития сельскохозяйственных культур зависит прежде всего от температуры окружающей среды.

Лысенко [49] в своей работе «Влияние термического фактора на продолжительность фаз развития растений» подробно осветил вопрос различия между ростом и развитием растений и

влияния на них факторов внешней среды. Он показал, что развитие растения и его рост явления не тождественные. Часто созревшие растения в одних условиях могут быть во много раз меньше по величине и по весу, чем растения того же сорта, выросшие в других условиях. В том и другом случае развитие растений будет закончено, но рост, величина, мощность и размеры урожая их могут сильно различаться.

Таким образом, под развитием семенного растения понимается тот путь необходимых качественных изменений содержимого клеток, который растение проходит от посеянного семени до созревания новых семян.

Рост растения — это увеличение массы растения независимо от того, вследствие развития каких органов или признаков это увеличение массы растения произошло. Скорость развития растений, как и скорость их роста, зависит от условий окружающей среды. Комплексы внешних условий, необходимые для развития растения и для его роста (т. е. для увеличения массы растения), часто не совпадают. Растения при наличии соответствующих условий внешней среды неопределенно долго могут расти, увеличивая вес и объем, но все время могут оставаться на одной и той же стадии развития.

Растения, приостановившиеся в развитии, не дают семян до тех пор, пока не создадутся условия, необходимые для дальнейшего их развития. Например, озимые растения, посеянные весной, не дают зерна, потому что для определенного периода их развития (для стадии яровизации) необходимо довольно продолжительное время наличие пониженных температур.

Многие сорта хлопчатника, посеянные на юге СССР, растут, но запаздывают с плодоношением, потому что для их развития весной и в начале лета недостает высоких температур. Если для развития растений хлопчатника в продолжение определенного времени не будет относительно высоких температур (20—30°), то они не смогут плодоносить.

Как известно, развитие растений состоит из отдельных разнокачественных этапов, стадий развития. Для прохождения разных стадий развития растению необходимы различные внешние условия. Однако главным фактором, оказывающим наибольшее влияние на скорость развития растения во все периоды его жизни, кроме периода световой стадии, является температура. Только в период прохождения растениями световой стадии главную роль играет световой фактор, хотя температура также имеет определенное значение. Так, например, сорта пшеницы северного происхождения могут относительно быстро проходить световую стадию при температуре —9°, а южные сорта из Аравии при той же температуре вовсе не способны завершить световую стадию развития [43].

Скорость наступления большинства фаз развития растений (т. е. появление новых определенных морфологических призна-

ков или изменений) также в очень большой степени зависит от температуры. Лысенко на основании анализа больших экспериментальных данных пришел к следующим выводам:

1) Напряженность тепловой энергии есть один из главных факторов, влияющих на продолжительность протекания фаз у растений.

2) Каждая фаза у одного и того же растения начинается при определенных термических условиях. Температура, необходимая для прохождения одной фазы, может быть непригодна для прохождения другой фазы.

3) Для завершения процессов данной фазы необходима постоянная сумма градусо-дней, если счет температуры вести не от метеорологического нуля, а от того термического предела, при котором начинаются процессы данной фазы. Если же счет температур вести начиная с метеорологического нуля, то сумма их будет непостоянна; сумма температур может быть очень большой, но фаза может так и не наступить. И только в том случае сумма температур, подсчитанная от метеорологического нуля, за межфазный период была бы постоянной, если бы процессы данной фазы у растения начинались при 0° .

Лысенко предложил для определения продолжительности межфазных периодов (n) формулу $n = \frac{A}{t - B}$, где t — среднесуточная температура, B — температурный предел, от которого начинаются процессы данной фазы, A — постоянная сумма температур, необходимая для наступления данной фазы, считая от предела B .

Таким образом, при прогнозировании фаз развития сельскохозяйственных культур необходимо знать постоянные суммы температур выше этих нижних пределов, необходимые для наступления определенных фаз развития, и нижние пределы температур, с которых начинаются процессы данной фазы.

В своей книге «Влияние термического фактора на продолжительность фаз развития растений» Лысенко указывает нижние пределы температуры, при которых начинаются процессы различных фаз, и суммы температур выше этих пределов, необходимые для их наступления. Так, например, для периода посев — всходы ржи, ячменя, овса и пшеницы нижний предел температуры (B) составляет около $2,5^{\circ}$, а постоянная сумма температур (A), необходимая для появления всходов этих культур, приблизительно равна 85° . Для межфазного периода от выхода в трубку до цветения этих культур и от цветения до восковой спелости Лысенко для констант B и A установил значения, представленные в табл. 39.

Однако вопрос о нижних пределах развития сельскохозяйственных культур на разных фазах вегетации многими исследователями трактуется по-разному и является пока дискуссионным. Так, по А. В. Федорову [98], величина B для овса сорта

Верхняцкий за период от выхода в трубку до выметывания равна 10°, а от выметывания до восковой спелости 15°. Хертлайн [117] при определении дат цветения груши и яблони указывает на необходимость вести подсчет сумм температур от нижнего температурного предела, равного 4°. Шиголев [104, 107], который много работал над установлением зависимости скорости развития сельскохозяйственных культур от температуры, считает, что нижний предел температуры для развития большинства растений, произрастающих в одном и том же климате, постоянен в течение всего цикла развития.

Таблица 39

Значения констант *B* и *A* (по Лысенко)

Культура, сорт	От выхода в трубку до цветения		От цветения до восковой спелости	
	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
Ячмень местный 419	6,5	224	7,4	329
" Екатеринославский (0254)	9,2	166	15,6	152
Рожь 3	7,0	247	11,0	338
Овес Лоховский	7,8	383	16,0	147
Пшеница Кооператорка	6,8	345	12,7	254
" Эритроспермум 2627	7,0	329	11,0	288

Растения, биологические особенности которых сложились в далеком прошлом под постоянным воздействием умеренного климата с холодным зимним периодом, приостанавливают развитие при одном и том же нижнем пределе температуры. Так, листопадные, древесные, кустарниковые, травянистые растения и большинство полевых культур умеренного климата прекращают развитие при температуре, близкой к 5°. Поэтому Шиголев принимает 5° в качестве нуля эффективной температуры для растений умеренной зоны.

Шиголев, используя формулу Лысенко, предложил ожидаемые даты наступления фаз развития сельскохозяйственных культур умеренного климата, у которых нижний предел температуры равен 5°, определять по формуле

$$D = D_1 + \frac{A}{t - 5},$$

где *D* — ожидаемый срок наступления фазы, *D*₁ — дата наступления предшествующей фазы, *A* — постоянная сумма эффективных температур, необходимая для наступления ожидаемой фазы, *t* — ожидаемая средняя температура воздуха за межфазный период.

Постоянные суммы температур (*A*), необходимые для на-

ступления данной фазы, называются суммами эффективных температур, так как они определяют эффективность развития и подсчитываются выше нуля эффективной температуры развития растений, в данном случае выше 5° , с учетом этого предела ежедневно.

Если определение сроков наступления какой-либо фазы развития сельскохозяйственных культур производится некоторое время спустя после наступления предшествующей фазы, то при расчетах следует принимать во внимание накопившуюся за этот отрезок времени сумму эффективных температур. В этом случае формула для расчета ожидаемого срока наступления последующей фазы будет иметь вид

$$D = D_2 + \frac{A - \Sigma t_9}{t - 5},$$

где D — ожидаемая дата наступления фазы, D_2 — дата, от которой ведется расчет, Σt_9 — сумма эффективных температур, накопившаяся за время от даты наступления предшествующей фазы до D_2 , A — постоянная сумма эффективных температур за весь межфазный период, t — средняя температура за ожидаемый период.

После выпуска прогноза наступления фаз развития сельскохозяйственных культур необходимо следить за оправдываемостью прогноза и вносить соответствующие поправки. По прошествии декады и получении декадных сведений о фактической температуре воздуха последние сравниваются с температурой, использованной для расчета по прогнозу. На основании полученного за декаду отклонения температуры вычисляется отклонение в темпах развития растений (a), выраженное в днях, по формуле

$$a = \frac{(t - t_p)^{10}}{t - 5},$$

где t — фактическая средняя декадная температура, t_p — ожидаемая по прогнозу средняя декадная температура.

Например, ожидалась по прогнозу средняя температура воздуха за декаду 17° , а фактически температура была 20° . Следовательно, фактически развитие шло на два дня в эту декаду

быстрее, чем ожидалось: $a = \frac{(20 - 17) 10}{20 - 5} = 2$ дня.

Такие расчеты ошибок прогноза проводятся по прошествии каждой последующей декады, и вычисляется одна общая ошибка за более длительный период, чем декада. Часто получается, что за длительный период ошибка бывает меньше, чем за декаду, так как развитие в одну декаду идет быстрее, чем ожидалось, а в другую медленнее; отклонения в днях бывают

с разными знаками, и в целом за большой период получаются сроки, близкие к прогнозируемым. Большие ошибки за длительный период могут быть только в том случае, когда фактически температура воздуха несколько декад подряд будет выше или ниже прогнозируемой, ибо тогда ошибки получаются одного знака.

При составлении прогнозов наступления фаз развития следует помнить, что при высокой температуре одно и то же отклонение ожидаемой температуры от фактической даст меньшую ошибку, чем при низкой температуре.

В приводимом нами примере, когда ожидалась средняя температура за декаду 17° , а была 20° , ошибка в 3° дала отклонение в развитии растений на 2 дня. Если же по прогнозу ожидалась средняя температура за декаду 9° , а была 12° , то в этом случае ошибка в темпах развития растений будет составлять уже 4 дня, хотя, как и в первом случае, фактическая температура была на 3° выше ожидаемой: $a = \frac{(12 - 9) 10}{7} = 4$ дня.

Следовательно, в периоды с высокими температурами прогнозы фаз развития можно составлять с большей заблаговременностью и с большей уверенностью, чем в периоды с низкими температурами.

Л. Н. Бабушкин предлагает расчет скорости развития растений в единицу времени вести по формуле

$$\frac{1}{n} = \frac{t - B}{A},$$

где $\frac{1}{n}$ — средняя скорость развития растения за сутки, t — средняя температура периода, B — нижний предел эффективных температур, A — сумма эффективных температур, необходимая для прохождения анализируемого периода развития растения.

Мы изложили общие положения и рассмотрели формулы, которые можно использовать при составлении прогнозов наступления фаз развития основных сельскохозяйственных культур по суммам эффективных температур. Однако есть другое направление в исследованиях влияния температуры на скорость прохождения различных фаз сельскохозяйственных культур.

Представители этого направления предлагают потребность сельскохозяйственных культур в тепле выражать в суммах среднесуточных температур, в которые не включаются среднесуточные температуры ниже биологического нуля. Это так называемые активные температуры. Носатовский [58] определил различные суммы среднесуточных температур для отдельных межфазных периодов пшеницы от посева до созревания (см. стр. 150).

По Г. Т. Селянинову, сумма активных температур, необхо-

димая для прохождения полного периода развития пшеницы в зависимости от местности и сорта составляет 1800—2275°.

Средняя сумма активных температур за период вегетации яровой пшеницы сорта Лютесценс 62, по Степанову [91], составляет 1300—1500°, яровой пшеницы сорта Гарнет — 1200—1400°, озимой ржи сорта Омка — 1000—1150°, озимой ржи сорта Вятка — 1100—1250°. Ф. Ф. Давитая были определены суммы активных температур, необходимые для развития винограда. Однако вследствие значительной разницы в сумме активных температур для одного и того же сорта в различные годы эти показатели мало применимы в оперативном агрометеорологическом обслуживании сельского хозяйства при определении сроков созревания сельскохозяйственных культур с учетом особенностей текущего года. Они больше применимы при решении вопросов агроклиматического районирования, в среднем многолетнем разрезе.

Вследствие того что суммы эффективных температур дают меньшие колебания и лучше отображают потребность растений в тепле, они и применяются в настоящее время в основном для расчетов наступления фаз развития сельскохозяйственных культур при составлении фенологических прогнозов в системе Гидрометеослужбы при оперативном обслуживании сельского хозяйства.

Однако следует отметить, что теория сумм эффективных температур требует дальнейшего развития в отношении учета длины дня, степени увлажнения, уточнения нижних пределов температуры развития и особенно в отношении учета верхнего температурного предела развития растений.

Определение наступления фаз развития сельскохозяйственных культур по суммам эффективных температур дает в основном хорошие результаты в тех случаях, когда при наличии влаги в почве не ниже критических пределов не наблюдаются очень высокие температуры, значительно превышающие оптимальные. Как известно, очень высокие температуры уже не ускоряют развития растений, поэтому, определяя по ним дату наступления фазы путем подсчета соответствующих сумм эффективных температур, мы получаем по расчету межфазный период значительно короче фактического.

Для большинства районов Советского Союза такие ошибки редки и можно с уверенностью проводить расчеты фаз по суммам эффективных температур, так как длительные периоды с очень высокими температурами (выше 25—30°) бывают не часто. В южных районах в такие периоды необходимо к расчетам подходить осторожно и, по мере возможности, для каждой культуры отдельно вводить поправки на исключение температур, превышающих верхний оптимальный предел.

1. Прогнозы наступления фаз развития озимых культур (ржи и пшеницы)¹

а) Период от возобновления вегетации до выхода в трубку. Расчет ожидаемых дат наступления фазы выхода озимых в трубку представляет большие трудности, так как показатели зависимости скорости наступления этой фазы от комплекса внешних условий еще не определены. Как известно, в этот период растения проходят вторую стадию развития, световую стадию, и только по окончании ее у них наблюдается выход в трубку и переход к репродуктивному периоду.

Скорость прохождения световой стадии зависит от целого комплекса внешних факторов, в первую очередь от световых условий. Поэтому установить точные показатели постоянных сумм эффективных температур, необходимых для наступления фазы выхода в трубку, не представляется возможным. Можно найти только какие-то средние многолетние показатели сумм температур, которые дадут возможность в пределах конкретной узкой территории ориентировочно определять дату начала выхода в трубку озимых. Но для этого необходимо по районам провести соответствующую обработку местных многолетних фенологических материалов и определить средние многолетние суммы эффективных температур за период от возобновления вегетации до выхода в трубку озимых.

Шиголев определил средние многолетние суммы эффективных температур за период от возобновления вегетации до выхода в трубку озимых на Европейской территории СССР (рис. 33). В юго-восточных районах, где снежный покров небольшой, а морозы бывают сильными и часто происходит значительное повреждение ассимиляционного аппарата озимых, период от возобновления вегетации до выхода в трубку их больше и средняя сумма эффективных температур также больше, чем в других районах (100—150°). В противоположность этому в западных районах выход в трубку озимых наблюдается вскоре после возобновления вегетации и средняя сумма эффективных температур невелика (меньше 50°).

б) Период репродуктивного развития. На скорость наступления последующих фаз после выхода в трубку наибольшее влияние оказывает температура. Поэтому даты наступления различных фаз репродуктивного периода озимых (от колошения до восковой спелости) могут быть определены на основании постоянных сумм эффективных температур, необходимых для достижения той или иной фазы.

Шиголев для большинства сортов озимой ржи рекомендует следующие постоянные суммы эффективных температур, необ-

¹ Расчеты и основы агрометеорологических прогнозов, которые требуются для периода посев — прекращение вегетации озимых осенью, даны в главе II.

ходимые для межфазных периодов: 1) от выхода в трубку до колошения — 183° , 2) от колошения до цветения — 144° , 3) от

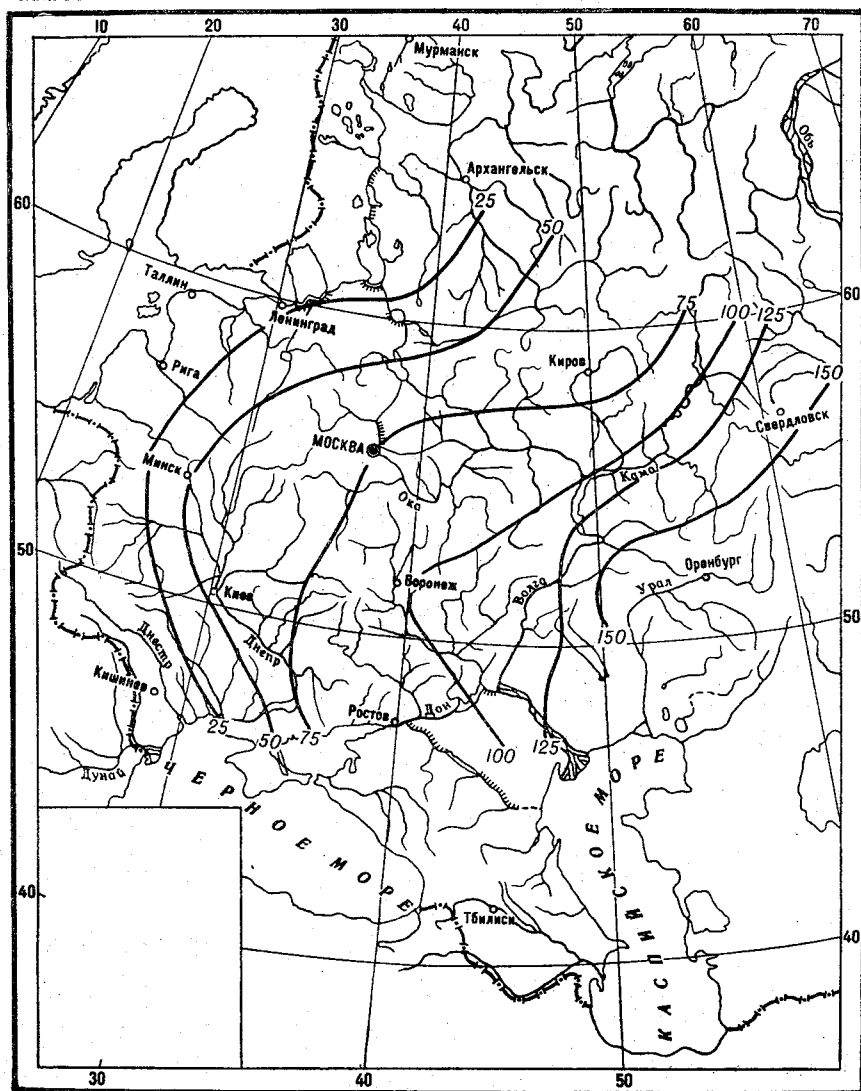


Рис. 33. Средняя сумма эффективных температур (выше 5°) от начала вегетации до фазы выхода в трубку озимой ржи весной (по А. А. Шиголеву).

цветения до молочной спелости — 225° , 4) от молочной до восковой спелости — 175° .

Если необходимо определить период, соответствующий двум трем фазам, то суммы эффективных температур, характеризую-

щие эти отдельные периоды, складываются и получается одна общая константа для большого периода. Например, для периода от колошения до восковой спелости озимой ржи в целом необходима сумма эффективных температур 544° , а за весь период репродуктивного развития от выхода в трубку до восковой спелости — 727° .

Для предвычисления времени наступления фаз развития озимой пшеницы сортов Ворошиловская, Гостианум 237, Дюрабль, Лютесценс 329, Новоукраинка 83, Одесская 3, Ставрополька, Украинка, Эритроспермум 917, Эритроспермум 46/131 Шиголев предлагает следующие суммы эффективных температур для межфазных периодов: 1) от выхода в трубку до колошения — 330° , 2) от колошения до молочной спелости — 230° , 3) от колошения до восковой спелости — 490° .

Показатель суммы эффективных температур для периода от колошения до цветения не дается, так как цветение озимой пшеницы наступает вскоре после начала колошения.

Расчет сроков наступления ожидаемых фаз развития производится практически следующим образом. Начиная со следующего дня после наступления исходной фазы, от которой ведется расчет, суммируется ежедневная эффективная температура, и день, когда наберется необходимая сумма эффективных температур, считается днем наступления последующей фазы. После расчета ожидаемых сроков наступления фаз развития озимых культур с учетом особенностей агрометеорологических условий текущего года полученные данные сравниваются со средними многолетними и указывается, на сколько дней развитие озимых в текущем году будет идти быстрее или медленнее, чем обычно.

Приведем пример расчета ожидаемых дат наступления восковой спелости озимой ржи в 1957 г. в Курской, Московской и Вологодской областях. В данном примере проведем расчеты по данным одной станции в каждой из указанных областей (табл. 40).

1) Выписываем наблюденные даты колошения озимой ржи по данным этих станций и ожидаемую температуру воздуха в последующий период. В Ушакове (Курская обл.) колошение озимой ржи наступило 16 мая, в Кашире (Московская обл.) — 22 мая, а в Вологде — 6 июня.

2) Зная температуру воздуха в период после колошения и сумму эффективных температур, необходимую от колошения до восковой спелости озимой ржи (544°), определяем день, когда накопится эта сумма эффективных температур. В Ушакове это произойдет 4 июля, в Кашире — 17 июля, в Вологде — 28 июля. Эти даты и будут ожидаемыми датами наступления восковой спелости озимой ржи.

3) Сравнивая рассчитанные сроки со средними многолетними, определяем, что в данном году созревание озимой ржи ожидается в указанных районах на 5—8 дней позднее обычных сроков.

Пример расчета ожидаемых дат наступления восковой спелости озимой ржи в 1957 г.

Станция	Сорт	Дата колошения	Температура воздуха по декадам										Сумма эффективных температур, необходимая для восковой спелости	Ожидаемые даты наступления восковой спелости	Средние многолетние даты восковой спелости	Отклонение ожидаемых дат от средних многолетних (+ раньше, — позже)	Фактические даты наступления восковой спелости	
			Май		Июнь		Июль		Август									
			II	III	I	II	III	I	II	III								
Ушаково (Курская обл.) Кашира (Московская обл.) Вологда	Харьковская 194	16/V	18,2	13,3	16,7	16,5	18,4	16,0	19,9	20,0	16,3	18,8	18,9	544	4/VII	28/VI	-6	6/VII
	Вятка	22/V	11,4	15,6	14,9	15,1	13,4	20,1	20,2	14,4	17,4	18,2	544	17/VII	12/VII	-5	20/VII	
	Вятка	6/VI	14,2	14,2	12,6	12,4	20,0	20,0	14,3	16,0	16,6	544	28/VII	20/VII	-8	28/VII		

В табл. 40 приведены также фактические даты наступления восковой спелости; они близки к ожидаемым. Как и ожидалось по расчетам, восковая спелость озимой ржи наступила в этих областях примерно на 8 дней позднее обычных сроков.

2. Прогнозы наступления фаз развития ранних яровых культур (яровой пшеницы, овса, ячменя)

а) Период от посева до кущения. Оптимальной температурой, при которой продолжительность начальных межфазных периодов ранних яровых бывает наименьшей, является температура 15—20°. С понижением температуры скорость развития замедляется. Однако в естественных условиях в начальные фазы развития ранних яровых культур температура чаще всего бывает ниже оптимальной. Происходит это потому, что сев этих культур проводят в большинстве районов с наступлением температуры воздуха 4—7°, учитывая при этом наилучшее использование весенних запасов влаги в верхних слоях почвы и возможность вызревания этих культур в тех или иных районах.

Заморозки, которые часто наблюдаются в этот период во многих районах, не опасны для ранних яровых культур.

Так, исследования Носатовского показали, что семена яровой пшеницы в набухшем состоянии, когда они имели влаги 45—65% веса зерна, при небольшой влажности почвы переносили температуру воздуха $-13,5^{\circ}$, гибель наблюдалась только у семян, имевших большую влажность (60—90%). Проростки до 0,5 см длины при небольшой влажности почвы только частично погибли после действия температуры $-13,5^{\circ}$, а при влажности почвы 90% проростки и всходы яровой пшеницы погибли даже при температуре $-4,4^{\circ}$. Всходы яровой пшеницы при небольшой влажности почвы выдерживают понижения температуры до -8° .

В большинстве районов Советского Союза ранние яровые зерновые культуры (пшеница, овес, ячмень) сеют одновременно и начальные фазы своего развития они проходят синхронно. Сортовые различия в этот период также почти не проявляются. При условии хорошей обеспеченности верхних слоев почвы влагой появление всходов и начало кущения яровой пшеницы, овса и ячменя, по данным Шиголева, наблюдаются (так же как и у озимой пшеницы) при накоплении суммы эффективных температур в каждом периоде 67° , т. е. от посева до кущения сумма эффективных температур равна 134° . По этой сумме эффективных температур, считая ее накопление со следующего дня после посева, производят расчет наступления начала кущения ранних яровых культур.

Носатовский [58] предлагает продолжительность периода посев—всходы яровой пшеницы при заделке семян на глубину 5 см определять также по сумме среднесуточных температур 120° , считая после посева. Если глубина заделки семян будет другой, то и необходимая сумма среднесуточных температур изменится.

По данным Носатовского, сумма среднесуточных температур, необходимая от посева до появления всходов яровой пшеницы, складывается из суммы среднесуточных температур от посева до прорастания семян, равной 50° , и из суммы среднесуточных температур от прорастания семян до появления ростка над почвой, равной произведению 10° на число сантиметров глубины заделки семян. Так как обычно появление всходов отмечается тогда, когда всходы над почвой достигнут высоты 2—3 см, для чего чаще всего требуется еще дополнительно сумма температур 20— 30° , то полная сумма среднесуточных температур, необходимая в период от посева до всходов, для мягкой пшеницы может быть выражена формулой $\Sigma t = 50 + 10n + 20$, где Σt — сумма среднесуточных температур, n — глубина заделки семян (в см). Некоторые сорта твердой пшеницы для своего прорастания требуют большей суммы температур, а поэтому всходы их появляются несколько позже.

Суммы среднесуточных температур за период посев—всходы яровой пшеницы при разной глубине заделки семян, по данным Носатовского, приведены в табл. 41.

Исходя из формулы суммы среднесуточных температур Носатовского, длину периода от посева до всходов мягкой яровой пшеницы в днях (x) можно выразить формулой $x = \frac{70 + 10n}{t}$, где n — глубина заделки семян, t — среднесуточная температура за период. Носатовский указывает, что при температурах ниже $2,5^\circ$ и выше 30° вести расчет продолжительности периода посев—всходы по этой формуле не следует. Кроме того, использование суммы среднесуточных температур без учета нижних пределов температуры, при которых начинаются процессы данной фазы, также ведет к некоторому искажению результата.

Продолжительность периода от всходов до кущения также бывает различной в зависимости от условий развития. При наличии достаточной влажности почвы и питательных веществ главным фактором, влияющим на продолжительность периода, является температура. С повышением температуры продолжительность этого периода уменьшается. В холодные весны или при слишком раннем посеве, когда температура невысокая, продолжительность периода всходы—кущение яровой пшеницы может достигать 20—25 дней. По данным Носатовского, сумма среднесуточных температур за период всходы—кущение равна в среднем $200\text{—}220^\circ$. Зная дату появления всходов и ожидаемый тепловой режим последующего периода, можно по этой сумме рассчитать сроки начала кущения яровой пшеницы. Однако, как уже указывалось, суммы среднесуточных температур за определенные межфазные периоды имеют большее непостоянство, чем суммы эффективных температур. Поэтому

Таблица 41

**Суммы среднесуточных температур за период
посев—всходы**

Сорт	Глубина заделки (см)		
	2	4	6,5
Лютесценс 62 . .	90	110	135
Мелянопус 69 . .	100	120	144

при составлении прогнозов расчеты фаз лучше проводить на основании сумм эффективных температур.

б) Период от кущения до выхода в трубку. В разделе по озимым культурам уже указывалось, что для периода кущение—выход в трубку установить суммы эффективных температур нельзя, так как скорость наступления этой фазы зависит не только от температуры и влажности, но и от световых условий.

Показатели, учитывающие весь этот сложный комплекс факторов, по которым можно было бы рассчитывать сроки наступления этой фазы, еще не установлены. Поэтому при прогнозировании пользуются пока для ориентировочных расчетов средними величинами сумм эффективных температур, полученными путем осреднения различных сумм температур этого периода по большому числу случаев. Например, в Центральном институте прогнозов для периода от кущения до выхода в трубку яровой пшеницы была получена средняя из 90 случаев, взятых из различных районов СССР, сумма эффективных температур, равная 105° . Эта сумма может быть еще уточнена применительно к конкретным местным условиям по сортам, а также путем увеличения числа случаев.

в) Период репродуктивного развития. В период репродуктивного развития от выхода в трубку до созревания у яровой пшеницы во время наступления фаз развития начинают проявляться сортовые различия. Поэтому для определения наступления различных фаз необходимы разные показатели сумм эффективных температур.

Шиголевым установлены для различных межфазных периодов яровых культур суммы эффективных температур с учетом сортовых различий (табл. 42).

Для вычисления сроков наступления фазы молочной спелости от начала колошения для всех сортов яровой пшеницы Шиголев указывает постоянную сумму эффективных температур 230° . Овес и ячмень имеют меньшие различия по сортам в требованиях к теплу в период от выхода в трубку до созревания, чем яровая пшеница (табл. 42).

Из сравнения данных табл. 42 следует, что для ячменя за весь период репродукции от выхода в трубку до восковой спелости необходима сумма эффективных температур, равная 718° , для овса 810° , а для большинства сортов мягкой яровой пшеницы 820° . Таким образом, яровой ячмень созревает при одновременном посеве с яровой пшеницей и овсом в большинстве районов СССР на 5—8 дней раньше этих культур.

Суммы среднесуточных температур в отдельные межфазные периоды всего времени репродукции яровой пшеницы имеют различные колебания. Так, например, Носатовский указывает, что в период от выхода в трубку до колошения сумма среднесуточных температур колеблется от 380 до 500° , а в период от выколашивания до созревания для большинства сортов составляет $650—700^{\circ}$.

Встречаются сорта, у которых сумма среднесуточных температур этого периода составляет всего 600° , а для других увеличивается до 900° .

Таким образом, прогнозы фаз развития ранних яровых культур, как и озимых, составляются на основании сумм эффективных температур.

Сумма эффективных температур для различных межфазных периодов яровых культур (по А. А. Шиголеву)

Культура, межфазный период, сорт	Суммы эффективных температур
Пшеница	
От выхода в трубку до колошения	
Гарнет, Эритроспермум 841	283
Смена	305
Лютесценс 62, Тулун 70 В/8, Диамант, Одесская 13, Тетчер, Артемовка, Мелянопус 69, Гордеиформе 189, Гордеиформе 10, Грекум 289, Народная, Альбидум 43	330
Альбидум 3700	355
Акмолинка	375
Мильтурум 321 и 553	400
От колошения до восковой спелости	
Мильтурум 321	450
Гарнет, Смена, Лютесценс 62, Тулун 70 В/8, Тулун 3 А/32, Диамант, Тетчер, Саррубра, Цезиум 111, Артемовка, Акмолинка, Альбидум 3700, Мильтурум 553, Одесская 13, Грекум 289	490
Эритроспермум 841, Мелянопус 69, Гордеиформе 10, Гордеиформе 189, Народная	540
Овес	
От выхода в трубку до выметывания	
Победа, Лоховский, Золотой дождь, Диппе, Московский А-315, Лейтевицкий, Онохойский 547, Омский, Немчиновский, Орел, Гирунес, Иыгева-Агу, Прикульский, Тулунский 86/5, Сахалинский, Советский	378
От выметывания до восковой спелости	
Те же сорта, кроме Советского	428
Советский	466
Ячмень	
От выхода в трубку до колошения	
Кубанец, Паллидум 32 и 43, ОД-9 и ОД-14, Нутанс 187 и 513, Ганна Лоосдорфская, Европеум 353, Медикум 659, Субмедикум 199, Червонец, Верхнячский, Уманский, Грушевский, Донецкий 591, Майя, Иыгева 707, Вайрогс, Ауксиняй 11, Голозерный, Крымский 17, Юбилейный, Омский 10661, Винер	330
От колошения до восковой спелости	
Те же сорта, кроме сорта Винер	388
Винер	410

При определении сроков созревания ранних яровых культур необходимо в северных районах Европейской территории СССР и Сибири учитывать возможность повреждения их заморозками. В начале восковой спелости зерно яровой пшеницы повреждается при понижении температуры до $-2,5^{\circ}$, а при полной спелости повреждение зерна могут вызывать только температуры ниже -13° .

Часто от сельскохозяйственных органов поступают запросы не только о том, на сколько темпы развития сельскохозяйственных культур в текущем году отличаются от средних многолетних, но и о том, на сколько позднее начнется уборка одних культур по сравнению с другими. Чтобы дать ответы на такого рода вопросы, необходимо сделать соответствующий расчет, пример которого приводится ниже.

Допустим, необходимо определить ожидаемые даты наступления восковой спелости яровой пшеницы в 1957 г. по данным станций Вологда и Ушаково (Курской области), а также определить, на сколько дней наступление восковой спелости у яровой пшеницы ожидается позднее, чем у озимой ржи (табл. 43).

1) Выписываем по указанным станциям фактические даты колошения яровой пшеницы. В Вологде колошение яровой пшеницы Лютесценс 62 наступило 16 июля, а в Ушакове — 20 июня.

2) Для сорта яровой пшеницы Лютесценс 62 от колошения до восковой спелости необходима сумма эффективных температур 490° .

3) По ожидаемой температуре воздуха определяем день, когда накопится указанная сумма эффективных температур; этот день и будет днем наступления восковой спелости яровой пшеницы Лютесценс 62.

4) По указанным расчетам в Ушакове восковая спелость яровой пшеницы ожидается 27 июля, а в Вологде — 26 августа.

5) В предыдущем примере мы определили по данным этих станций ожидаемые даты наступления восковой спелости у озимой ржи (см. табл. 40): в Ушакове — 4 июля, а в Вологде — 28 июля.

6) Следовательно, восковая спелость у яровой пшеницы в Ушакове наступит на 23 дня, а в Вологде на 29 дней позднее, чем у озимой ржи.

После определения по данным всех станций обслуживаемой территории ожидаемых дат наступления той или иной фазы развития ранних яровых культур составляется текст прогноза. Как уже указывалось, отдельными прогнозами выпускаются чаще всего прогнозы сроков созревания сельскохозяйственных культур. В тексте такого прогноза дается анализ условий развития сельскохозяйственных культур в течение вегетационного периода данного года и указываются ожидаемые сроки их созревания. К прогнозу обычно прилагается карта. Пример такой карты дан на рис. 34.

Пример расчета ожидаемых дат наступления восковой спелости яровой пшеницы в 1957 г.

Станция	Сорт	Дата колошения	Температура воздуха по декадам							Сумма эффективных температур, необходимая от колошения до восковой спелости	Ожидаемые даты наступления восковой спелости		На сколько дней позднее ожидается созревание яровой пшеницы, чем озимой ржи
			Июнь	Июль			Август				яровой пшеницы	озимой ржи	
			III	I	II	III	I	II	III				
Ушаково (Курская обл.)	Лютесценс 62	20/VI	18,4	16,0	19,9	20,0	16,3	18,8	18,9	490	27/VII	28/VI	29
Вологда	Лютесценс 62	16/VII			20,0	20,0	14,3	16,0	16,6	490	26/VIII	20/VII	37

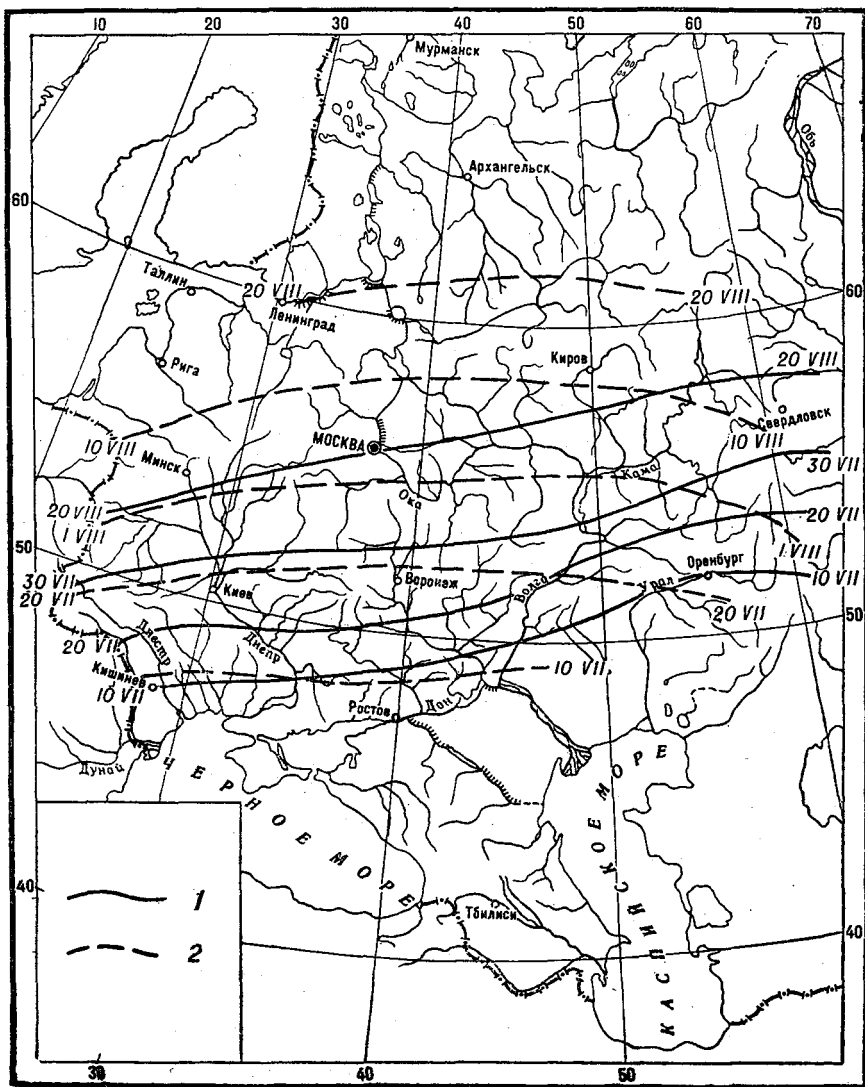


Рис. 34. Даты наступления восковой спелости яровой пшеницы, ожидаемые в 1955 г. (1), и средние многолетние (2).

3. Прогнозы наступления фаз развития поздних яровых культур (проса, кукурузы, гречихи)

Поздние яровые культуры — просо, кукуруза, гречиха — являются теплолюбивыми культурами. Недостаток тепла ведет к невызреванию этих культур, а поздневесенние и раннеосенние заморозки вызывают повреждение их. Поэтому расчеты наступления фаз развития этих культур с учетом сложившихся и ожидаемых условий каждого года имеют важное практическое значение. По этим расчетам можно судить о наилучших сроках сева этих культур и учитывать возможность повреждения всходов теплолюбивых культур заморозками (см. гл. V). Можно также определять, в каких районах в условиях текущего года возможно созревание этих культур, а в тех районах, где тепла будет недостаточно для полного созревания, можно рассчитать, в какой фазе поздние теплолюбивые культуры закончат вегетацию до наступления осенних заморозков.

Расчет наступления фаз развития проса и гречихи проводится, как и для ранних яровых культур, по суммам эффективных температур. По данным Шиголева, всходы проса появляются при накоплении суммы эффективных температур (выше 5°), равной 150° .

Выметывание проса наступает в среднем через 55—60 дней после посева и через 40—45 дней после всходов, а созревание через 30—35 дней после выметывания. Длина всего вегетационного периода проса составляет 80—100 дней. Однако в различные годы в зависимости от температурного режима продолжительность этих периодов разная. Расчет сроков выметывания проса можно производить по сумме эффективных температур, считая со следующего дня после всходов, около 600° . Сумма эффективных температур от выметывания до полной спелости составляет 440° . Таким образом, для всего периода от посева до полной спелости проса необходима сумма эффективных температур около 1200° .

Наступление всходов гречихи можно определить по сумме эффективных температур, равной 75° . От всходов до начала цветения сумма эффективных температур составляет 275° , а от цветения до созревания — 470° .

Кукуруза — одна из наиболее урожайных сельскохозяйственных культур. В южных районах Европейской территории СССР кукуруза по урожаю зерна превышает все другие зерновые культуры и в то же время позволяет обеспечить животноводство сочными зелеными кормами. В центральных районах, где кукуруза дает чаще всего початки в молочно-восковой спелости, идущие на высококачественный силос, значение ее в создании прочной кормовой базы еще более увеличивается. В северных районах посевы кукурузы также дают возможность увеличить производство сочных кормов.

Для своего созревания кукуруза требует значительного количества тепла. Различные сорта кукурузы по своим требованиям к теплу очень различны. По продолжительности периода вегетации, по данным Е. А. Малюгина, между крайними группами сортов разница достигает двух месяцев.

Е. А. Малюгин и Е. В. Бессонова [52] на основании анализа фенологических наблюдений по кукурузе многих сортоучастков установили, что за период от посева до созревания сумма среднесуточных температур для скороспелых сортов типа Первенец, Минусинская, Белоярое пшено и других колеблется в пределах 1850—2000°, среднеранних типа Спасовская — около 2100—2300°, среднеспелых типа Миннезота 13 — около 2300—2500°.

Позднеспелые сорта типа Круг и Лиминг вследствие очень большой потребности в тепле имеют ограниченное распространение, только на крайнем юге СССР. По данным сортоучастков Краснодарского края, для созревания этих сортов необходима сумма среднесуточных температур от 2900 до 3200°, так как продолжительность вегетационного периода их очень большая, в среднем от 140 до 155 дней, а в холодные годы и больше.

Указанными авторами также установлено, что за период от посева до выметывания почти все сорта кукурузы требуют 45—55%, а для наступления молочной спелости зерна 80—85% суммы температур, необходимой за весь период вегетации.

С. А. Сапожникова и В. А. Смирнова [20, 86] на основании обработки многолетних материалов фенологических наблюдений по кукурузе Государственной комиссии по сортоиспытанию определили средние суммы активных температур, необходимые для различных межфазных периодов (от посева до выбрасывания султана, от посева до молочной спелости, от посева до полной хозяйственной спелости). При этом использовались данные сортоучастков, расположенных как на Азиатской, так и на Европейской территории СССР.

Данные Сапожниковой и Смирновой о требовательности кукурузы к теплу представлены в табл. 44, где все сорта разделены по скороспелости на 5 групп, причем суммы температур даны не на начало, а на момент массового наступления соответствующих фаз.

Кукуруза продуктивна не только на сухое зерно, но и в качестве силосной культуры, причем наиболее ценный силос получается при возделывании более поздних, высокорослых и ветвистых сортов при уборке их в фазе молочно-восковой спелости. Поэтому также очень важно знать термические показатели, позволяющие определять время наступления молочно-восковой спелости у кукурузы, т. е. время уборки на наиболее полноценный силос. Однако отсутствие на сортоучастках наблюдений над фазой молочно-восковой спелости кукурузы вызвало необходимость определять эти показатели косвенным путем.

На основании анализа фенологических данных Руденко, Балура, Тютюник было установлено, что периоду от молочной до восковой спелости кукурузы соответствует сумма активных температур около 200° . Для того чтобы получить сумму температур, необходимую от посева до восковой спелости, следует к сумме температур, необходимых от посева до молочной спелости (табл. 44) прибавить 200° . Половина этой величины (т. е. 100°) рекомендуется Сапожниковой и Смирновой как поправка для получения суммы температур, необходимой для наступления молочно-восковой спелости кукурузы (т. е. сумма температур от посева до молочно-восковой спелости равна сумме температур от посева до молочной спелости, увеличенной на 100°). Однако следует отметить, что по средним суммам температур мы можем получать только приближенные расчеты.

Рассмотрим пример расчета темпов развития кукурузы по суммам активных температур. Необходимо определить, каких

Таблица 44

Средние суммы активных температур, необходимые для достижения отдельных фаз развития кукурузы по группам сортов

Сорта	Посев — выметы- вание султана	Посев — молочная спелость	Посев — хозяйствен- ная спелость
Самые ранние			
Белоярое пшено, Казанская 108, Славгородская 270, Чишминская 1	1100	1700	2100
Ранние			
Спасовская, Безенчукская 41, Воро- нежская 76, Чакинская жемчу- жина, Северодакотская	1200	1900	2200
Среднеранние			
Гибрид Донской, Гибрид Буковин- ский 1, Харьковская 23, Белая зубовидная Харьковская, Днепро- петровская	1300	2000	2400
Среднеспелые			
Гибрид ВИР-25, Миннезота 13 экстра, Гибрид Успех, Гибрид ВИР-42	1400	2100	2500
Среднепоздние			
Гибрид Краснодарский 4, Гибрид ВИР-50, Стерлинг, Гибрид Красно- дарский 1/49	1500	2200	2700

фаз развития успеют достичь различные сорта кукурузы до прекращения вегетации и начала осенних заморозков в Куйбышевской и Тульской областях (табл. 45). Дата составления прогноза — 12 августа.

Расчет проводим следующим образом.

1) Выписываем фактическую дату наступления предшествующей фазы, в данном случае дату выметывания султана по наблюдениям станций указанных областей.

2) Подсчитываем от даты выметывания султана до даты составления прогноза (12/VIII) по фактической, а дальше по ожидаемой температуре, сумму активных температур, которая накопится от даты выметывания султана до перехода среднесуточной температуры через 10° осенью. Если заморозки по прогнозу ожидаются раньше перехода температуры воздуха через 10° , то сумма температур подсчитывается до даты ожидаемых заморозков. В данном случае заморозки повсюду ожидаются около 10 октября, т. е. после этого перехода температуры.

3) На основании анализа подсчитанной суммы температур за период от выметывания султана до конца вегетации определяем фазу развития кукурузы, которая ожидается к концу вегетации.

По данным станции Батрак сумма среднесуточных температур составила 1335° . Для сорта кукурузы ВИР-42 от выметывания до хозяйственной спелости необходима сумма температур, равная 1100° (табл. 44); следовательно, в текущем году в районе данной станции кукуруза этого сорта к концу вегетации достигнет хозяйственной спелости.

По данным станции Волово, после выметывания султана у сорта Краснодарский накапливается сумма температур 689° , а от выметывания до молочной спелости необходима сумма температур 700° (табл. 44); следовательно, в районе станции Волово кукуруза этого сорта закончит вегетацию в фазе налива зерна, но еще не достигнет молочной спелости.

Рассчитав по всей обслуживаемой территории ожидаемую степень созревания различных сортов к концу вегетации, данные наносят на карты (рис. 35) и составляют текст прогноза.

В тексте прогноза дается анализ и оценка агрометеорологических условий роста и развития кукурузы за прошедшую и ожидаемую части вегетационного периода. Указываются ожидаемые сроки созревания различных сортов кукурузы в тех районах, где она достигнет полной спелости, и ожидаемое состояние кукурузы к моменту прекращения вегетации в остальных районах.

Кроме определения ожидаемых дат наступления фаз развития кукурузы по суммам активных температур, которые определены для основных фаз ее развития, Чирковым [102] разработан метод определения сроков выметывания султана кукурузы по суммам эффективных температур. Исследуя особенности раз-

Станция	Сорт	Сев	Выметывание султана	Темпе		
				Фак		
				Июнь		
				I	II	III
Батрак (Куйбышевская обл.)	Гибрид ВИР-42 . . .	20/V	24/VII	19,6	22,8	23,4
Серноводск (Куйбышевская обл.)	Гибрид Краснодарский 90	5/V	30/VI	19,0	22,0	21,1
Безенчук (Куйбышевская обл.)	Днепропетровская .	15/V	30/VI	19,2	21,9	22,6
Волово (Тульская обл.)	Гибрид Краснодарский	15/V	10/VIII	15,7	15,5	16,4

вития кукурузы в период листообразования, он пришел к выводу о возможности использования для прогноза выметывания султана кукурузы связи скороспелости сорта с числом образующихся листьев и зависимости темпов листообразования от температурного режима.

Число листьев является сортовым признаком кукурузы, связанным со скороспелостью сорта. Самые раннеспелые сорта образуют 9—11 листьев, позднеспелые 18—19 листьев и более. Закладывание листьев в конце нарастания метелки заканчивается в начале периода листообразования. Но кроме сортовых особенностей, большое влияние в период закладки листьев оказывает температура. При высокой температуре число листьев закладывается меньше, при пониженной — больше. Впоследствии развившиеся первые (нижние) листья быстро отмирают, и число листьев к фазе выметывания бывает на 5—7 меньше общего числа всех образовавшихся листьев.

Чирков указывает, что на скорость появления листьев, кроме температуры, оказывают влияние также запасы влаги в почве. Если запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы меньше 20 мм, то темп листообразования замедляется.

Влияние внешних условий на темпы листообразования настолько велико, что даже у резко различных по скороспелости

кукурузы ко времени прекращения вегетации
гноза — 12 августа

ратура по декадам												Дата ожидаемых заморозков	Прекращение вегетации	Сумма температур от выметывания султана до прекращения вегетации	Ожидаемые фазы, в которых заканчивается вегетация
Климатическая				Рассчитанная (по прогнозу погоды)											
Июль			Август	Август		Сентябрь			Октябрь						
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III				
6,7	21,2	24,6	18,9	18	24	21	21	11	5	3	6	10/X	30/IX	1335	Хоз. спелость
5,9	21,0	24,2	17,5	18	23	21	19	10	5	3	6	10/X	30/IX	1753	То же
5,6	21,6	25,5	18,7	19	24	22	20	11	5	3	6	10/X	30/IX	1823	
3,8	19,4	20,0	14,5	18	19	16	14	7	—	—	—	10/X	20/IX	689	Налив зерна до молочной спелости

сортов темп листообразования при равных внешних условиях иногда бывает одинаков.

Сопоставляя по ряду сортов суммы эффективных температур (выше 10°), накопившиеся за период от 3-го листа до выметывания, с числом образовавшихся листьев, Чирков установил, что у различных сортов средние суммы эффективных температур за один межлистовой период сравнительно близки. В условиях нечерноземной полосы Европейской территории СССР это будет $28-31^{\circ}$, т. е. в среднем около 30° . В южных районах происходит возрастание величины этого показателя до $35-36^{\circ}$ вследствие повышения дефицита влажности воздуха и уменьшения продолжительности светлой части суток. Следовательно, для сортов, образующих большее количество листьев до выметывания, необходима и большая сумма температур за этот период. Зная число заложённых листьев и среднюю сумму эффективных температур одного межлистового периода, по данным Чиркова, можно от каждого очередного листа определять сумму эффективных температур, необходимую для выметывания султана. Для этого надо иметь следующие данные: 1) число заложившихся, но еще не вышедших до выметывания султана листьев, 2) среднюю сумму эффективных температур за один межлистовой период, 3) прогноз температуры воздуха на период до выметывания султана.

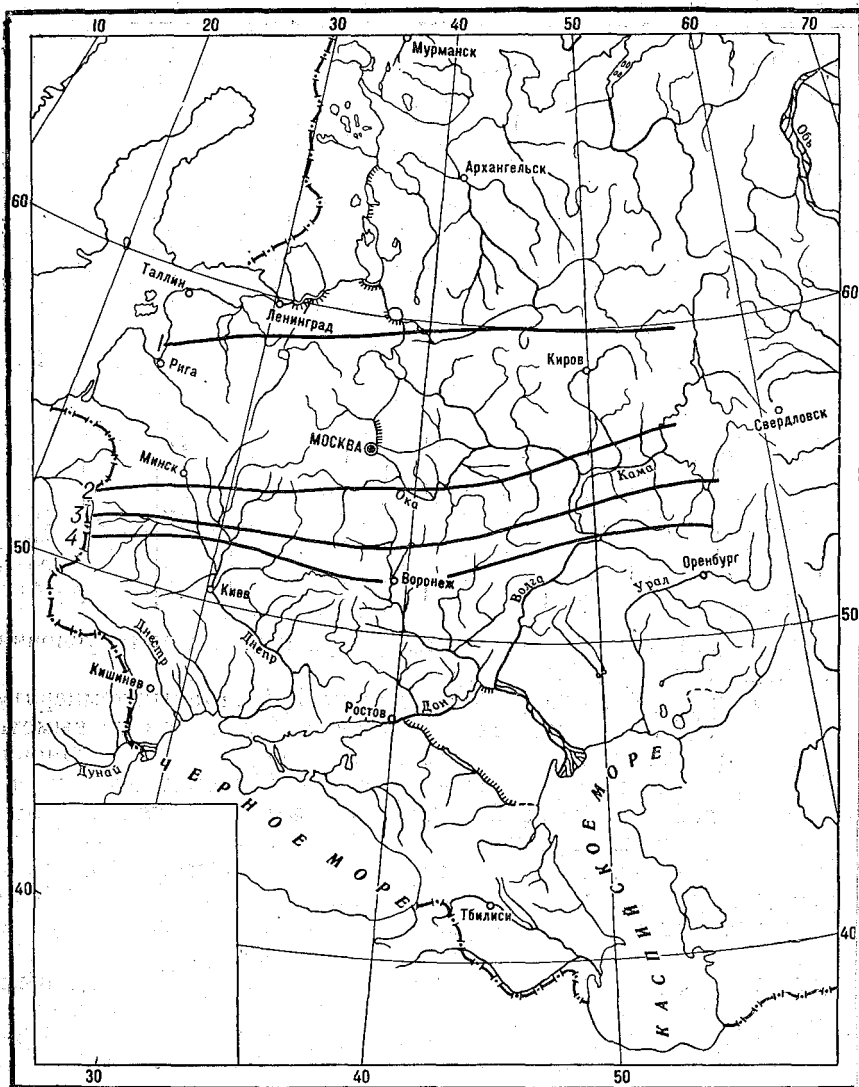


Рис. 35. Ожидаемая степень созревания среднеспелых сортов кукурузы (тип ВИР-25, ВИР-42, Миннесота 13) в 1957 г.

1 — цветение, 2 — молочная зрелость, 3 — восковая зрелость, 4 — полная (хозяйственная) зрелость.

На агрометеостанциях отмечается появление каждого очередного листа кукурузы, начиная с 3-го, а после выхода в трубку проводится определение числа заложившихся, но еще не вышедших листьев. Последние подсчитываются при вертикальном разрезе стебля кукурузы в фазе 11—12-го листа у позднеспелых сортов, 9—10-го листа у среднеспелых и 6—8-го листа у раннеспелых. Эти данные сообщаются со станций оперативным работникам, ведущим агрометеорологическое обслуживание. По получении этих данных можно приступить к составлению прогноза сроков выметывания султана кукурузы.

Ожидаемую дату выметывания султана кукурузы Чирков предлагает вычислять по формуле

$$D = D_1 + \frac{Ak(n+1)}{t-10},$$

где D — ожидаемая дата выметывания султана кукурузы, D_1 — дата определения количества заложившихся, но не вышедших до выметывания султана листьев, A — средняя сумма эффективных температур одного межлистового периода, $n+1$ — число будущих межлистовых периодов плюс период от появления последнего листа до выметывания, t — прогнозируемая средняя температура периода, k — коэффициент, зависящий от дефицита влажности воздуха.

Величина k в зависимости от среднего за период дефицита влажности воздуха (d) в 13 часов имеет следующие значения:

d (мм)	8—12	13—16	17—20	21—25
k	1,0	1,1	1,2	1,3

Расчет ожидаемых дат выметывания султана кукурузы проводится следующим образом.

Допустим, нам необходимо рассчитать, когда будет выметывание султана кукурузы сорта Краснодарский 1/49 в районе станции Горький. Дата составления прогноза 10 июля. На эту дату у кукурузы данного сорта наблюдалось 11 листьев и было отмечено еще 9 образовавшихся, но не вышедших листьев.

Средняя сумма эффективных температур за один межлистовой период в условиях нечерноземной зоны равна 30° , $k=1$. Средняя температура за 20 дней июля и за август по долгосрочному прогнозу погоды составит 17° .

Подставляем указанные величины в формулу и определяем ожидаемую дату выметывания султана: $D = 10 + \frac{30 \cdot 1(9+1)}{17-10} = 10 + 43$, т. е. к 10 июля надо прибавить 43 дня, получим 22 августа.

Вследствие того что длительность периода, за который необходимо определить среднюю температуру, нам, по существу, неизвестна, расчет ожидаемых дат выметывания султана точнее производить не по формуле, а сразу путем подсчета суммы

эффективных температур, равной $30k(n+1)$, от даты определения не вышедших листьев до выметывания султана. В нашем примере эта дата 10 июля. Определяем от нее день накопления суммы эффективных температур 300° . Этот день и будет датой выметывания султана кукурузы.

Прогноз сроков выметывания султана имеет большое практическое значение при определении сроков уборки кукурузы на силос в нечерноземной полосе, при планировании мероприятий по дополнительному опылению кукурузы, а также для обоснования мероприятий по своевременному проведению поливов, мероприятий, связанных с семеноводством и т. д.

Однако составление прогноза по вышеизложенной методике Чиркова возможно, во-первых, только при наличии достаточно точных наблюдений за листообразованием и, во-вторых, при условии хорошего увлажнения почвы. В условиях засухи приведенные показатели сумм эффективных температур не будут характеризовать темпы листообразования и точность расчета по этим показателям будет низкой. Наоборот, при условии достаточного увлажнения почвы, когда темпы листообразования находятся главным образом в зависимости от температуры, по этим показателям можно судить также о степени благоприятности условий и для роста кукурузы. Неблагоприятные термические условия одновременно с замедлением листообразования вызывают и замедление прироста вегетативной массы.

Ожидаемые сроки наступления фаз развития кукурузы в текущем году сравниваются со средними многолетними сроками, и в прогнозе дается характеристика темпов развития кукурузы по отдельным периодам в связи с особенностями условий текущего года.

Малюгиным и Бессоновой [52] составлены карты средних многолетних сроков наступления различных фаз кукурузы и дана на этих же картах обеспеченность наступления данной фазы (рис. 36 и 37). Сравнение рассчитанных данных наступления фаз со средними многолетними определит степень аномальности скорости развития кукурузы в текущем году, а учет в прогнозе обеспеченности наступления ожидаемой фазы на той или иной территории уменьшит возможность ошибки прогноза.

При расчете ожидаемых сроков созревания теплолюбивых культур необходимо учитывать возможность повреждения их ранними осенними заморозками. Вегетация, например, кукурузы прекращается при заморозках -2 , -3° . Поэтому расчет сумм температур, определение окончания вегетации теплолюбивых культур и возможных фаз, которых достигли эти культуры к моменту прекращения вегетации в конце лета — начале осени, следует производить до даты наступления заморозков -2 , -3° .

Даты наступления заморозков нужно определять непосредственно по долгосрочному прогнозу погоды, но в то же время для большей уверенности в прогнозе необходимо установить

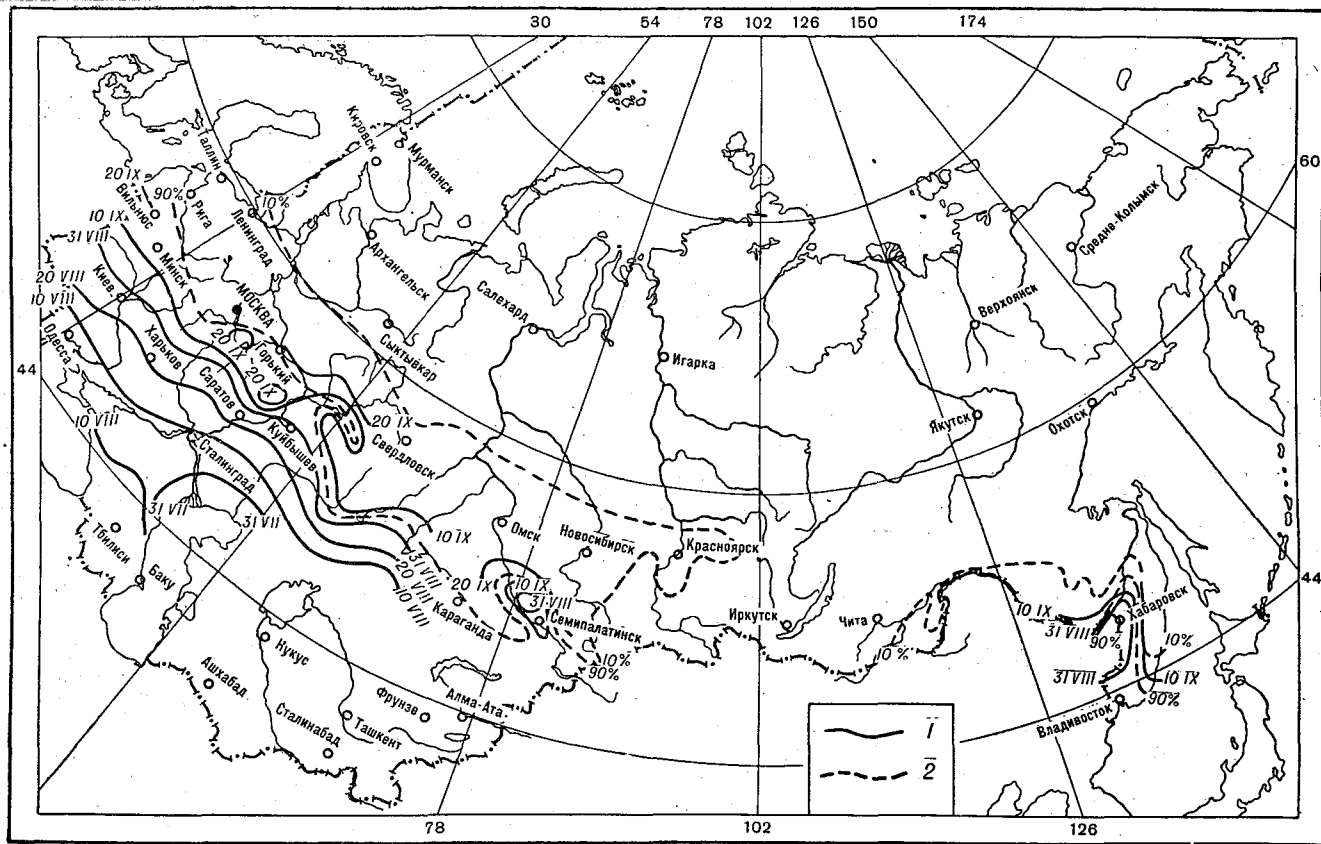


Рис. 36. Средние многолетние сроки созревания кукурузы скороспелых сортов типа Первенец и наступления молочной зрелости початков среднеспелых сортов типа Миннезота 13 (1) и обеспеченность (в %) наступления обеих фаз (2).

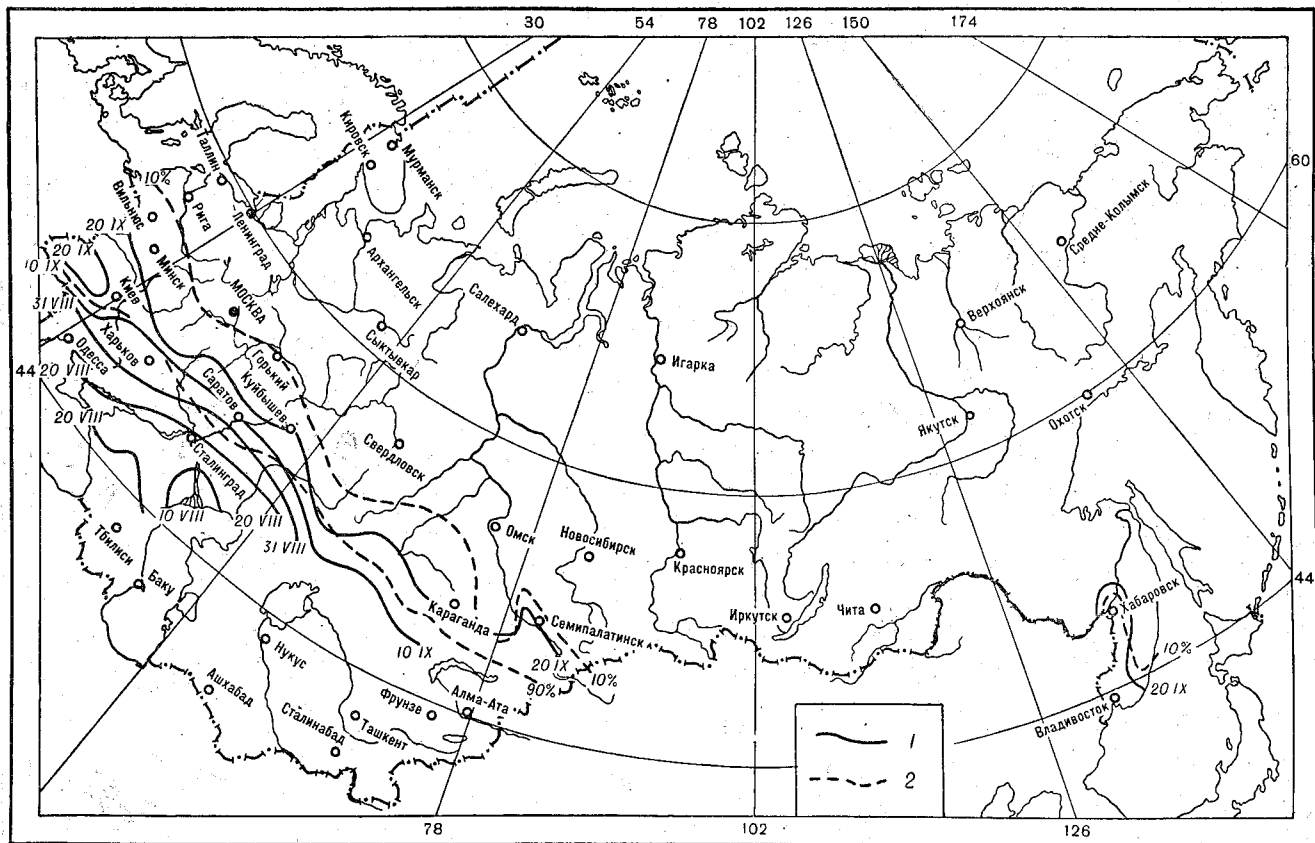


Рис. 37 Спелные многолетние сроки созревания кукурузы среднеспелых сортов типа Миннезота 13 (1) и обеспечен-

и климатическую вероятность заморозков на эту дату. Определение вероятности заморозков в раннеосенний период производится по данным Гольцберг [18], которая для ряда районов страны вычислила эти вероятности. Если для района, по которому составляется прогноз созревания теплолюбивых культур, вероятность заморозков еще не вычислена, ее легко можно вычислить по способу Гольцберг (см. гл. V). Средние квадратические отклонения (σ), необходимые для расчета вероятности осенних заморозков для любого пункта СССР, Гольцберг приводит на карте (рис. 38).

4. Определение ожидаемых фаз развития у льна и сеяных трав

Шиголевым разработаны показатели сумм температур, по которым можно производить расчеты ожидаемых сроков наступления фаз у льна и частично у сеяных трав. При хорошем увлажнении почвы, по его данным, для появления всходов льна необходима сумма эффективных температур 60° . Для периода между заложением первых бутонов (начало образования соцветий) и зацветанием у наиболее распространенных сортов льна-долгунца величина суммы эффективных температур близка к 150° , а от зацветания до созревания (побурения) первых коробочек в соцветиях она составляет около 410° .

При определении ожидаемых фаз развития у сеяных трав большое производственное значение имеет прогноз цветения трав, т. е. прогноз сроков состояния готовности их к уборке на сено.

Для красного двуукосного клевера от возобновления вегетации (от перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^\circ$) до его зацветания, по Шиголеву, необходима сумма эффективных температур около 470° , а для синей люцерны в тот же период развития — 468° .

По данным А. М. Могилевой, для начала цветения красных двуукосных клеверов сумма эффективных температур составляет также $460-470^\circ$, а для начала цветения люцерны — $425-500^\circ$.

Могилевой установлено, что для наступления фазы цветения одноукосных клеверов при достаточном увлажнении почвы необходима сумма эффективных температур $550-570^\circ$.

Для красного клевера, поздноцветущего, А. В. Девятковой для северо-западных областей РСФСР были получены следующие средние показатели сумм эффективных температур. За период от возобновления вегетации (переход температуры через $+5^\circ$) до начала образования соцветий эта сумма равна 383° , а до массового образования соцветий — 427° . За период от образования соцветий до начала цветения сумма эффективных температур равна 118° .

Таким образом, за весь период от возобновления вегетации до начала цветения клевера необходима сумма эффективных температур около 500° , а до массового цветения — около 550° .

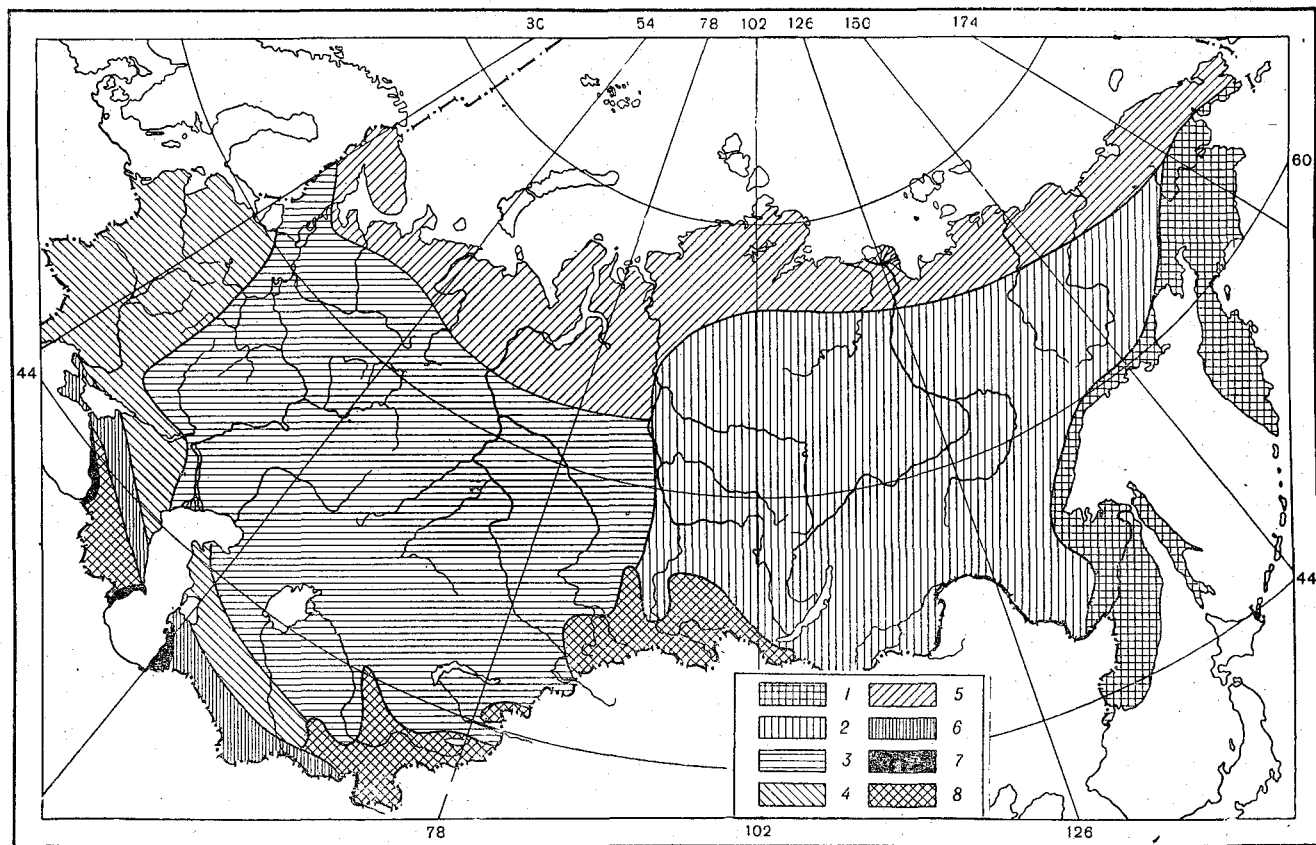


Рис. 38. Карта типов кривых вероятности заморозков (σ). Весна.
 Величина σ : 1 — от 5 до 7; 2 — от 7 до 9; 3 — от 9 до 11; 4 — от 11 до 13; 5 — от 13 до 15; 6 — от 15 до 17;

Эти показатели при проверке расчетов ожидаемых сроков цветения клевера в условиях Ленинградской, Псковской и Новгородской областей дали вполне удовлетворительные результаты. Они применяются в оперативном агрометеорологическом обслуживании при определении ожидаемых сроков уборки клевера на сено в северо-западных областях РСФСР.

Девятковой была определена также по материалам этих же областей сумма эффективных температур, необходимая от цветения до начала созревания семян красного клевера, равная 400° , а до массового созревания — 420° .

Для определения ожидаемых сроков начала цветения злаковых трав — луговой овсянницы, луговой тимopheевки и ежи сборной — Могилевой предложены суммы эффективных температур 450 — 470° .

Техника расчета ожидаемых сроков цветения трав по суммам эффективных температур совершенно такая же, как и по другим культурам (озимые, яровые). Только по другим культурам расчеты ведутся от предшествующих фаз, а по травам — от момента возобновления вегетации их весной, т. е. от перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$.

Рассчитанные данные об ожидаемых сроках цветения (сенокосения) наносятся на карты (рис. 39) и составляется текст прогноза. В тексте прогноза дается анализ и оценка темпов развития и условий роста трав и указываются ожидаемые сроки начала цветения (сенокосения) в различных районах в текущем году и сравнение их со средними многолетними сроками.

5. Определение ожидаемых сроков различной спелости томатов

Томаты — теплолюбивая культура, поэтому полное созревание их возможно только в районах, где условия температурного режима соответствуют потребностям томатов в тепле. В других районах, где тепла бывает недостаточно для полного вызревания, томаты убираются в различной степени спелости.

Томаты почти повсеместно разводятся рассадным способом. Высадку рассады томатов в грунт чаще всего производят после прекращения весенних заморозков или тогда, когда вероятность повреждения высаженной рассады томатов заморозками становится небольшой (меньше 20%). К этому времени температура воздуха бывает близка к 15° . В момент высадки рассады в грунт томаты чаще всего вступают в фазу образования соцветий.

Анализ многолетних наблюдений над фазами развития томатов показал, что нижний предел температуры развития их близок к 15° , а для определенных периодов развития томатов наблюдается постоянство сумм эффективных температур (выше 15°). Так, из данных Т. А. Побетовой [65] следует, что от момента образования соцветий до полной спелости томатов необходима сумма эффективных температур, равная 300° , а для наступления бланжевой спелости — 200° .

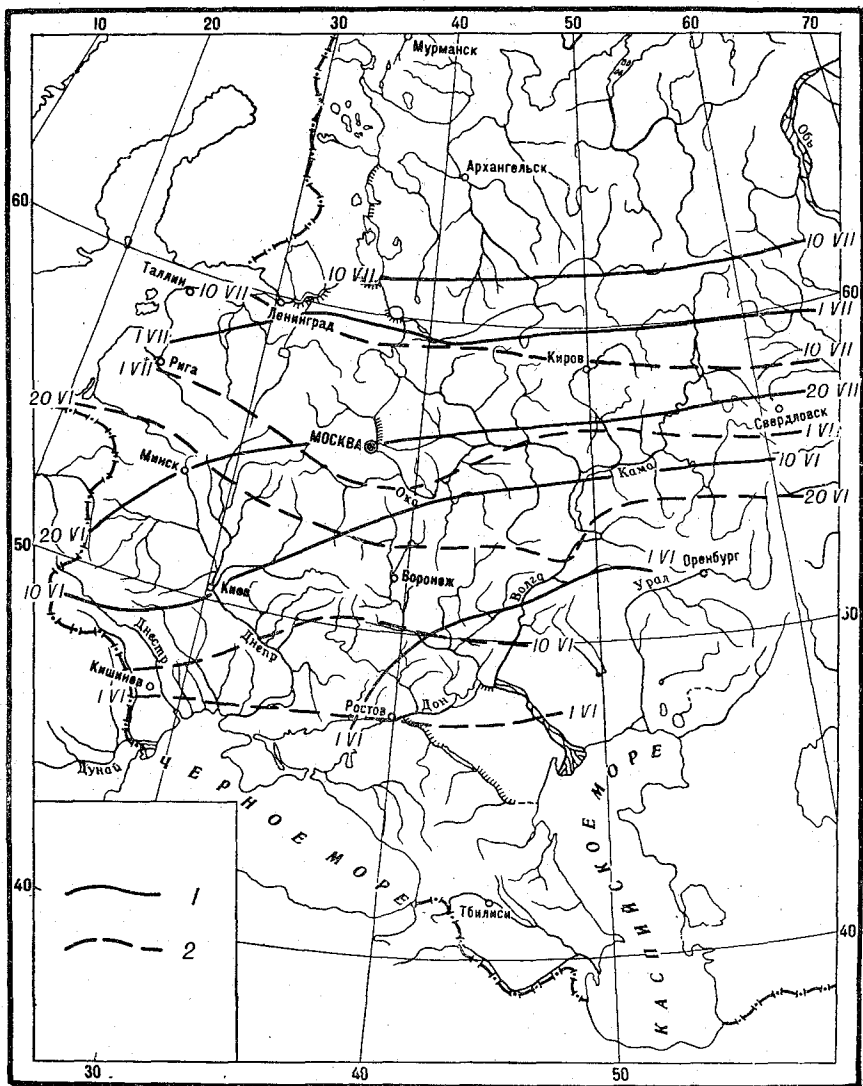


Рис. 39. Сроки цветения (сенокосения) одноукосного клевера и люцерны, ожидаемые в 1957 г. (1) и средние многолетние (2).

В северных и северо-западных районах Советского Союза томаты редко достигают бланжевой спелости. Обычно их убивают во избежание повреждений от заморозков в зелено-бланжевом состоянии. Такого состояния томаты достигают при накоплении суммы эффективных температур (выше 15°), равной 100°.

Зная из данных наблюдений фактические сроки высадки рассады в грунт, температурный режим до даты составления прогноза, а также ожидаемую температуру воздуха по долгосрочному прогнозу погоды и даты наступления заморозков, можно по указанным выше показателям сумм эффективных температур определить, когда и в какой степени спелости следует производить уборку томатов, учитывая особенность агрометеорологических условий их развития в текущем году в различных районах.

Допустим, нам необходимо определить ожидаемые сроки наступления бланжевой спелости у томатов в условиях текущего года в Московской области.

Для примера ограничимся расчетом по данным только одной станции Немчиновка. В районе этой станции томаты были высажены в грунт 10 июня в фазе образования соцветий. Дата составления прогноза 20 июля. От даты высадки томатов в грунт до даты составления прогноза сумму эффективных температур, необходимую для достижения бланжевой спелости томатов, подсчитываем по фактически наблюдавшейся температуре воздуха, а за период от даты составления прогноза до даты наступления бланжевой спелости — по ожидаемой температуре воздуха (по долгосрочному прогнозу погоды). День накопления суммы эффективных температур, равной 200°, и будет днем наступления у томатов бланжевой спелости. Расчет удобно производить по форме, показанной в табл. 46.

Таблица 46

Пример расчета ожидаемых дат наступления бланжевой спелости томатов. Агрометеостанция Немчиновка

Дата высадки рассады в грунт — 10 июня. Дата составления прогноза — 20 июля

Названия элементов	Июнь		Июль			Август		
	II	III	I	II	III	I	II	III
Среднедекадная температура воздуха	16	17	18	19	19	18	17	16
Сумма эффективных температур (выше 15°):								
по декадам	10	20	30	40	44	30	20	11
нарастающим итогом	10	30	60	100	144	174	194	205

Ожидаемые сроки наступления бланжевой спелости томатов — около 26 августа.

6. Определение ожидаемых сроков цветения плодовых культур

Для расчетов времени начала цветения плодовых культур применяются показатели сумм эффективных температур, разработанные Шиголевым.

Техника расчета прогноза сроков цветения плодовых культур та же, что была указана выше для зерновых культур. Разница только в том, что у полевых культур расчет сроков наступления ожидаемых фаз развития ведется от какой-то исходной фазы, которая уже наступила к моменту составления прогноза, а в прогнозе сроков цветения плодовых культур расчет ведется от начала возобновления вегетации, т. е. от устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$. Эта исходная дата в разных случаях может быть как фактической, так и ожидаемой в зависимости от заблаговременности прогноза. Если запросы об этом поступают рано, еще до перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}$, то необходимо сначала по долгосрочному прогнозу погоды определить дату ожидаемого устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$, а затем уже, ведя от этой даты подсчет сумм эффективных температур по ожидаемой температуре, определить сроки начала цветения плодовых культур. Если прогноз составляется сразу по большой территории, то эти исходные данные для одних районов могут быть фактическими (где уже указанный переход температуры произошел), а для других районов — ожидаемыми.

Для различных плодовых культур от перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}$ до начала цветения, по Шиголеву, необходимые определенные суммы эффективных температур, показанные в табл. 47.

Хорошая оправдываемость расчетов по указанным суммам эффективных температур наблюдается для большинства культур в районах (или в годы) с устойчивой зимой, т. е. с продолжительным периодом зимнего покоя у плодовых культур. В районах (или в годы) с очень неустойчивой зимой, с неоднократными сильными оттепелями, когда температура воздуха днем повышается до 10° и выше и зимний покой плодовых культур неоднократно за зиму нарушается, указанные суммы температур требуют поправок. Эти поправки необходимо определить для отдельных районов по типам зим с различной повторяемостью оттепелей и их интенсивностью. Следует также проводить тщательный анализ периода, предшествующего цветению.

Сансон-Карет [121], на основании анализа наблюдений за началом цветения растений, пришел к выводу, что в период, предшествующий цветению, хотя температура и является основным метеорологическим фактором, но большое значение имеют также облачность и осадки. В случае, когда осадки незначительны,

сроки цветения не нарушаются, если осадки большие, цветение запаздывает на несколько дней.

Таблица 47

Суммы эффективных температур (выше 5°) от начала вегетации до начала цветения плодовых культур

Культура и сорт	Сумма температур
Абрикос Краснощекий и сорта, зацветающие одновременно с ним	88
Разнозацветающие сорта груши: Уссурийская дикая, Дюшес, Бедро	125 $\pm$ 10
Сливы: Уссурийская, Коже Пэр	125 $\pm$ 10
Яблони: Антоновка, Боровинка, Белый налив, Налив желтый, Гислоп, Анис омский, Анис алый, Сибирская желтоплодная, Сибирская ягодноплодная, Сибирская крупноплодная, Сибирская дикая, Аркад зимний, Апорт, Бабушкино, Кальвиль анисовый, Коричное полосатое, Папировка, Пепин Литовский, Пепин-Китайка, Пепин шафранный, Суслейпер, Штрейфлинг, Бельфлер-Китайка, Бельфлер красный, Кандиль-Китайка, Бессемянка Мичуринская, Ренет Семиренко	185 $\pm$ 10
От начала цветения до его окончания у большинства сортов яблони	125 $\pm$ 15

Если возникает необходимость предвычисления времени начала облиствения древесных пород в лесных полосах или в городах, в связи с их озеленением, то такие расчеты можно проводить по следующим показателям сумм эффективных температур, накопившихся от перехода температуры воздуха через +5° ко времени распускания листьев, определенных ШигOLEвым (табл. 48).

Рассмотрим пример расчета ожидаемых сроков цветения яблони по данным станции Немчиновка (Московская область) (табл. 49).

1) Определяем по прогнозу погоды ожидаемый переход температуры воздуха через +5° весной. Если прогноз сроков цветения плодовых составляется после перехода температуры воздуха через +5°, то берется фактическая дата перехода.

2) По ожидаемой температуре воздуха от момента перехода температуры через +5°, определяем дату накопления суммы эффективных температур 185° $\pm$ 10°, необходимой для начала цветения большинства сортов яблони. Этот день и будет ожидаемой датой начала цветения яблони.

Таким образом проводятся расчеты по всем станциям и данные ожидаемых сроков начала цветения наносятся на карту (рис. 40). После этого составляется текст прогноза.

В тексте прогноза дается характеристика условий весны, темпов развития плодовых деревьев и указываются ожидаемые

**Сумма эффективных температур (выше 5°) от начала вегетации
до распускания листьев древесных пород**

Название пород	Сумма температур
Черная смородина, крыжовник, красная бузина, спирея вязолистная	30
Черемуха	44
Лиственница европейская и сибирская	50
Береза, сирень обыкновенная, красная смородина, лещина, красная верба, ольха серая, вязы, ива ломкая, жасмин, ря- бина лесная, клен ясенелистный	70
Тополь (душистый, осокорь и некоторые другие)	75
Осина	80
Клен остролистный	100
Ясень белый, липа мелколистная, дуб летний, желтая акация	120

сроки цветения плодовых деревьев. Особое внимание обра- щается на возможность повреждения цветов плодовых деревьев заморозками и указываются районы, где в период цветения плодовых деревьев ожидаются заморозки.

Таблица 49

Пример расчета ожидаемых сроков цветения яблони

Агрометеостанция Немчиновка. Дата составления прогноза — 21 апреля

I. Исходные данные

Переход среднесуточной температуры воздуха через +5° . . .	19 апреля
Сумма эффективных температур, необходимая для цветения большинства сортов яблони	185±10°
Среднесуточная температура воздуха	
19 апреля	6,7°
20 "	7,5

II. Рассчитанные данные

Среднедекадная температура воздуха	
апрель, III декада	13°
май I "	14
" II "	17
Начало цветения яблони	11 мая

7. Прогнозы наступления основных фаз развития хлопчатника

Для хлопчатника, как и для других культур, из метеорологических факторов наибольшее значение имеет свет, тепло и влага. Солнечным светом в районах возделывания хлопчатник при рациональном его использовании обеспечен достаточно.

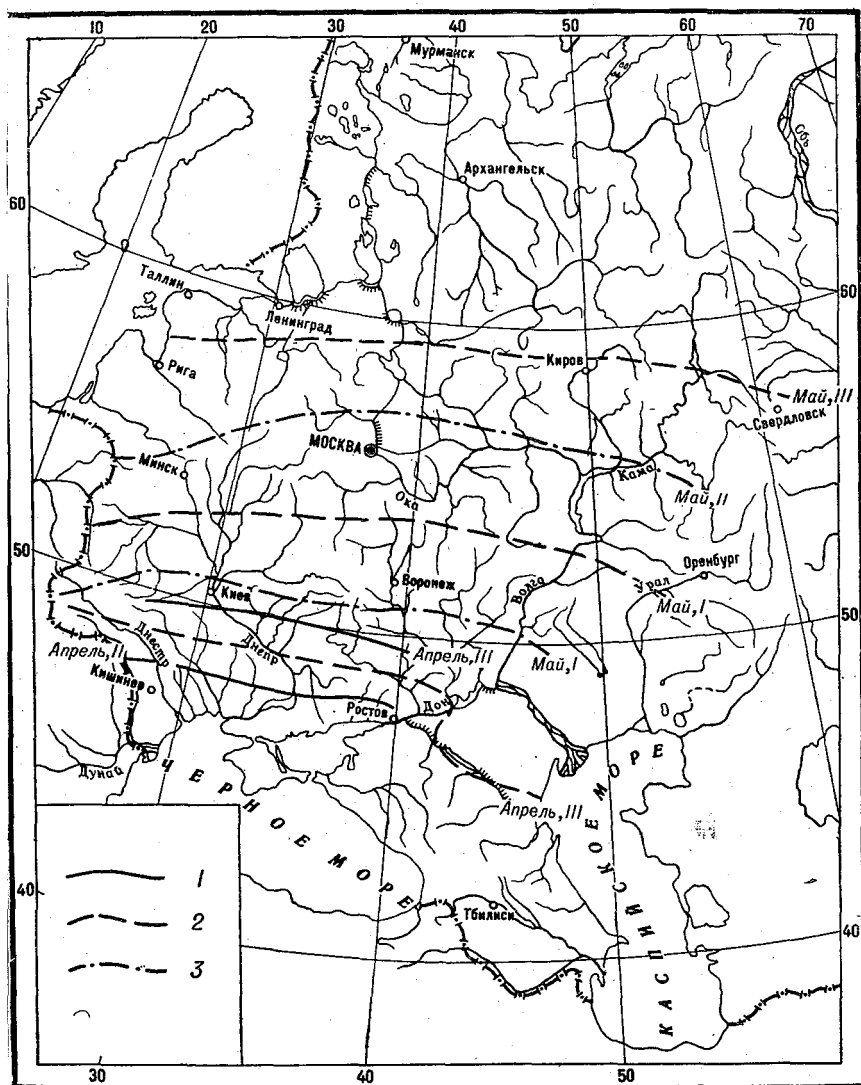


Рис. 40. Ожидаемые сроки цветения плодовых культур в 1955 г. (месяц и декада).
1 — абрикос, 2 — вишня, 3 — яблоня.

В результате поливов, при условии которых в основном культивируется хлопчатник, создается хорошая влагообеспеченность, необходимая для роста и развития хлопчатника. Наиболее неустойчивым и изменчивым из этих факторов является температурный режим, который в то же время является основным фактором, определяющим темпы развития хлопчатника.

Оценка температурного режима и определение темпов развития хлопчатника начинается со дня его посева. Однако период сева чаще всего продолжается в течение 15—20 дней, иногда и больше, поэтому необходимо вести учет температуры и скорости развития хлопчатника от нескольких сроков сева, по которым легко дать оценку условий развития хлопчатника для всей данной территории. Оценка условий развития и определение ожидаемых фаз хлопчатника производится на основании количественных показателей связи скорости развития хлопчатника с температурой.

Анализ и соответствующая обработка фенологического материала, накопленного к настоящему времени по агрометеорологическим и метеорологическим станциям Узбекистана, и сопоставление его с температурой позволили Л. Н. Бабушкину [4] определить показатели потребности хлопчатника в тепле.

Бабушкиным были установлены значения нижнего предела температуры для развития хлопчатника в различные фазы и суммы эффективных температур, необходимые для прохождения этих фаз при средних условиях агротехники (табл. 50).

Таблица 50

Суммы эффективных температур, необходимые для прохождения хлопчатником различных фаз развития

Сорта хлопчатника	Нижний предел эффективных температур	Сумма эффективных температур от посева			Период от цветения до раскрытия первых коробочек (у 50% растений)	
		до всходов	до бутонизации	до цветения	нижний предел эффективных температур	сумма эффективных температур
Очень скороспелые (13656, 10193)	10	84	485	855	13	635—645
Скороспелые (1306)	10	84	485	900	13	660
Среднескороспелые (182, 169)	10	84	500	950	13	675—685
Среднепоздние (Навроцкий 508, 8517)	10	84	500	1000	13	700—710
Поздние (Триумф, Навроцкий 36, М-2)	10	84	500	1050	13	720—730
Очень поздние (Египетские)	10	84		1100—1200	13	790—800

Как следует из данных табл. 50, Бабушкин в различные фазы от посева до цветения предлагает за нижний предел температуры для развития хлопчатника считать 10° и дает соответствующие различным фазам суммы эффективных температур выше этого предела.

В период от цветения до раскрытия первых коробочек нижний предел температуры для развития хлопчатника становится равным 13° .

По указанным суммам эффективных температур можно определять даты наступления фаз развития хлопчатника при различных сроках сева. Рациональнее всего вести расчеты для определенных сроков сева, по которым легче дать сравнительную оценку температурным условиям для всего района или для всей республики в целом. Практически удобнее брать сроки сева, совпадающие с началом декад или пентад.

При определении ожидаемых дат наступления фаз развития хлопчатника следует учесть следующие рекомендации, предложенные Бабушкиным.

Так как для большинства фаз за нижний предел развития хлопчатника взята температура 10° , то при подсчете сумм эффективных температур выше этого предела дни, в которые среднесуточная температура равна 10° или несколько ниже ее, будут считаться неэффективными и в расчет не войдут. Однако в такие дни температура в дневные часы чаще всего превышает 10° , что оказывает влияние на скорость развития хлопчатника и должно быть учтено. Этот учет Бабушкин предлагает вести следующим образом. Для каждого дня необходимо определять сумму превышений температуры над 10° за все четыре срока наблюдений и, разделив на 4, вычислить среднее превышение. Указанные суммы превышений делятся на 4 независимо от того, наблюдалось ли превышение за один или за все четыре срока наблюдений. Так, например, если в течение трех сроков наблюдалось превышение над 10° на 2° , то эффективная температура будет равна $1,5^{\circ}$.

Кроме того, в оперативной работе при составлении прогнозов фаз развития сельскохозяйственных культур приходится пользоваться средними декадными температурами. При значениях их, равных 10° , сумма эффективных температур в эти декады по расчету будет равна 0° . Однако это не совсем правильно, так как часть дней декады имела среднюю температуру выше 10° , а часть ниже 10° . Следовательно, за декаду наберется некоторая сумма эффективных температур, которая окажет свое влияние на развитие хлопчатника.

Бабушкин на основании анализа температурных данных метеорологических станций Узбекистана за последнее десятилетие составил таблицу перевода средних декадных температур при различных их пределах в суммы эффективных температур (выше 10°) за декаду (табл. 51).

Перевод средних декадных температур в суммы эффективных температур за декаду при нижнем пределе эффективных температур, равном 10° (для Узбекистана)

Градусы	Десятые доли градуса									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
5	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4
6	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
7	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9
8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12
9	12	12	12	13	13	14	14	15	15	15
10	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20
11	20	21	21	22	23	24	24	25	26	26
12	27	28	28	29	30	30	31	32	32	33
13	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41
14	42	42	43	44	45	46	46	47	48	49
15	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59

Как следует из данных табл. 51, средние декадные температуры выше 14,6° уже не требуют поправок, и сумма эффективных температур за декаду определяется просто как разность средней температуры за декаду и нижнего предела эффективной температуры, умноженная на число дней в декаде.

Как уже указывалось выше, прогнозы наступления основных фаз хлопчатника следует давать для 3—5 сроков сева в зависимости от длительности периода сева хлопчатника в каждом конкретном году. Чаще всего приходится составлять прогнозы для Узбекистана, имея в виду сроки сева 15, 20 и 25 марта.

Прогноз времени наступления бутонизации хлопчатника надежнее всего составлять после появления всходов хлопчатника, тогда неустойчивый по температурному режиму период от сева до всходов будет учтен по фактическим данным наблюдений, что уменьшит ошибку прогноза.

При неблагоприятных условиях, когда после посевного периода при наличии холодной погоды и обильных дождей в апреле создаются почвенные корки, или, наоборот, в годы с сухой весной, если не принимать меры к использованию поливной воды, наблюдается неодновременное появление всходов. Расчеты времени появления всходов только по температурным показателям дают в эти годы значительные ошибки. Поэтому при составлении прогноза сроков бутонизации и цветения хлопчатника за исходную дату необходимо брать день появления массовых всходов при различных сроках сева.

Прогноз времени нормального раскрытия первых коробочек хлопчатника у 50% растений надежнее составлять после начала

цветения. Но если запросы поступают значительно раньше, то даты цветения рассчитывают от фактически наблюдаемых дат начала бутонизации хлопчатника, а потом, определив даты цветения, рассчитывают ожидаемые даты раскрытия первых коробочек хлопчатника.

Прогнозы времени созревания хлопчатника составляются для тех же сроков сева, для которых составлялись прогнозы времени начала бутонизации и цветения хлопчатника.

При оценке сложившихся и ожидаемых условий развития хлопчатника в текущем году в сравнении со средними многолетними и прошлогодними условиями удобно пользоваться графическим методом, вычерчивая ход накопления сумм эффективных температур нарастающим итогом по декадам.

Бабушкин указывает, что прогнозы дат начала цветения и дат начала раскрытия коробочек хлопчатника, если эти даты наступают не позднее августа, не дают больших ошибок даже и при использовании только средних многолетних значений температуры без учета долгосрочного прогноза погоды. Он объясняет это следующим образом.

1) В летний период в условиях Узбекистана, как правило, отклонения температуры от средних многолетних значений невелики и в условиях устойчивой летней погоды не наблюдается резких и затяжных изменений температуры.

2) Средняя температура в летний период является оптимальной для развития хлопчатника или немного превышает ее, в связи с чем скорость развития хлопчатника близка к максимальной, и относительно небольшие отклонения температуры в положительную или отрицательную сторону не могут заметно изменить скорость развития в этот период, если агротехника остается на определенном уровне.

Если даты начала раскрытия первых коробочек хлопчатника приходится на сентябрь, то их следует прогнозировать обязательно с учетом прогноза погоды, так как в этот период отклонения температуры от средних многолетних значений оказывают существенное влияние на скорость развития хлопчатника. Технически определение ожидаемых фаз развития хлопчатника по суммам эффективных температур производится так же, как и по другим культурам, указанным выше способом.

Мы изложили разработанные к настоящему времени показатели сумм эффективных и сумм активных температур, по которым можно с достаточной степенью точности определять наступление тех или иных фаз сельскохозяйственных культур.

После расчета ожидаемых сроков наступления определенной фазы эти данные наносятся на карту и одинаковые даты наступления фаз соединяются изолиниями. Изолинии лучше всего проводить по датам, отличающимся на пентаду. Но если прогноз составляется по очень большой территории (например, в Центральном институте прогнозов он составляется по всей терри-

тории СССР), то изолинии можно проводить по датам, отличающимся на декаду. После проведения изолиний ожидаемых дат наступления данной фазы в текущем году на эту же карту наносят изолинии средних многолетних сроков наступления этой фазы и делают сравнение темпов развития рассматриваемой культуры в текущем году со средними многолетними. Выделяют районы, где развитие данной культуры будет значительно опережать средние темпы, где, наоборот, развитие будет идти медленнее, а где в сроки, близкие к обычным.

Чаще всего сельскохозяйственным организациям необходимо знать темпы развития культур не только в сравнении со средними многолетними, а и в сравнении с прошлогодними. Поэтому составляются две карты: одна — в сравнении с нормой, другая — в сравнении с прошлогодними сроками. После этого составляется текст прогноза.

В тексте прогноза ожидаемых фаз развития сельскохозяйственных культур указываются:

- 1) Основные особенности агрометеорологических условий развития культур за прошедший период до момента составления прогноза, районы, где это развитие было замедленным и где ускоренным.

- 2) Исходные фактически наблюдаемые фазы к моменту составления прогноза и сравнение сроков их наступления в текущем году со средними многолетними и с прошлогодними.

- 3) Ожидаемые условия развития культур и темпы развития их в предстоящий период.

- 4) Сроки наступления фаз развития в текущем году и сравнение их со средними многолетними и прошлогодними.

Если фенологический прогноз выпускается не как самостоятельный прогноз, а является составной частью прогноза условий формирования урожая, то в тексте последнего также приводится (только несколько короче) указанная характеристика основных особенностей темпов развития сельскохозяйственных культур в текущем году.

Глава VII

ПРОГНОЗЫ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Как известно, для жизни растений и для формирования их урожая необходимы четыре основных незаменимых фактора: свет, тепло, влага и питательные вещества. Наиболее изменчивыми во времени и по территории является тепло и влага, избытком или недостатком которых главным образом и объясняется неустойчивость урожая.

Степень благоприятности условий для роста и развития сельскохозяйственных культур в течение периода вегетации часто меняется. В районах, где температура летом испытывает небольшие колебания и не достигает очень высоких значений, а обеспеченность осадками хорошая, эти изменения как по годам, так и в течение периода вегетации одного года бывают меньше, например в западных областях или в северной половине Европейской территории СССР.

В районах, где урожай сельскохозяйственных культур в значительной мере зависит от осадков летнего периода, а температура бывает высокой, степень благоприятности условий для формирования урожая может резко меняться как по годам, так и в течение периода вегетации одного года. Например, могут создаваться очень благоприятные условия в период формирования колоса и цветка, вследствие чего колос сформируется с большим числом колосков и зерен, но в период налива зерна резкое ухудшение условий приводит к тому, что зерно получается мелкое или щуплое, а урожай пониженным. В другие годы, наоборот, создаются благоприятные условия в период налива зерна и неблагоприятные в начальный период репродуктивного развития; но если число колосков в колосе и число зерен сформировалось небольшое, то даже значительно улучшение условий роста в период налива зерна не может быть полностью использовано растением.

Таким образом, при определении видов на урожай необходимо знать степень благоприятности как сложившихся, так и

ожидаемых агрометеорологических условий для роста, развития и формирования урожая сельскохозяйственных культур.

С запросами об оценке условий формирования урожая сельскохозяйственные органы ежегодно обращаются в подразделения Гидрометеослужбы, ведущие оперативное агрометеорологическое обслуживание сельского хозяйства.

Агрометеорологи этих подразделений получают каждую декаду с агрометеорологической сети станций регулярные сведения о состоянии и фазах развития сельскохозяйственных культур, о запасах влаги под этими культурами, о температурном режиме, осадках, влажности воздуха и других метеорологических факторах. Владея методами анализа и прогноза условий формирования урожая сельскохозяйственных культур, агрометеорологи участвуют в определении видов на урожай с учетом особенностей агрометеорологических условий в каждом конкретном году по районам, а также дают агрометеорологическое обоснование применения агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожаев, особенно в районах, где складываются неблагоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

В настоящее время прогнозы агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур в весенне-летний период составляются по основным периодам вегетации. Например, по зерновым культурам составляется прогноз агрометеорологических условий произрастания зерновых культур (отдельно озимых и яровых) в период от выхода в трубку до цветения и прогноз агрометеорологических условий произрастания зерновых культур в период формирования зерна. Только в случае, если запрос от потребителей поступает с большой заблаговременностью и касается оценки условий обоих периодов, то прогноз условий роста и развития составляется сразу на два указанных периода вместе.

В этих прогнозах в основном дается оценка теплового режима и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. Так как оценка агрометеорологических условий роста и развития сельскохозяйственных культур проводится по основным межфазным периодам, то в первую очередь анализируется влияние термических условий на скорость развития сельскохозяйственных культур и определяется время наступления основных фаз развития (см. гл. VI). Затем по основным межфазным периодам анализируется степень благоприятности условий по обеспеченности растений теплом и влагой. В настоящее время разработан ряд методов, позволяющих проводить такую оценку и получать количественные показатели условий формирования урожая.

1. Прогнозы запасов продуктивной влаги и влагообеспеченности зерновых культур

Метод прогноза влагообеспеченности и условий формирования урожая зерновых культур по запасам продуктивной влаги

в почве, разработанный Вериго [12], состоит из трех частей: 1) прогноза запасов продуктивной влаги под зерновыми культурами в основные периоды их развития и роста, 2) прогноза влагообеспеченности (т. е. соответствия имеющихся в почве запасов продуктивной влаги потребностям в них сельскохозяйственных культур) и 3) прогноза видов на урожай.

Прежде чем перейти к изложению методов составления этих прогнозов, следует несколько слов сказать о прогнозе видов на урожай.

Раньше агрометеорологи в своих прогнозах и информациях ограничивались только оценкой сложившихся и ожидаемых условий формирования урожая, т. е. определением, где условия для формирования урожая плохие и где хорошие. В последние годы сельскохозяйственные органы все настойчивее высказывают требование, чтобы агрометеорологи участвовали в определении видов на урожай в связи с различными агрометеорологическими условиями. Речь идет не о том, чтобы агрометеоролог определял урожай, учитывая все уровни агротехники в различных хозяйствах, все хозяйственные и экономические причины, влияющие на величину и сбор урожая в том или ином районе, а чтобы агрометеоролог мог сказать сельскохозяйственным работникам, какие урожаи при существующем среднем уровне агротехники позволяют получить в том или ином районе агрометеорологические условия текущего года. Иначе говоря, агрометеоролог должен определить как бы агрометеорологическую составляющую урожая.

При составлении прогноза запасов продуктивной влаги под сельскохозяйственными культурами в различных районах следует хорошо знать особенности этого района по динамике изменения запасов почвенной влаги. Величина изменений запасов продуктивной влаги зависит от метеорологических факторов, от надземной массы растений, транспирирующих влагу, от свойств почвы, от ее структурности.

В настоящее время пока нет общих теоретических формул, определяющих закономерность изменения запасов продуктивной влаги от указанных причин. Расчеты проводятся в большинстве случаев на основании эмпирических зависимостей, определенных путем статистической обработки больших материалов наблюдений. Для расчета изменений запасов влаги под зерновыми культурами такие зависимости были установлены Вериго.

Зависимости изменения запасов продуктивной влаги в почве от метеорологических факторов определялись Вериго по трем основным периодам вегетации зерновых культур, различным в отношении потребности растений в воде, строения их надземной массы и корневой системы. Это будут периоды: 1) формирования всходов и листьев (от посева до фазы выхода в трубку, 2) формирования колоса и цветка (от выхода в трубку до цве-

тения) и 3) формирования зерна (после цветения). Зависимости определялись отдельно для зоны черноземных и зоны оподзоленных почв. Таким образом, эти зависимости определены с учетом основных факторов, влияющих на изменение запасов продуктивной влаги в почве под зерновыми культурами в вегетационный период.

На рис. 41—44 представлены графические зависимости изме-

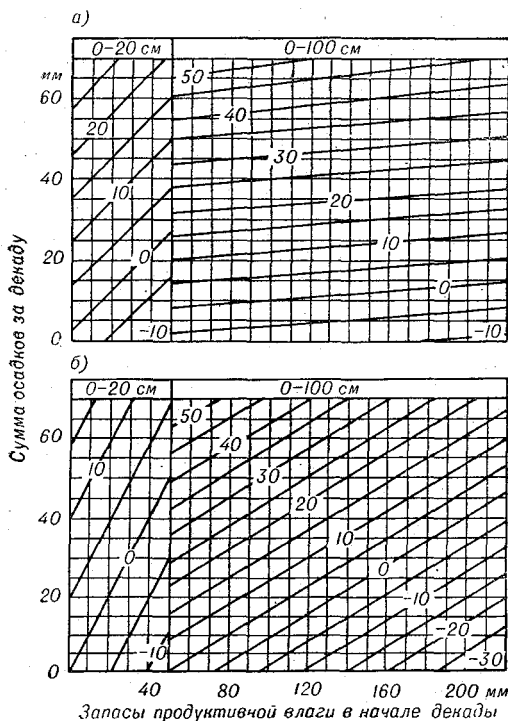


Рис. 41. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в зоне черноземных почв под озимой пшеницей в слое почвы 0—20 и 0—100 см.

а — период осенней вегетации, б — период весеннего отрастания (до фазы выхода в трубку).

нения запасов продуктивной влаги за декаду от метеорологических факторов под озимыми культурами в основные периоды их вегетации в зоне черноземных и оподзоленных почв. На этих графиках наклонные линии соответствуют изменениям запасов продуктивной влаги за декаду. В полученные по этим графикам данные необходимо вносить поправки на ожидаемую температуру воздуха (табл. 52).

Расчеты изменений запасов продуктивной влаги проводятся по декадам. Зная исходные запасы влаги на начало первой де-

кады предстоящего периода (практически это запасы влаги конца предшествующей декады) и ожидаемые осадки за первую декаду, находят на соответствующем графике значение изменения запасов влаги за декаду. Затем по табл. 52 находят поправку на температуру воздуха и вводят ее в полученный по графику результат.

Для определения запасов влаги к концу декады, в которую

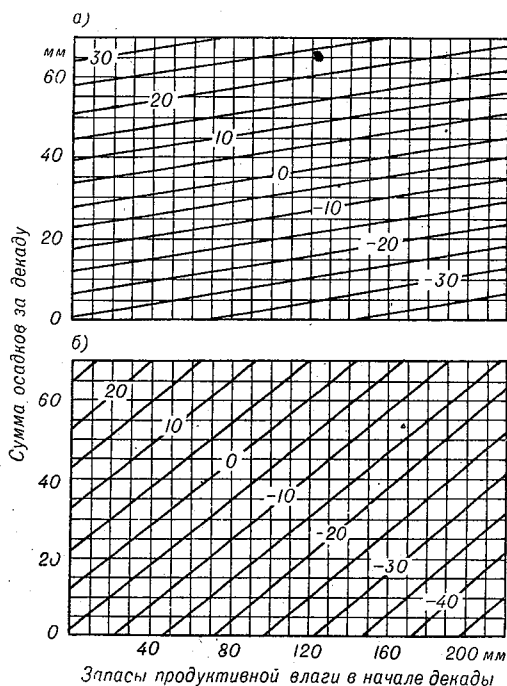


Рис. 42. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в зоне черноземных почв под озимой пшеницей в слое почвы 0—100 см.

а — период формирования колоса и цветка (выход в трубку — цветение), б — период формирования зерна (после цветения).

ведется расчет, следует исходные запасы влаги увеличить или уменьшить на полученную величину изменения, смотря по знаку.

Точно таким же образом ведется расчет запасов влаги для каждой из последующих декад предстоящего периода, только за исходные запасы влаги каждой последующей декады принимаются рассчитанные запасы влаги предшествующей декады. Запасы влаги для начальных периодов вегетации рассчитываются отдельно в пахотном слое и в метровом. Для периодов

после выхода в трубку зерновых культур запасы влаги рассчитываются только в метровом слое.

На рис. 45—47 представлены графические зависимости Вериги для определения изменений запасов продуктивной влаги по декадам под яровыми культурами в основные периоды их вегетации в зоне черноземных и оподзоленных почв.

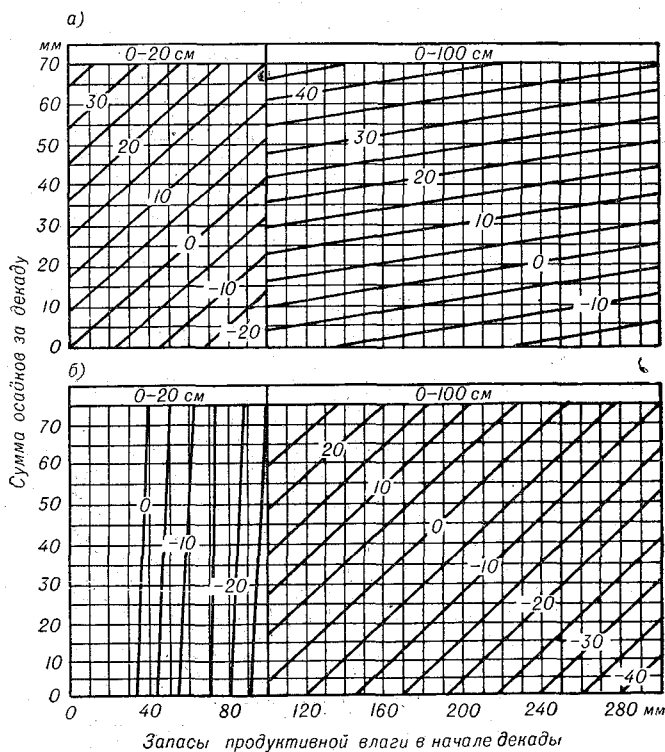


Рис. 43. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в зоне оподзоленных почв под озимыми культурами в слое почвы 0—20 и 0—100 см.

а — период осенней вегетации, б — период весеннего отрастания (до фазы выхода в трубку).

Здесь также в поле графика даны изолинии изменения запасов влаги под яровыми культурами в зависимости от исходных запасов влаги к началу декады и ожидаемых осадков за эту декаду. В табл. 53 даны поправки на температуру воздуха к изменениям запасов влаги, снятым с графика. Техника расчета точно такая же, какая была указана выше для озимых культур.

Таким образом, для расчета ожидаемых запасов влаги по указанным зависимостям необходимо в первую очередь опреде-

лить ожидаемые сроки наступления основных фаз развития зерновых культур: выхода в трубку, цветения и восковой спелости. После этого, зная ожидаемые температуру и осадки (по долгосрочному прогнозу погоды), имея данные об исходных запасах влаги к моменту составления прогноза и учитывая сроки наступления фаз, по соответствующим графикам проводят расчеты

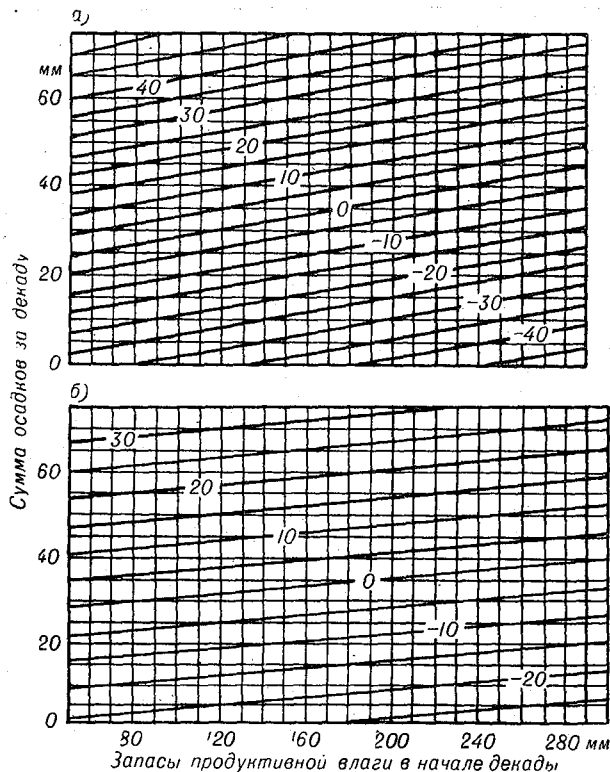


Рис. 44. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в зоне оподзоленных почв под озимыми культурами в слое почвы 0—100 см.

а — период формирования колоса и цветка (выход в трубку — цветение), б — период формирования зерна (после цветения).

запасов влаги по декадам. Если при расчете фаз развития получилось, что наступление фазы, например цветения, приходится на середину декады, тогда и расчет запасов влаги в эту декаду следует производить по двум графикам. В этом случае изменение запасов влаги за декаду определяется как сумма изменений, рассчитанных по двум графикам, соответствующим смеж-

**Поправки на температуру при определении изменения запасов
продуктивной влаги (в мм) по графикам на рис. 41—44**

Среднедекадная температура воздуха	Номера рисунков									
	41			42 б	43				44'	
	a	б			a		б		a	б
	0—20 см	0—20 см	0—100 см		0—20 см	0—100 см	0—20 см	0—100 см		
5	1	4	6	—	1	6	2	11	—	—
6	1	3	4	—	1	5	1	9	—	—
7	1	2	3	—	1	4	1	7	—	—
8	0	1	2	—	0	2	1	4	—	—
9	0	1	1	—	0	1	0	2	4	—
10	0	0	0	—	0	0	0	0	4	2
11	0	—1	—1	—	0	—1	0	—2	3	1
12	0	—1	—2	—	0	—2	—1	—4	2	1
13	—1	—2	—3	—	—1	—4	—1	—7	1	1
14	—1	—3	—4	—	—1	—5	—1	—9	1	0
15	—1	—4	—6	3	—1	—6	—2	—11	0	0
16	—1	—	—	3	—	—	—	—	—1	0
17	—1	—	—	2	—	—	—	—	—1	—1
18	—	—	—	1	—	—	—	—	—2	—1
19	—	—	—	1	—	—	—	—	—3	—1
20	—	—	—	0	—	—	—	—	—4	—2
21	—	—	—	—1	—	—	—	—	—4	—2
22	—	—	—	—1	—	—	—	—	—	—2
23	—	—	—	—2	—	—	—	—	—	—2
24—25	—	—	—	—3	—	—	—	—	—	—2
26—27	—	—	—	—4	—	—	—	—	—	—2
28	—	—	—	—5	—	—	—	—	—	—2
29—30	—	—	—	—6	—	—	—	—	—	—2

Примечание. Для графиков на рис. 41 а (слой почвы 0—100 см) и на рис. 42 б поправки равны нулю.

ным фазам, пропорционально числу дней каждой фазы в данной декаде.

Например, цветение яровой пшеницы по расчетам должно наступить 13 июня. Определяют сначала путем интерполяции изменение запасов влаги за 3 дня по графику для периода от трубки до цветения. Затем по графику для периода от цветения до восковой спелости определяют изменение запасов влаги за остальные 7 дней. Затем изменение запасов влаги за 3 дня, рассчитанное по первому графику, и изменение за 7 дней, рассчитанное по второму графику, складывают и получают общее изменение запасов влаги за декаду. Если фенопрогноз дается

с точностью меньше 5 дней, то расчеты можно производить по одному графику за всю декаду.

Расчеты запасов влаги можно также проводить по методу водного баланса по формуле $z = w_1 + \Sigma m - w_2$, где z — суммарное испарение влаги с полей за декаду (в мм), w_1 — запасы продуктивной влаги к концу предшествующей декады (в мм), Σm — сумма осадков за текущую декаду (в мм), w_2 — запасы продуктивной влаги к концу текущей декады (в мм).

Из формулы водного баланса следует, что для определения w_2 , кроме исходных запасов влаги и ожидаемых осадков, необходимо знать суммарное испарение за декаду, которое можно определить по графическим зависимостям Конторщикова, приведенным в третьем разделе настоящей главы.

Прогноз запасов продуктивной влаги под сельскохозяйственными культурами составляется чаще всего с той заблаговременностью, с какой дается долгосрочный прогноз погоды. Если запросы поступают с очень большой заблаговременностью, то в этом случае ориентировочное представление об ожидаемых запасах продуктивной влаги в почве можно получить на основании данных о вероятности запасов влаги различной величины в зависимости от средних многолетних значений запасов влаги в указанные основные периоды вегетации.

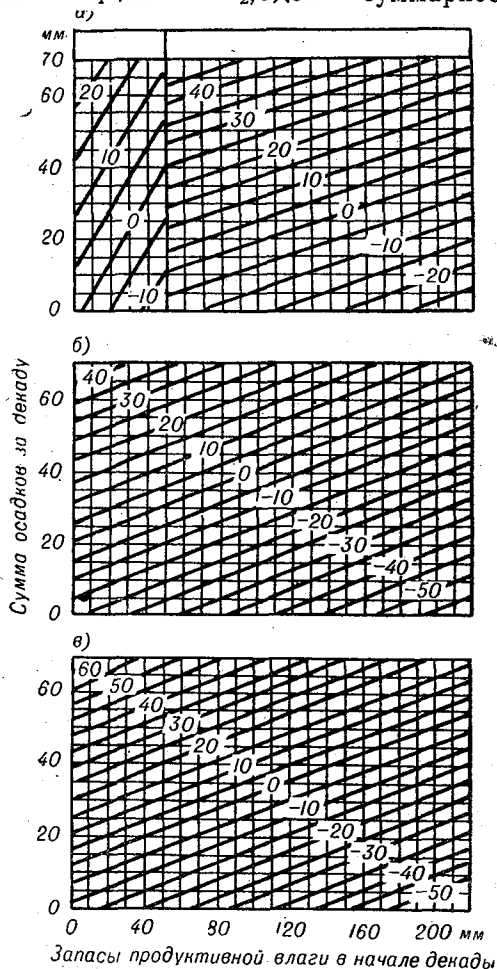


Рис. 45. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в зоне черноземных почв под яровой пшеницей.

а — период формирования всходов и листьев (до выхода в трубку) в слое почвы 0—20 и 0—100 см, б — период формирования колоса и цветка (выход в трубку — цветение) в слое почвы 0—100 см, в — период формирования зерна (после цветения) в слое почвы 0—100 см.

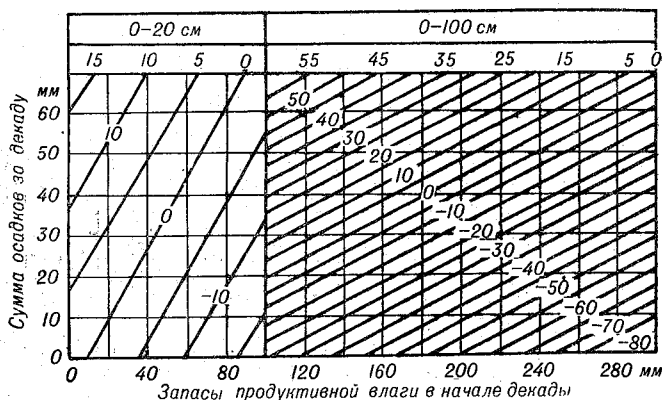


Рис. 46. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в зоне оподзоленных почв под яровыми зерновыми культурами в слое почвы 0—20 и 0—100 см в период формирования всходов и листьев (до фазы выхода в трубку).

Таблица 53

Поправка (в мм) на температуру при определении изменения запасов продуктивной влаги по графикам на рис. 45—47

Средне-декадная температура воздуха	Номера рисунков						
	45			46		47	
	а		в	0—20 см 0—100 см		а	б
	0—20 см	0—100 см					
5	0	1	—	3	2	—	—
6	0	1	—	2	2	—	—
7	0	1	—	2	1	—	—
8	0	0	—	1	1	—	—
9	0	0	—	1	0	—	—
10	0	0	—	0	0	8	5
11	0	0	—	-1	0	6	4
12	0	0	—	-1	-1	5	3
13	0	-1	—	-2	-1	3	2
14	0	-1	—	-2	-2	2	1
15	0	-1	9	-3	-2	0	0
16	-1	-2	7	-3	-2	-2	-1
17	-1	-2	5	—	—	-3	-2
18	-1	-2	3	—	—	-5	-3
19	-1	-2	2	—	—	-6	-4
20	—	—	0	—	—	-8	-5
21	—	—	-2	—	—	—	—
22	—	—	-3	—	—	—	—
23	—	—	-5	—	—	—	—
24	—	—	-7	—	—	—	—
25	—	—	-9	—	—	—	—
26—27	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Для графика на рис. 45 б поправка равна нулю.

На рис. 48 изображены кривые вероятности различных запасов влаги в метровом слое почвы, рассчитанные Вериго, в зависимости от определенных средних многолетних значений запасов влаги по различным периодам.

Допустим мы хотим определить наиболее вероятные запасы влаги в период формирования зерна, если средние многолетние

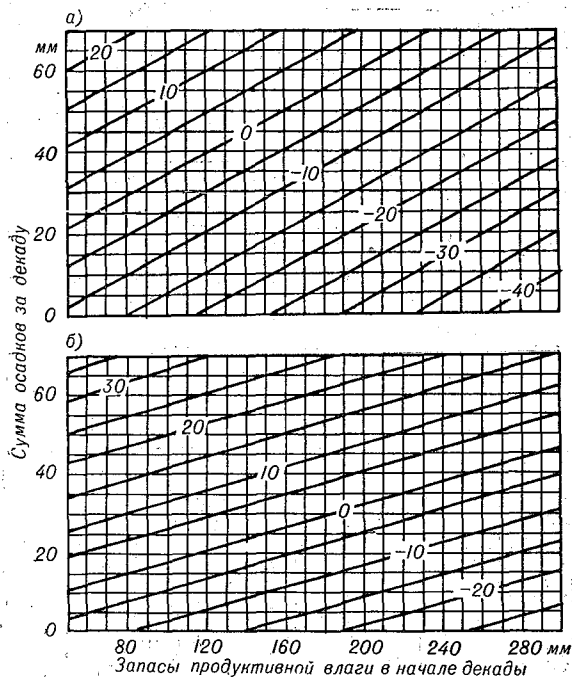


Рис. 47. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в зоне оподзоленных почв под яровыми зерновыми культурами в слое почвы 0—100 см.

а — период формирования колоса и цветка (выход в трубку — цветение), б — период формирования зерна (после цветения).

запасы в этот период по данным нашей станции составляют в метровом слое почвы 80 мм. По графику на рис. 48 находим на оси абсцисс точку, соответствующую 80 мм, и, восстанавливая из нее перпендикуляры до кривых вероятности различных запасов влаги, получаем, что при средних запасах 80 мм примерно в 60% лет будут наблюдаться запасы влаги от 50 до 100 мм, в 20% лет возможны запасы влаги меньше 50 мм, в 15% лет — от 100 до 150 мм и в 5% лет — от 150 до 200 мм. Следовательно, в указанный период наиболее вероятны запасы влаги в этом районе в пределах 50—100 мм.

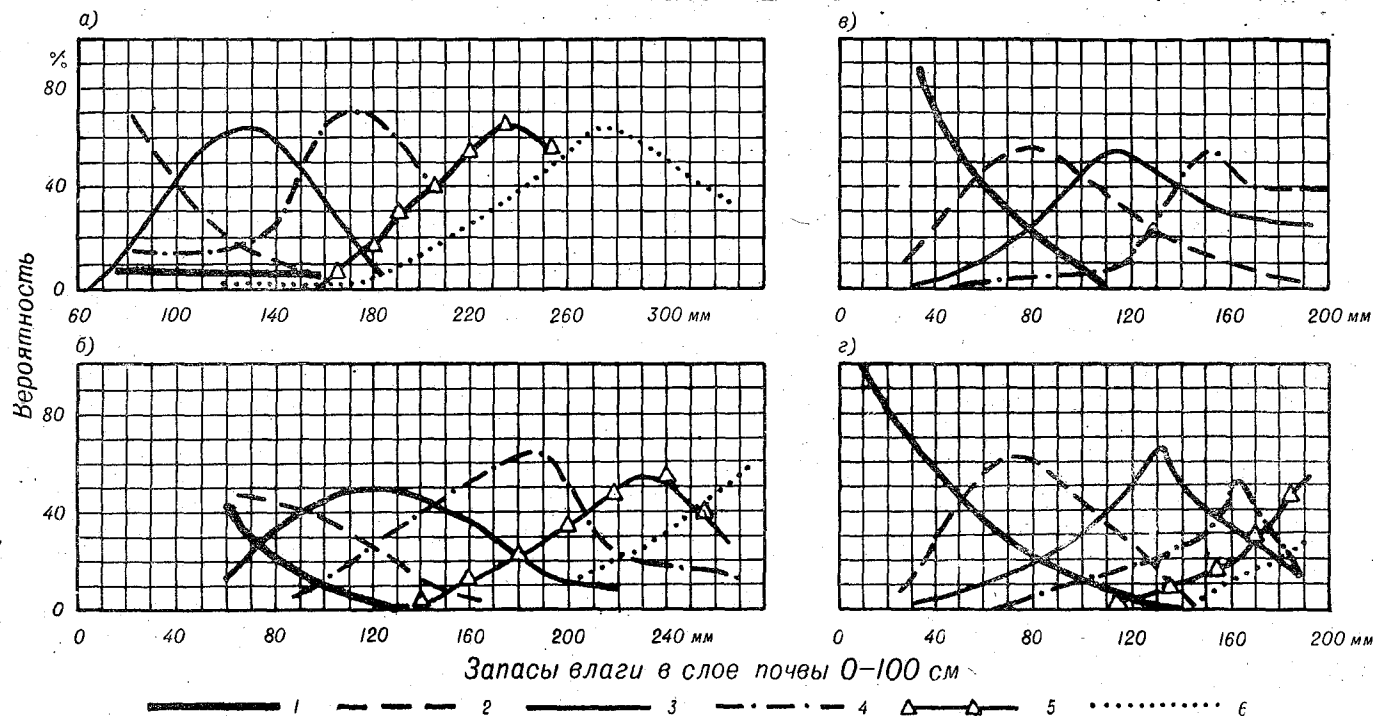


Рис. 48. Вероятность (в %) запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы при определенных значениях средних запасов ко времени наступления средней суточной температуры воздуха 5° весной (а) и осенью (б), в период формирования колоса и цветка (в) и в период формирования зерна (г).

Запасы влаги (в мм): 1 — от 0 до 50; 2 — от 50 до 100; 3 — от 100 до 150; 4 — от 150 до 200; 5 — от 200 до 250; 6 — от 250 до 300.

Однако полученные результаты дадут только ориентировочное представление о том, какие запасы влаги наиболее вероятны в данном районе, так как они, во-первых, рассчитаны по большим градиациям (через 50 мм), а во-вторых, определены в зависимости только от средних многолетних значений запасов влаги, без учета исходных запасов влаги предшествующего периода в текущем году. Если есть данные об исходных запасах влаги, но нет прогноза погоды, то более точно ожидаемые запасы влаги можно рассчитать по исходным фактическим запасам к моменту составления прогноза и по средним многолетним данным температуры и осадков предстоящего периода. Но это делается только при необходимости составления прогноза запасов влаги с большой заблаговременностью для периодов, по которым нет прогноза погоды.

После расчетов ожидаемых запасов влаги по декадам приступают к оценке влагообеспеченности зерновых культур в основные периоды вегетации. Для того чтобы провести оценку соответствия ожидаемых запасов влаги потребностям растений, необходимо знать эти потребности.

Вопрос изучения потребностей сельскохозяйственных культур во влаге очень важный и сложный. Многие исследователи занимались этим вопросом, однако до сих пор он не получил окончательного количественного решения.

Влияние увлажнения почвы на растение в общем комплексе влияния внешних условий чрезвычайно сложно. Сильный недостаток влаги вызывает нарушение жизненных функций растения и приводит его к гибели. Режим влажности почвы оказывает большое влияние и на режим питательных веществ.

Обычно в природных условиях недостаток почвенной влаги наступает постепенно, и растение может до определенных пределов влажности приспосабливаться к недостатку воды в почве. Когда запасы почвенной влаги, уменьшаясь, становятся меньше влажности увядания, растение погибает.

В основу суждения о влиянии увлажнения почвы на состояние зерновых культур при составлении прогноза влагообеспеченности могут быть положены выводы Вериго, полученные путем обработки массовых сопряженных наблюдений за влажностью почвы и состоянием зерновых культур по периодам вегетации.

В период формирования всходов главное влияние на состояние зерновых культур оказывают запасы влаги пахотного слоя почвы (0—20 см), так как в этот период зародышевые корни не проникают еще на большую глубину. Хорошее состояние всходов наблюдается тогда, когда запасы влаги в пахотном слое близки к наименьшей полевой влагоемкости (30—40 мм). Если запасы влаги пахотного слоя почвы понижаются, состояние всходов ухудшается. При средних за декаду запасах продуктивной влаги в пахотном слое меньше 5 мм всходы зерновых

не появляются. Неблагоприятным фактором являются также и очень большие запасы влаги, значительно больше наименьшей полевой влагоемкости, при которых состояние всходов вследствие плохой аэрации почвы ухудшается (табл. 54).

Таблица 54

Средние оценки состояния (в баллах) всходов зерновых культур при различных запасах продуктивной влаги в слое почвы 0—20 см

Почвы	Запасы влаги (мм)												
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-50	51-60	61-70	71-80	>80
Черноземные	—	2,0	2,8	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	—	—	—	—
Оподзоленные	1,4	1,4	3,0	3,6	3,9	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0

В период кущения основное значение также имеют запасы влаги пахотного слоя почвы; в зависимости от которых происходит изменение состояния зерновых культур в этот период. Если запасы влаги меньше 10 мм, наблюдается резкое ухудшение состояния посевов. В табл. 55 приведены данные Вериги об изменении оценок состояния зерновых культур в период кущения в зависимости от количества влаги в пахотном слое почвы.

Период от выхода в трубку до цветения является критическим в отношении большой потребности растений во влаге. В этот период идет усиленное создание надземной массы растения, проходит формирование колоса и цветка. Только при оптимальных условиях увлажнения может развиваться наибольшее количество колосков и цветков в колосе и может быть создана хорошая надземная масса. Если запасы влаги в почве будут недостаточны, то даже при условии, что число колосков в колосе заложилось большое, часть из них останется недоразвитой. В этот период и корневая система достигает большого развития и использует при наличии влаги запасы всего метрового слоя почвы. Наилучшее состояние зерновых культур в этот период наблюдается при запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы от 100 до 200 мм. При более высоких запасах влаги (больше 200 мм) идет усиленное развитие вредителей, болезней и наблюдается полегание растений.

Ухудшение состояния посевов в период формирования колоса и цветка происходит при уменьшении запасов влаги в метровом слое почвы до 80 мм и меньше. Изменение оценок состояния растений в этот период при различных запасах влаги в почве, по данным Вериги, приведено в табл. 56.

Следует иметь в виду, что в табл. 55 и 56 изменение оценок состояния зерновых культур дано за декаду, т. е. за небольшой период, в котором сохраняется еще некоторая инерционность

Таблица 55

Изменение оценок состояния (в баллах) зерновых культур
в период кущения в зависимости от запасов продуктивной
влаги в слое почвы 0—20 см

Средние за декаду запасы влаги (мм)								
1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—50
—1,0	—0,5	—0,3	—0,2	0	0	+0,2	+0,5	+0,5

в изменении состояния растений, так как это состояние изменяется постепенно (за исключением очень резких изменений условий). Определяя по этим таблицам из декады в декаду изменение оценок состояния при разных запасах влаги, получаем за длительный период существенное изменение оценок состояния зерновых культур.

Однако при оценке влагообеспеченности по количеству запасов влаги метрового слоя почвы следует учитывать распределение запасов влаги по горизонтам, так как при одних и тех же запасах влаги в метровом слое почвы в целом могут быть совершенно различные условия влагообеспеченности растений.

Если запасы влаги в метровом слое меньше 80 мм и все они сосредоточены в нижних горизонтах, а осадки не выпадают, то условия влагообеспеченности создаются тяжелые, так как основная масса корневой системы сосредоточивается в верхнем полуметровом слое почвы.

Но бывают годы, когда нижние слои почвы сильно иссушены, а все запасы влаги вследствие частого выпадения осадков сосредоточены в верхних слоях. Если при этом верхние слои почвы хорошо увлажнены, то, несмотря на небольшие в целом запасы метрового слоя почвы (меньше 80 мм), влагообеспеченность растений может быть хорошей.

Таблица 56

Отношение конечных балловых оценок состояния зерновых культур
за декаду к исходным оценкам в зависимости от запасов
продуктивной влаги в метровом слое почвы в период формирования
колоса и цветка

Средние за декаду запасы влаги (мм)										
1—20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	121—140	141—160	161—180	181—200	> 200
0,87	0,92	0,95	0,96	1,03	1,05	1,06	1,15	1,02	1,06	1,00

Примером могут служить условия роста яровых в Кулундинской степи Алтайского края в 1954 г., где после нескольких лет засухи метровый слой почвы сильно пересох. выпадающие регулярно летом 1954 г. дожди увеличивали запасы влаги только самых верхних слоев почвы, и хотя запасы влаги в целом в метровом слое почвы в течение всего лета были очень низкие (меньше 80 мм, местами меньше 50 мм), влагообеспеченность растений была хорошей вследствие того, что запасы влаги все были сосредоточены в верхнем слое почвы (0—40 см). Состояние растений было хорошее и отличное, а урожай был собран очень высокий. Правда, в такие годы растения находятся в очень большой зависимости от выпадающих осадков и первые длительные периоды бездождья могут нанести им сразу большой ущерб.

Таким образом, при плохих запасах влаги в метровом слое почвы необходимо оценку влагообеспеченности зерновых культур проводить с учетом не только одной количественной характеристики запасов влаги, но и их распределения по горизонтам. При этом требуется также более тщательный анализ количества выпавших осадков и их распределения.

После цветения прекращается прирост вегетативной массы и потребность зерновых культур во влаге снижается. Однако для нормального формирования и налива зерна необходимо определенное количество влаги. Недостаток влаги сразу после цветения, в период завязывания зерна, снижает количество зерен в колосе и приводит к череззернице и пустоколосости, а в более поздний период налива при недостатке влаги снижается абсолютный вес зерна и образуется щуплое зерно.

Веригу указывает, что при уменьшении запасов влаги в метровом слое почвы до 25 мм наблюдается сильное снижение абсолютного веса зерна, нередко на 50%, и зерно бывает очень щуплым. Если средние за декаду запасы влаги метрового слоя почвы ожидаются меньше 25 мм, оценку состояния следует понизить сразу на 1 балл.

Неблагоприятными в этот период являются и большие запасы влаги, больше 125 мм, вызывающие полегание растений, развитие болезней и вредителей. При запасах влаги от 25 до 125 мм балловая оценка оставляется такой, какой она была сразу после цветения. Наиболее благоприятные условия по влагообеспеченности в этот период создаются тогда, когда запасы влаги составляют около 80 мм в метровом слое почвы.

После проведения оценки ожидаемых запасов влаги и определения по вышеизложенным показателям ожидаемого состояния зерновых культур можно провести оценку ожидаемых запасов влаги также с точки зрения видов на урожай.

Наиболее тесная связь урожая с запасами влаги наблюдается в период формирования колоса и цветка. Максимальные урожаи наблюдаются в те годы, когда запасы продуктивной

влаги в этот период бывают 125—175 мм в метровом слое почвы, а в последующий период формирования и налива зерна не наблюдается очень низких (меньше 25 мм) или очень высоких (больше 125 мм) запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы.

Если принять самые высокие урожаи за единицу, то в среднем при различных запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы в период формирования колоса и цветка относительные величины урожаев будут, по Вериге, иметь значения, представленные в табл. 57.

Например, в данном районе в годы с оптимальным увлажнением самые высокие урожаи составляли 25 ц/га. В текущем году средние запасы продуктивной влаги в период от трубки до цветения были 60 мм. По табл. 57 находим, что при запасах влаги 60 мм урожай текущего года должен составлять 0,7 максимального, т. е. 17,5 ц/га.

Таблица 57

Соотношение урожаев при различных запасах продуктивной влаги в период формирования колоса и цветка

Запасы продуктивной влаги (мм)						
1—25	26—50	51—75	76—100	101—125	126—150	151—175
0,18	0,46	0,70	0,86	1,00	0,74	0,68

Если запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в период формирования зерна ожидаются меньше 25 мм, то полученную величину предстоящего урожая следует снизить на 30—50% вследствие ожидаемой щуплости зерна.

Оценка видов на урожай может быть также сделана на основании ожидаемой оценки состояния посевов в момент наступления восковой спелости. При сопоставлении оценок состояния посевов и урожаев Вериге получены данные, представленные в табл. 58.

Рассчитав по ожидаемым запасам влаги оценки состояния до момента восковой спелости, по последней оценке (в момент восковой спелости) определяем сначала относительный урожай, а затем, зная, какой урожай бывает в данном районе при отличном состоянии растений, определяем ожидаемый в текущем году урожай в центнерах с гектара.

Вериге считает, что поскольку изменение оценок состояния посевов, приведенное в табл. 54—58, было определено только в зависимости от запасов продуктивной влаги в почве, то оно отражает в основном обеспеченность посевов влагой. Следовательно, оценки состояния, рассчитанные по этим таблицам в зависимости от запасов влаги, могут быть приняты за оценки влагообеспеченности посевов.

Таким образом, по приведенным зависимостям состояния посевов и урожая от количества продуктивной влаги в почве в отдельные периоды вегетации можно дать, хотя и ориентировочно (в баллах), количественную оценку влагообеспеченности зерновых культур.

Таблица 58

Соотношение урожаев при различных оценках состояния растений в момент наступления восковой спелости

Оценка состояния (баллы)				
1	2	3	4	5
Урожай не учитывается	0,15	0,50	0,75	1,00

На основании этого для удобства расчетов при оценке влагообеспеченности по данным табл. 54—58 Вериги были построены графики зависимости влагообеспеченности посевов от запасов продуктивной влаги в почве, которыми можно пользоваться при составлении прогноза влагообеспеченности яровых и озимых зерновых культур (рис. 49—51).

По графику на рис. 49а можно делать оценку влагообеспеченности зерновых культур в период от посева до кушения. На оси абсцисс отложены средние за декаду запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы, равные полусумме величин запасов в конце предшествующей декады и в конце декады, для которой дается оценка влагообеспеченности, на оси ординат — оценки влагообеспеченности посевов к концу декады.

В период кушения оценку влагообеспеченности посевов следует производить по графику на рис. 49б, где по оси абсцисс отложены средние запасы влаги в пахотном слое почвы за данную декаду, а по оси ординат — изменения оценок влагообеспеченности за эту же декаду при различном состоянии всходов.

Изменение за декаду оценки влагообеспеченности в период кушения, полученное со знаком минус, отнимается от оценки за предшествующую декаду, и разность их дает оценку влагообеспеченности к концу рассматриваемой декады.

Если изменение получено со знаком плюс, то оно прибавляется к оценке влагообеспеченности предшествующей декады только в случае плохого или удовлетворительного состояния растений. При хорошем и отличном состоянии их в предшествующую декаду оценка влагообеспеченности остается той же.

В период формирования колоса и цветка оценка влагообеспеченности проводится по графику на рис. 50. Зная средние запасы влаги за декаду, в которую ведется расчет, по этому графику мы находим отношение оценок влагообеспеченности за

предшествующую и текущую декады. Умножив полученное отношение на оценку влагообеспеченности за предшествующую декаду, получаем оценку влагообеспеченности за текущую декаду.

Оценку влагообеспеченности урожая по запасам продуктивной влаги в почве в период от выхода в трубку до цветения

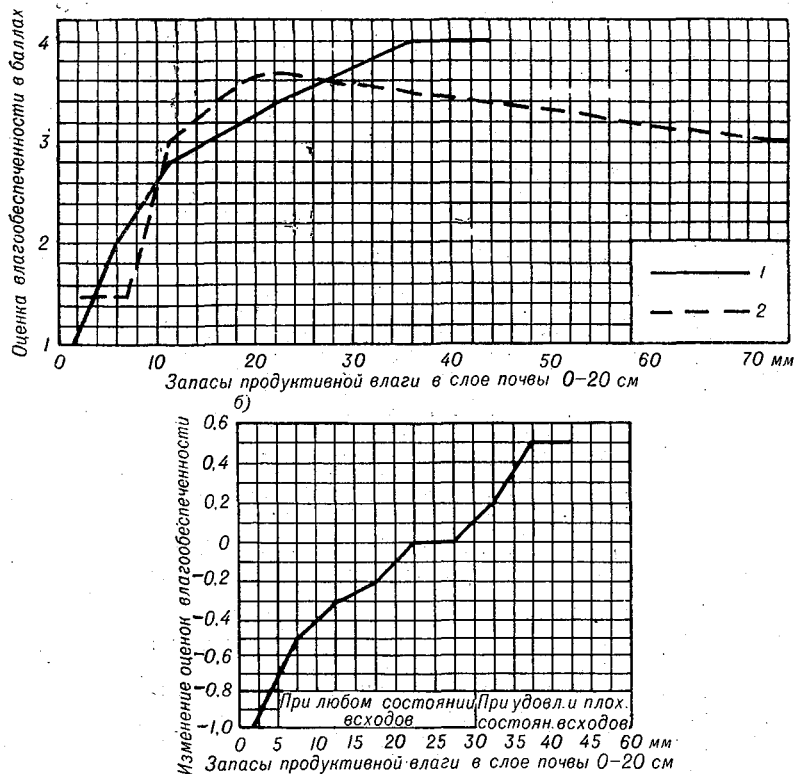


Рис. 49. Оценка влагообеспеченности посевов по запасам продуктивной влаги в почве.

а — влагообеспеченность всходов в зависимости от запасов продуктивной влаги (1 — черноземная зона, 2 — дерново-подзолистая зона); б — изменение оценок влагообеспеченности при различных запасах продуктивной влаги в слое почвы 0—20 см в период кущения.

можно проводить по графику на рис. 51б. Если ожидаемые запасы влаги метрового слоя почвы в период формирования зерна меньше 25 мм, то полученную величину ожидаемой влагообеспеченности следует понизить на 30—50%. При оценке влагообеспеченности урожая по различным оценкам влагообеспеченности, ожидаемым в дату наступления восковой спелости, следует пользоваться графиком на рис. 51а.

Изложенные выше количественные зависимости Вериги

позволяют рассчитать ожидаемые запасы влаги и влагообеспеченность посевов, определить состояние зерновых культур и виды на урожай в районах, где растения в достаточной степени обеспечены теплом и где главную роль играет увлажнение почвы.

Как уже указывалось выше, в период весенне-летнего роста зерновых культур составляется два прогноза. В период выхода в трубку составляется прогноз агрометеорологических условий произрастания зерновых культур в период от выхода в трубку до цветения. В период цветения составляется прогноз условий произрастания в период формирования и налива зерна.

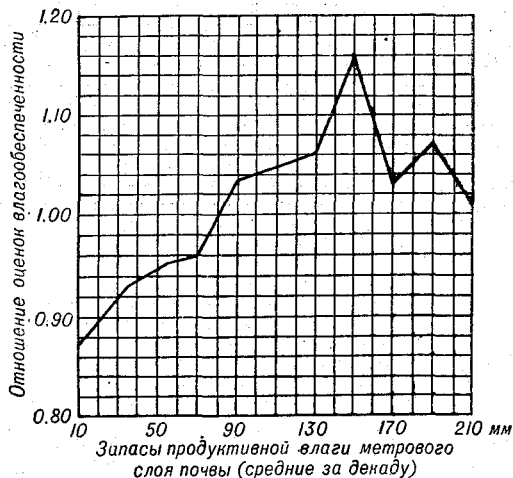


Рис. 50. Оценка влагообеспеченности по запасам продуктивной влаги в почве. Изменение влагообеспеченности посевов в период формирования колоса и цветка в зависимости от количества продуктивной влаги в почве.

Приведем пример составления прогноза агрометеорологических условий произрастания яровых зерновых культур в период от выхода в трубку до цветения.

Получив данные фенологических наблюдений о дате наступления фазы выхода в трубку яровой пшеницы, а также данные о запасах влаги в этот период и имея прогноз погоды на ближайший месяц, агрометеоролог приступает к составлению прогноза условий произрастания яровой пшеницы в период от выхода в трубку до цветения.

В примере, приведенном в табл. 59, выход в трубку яровой пшеницы Лютесценс 62 наблюдался 31 мая, а сев был проведен 5 мая. Вписываем в таблицу данные наблюдений за период от сева до выхода в трубку, т. е. за три декады вегетации, по

температуре, осадкам, запасам влаги, фазам развития. Как следует из этих данных, в первый период развития яровых, от сева до выхода в трубку, стояла исключительно жаркая и сухая погода. Хорошие запасы влаги, наблюдавшиеся в период сева, быстро уменьшались и к моменту выхода в трубку яровой пшеницы составляли 93 мм в метровом слое почвы. Оценка состояния посевов была только удовлетворительной.

Так как прогноз мы составляем в конце мая, то при расчете

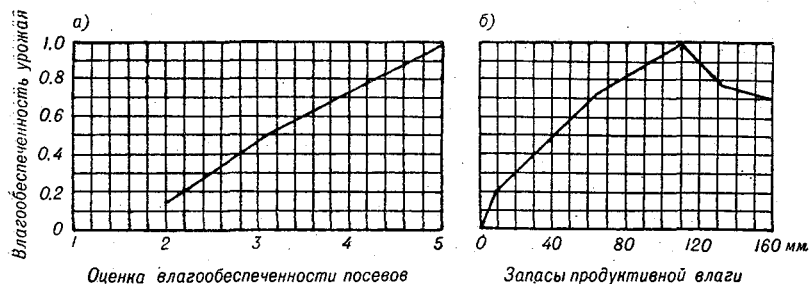


Рис. 51. Оценка влагообеспеченности урожая по запасам продуктивной влаги в почве.

а — соотношение урожаев при различных оценках влагообеспеченности в момент наступления восковой спелости, б — соотношение урожаев при различных запасах продуктивной влаги метрового слоя почвы в период от выхода в трубку до цветения.

Т а б л и ц а 59

**Пример расчета ожидаемых условий роста и развития
яровой пшеницы Лютеценс 62**

Станция Красное Поселение (Куйбышевская обл.). Прогноз составлен
31 мая

Название элементов	Исходные данные			Рассчитанные данные		
	май			июнь		
	I	II	III	I	II	III
Средняя температура воздуха . . .	19	19	20	18	18	15
Сумма осадков (мм)	0	0	10	5	5	10
Запасы почвенной влаги к концу декады (мм):						
в слое 0—20 см	30	22	18	—	—	—
" 0—100 см	120	102	93	62	37	22
Средние за декаду запасы влаги в метровом слое почвы (мм) . . .	—	—	—	77	49	29
Оценка влагообеспеченности яровой пшеницы (баллы)	—	—	3	2,9	2,7	2,4

Сев — 5 мая
Всходы — 11 мая
Выход в трубку — 31 мая

Колошение —
27 июня

и оценке ожидаемых условий дальнейшего периода роста яровых в первую очередь определяем по прогнозу погоды ожидаемые в июне температуру и осадки по декадам. Затем, зная дату наступления выхода в трубку яровой пшеницы, ожидаемый температурный режим и сумму эффективных температур, необходимую от выхода в трубку до колошения, определяем ожидаемую дату наступления фазы колошения.

По Шиголеву, от выхода в трубку до колошения яровой пшеницы сорта Лютеценс 62 необходима сумма эффективных температур 330° (см. гл. VI). Подсчитывая от 31 мая (дата выхода в трубку) по ожидаемой температуре воздуха по декадам, получаем, что указанная сумма эффективных температур накопится к 27 июня. Следовательно, в этот день можно ожидать наступления фазы колошения яровой пшеницы.

Ожидаемую дату цветения не определяем, так как цветение яровой пшеницы обычно наступает вскоре после колошения и количественных показателей для определения наступления цветения нет.

Таким образом, определив ожидаемую дату колошения, мы определили период вегетации яровой пшеницы, в который нам необходимо дать оценку условий ее произрастания. После этого, зная исходные запасы влаги к моменту выхода в трубку яровой пшеницы, ожидаемые осадки и температуру по декадам за период вегетации, рассчитываем по графику Вериги (рис. 45б) ожидаемые запасы влаги по декадам.

К моменту выхода в трубку, к концу третьей декады мая, запасы влаги в метровом слое почвы были равны 93 мм. В первую декаду июня осадков ожидается всего 5 мм, а температура будет 18° . По графику (рис. 45б) находим, что при таких условиях изменение запасов влаги за декаду равно -31 мм, т. е. к концу первой декады июня запасы влаги понизятся до 62 мм. Взяв запасы влаги в 62 мм за исходные, рассчитываем ожидаемые запасы продуктивной влаги за вторую декаду июня. Температура ожидается 18° , осадков 5 мм, изменение запасов влаги (определяем по этому же графику) равно -25 мм, т. е. к концу второй декады июня запасы влаги в метровом слое почвы будут равны 37 мм. Таким же образом рассчитываем запасы влаги за третью декаду июня. Зная ожидаемые запасы влаги к концу каждой декады в период от выхода в трубку до цветения, определяем средние запасы влаги за каждую декаду, равные полусумме значений запасов конца предшествующей и рассчитываемой декад. После этого можно приступить к расчету влагообеспеченности посевов яровой пшеницы в период от выхода в трубку до колошения.

Как следует из расчетов, в этом периоде запасы влаги ожидаются недостаточными, меньше 80 мм в метровом слое почвы. К концу периода должно произойти снижение запасов влаги до плохих. Рассчитаем ожидаемое состояние посевов в зависимости

от этих запасов влаги и дадим балловую оценку влагообеспеченности по декадам. В момент выхода в трубку состояние яровой пшеницы оценивалось баллом 3, т. е. было удовлетворительным. По графику (рис. 50) определяем изменение состояния в зависимости от запасов влаги в первую декаду июня, т. е. даем оценку влагообеспеченности посевов. Средние запасы влаги за первую декаду июня ожидаются равными 77 мм. По графику (рис. 50) находим, что отношение оценок влагообеспеченности текущей декады к оценкам предшествующей равно 0,98. В третью декаду мая оценка была 3 балла, следовательно, в первую декаду июня она будет равна 2,9 балла ($3 \times 0,98 = 2,9$).

За вторую декаду июня средние запасы влаги в метровом слое почвы равны 49 мм, по этому же графику находим, что при таких запасах влаги отношение оценок равно 0,94, т. е. оценка влагообеспеченности во вторую декаду июня будет равна 2,7 балла ($2,9 \times 0,94 = 2,7$). При ожидаемых средних запасах влаги в метровом слое почвы, равных 29 мм, оценка влагообеспеченности понизится до 2,4 балла.

Таким образом мы выяснили, что в период роста яровой пшеницы от выхода в трубку до цветения ожидаются в отношении влагообеспеченности неблагоприятные условия. Влагообеспеченность будет в этот период ниже удовлетворительной, а следовательно, и состояние яровой пшеницы к концу периода, к моменту цветения, ухудшится с удовлетворительного до плохого.

Рассчитав средние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы за весь период от выхода в трубку до цветения, мы можем ориентировочно определить по этим запасам виды на урожай по табл. 57 или по графику (рис. 51б).

Средние запасы влаги за период от выхода в трубку до колошения равны 52 мм. По табл. 57 путем интерполяции или по графику (рис. 51б) находим, что при таких запасах влаги отношение ожидаемого урожая к максимальному будет равно 0,6 при условии, что в период формирования зерна запасы влаги в метровом слое почвы не будут меньше 25 мм. Если максимальный урожай при оптимальных условиях увлажнения в этом районе был равен 20 ц/га, то при средних запасах влаги в период от выхода в трубку до колошения в 52 мм урожай (даже при условии достаточной влагообеспеченности в период формирования и налива зерна) составил бы 12 ц/га. Если же запасы влаги в период формирования зерна ожидаются плохие (меньше 25 мм в метровом слое почвы), то эту величину уменьшаем еще на 50% и получаем виды на урожай по агрометеорологическим условиям всего в 6 ц/га.

Указанные выше расчеты ожидаемых запасов влаги и влагообеспеченности посевов проводятся по данным всех станций обслуживаемой территории, а результаты наносятся на карты. На рис. 52 представлена карта ожидаемых запасов влаги в метровом слое почвы к моменту колошения в 1957 г. на Европейской

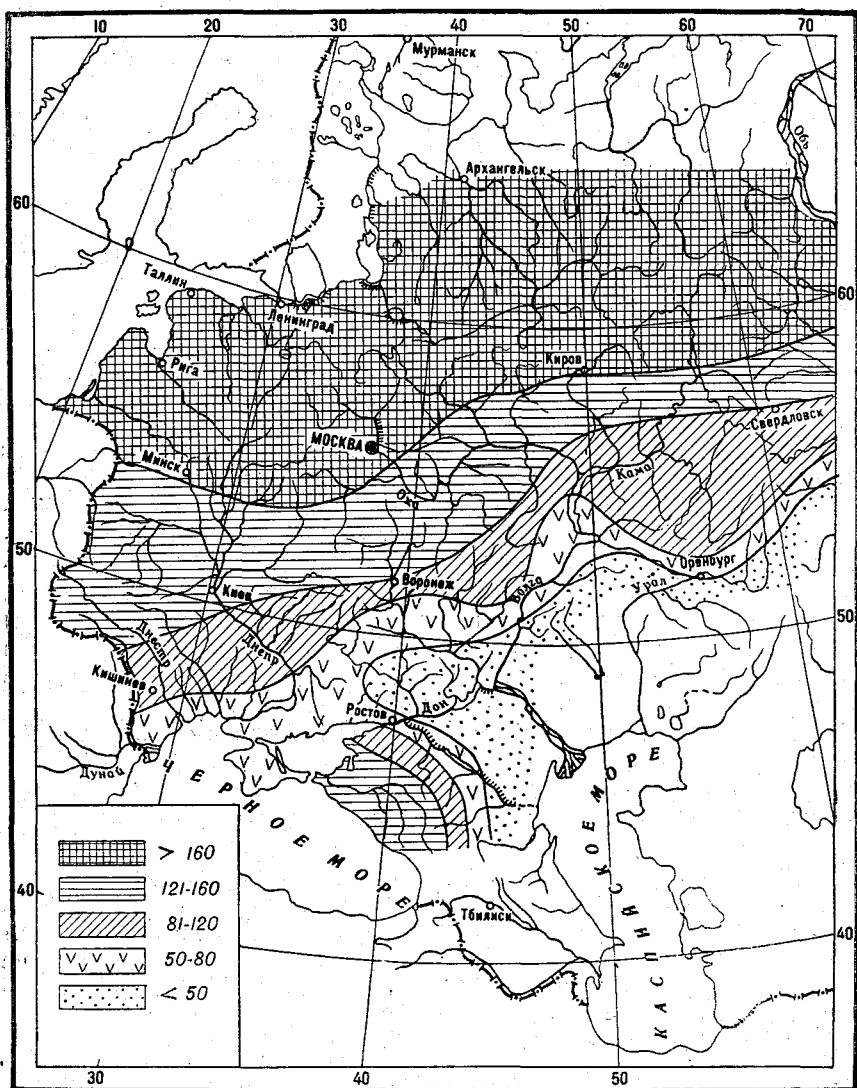


Рис. 52. Ожидаемые запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы (в мм) под яровыми культурами в период колошения в 1957 г.

территории СССР. На этой карте выделены зоны с хорошими запасами влаги (больше 120 мм), с недостаточными (60—80 мм) и с очень низкими (меньше 60 мм).

В тексте прогноза условий произрастания зерновых культур в период от выхода в трубку до цветения указываются:

1) Наблюдавшиеся условия роста и развития яровых в первый период, от сева до выхода в трубку; фактическое состояние яровых к моменту составления прогноза.

2) Ожидаемые термические условия и даты наступления фазы цветения.

3) Ожидаемые осадки и запасы влаги в период от выхода в трубку до цветения.

4) Ожидаемые условия произрастания зерновых культур в этот период и виды на урожай в связи с особенностями агрометеорологических условий.

2. Оценка сложившихся и ожидаемых условий влагообеспеченности яровых культур по суммарному испарению влаги и дефициту влажности воздуха

Влагообеспеченность яровых зерновых культур можно определить, используя методы, в основу которых положен учет не только запасов влаги в почве, температуры и осадков в различные периоды роста и развития сельскохозяйственных культур, но и других показателей.

Р. Э. Давидом, А. М. Алпатьевым и А. В. Процеровым предложено оценку условий влагообеспеченности яровых зерновых культур проводить по дефициту влажности воздуха и суммарному испарению влаги с полей.

Сельскохозяйственным культурам необходимо для формирования урожая в течение вегетационного периода различное количество воды в зависимости от типа погоды.

Величина суммарного испарения в любые годы сама по себе не может служить еще показателем влагообеспеченности растений, так как она зависит в основном от метеорологических условий, от увлажнения почвы и не отражает потребностей растений во влаге. Во влажные годы величина суммарного испарения бывает близка к величине испаряемости. В засушливые годы соотношение этих величин меняется.

Так, Арми и Осл [113], ведя исследования в засушливых условиях штата Монтана (США), пришли к выводу, что при недостаточных запасах влаги наблюдается обратная зависимость между испарением с водной поверхности и суммарным испарением яровой пшеницы. Коэффициент корреляции этой зависимости равен $-0,80$ для посевов пшеницы по пшенице и $-0,72$ для пшеницы, чередовавшейся с паром. При увеличении испарения с водной поверхности суммарное испарение пшеницы уменьшалось. Это противоположно тому, что наблюдается на

орошаемых землях. По данным указанных авторов, связь суммарного испарения с поля пшеницы при непрерывных посевах с испарением с водной поверхности выражается формулой $y = 24,5 - 0,6x$, где y — суммарное испарение пшеницы, x — испарение с водной поверхности (по испарителю). При посевах пшеницы, чередовавшихся с паром, уравнение это имеет вид $y = 28,5 - 0,7x$.

При недостаточных запасах влаги и малом количестве осадков высокая температура воздуха увеличивает испарение, но снижает рост растений. Вследствие этого уменьшается транспирация растений — главная составляющая суммарного испарения.

Таким образом, одни и те же метеорологические условия приводят к увеличению испарения с водной поверхности и к снижению транспирации, а следовательно, и суммарного испарения.

Во влажные годы, когда полностью бывает покрыта потребность растений во влаге, величина суммарного испарения бывает близка к величине испаряемости. Поэтому приближенным показателем оптимальной потребности растений во влаге и считают величину испаряемости в условиях данного года.

Условия испаряемости хорошо характеризует дефицит влажности воздуха. На основании большого количества фактических данных рядом исследователей установлено, что испарение с водной поверхности главным образом зависит от недостатка насыщения воздуха водяными парами. Следовательно, недостаток насыщения воздуха водяными парами может являться показателем напряженности условий роста сельскохозяйственных культур и может до некоторой степени характеризовать потребность растений во влаге при различных условиях погоды.

По Алпатьеву, оптимальная влагообеспеченность сельскохозяйственных культур наблюдается в том случае, когда величина суммарного испарения составляет в среднем 0,6 величины дефицита влажности воздуха. В отдельные фазы развития растений этот коэффициент может несколько меняться. Например, для яровых культур величина суммарного испарения при оптимальных условиях водоснабжения может составлять от 0,5 до 0,7 величины дефицита влажности воздуха.

Процеров [71] сравнивал величины суммарного испарения с полей в очень влажные годы с величинами фактического испарения с водной поверхности больших испарительных бассейнов, установленных Государственным гидрологическим институтом в Куйбышеве, Ершове и Дубовке (Ростовская обл.). При сопоставлении этих данных оказалось, что суммарное испарение с поля яровой пшеницы во влажные годы, когда полностью была удовлетворена потребность растений во влаге, близко к испарению с водной поверхности, а испарение с водной поверхности может характеризоваться недостатком насыщения воздуха водяными парами, взятым с определенным коэффициентом. Поэ-

тому в качестве показателя, определяющего потребность растений во влаге за определенный период, Процеровым предложена сумма среднесуточных значений дефицита влажности воздуха за этот же период, выраженная в миллиметрах, и определенного коэффициента в различные периоды вегетации и для различных культур.

Величина суммарного испарения, равная сумме среднесуточных значений дефицита влажности воздуха и коэффициента 0,6, по Процерову, является показателем полной влагообеспеченности яровой пшеницы для периода от всходов до цветения. В период от цветения до восковой спелости в качестве показателя оптимальной влагообеспеченности Процеровым принята величина суммарного испарения, равная сумме среднесуточных значений дефицита влажности и коэффициента 0,4.

Зная величину суммарного испарения, необходимую для оптимальных условий роста растений при данных метеорологических условиях, и фактическое суммарное испарение и сравнивая эти величины, можно установить, какова влагообеспеченность зерновых культур при данных метеорологических условиях в процентах оптимальной. Таким образом, степень удовлетворения потребности растений во влаге, выраженная в процентах, и является показателем влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. При этом Процеров считает, что 80—120% влагообеспеченности является показателем оптимальных условий роста культуры. При снижении влагообеспеченности до 30% к моменту созревания урожай получается очень низкий, всего 1—2 ц/га.

Метод оценки влагообеспеченности по суммарному испарению и дефициту влажности воздуха разработан в основном по материалам станций, расположенных в степной и лесостепной зонах СССР. Поэтому он будет более точен при оценке условий влагообеспеченности в зоне недостаточного увлажнения. Однако этот метод может быть применим и в других зонах (избыточного и неустойчивого увлажнения) с той разницей, что оценку влагообеспеченности здесь следует делать несколько по-другому.

Когда станция находится в зоне недостаточного увлажнения, то при расчете влагообеспеченность получается обычно ниже 100%. Даже если влагообеспеченность в этой зоне в отдельные годы будет больше 100%, все равно ее можно считать оптимальной, так как при высокой температуре, характерной для этой зоны, отрицательного влияния на урожай это не окажет.

Во влажной зоне очень часто бывают случаи, когда осадков выпадает большое количество, запасы влаги бывают избыточными и условия роста становятся неблагоприятными вследствие ухудшения аэрации почвы, развития грибных заболеваний, полегания посевов и т. д. Поэтому в зоне избыточного увлажнения при пониженной температуре особенно следует учитывать влагообеспеченность выше 100% и анализировать ее

с точки зрения различной степени неблагоприятности для формирования урожая.

В условиях избыточного увлажнения в качестве гипотезы автор полагает, что сильное снижение урожая сельскохозяйственных культур может быть при влагообеспеченности 200—300%.

В зоне неустойчивого увлажнения в годы с очень большим количеством осадков расчеты следует вести по типу зоны избыточного увлажнения.

Для определения границ различных зон по увлажнению можно использовать карту, предложенную А. Н. Костяковым (рис. 53), однако в каждом конкретном году при оценке условий влагообеспеченности должны в первую очередь учитываться особенности погоды данного года.

Метод Процера применяется при количественной оценке сложившихся условий влагообеспеченности, но он может быть применен и при прогнозировании условий роста яровых культур. Чтобы лучше понять технику расчета по этому методу, разберем сначала, как производить расчет влагообеспеченности по сложившимся условиям, а затем уже по ожидаемым.

Допустим, мы ведем оценку складывающихся условий влагообеспеченности по декадам от всходов яровой пшеницы до созревания. Расчет влагообеспеченности яровой пшеницы удобнее всего проводить по форме, предложенной Процером (табл. 60).

При расчете влагообеспеченности по этому методу (по фактическим условиям) в специальную таблицу (табл. 60) вписываются ежелекадные данные по температуре воздуха, осадкам и запасам продуктивной влаги в метровом слое почвы. Далее подсчитывается и записывается сумма среднесуточных значений дефицита влажности воздуха за декаду. Станции в декадных телеграммах сообщают средний дефицит влажности воздуха за декаду в миллибарах. Эту величину переводят в миллиметры ($1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм}$) и умножают на число дней в декаде.

После этого можно рассчитать величину суммарного испарения за декаду, необходимую для оптимальных условий роста яровых. Она равна для каждой декады сумме среднесуточных значений дефицита влажности воздуха, взятой для периода от всходов до цветения яровых с коэффициентом 0,6, а для периода от цветения до созревания — с коэффициентом 0,4. В конце таблицы записываются даты фаз развития.

Допустим, мы ведем расчет влагообеспеченности за третью декаду мая. Сумма среднесуточных значений дефицита влажности воздуха за эту декаду равна 60 мм, следовательно, суммарное испарение, необходимое для оптимальных условий роста, равно 36 мм ($60 \times 0,6$).

Затем рассчитываем суммарное испарение, наблюдавшееся в данном году, по запасам влаги и осадкам методом водного

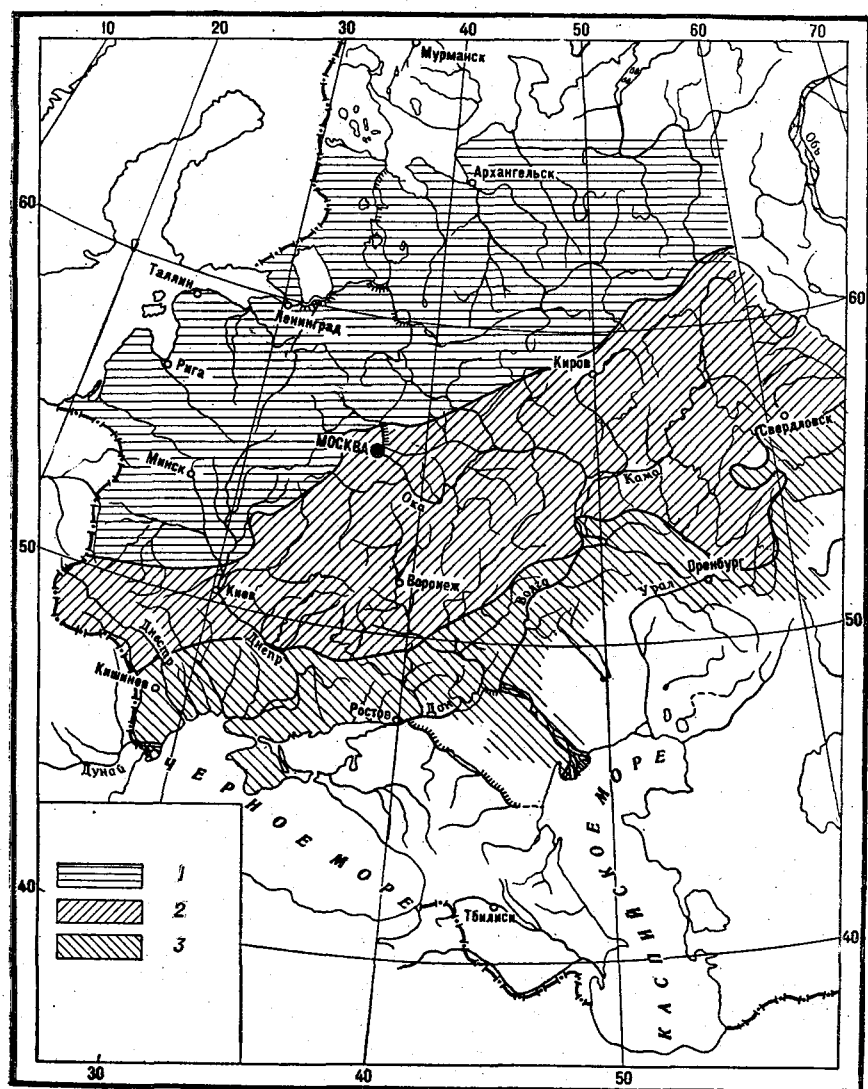


Рис. 53. Основные зоны увлажнения (по А. Н. Костякову).

1 — избыточное увлажнение, 2 — неустойчивое увлажнение, 3 — недостаточное увлажнение.

Таблица сведений, необходимых для расчета влагообеспеченности яровой пшеницы (ячменя, овса) по декадам

Агрометеостанция Синельниково (Днепропетровская обл.)

Наименование элементов	Апрель		Май			Июнь			Июль	
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Средняя декадная температура воздуха . .	7	10	13	15	18	19	21	23	22	20
Сумма осадков за декаду (мм)	10	15	25	8	16	0	5	10	25	20
Запасы влаги в метровом слое почвы (мм)	110	105	110	90	80	50	25	15	22	27
Сумма среднесуточного дефицита влажности воздуха за декаду (мм)	22	25	34	49	60	97	90	105	82	82
Величина испарения, необходимая для оптимальных условий роста (мм)	13	15	20	29	36	58	54	42	33	33
Суммарное испарение в данном году (мм)		20	20	28	26	30	30	20	18	15
Влагообеспеченность за декаду (‰)		133	100	96	72	52	56	48	55	45
Средняя влагообеспеченность за весь предшествующий период (%)		133	116	110	100	90	85	80	76	72

Фазы развития: сев — 11 апреля, всходы — 28 апреля, кущение — 10 мая, трубка — 20 мая, цветение — 20 июня, восковая спелость — 10 июля.

баланса: $z = w_1 + \Sigma m - w_2$, где z — суммарное испарение за декаду (в мм), w_1 — запасы влаги к концу предшествующей декады, Σm — сумма осадков за текущую декаду, w_2 — запасы влаги к концу текущей декады. Запасы влаги к концу второй декады мая были равны 90 мм, сумма осадков составила за третью декаду мая 16 мм, а запасы влаги к концу третьей декады мая стали равны 80 мм. Следовательно, за третью декаду мая испарилось 26 мм.

При оценке влагообеспеченности по прошедшим условиям используются, как уже было сказано, в основном фактическими данными о запасах влаги в почве. Однако иногда приходится пользоваться рассчитанными данными. Это делается только в тех случаях, когда станция дает нерегулярные сведения о запасах влаги в почве или совсем их не определяет, а также когда данные наблюдений над влажностью почвы вызывают недове-

рие. В этих случаях пользуются рассчитанными данными о запасах влаги в почве, которые вычисляются по графическим зависимостям С. А. Вериго (рис. 45—47) или А. С. Конторщикова.

По графикам Конторщикова можно определять и суммарное испарение в зависимости от температуры, осадков и запасов влаги в почве. Пользование этими графиками подробно будет изложено несколько дальше (в разделе «Прогноз условий формирования урожая яровой пшеницы методом учета транспирации»).

Сравнивая величины суммарного испарения данного года с суммарным испарением, необходимым для оптимальных условий роста (по декадам), и выражая первую величину в процентах второй, получаем влагообеспеченность в данную декаду в процентах оптимальной влагообеспеченности. В частности, за третью декаду мая фактическое суммарное испарение было равно 26 мм, а испарение, необходимое для оптимальных условий роста, равно 36 мм. Следовательно, влагообеспеченность яровой пшеницы в эту декаду составляла 72% оптимальной.

Рассчитывая ежедекадно количественную оценку влагообеспеченности в процентах оптимальной ее величины указанным способом, можно подсчитать среднюю оценку влагообеспеченности всего прошедшего периода вегетации яровых культур, которая находится как обычная средняя величина. Средняя влагообеспеченность за период, например, от всходов до выхода в трубку в рассматриваемом примере равна 110%,

так как
$$\frac{133 + 100 + 96}{3} = 110.$$

Сравнивая рассчитанные данные по различным пунктам, можно дать оценку условий роста яровых в текущую декаду или за прошедший период по влагообеспеченности для той или иной территории.

Связь между влагообеспеченностью в процентах оптимальной ее величины и оценками состояния яровых культур окончательно Процеровым еще не разработана, однако установлены следующие соотношения между средней влагообеспеченностью за период вегетации и оценкой состояния яровых к концу вегетации. Если влагообеспеченность составляет 85% оптимальной и больше, то наблюдается чаще всего отличное состояние яровых. Если влагообеспеченность составляет 75% оптимальной, то оценка состояния чаще всего хорошая. Влагообеспеченность в 65% соответствует удовлетворительному состоянию яровых, в 50% — плохому, а в 30% — очень плохому (рис. 54). График, показанный на рис. 54, можно использовать только для определения оценки состояния в конце вегетации. Ежедекадно рассчитывать оценку состояния по этому графику не рекомендуется.

При прогнозе влагообеспеченности этим методом по ожидае-

мым условиям встречаются некоторые затруднения в определении значений дефицита влажности воздуха, так как известно, что этот метеорологический элемент не прогнозируется.

Если запрос об ожидаемых условиях роста яровых поступает с большой заблаговременностью на период, на который у нас нет прогноза погоды, то прогноз влагообеспеченности составляется по средним многолетним величинам дефицита влажности воздуха. Поскольку среднее многолетнее значение этого элемента указывается в среднем за месяц, то оценку влагообеспеченности можно давать не к концу каждой декады, а сразу к концу месяца.

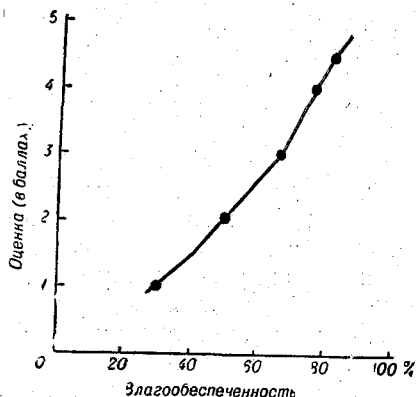


Рис. 54. Связь влагообеспеченности яровой пшеницы с оценкой состояния яровых культур в конце вегетации.

Взяв среднемноголетнюю месячную величину дефицита влажности воздуха и умножив ее на 30 или на 31, получаем сумму среднесуточных значений дефицита в целом за месяц. Полученную сумму умножаем на коэффициент 0,6 до цветения или 0,4 после цветения яровых. В итоге получаем суммарное испарение, необходимое для оптимальных условий роста в целом за месяц. Затем определяем фактическое суммарное испарение за этот месяц.

Зная средние многолетние величины температуры воздуха и осадков по декадам и исходные запасы влаги на начало составления прогноза, по соответствующим данной фазе развития графикам определяем суммарное испарение и запасы влаги за каждую декаду месяца. Сложив полученные величины суммарного испарения по декадам, получаем величину фактического испарения за месяц.

Выразив фактическое суммарное испарение в процентах суммарного испарения, необходимого для оптимальных условий роста, получаем величину влагообеспеченности культуры на конец рассматриваемого периода, т. е. на конец месяца. Если же требуется с большой заблаговременностью сделать оценку ожидаемой влагообеспеченности по декадам, то, имея среднее месячное значение дефицита влажности воздуха, можно по нему рассчитать средние значения дефицита по декадам тем же способом, как и декадные температуры, — по кривой годового хода дефицита, построенного по средним месячным данным.

При расчете влагообеспеченности культур с учетом прогноза погоды можно определять ожидаемые значения дефицита влажности воздуха следующим способом.

В работах К. И. Кашина, М. В. Гриценко [29] была найдена связь дефицита влажности воздуха с температурой и получены достаточно высокие коэффициенты корреляции, позволяющие рассчитывать значения дефицита влажности воздуха по ожидаемой температуре.

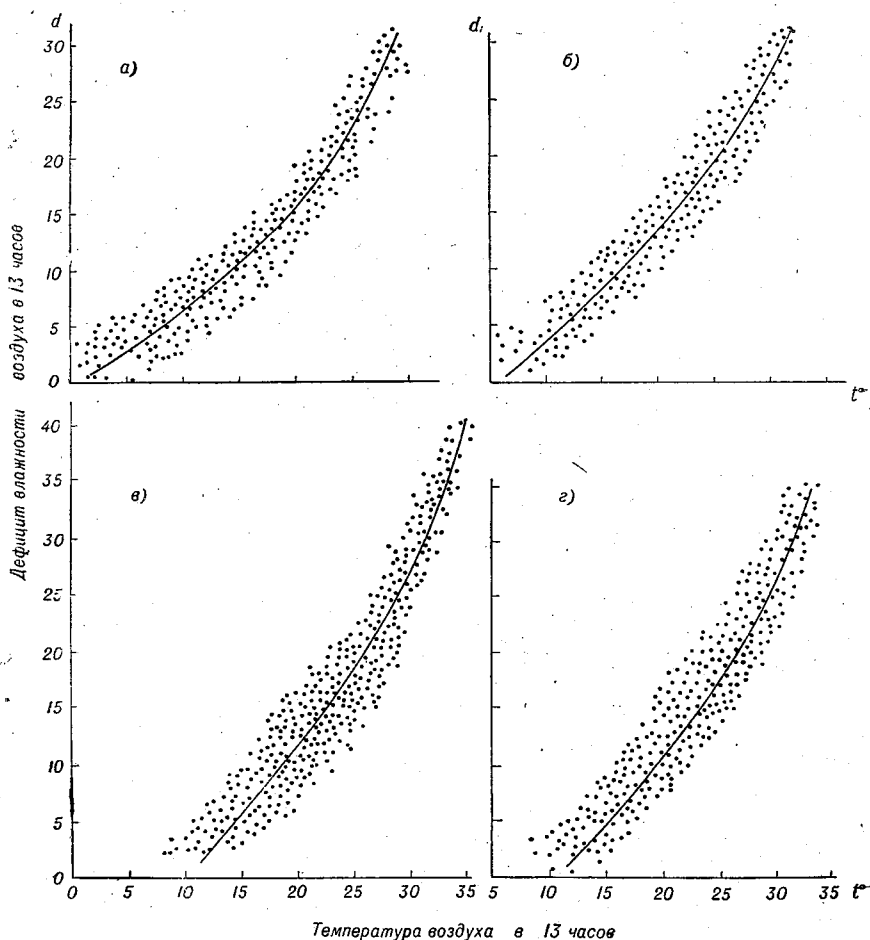


Рис. 55. Связь между дефицитом влажности воздуха и температурой воздуха в 13 часов в дни без дождя (для континентальных станций).

а — в мае, б — в июне, в — в июле, г — в августе.

Зависимость между дефицитом влажности и температурой воздуха в 13 часов для различных месяцев представлена Кашиным и Гриценко в виде графиков (рис. 55). Для оценки влагообеспеченности необходимо знать среднесуточные величины дефицита влажности воздуха. Зная максимальное значение

дефицита, можно определить его среднесуточное значение по графику зависимости, установленной Процеровым (рис. 56).

Таким образом, взяв по прогнозу погоды максимальную температуру по периодам, вычисляем по графикам на рис. 55 максимальное значение дефицита влажности за сутки, а затем по графику на рис. 56 — его среднесуточное значение. Суммируя ожидаемые среднесуточные величины дефицита влажности за декаду и умножая эту сумму на коэффициент оптимальной потребности растений во влаге (0,6 или 0,4 в зависимости от периода вегетации), определяем ожидаемое суммарное испарение

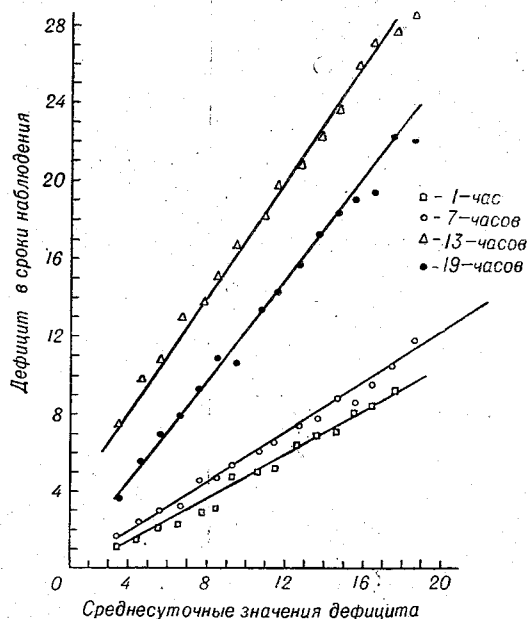


Рис. 56. Связь среднесуточного значения дефицита влажности воздуха со средними значениями его по срокам наблюдений.

за декаду, необходимое для оптимальных условий роста. Зная фактические исходные запасы влаги к моменту составления прогноза, ожидаемые температуру и осадки по декадам, рассчитываем по графикам Конторщикова суммарное испарение и запасы по декадам. Взяв отношение фактического суммарного испарения к испарению, необходимому для оптимальных условий роста, получаем ожидаемую влагообеспеченность культуры к концу декады.

Расчету ожидаемой влагообеспеченности как по средним многолетним данным, так и по прогнозу погоды предшествует расчет дат наступления фаз развития яровых культур (цветения и восковой спелости), чтобы определить основные периоды

вегетации, в которые необходимо брать разные коэффициенты оптимальной потребности растений во влаге. Определение ожидаемых фаз развития яровых культур производится при помощи сумм эффективных температур Шиголева, необходимых для наступления той или иной фазы (метод расчета см. в гл. VI).

Процеров считает возможным дать прогноз влагообеспеченности на основе учета прогноза погоды более упрощенным способом, рекомендуя следующий прием для определения ожидаемых значений дефицита влажности воздуха по температуре.

Если в долгосрочном прогнозе температура ожидается в норме, то следует пользоваться средним многолетним значением дефицита влажности. Если же температура ожидается выше или ниже нормы, то можно использовать приводимую в табл. 61 шкалу снижений или превышений дефицита влажности воздуха в процентах нормы. Как указывает Процеров, приведенные соотношения справедливы для мая, июня и июля в среднем для каждого из этих месяцев.

Таблица 61

Приближенное соотношение отклонения температуры и дефицита влажности воздуха от нормы (в %) (по А. В. Процерову)

Название элемента	Средняя многолетняя	Выше нормы	Ниже нормы
Температура воздуха . .	100	10 20 30 40	10 20 30 40
Дефицит влажности воздуха	100	15 30 45 60	15 30 45 60

Например, если в июне температура воздуха ожидается на 2° выше нормы при норме в 16°, т. е. превышение температуры ожидается около 12,5%, то ожидаемый дефицит влажности в среднем за месяц будет примерно на 18% выше среднего многолетнего. Следовательно, при норме дефицита влажности в июне, например, 5 мб ожидаемое его значение в данном случае будет 5,9 мб.

Основная трудность при оценке ожидаемых условий влагообеспеченности яровых культур по этому методу состоит в определении будущих значений дефицита влажности воздуха. После определения этих значений и сроков наступления фаз развития, а также запасов влаги техника расчета влагообеспеченности будет та же, что и по фактически наблюдавшимся условиям, только при расчете вместо наблюденных величин берутся ожидаемые.

Количественная оценка потребления влаги растением в процессе испарения предложена также в основу методики расчета расходов влаги, предложенной Д. И. Шашко. Эмпирическая формула Шашко, выражающая величину суммарного испарения в период кущения—начало созревания зерновых культур,

имеет вид $z = M \Sigma (E - e)$, где z — суммарное испарение (в мм), M — коэффициент суммарного испарения, $\Sigma (E - e)$ — сумма среднесуточных значений дефицита влажности воздуха (в мм).

Коэффициент M по физическому смыслу представляет количество испарившейся влаги на 1 мм дефицита влажности воздуха. Он зависит от количества накопленной на единице площади абсолютно сухой растительной массы, определяющей размер испаряющей поверхности, от количества осадков и увлажнения почвы.

Для расчета суточного расхода влаги в зависимости от растительной массы и дефицита влажности воздуха Шашко предложил график, показанный на рис. 57.

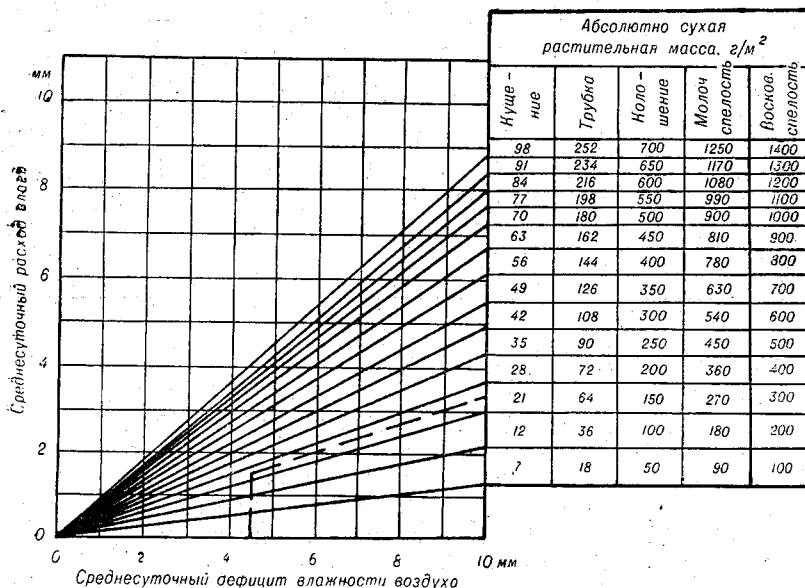


Рис. 57. Суточный расход влаги в зависимости от дефицита влажности воздуха и накопления растительной массы.

Зная абсолютный вес сухой массы на 1 м², запасы продуктивной влаги к моменту расчета и среднесуточные дефициты влажности воздуха, мы можем, используя график Шашко, ответить на следующие вопросы: 1) на какой период может хватить имеющихся запасов продуктивной влаги в почве; 2) когда наступит водное голодание растений; 3) какое дополнительное поступление влаги от осадков необходимо для восстановления необходимых запасов влаги.

Определяя по графику (рис. 57) суточные расходы влаги, суммируя их и сравнивая с имеющимися запасами влаги, определяем время, когда эти запасы будут израсходованы.

3. Прогнозы условий формирования урожая яровой пшеницы методом учета транспирации

Оценку условий формирования урожая сельскохозяйственных культур можно проводить на основании учета транспирации данной культуры. Этот путь хорошо известен в агрономической практике, однако сложность определения величины транспирации культуры затрудняет проведение количественных расчетов видов на урожай этим методом.

Как известно, транспирационный коэффициент (T) характеризует то количество воды, которое было израсходовано растением для создания единицы сухой массы, и выражается формулой $T = \frac{E}{R}$, где E — транспирация культуры за вегетационный период, R — сухая масса растений, т. е. урожай.

Следовательно, $R = \frac{E}{T}$, т. е. для расчета урожая сельскохозяйственных культур необходимо знать величину транспирации данной культуры за вегетационный период и транспирационный коэффициент при среднем уровне агротехники в данном районе. Такой транспирационный коэффициент обычно соответствует средним урожаям. Однако интересно знать и минимальное значение этого коэффициента, при котором получаются в тех же условиях, но при более высоком уровне агротехники повышенные урожаи.

Для практических целей целесообразнее пользоваться величиной хозяйственного транспирационного коэффициента T , представляющего собой количество воды (в мм), израсходованное с площади 1 га путем транспирации на 1 ц товарного продукта данной культуры (для зерновых культур это будет 1 ц воздушно-сухого, кондиционного, зерна).

П. И. Колосков предлагает при определении видов на урожай яровой пшеницы использовать формулу $R = \frac{H - (Q + A)}{T}$, где R — величина урожая в центнерах с гектара, H — общее количество осадков (в мм), выпавшее за холодную часть года с температурой ниже $+5^\circ$ и за последующие четыре месяца после перехода температуры воздуха через $+5^\circ$ весной, Q — поверхностный и грунтовый сток воды, A — количество воды, испарившееся с поверхности почвы, T — транспирационный коэффициент.

На основании анализа статистических данных Колосков установил, что в среднем в условиях Казахстана при получении 1 ц зерна пшеницы с 1 га расходуется в течение вегетации 10 мм воды ($T = 10$). Суммарное значение стока и физического испарения ($Q + A$) в среднем для условий Казахстана найдено равным 130 мм. Таким образом, для определения видов на урожай при условиях, близких к средним многолетним, формула Колоскова для Казахстана приобретает вид $R = \frac{H - 130}{10}$.

А. С. Конторщиков [33] предложил использовать известные формулы зависимости урожая от транспирации культуры и транспирационного коэффициента для оценки условий формирования урожая каждого конкретного года с учетом его особенностей в различных районах.

Зависимость среднего и максимального урожаев от величин транспирации и транспирационного коэффициента выражается формулами:

$$R_{\text{ср}} = \frac{E}{T_{\text{ср}}} = \frac{z - u}{T_{\text{ср}}};$$

$$R_{\text{макс}} = \frac{E}{T_{\text{мин}}} = \frac{z - u}{T_{\text{мин}}}.$$

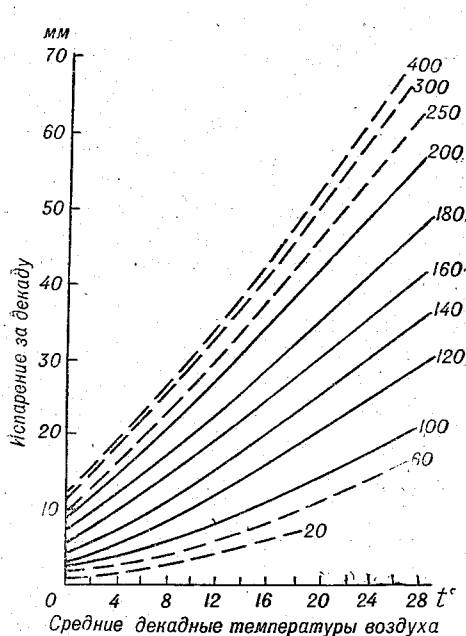


Рис. 58. График для расчета суммарного испарения с поля яровой пшеницы в период от посева до выхода в трубку.

где $R_{\text{ср}}$ — средний урожай (в ц/га), $R_{\text{макс}}$ — максимальный урожай данной культуры (в ц/га), E — транспирация за весь вегетационный период (в мм), z — суммарное испарение за тот же период (в мм), u — испарение с поверхности почвы под данной культурой за вегетационный период (в мм), $T_{\text{ср}}$ — средний транспирационный коэффициент (в мм на 1 ц/га урожая), $T_{\text{мин}}$ — минимальный транспирационный коэффициент (в мм на 1 ц/га урожая).

Необходимо отметить, что в указанных формулах урожай рассматривается как линейная функция увлажнения, поэтому их следует применять только в тех пред-

делах, в каких эта зависимость имеет место. Определение входящих в формулы величин Конторщикова предлагает проводить следующим образом.

а. Расчет суммарного испарения яровой пшеницы за вегетационный период. Суммарное испарение яровой пшеницы за вегетационный период (z) можно рассчитать по графическим зависимостям, которые были получены Конторщиковым для трех основных межфазных периодов яровой пшеницы: от посева до выхода в трубку, от выхода в трубку до цветения и от цветения

до восковой спелости (рис. 58—60). Кривые, расположенные в поле графиков (рис. 58—60), соответствуют суммам запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на конец предшествующей декады и осадков за текущую декаду. Коэффициент корреляции этих зависимостей высокий ($r=0,83 \pm 0,02$).

Расчет по зависимостям Конторщикова производится следующим образом. Вначале определяют даты наступления фаз выхода в трубку и цветения яровой пшеницы, для того чтобы знать, по какому графику рассчитывать суммарное испарение в данную декаду. Определив основные межфазные периоды, приступают к расчетам суммарного испарения.

Если по этому методу проводится оценка сложившихся условий, то берутся фактические данные по фазам; если проводится оценка ожидаемых условий, то даты наступления этих фаз рассчитываются по суммам эффективных температур методом Шиголева (см. гл. VI).

Зная запасы влаги на конец предшествующей декады, сумму осадков и температуру воздуха за декаду, в которую ведется расчет суммарного испарения, находят на оси

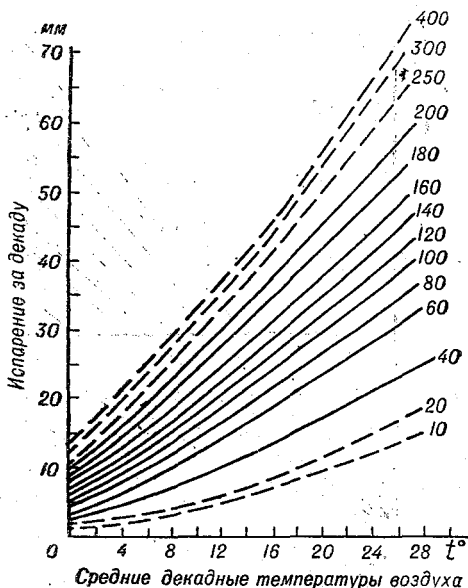


Рис. 59. График для расчета суммарного испарения с поля яровой пшеницы в период от выхода в трубку до цветения.

абсцисс соответствующего графика величину средней температуры воздуха и затем, восстанавливая перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей сумме запасов влаги на конец предшествующей декады плюс осадки текущей декады, снимают с оси ординат значения суммарного испарения за декаду. Аналогичным образом проводят расчет по всем декадам вегетационного периода по трем указанным графикам (рис. 58—60). Если фаза, например, выхода в трубку наступает в середине декады, расчет суммарного испарения в эту декаду ведется по двум смежным графикам. Окончательное суммарное испарение для этой декады вычисляется как средняя величина, вычисленная в данном случае по графикам на рис. 58 и 59.

Суммарное испарение всего вегетационного периода определяется путем суммирования величин каждой декады за весь

период вегетации. Лучше это делать постепенно по основным межфазным периодам, а затем уже определять суммарное испарение за весь период вегетации. Величины суммарного испарения для каждого межфазного периода следует отдельно вычислять в основном потому, что они необходимы будут в дальнейшем при расчетах испарения с поверхности почвы.

Если по этому методу проводится оценка сложившихся условий формирования урожая, то используются фактические данные наблюдений над фазами развития, температурой, осадками

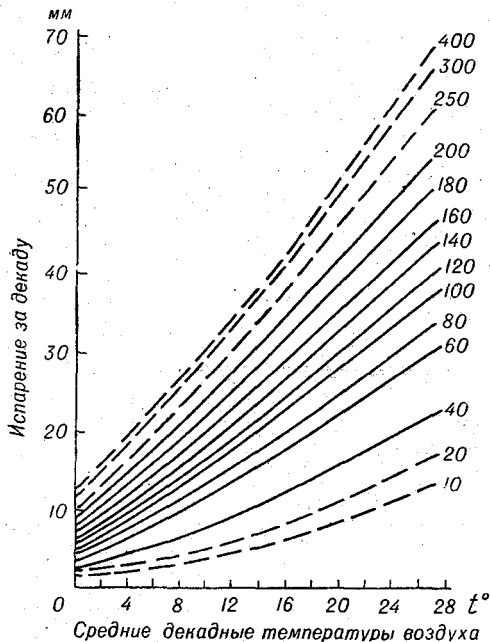


Рис. 60. График для расчета суммарного испарения яровой пшеницы в период после цветения.

и запасами влаги в почве по декадам. Если проводится оценка ожидаемых условий, то эти данные рассчитываются. Средние температура и сумма осадков по декадам рассчитываются по данным долгосрочного прогноза погоды, даты наступления фаз развития определяется по суммам эффективных температур (методом Шиголева). Расчет запасов влаги по декадам проводится методом Вериго на основании зависимостей изменения запасов влаги от температуры, осадков и предшествующих запасов влаги по декадам в основные периоды вегетации. Но можно

запасы влаги по декадам рассчитывать также по зависимостям Конторщикова одновременно с расчетом по ним суммарного испарения.

Зная к моменту составления прогноза исходные запасы влаги в почве, ожидаемые температуру и сумму осадков за первую декаду предстоящего периода, определяем изложенным выше способом суммарное испарение за эту декаду. Вычитая величину суммарного испарения из суммы величины исходных запасов влаги плюс осадки за данную декаду, получаем запасы влаги на конец текущей декады. Эта рассчитанная величина берется как исходная для определения суммарного испарения и запасов влаги следующей декады и т. д.

б. Определение испарения с поверхности почвы и транспирации яровой пшеницы за вегетационный период. Для расчета испарения с поверхности почвы под яровой пшеницей (u) за

вегетационный период Конторщиков предлагает использовать формулу $u = kz$, где u — испарение с поверхности почвы (в мм), z — суммарное испарение (в мм), k — коэффициент, который для разных периодов вегетации различен и приближенно может быть принята для периода от всходов до выхода в трубку яровой пшеницы равным 0,72, от выхода в трубку до цветения 0,17, от цветения до восковой спелости 0,32.

Расход влаги на испарение с поверхности почвы тем больше, чем меньше почва укрыта растениями. В первые периоды роста, пока еще недостаточно развита транспирирующая масса растений, преобладает расход влаги на испарение с почвы. В поздние периоды, после выхода в трубку, когда образована у растений мощная растительная масса, преобладает расход влаги на транспирацию, а испарение с почвы, покрытой мощным растительным покровом, небольшое. После цветения, когда растение подсыхает, испарение с поверхности почвы вновь увеличивается.

Рассчитав суммарное испарение вышеуказанным способом за межфазные периоды всходы — выход в трубку, выход в трубку — цветение, цветение — восковая спелость и взяв величины суммарного испарения по этим периодам с соответствующими коэффициентами, получаем величины испарения с поверхности почвы по основным периодам вегетации, которые в сумме дадут общее испарение с поверхности почвы за вегетационный период.

Разность между величинами суммарного испарения яровой пшеницы за весь вегетационный период (z) и испарения с поверхности почвы (u) даст нам величину транспирации яровой пшеницы за период вегетации (E).

в. Определение средних и минимальных значений транспирационных коэффициентов. Среднее многолетнее значение транспирационного коэффициента (T_{cp}) применительно к определенным почвенно-климатическим условиям может быть получено на основании расчетов по многолетним данным об урожайности, многолетним метеорологическим данным и данным о запасах влаги.

На основании многолетних данных по температуре, осадкам, фазам развития яровой пшеницы и запасам влаги в почве вычисляются указанным выше способом средние многолетние величины суммарного испарения (z_{cp}) и испарения с поверхности почвы (u_{cp}) за период вегетации яровой пшеницы.

Данные о температуре и осадках могут быть взяты из климатического справочника. Если многолетних фактических данных о запасах влаги в почве нет, они могут быть получены расчетным путем.

В этом случае за исходную величину могут быть взяты данные Вериги о многолетних запасах влаги к моменту перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^\circ$ весной, т. е. в сроки, близкие к севу яровой пшеницы (см. гл. IV, рис. 20).

Взяв исходную величину средних многолетних данных о запасах влаги по рассматриваемому району (пункту) к моменту сева яровой пшеницы, дальше за каждую декаду на основании средних многолетних данных по температуре и осадкам одновременно с расчетом суммарного испарения рассчитывают по зависимостям Конторщикова и запасы влаги способом, изложенным выше.

После расчета величин $z_{\text{ср}}$ и $u_{\text{ср}}$ вычисляется среднее значение транспирации за период вегетации яровой пшеницы (тоже среднее многолетнее): $E_{\text{ср}} = z_{\text{ср}} - u_{\text{ср}}$. Затем, зная средний многолетний урожай яровой пшеницы в данном районе или пункте, находят значение среднего многолетнего транспирационного коэффициента по формуле $T_{\text{ср}} = \frac{E_{\text{ср}}}{R_{\text{ср}}}$.

Минимальное значение транспирационного коэффициента ($T_{\text{мин}}$) может быть рассчитано по данным агрометеорологических условий и урожаев какого-нибудь одного или нескольких конкретных лет, выбранных из многолетнего ряда, когда имеются данные о более высоких урожаях в передовых хозяйствах в результате применения более совершенной агротехники при одних и тех же погодных условиях.

Величина $T_{\text{мин}}$ также может быть определена и по данным опытных сельскохозяйственных научно-исследовательских организаций, расположенных в данном районе и изучающих возможности повышения урожаев при одних и тех же климатических и погодных условиях.

Получив среднее многолетнее и минимальное значение транспирационного коэффициента, можно проводить оценку сложившихся и ожидаемых условий в текущем году по сравнению со средними многолетними условиями, а также рассчитывать максимальный урожай зерна при более высокой агротехнике в данном районе в условиях текущего года.

Оценку сложившихся или ожидаемых условий формирования урожая в текущем году по сравнению со средними многолетними проводят следующим образом. Имея с начала всходов яровой пшеницы исходные данные по запасам продуктивной влаги в почве, рассчитывают суммарное испарение и испарение с поверхности почвы по декадам. При этом за истекшие декады используются фактические данные по температуре, осадкам и запасам влаги в почве, а для декад предстоящего периода — ожидаемые величины этих элементов.

Определив суммарное испарение и испарение с поверхности почвы, определяют (как разность между этими величинами) транспирацию за весь вегетационный период яровой пшеницы. Затем по величине транспирации в текущем году и среднему многолетнему транспирационному коэффициенту по формуле $R = \frac{E}{T_{\text{ср}}}$ определяют урожай, ожидаемый в текущем году. Срав-

нивая его со средним многолетним урожаем, получают урожай в процентах среднего многолетнего.

По формуле $R_{\text{макс}} = \frac{E}{T_{\text{мин}}}$ определяют максимальный урожай, возможный в условиях текущего года. Сравнивая его с максимальным урожаем за многолетний ряд, получают максимальный урожай, возможный в условиях текущего года при высокой агротехнике, в процентах от максимального урожая за многолетний ряд.

Таким образом, изложенный метод позволяет из декады в декаду определять изменение видов на урожай в связи с изменившимися агрометеорологическими условиями.

Оценку условий формирования урожая по средним значениям транспирационного коэффициента проводят следующим образом.

Допустим, необходимо дать оценку условий формирования урожая яровой пшеницы по данным агрометеостанции Гигант, Ростовской области. Для этого в первую очередь нужно определить средний транспирационный коэффициент, который находится по средним многолетним данным (табл. 62).

Таблица 62

Средние многолетние данные, необходимые для оценки условий формирования урожая яровой пшеницы
Агрометеостанция Гигант (Ростовская обл.)

Название элементов	Апрель		Май			Июнь			Июль
	II	III	I	II	III	I	II	III	I
Температура		11,8	14,8	16,8	18,4	19,6	20,6	21,6	22,9
Осадки (мм)		10	11	12	14	18	21	19	17
Запасы влаги в метровом слое почвы (мм)	122	119	116	110	90	74	68	60	50
Суммарное испарение (мм) .		13	14	18	34	34	27	27	27

Средние многолетние даты наступления фаз развития: всходы — 17 апреля, выход в трубку — 19 мая, цветение — 10 июня, восковая спелость — 8 июля.

Зная средние многолетние данные по температуре, осадкам и запасам влаги в почве, определяем суммарное испарение методом водного баланса. Например, рассчитываем суммарное испарение за первую декаду мая. На конец предшествующей декады запасы влаги были равны 119 мм, осадков в первую декаду мая выпало 11 мм, запасы влаги к концу этой декады стали равны 116 мм. Следовательно, суммарное испарение равно 14 мм (119 + 11 — 116 = 14). Такие расчеты проводятся по

всем декадам вегетационного периода. Можно суммарное испарение рассчитывать также по графикам Конторщикова способом, указанным выше.

Рассчитав суммарное испарение по декадам, рассчитываем его по основным межфазным периодам и за все время вегетации яровой пшеницы. За период от всходов до выхода в трубку $z_1 = 13 + 14 + 18 = 45$ мм, от выхода в трубку до цветения $z_2 = 34 + 34 = 68$ мм, от цветения до восковой спелости $z_3 = 27 + 27 + 27 = 81$ мм, за весь период вегетации $z = 45 + 68 + 81 = 194$ мм.

После этого приступаем к расчету испарения с поверхности почвы по основным межфазным периодам. За период от всходов до выхода в трубку $u_1 = 0,72 \cdot 45 = 32$ мм, от выхода в трубку до цветения $u_2 = 0,17 \cdot 68 = 12$ мм, от цветения до восковой спелости $u_3 = 0,32 \cdot 81 = 26$ мм, за весь период вегетации $u = 32 + 12 + 26 = 70$ мм.

Определив z и u , вычисляем средний транспирационный коэффициент по формуле

$$T_{\text{ср}} = \frac{z_{\text{ср}} - u_{\text{ср}}}{R_{\text{ср}}} = \frac{E_{\text{ср}}}{R_{\text{ср}}} = \frac{124}{R_{\text{ср}}}.$$

Средний многолетний урожай при среднем уровне агротехники ($R_{\text{ср}}$) по данным ст. Гигант равен 13 ц/га, следовательно, $T_{\text{ср}} = 9,5$ мм. Это означает, что для формирования одного центнера зерна с гектара нужно растениям яровой пшеницы транспирировать $9,5$ мм влаги.

Для определения $T_{\text{мин}}$ следует полученную среднюю величину $E = 124$ разделить не на среднюю урожайность, а на урожайность за ряд лет при тех же погодных условиях, но на повышенном агротехническом фоне. Допустим, такая средняя урожайность на опытном участке оказалась 20 ц/га. Следовательно, $T_{\text{мин}} = \frac{124}{20} = 6,2$ мм, т. е. один центнер зерна с гектара на повышенном агрофоне создается с затратой $6,2$ мм влаги.

Рассчитав средний и минимальный транспирационные коэффициенты, можно приступить к расчетам оценки условий формирования урожая в любой год. Приведем пример расчета в 1956 г. для ст. Гигант (табл. 63).

Определив суммарное испарение по декадам методом водного баланса или (если нет данных по влажности почвы, кроме исходной) по графикам Конторщикова, производим расчет по основным межфазным периодам на основании данных табл. 63. За период от всходов до выхода в трубку $z_1 = 62$ мм, от выхода в трубку до цветения $z_2 = 109$ мм, от цветения до восковой спелости $z_3 = 76$ мм, за весь вегетационный период $z = 247$ мм.

Зная суммарное испарение по основным межфазным периодам, рассчитываем по этим же периодам испарение с поверх-

ности почвы. За период от всходов до выхода в трубку $u_1 = 45$ мм, от выхода в трубку до цветения $u_2 = 19$ мм, от цветения до восковой спелости $u_3 = 24$ мм, за весь вегетационный период $u = 88$ мм.

Таблица 63.

Данные, необходимые для оценки условий формирования урожая яровой пшеницы
Агрометеостанция Гигант (Ростовская обл.), 1956 г.

Название элементов	Апрель	Май			Июнь			Июль	
	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Температура		12,6	14,7	15,3	20,0	22,3	22,1	20,2	21,1
Осадки (мм)		28,0	32,0	6,1	16,0	0,0	20,0	7,0	6,0
Запасы влаги в метровом слое почвы (мм)	190	189	188	160	137	101	91	74	58
Суммарное испарение (мм)		29	33	34	39	36	30	24	22

Дата наступления фаз развития: всходы — 30 апреля, выход в трубку — 20 мая, цветение — 20 июня, восковая спелость — 15 июля.

Вычислив z и u и зная $T_{\text{ср}}$, определяем ожидаемый урожай

$$R = \frac{z - u}{T_{\text{ср}}} = \frac{247 - 88}{9,5} = 16,7 \text{ ц/га.}$$

Следовательно, в данном году условия для формирования урожая яровой пшеницы в районе ст. Гигант были очень благоприятными и даже при среднем уровне агротехники давали возможность получить урожай в 16,7 ц/га. Фактический хозяйственный урожай в этом году составил около 18 ц/га.

Указанный метод позволяет сделать оценку условий формирования урожая как по сложившимся условиям, так и по ожидаемым. По ожидаемым условиям оценка условий формирования урожая дается с той заблаговременностью, какую позволяет имеющийся прогноз погоды. Оценка ожидаемых условий до конца вегетации яровой пшеницы проводится точно так же, как фактических, только расчеты ведутся не по наблюдаемым, а по ожидаемым величинам температуры, осадков и запасов влаги в почве.

Чтобы еще больше уточнить расчеты, автор метода [33] предлагает урожай в отдельные годы рассчитывать не по среднему многолетнему значению транспирационного коэффициента, а по значению его, характерному для определенного типа лет. Известно, что в различные годы транспирационный коэффициент несколько меняется, поэтому рекомендуется рассчитать его по следующим типам лет: 1) сухие годы (осадки меньше 40% нормы за вегетационный период), 2) засушливые годы (осадки

от 40 до 80% нормы), 3) годы средней увлажненности (осадки 80—120% нормы), 4) годы повышенного увлажнения (осадки от 120 до 160% нормы) и 5) влажные годы (осадки более 160% нормы). Способ определения средних значений транспирационного коэффициента по типам лет такой же, как и для определения средних многолетних значений его.

При оценке условий формирования урожая анализируют по осадкам, к какому типу подходит текущий год, и для расчетов урожая используют соответствующий транспирационный коэффициент, характерный для данного типа лет.

Оценку условий формирования урожая сельскохозяйственных культур в текущем году в сравнении со средними многолетними условиями можно проводить по гидротермическим коэффициентам Г. Т. Селянинова.

Как известно, гидротермический коэффициент равен отношению общего количества осадков, выпавших за определенный период, к суммарной величине испарения за тот же период.

Селянинов предложил величину испарения заменить суммой среднесуточных температур, уменьшенной в 10 раз, т. е. суммой среднедекадных температур. Однако гидротермический коэффициент используется чаще всего как агроклиматический показатель.

Методика использования гидротермических коэффициентов для целей оперативного агрометеорологического обслуживания в условиях текущего года была разработана Зубаревым [72].

Для оценки агрометеорологических условий по этой методике вначале определяется средний многолетний гидротермический коэффициент (ГТК) за период от перехода температуры воздуха через $+5^{\circ}$ весной (начало активной вегетации) до восковой спелости зерновых культур. За этот период определяют величину отношения суммы осадков к сумме среднедекадных температур по средним многолетним данным.

Допустим, сумма осадков за период весенне-летней вегетации по средним многолетним данным равна 210 мм, а сумма среднедекадных температур 150° ; следовательно, среднее многолетнее значение ГТК для данного пункта будет равно 1,4. Эта величина для данного пункта принимается за 100%.

По Зубареву, оценка условий в текущем году проводится не только по ГТК, но и с учетом запасов продуктивной влаги к началу весны: $y = \frac{\omega + \text{ГТК}^*}{2}$, где y — оценка агрометеорологических условий (в % средней многолетней), ω — запасы влаги на начало весны (в % средних многолетних), ГТК* — гидротермический коэффициент текущего года (в % среднего многолетнего):

Зная средние многолетние запасы влаги к началу весны, определяем запасы влаги в текущем году (в % средних многолетних). Допустим, в текущем году к началу весны запасы влаги

составляют 70% средних многолетних и в дальнейшем условия ожидаются близкими к средним многолетним. В таком случае оценка агрометеорологических условий составит 85% средней многолетней, так как $y = \frac{70 + 100}{2} = 85$.

Если условия ожидаются значительно лучше или хуже средних многолетних, то предварительно вычисляется величина ГТК, характерная для условий текущего года. Допустим, при указанных запасах влаги к началу весны величина ГТК в весенне-летний период в текущем году оказалась равной 1,6, что составляет 114% среднего многолетнего ГТК. Следовательно, оценка условий в текущем году составит 92% средней многолетней, так как $y = \frac{70 + 114}{2} = 92$.

4. Оценка засушливых явлений

Рассматривая вопросы оценки условий формирования урожая сельскохозяйственных культур, следует особо остановиться на оценке засушливых явлений.

Суховеи и засухи являются одним из самых неблагоприятных природных явлений и почти ежегодно в различных районах нашей страны наносят большой ущерб сельскому хозяйству, вызывая большое снижение урожаев.

Насколько часто повторяются засухи на Европейской территории СССР, можно видеть на карте Алпатьева, которая представлена на рис. 61. Особенно часто наблюдаются засухи в Нижнем и Среднем Поволжье и на востоке Северного Кавказа (повторяемость 40—60%). Нередки засухи в южных и восточных районах Украины (20—40%). В западных и северных районах Европейской территории СССР и в примыкающих к ним центральных областях засух не наблюдалось.

Климатические условия степной и лесостепной зон Западной Сибири и Казахстана также характеризуются большой повторяемостью засух. Наиболее часты суховеи и засухи в Кулундинской степи Алтайского края, в степных и лесостепных районах Омской и Новосибирской областей и Казахстана.

Сложные явления суховеев и засух в течение многих лет служат объектом изучения. В настоящее время имеется обширная литература по данному вопросу. Однако проведенные исследования еще не достаточны для разработки мер полного устранения вредного действия засух и суховеев на сельскохозяйственные культуры. Засухи и суховеи еще часто вызывают значительное снижение урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому оценка засушливых явлений и определение степени понижения урожаев вследствие засухи и суховеев в конкретном году в том или ином районе относится к первоочередным задачам агрометеорологов, ведущих оперативное обслуживание сельского хозяйства.

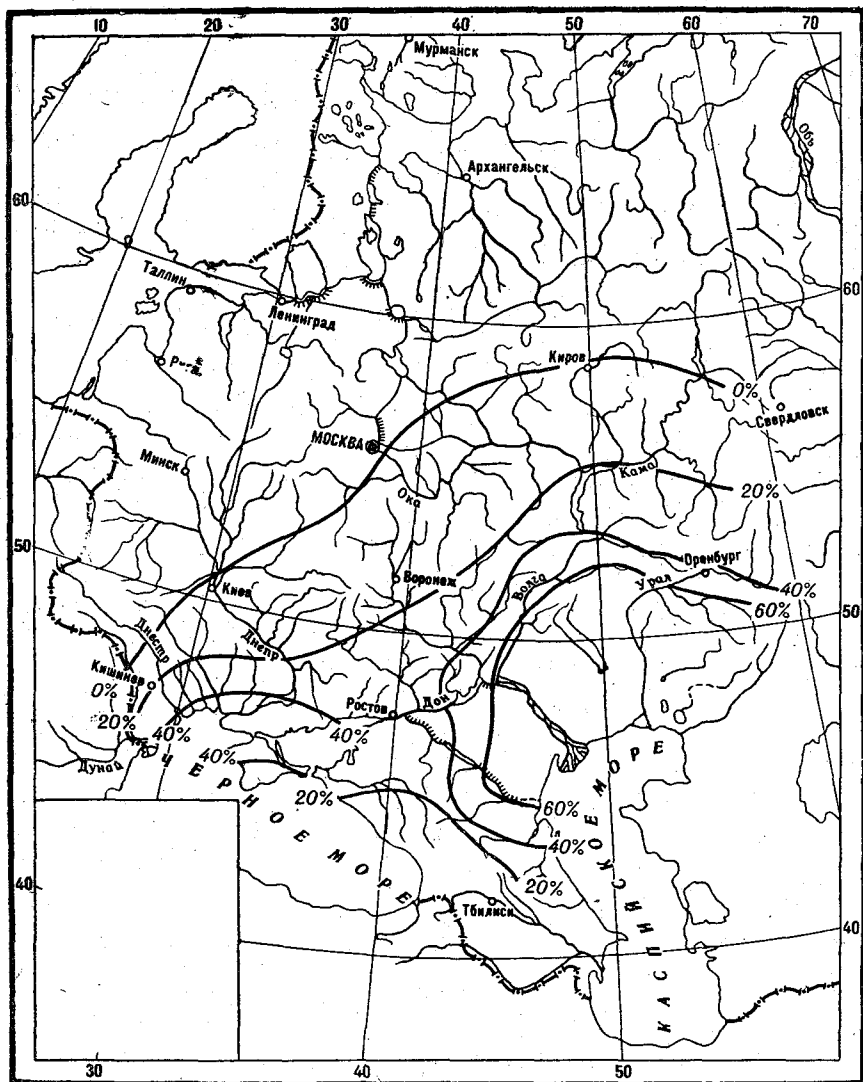


Рис. 61. Повторяемость засух на Европейской территории СССР (по А. М. Алпатьеву).

При решении этих вопросов встречаются трудности, которые вызваны в основном отсутствием общепризнанных количественных показателей для оценки интенсивности суховеев и засух. Мы не будем здесь останавливаться на различных подходах к характеристикам суховеев и засух. Этот обширный вопрос подробно освещен в работах Г. Т. Селянинова [89], Е. А. Цубербиллер [99, 100], М. С. Кулика [37—40], А. В. Процерова [70] и других авторов, а также в специальном сборнике, посвященном засухам в СССР [82]. Большой интерес представляет работа Кулика [39, 40], в которой обобщен опыт агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства по оценке засушливых явлений. Однако большинство работ, посвященных изучению суховеев и засух, не может быть использовано для количественной оценки засушливых явлений и определения степени снижения урожаев при агрометеорологическом обслуживании сельского хозяйства, так как эти работы выполнены в другом плане.

Засухой принято считать такие метеорологические условия, которые вызывают резкое несоответствие между потребностью растений во влаге и ее поступлением из почвы в растение. Степень засушливости условий определяется в основном степенью этого неудовлетворения потребности растения во влаге. Одни и те же засушливые погодные условия при низком уровне агротехники могут вызвать угнетение или засыхание растений, а при высоком уровне агротехники эти явления у растений могут не наблюдаться; следовательно, и степень засушливости условий погоды будет разной, как и оценка условий формирования урожая.

На основании многочисленных исследований представителей агрономической и агрометеорологической науки и анализа многолетних агрометеорологических материалов, Кулик выделяет важнейшие показатели степени засушливости условий, которыми являются: 1) запасы продуктивной влаги весной в корнеобитаемом слое почвы, 2) увлажнение пахотного слоя почвы в течение вегетации, 3) частота и продолжительность суховеев, особенно в период формирования зерна.

Запасы продуктивной влаги весной в корнеобитаемом слое почвы в степных и лесостепных районах СССР являются одним из основных показателей степени засушливости того или иного года. По данным Кулика, большие весенние запасы влаги, близкие к наименьшей полевой влагоемкости (160—170 мм продуктивной влаги в метровом слое почвы), даже при отсутствии летних эффективных осадков, в условиях высокой агротехники обеспечивают в степных районах Украины урожай озимых в 12—17 ц/га, а в лесостепной зоне 18—20 ц/га. Урожай яровых зерновых культур при отсутствии летних осадков, даже при больших весенних запасах влаги, значительно ниже, чем у озимых, однако зависимость урожая яровых от весенних запасов влаги также значительна.

При плохих весенних запасах влаги корнеобитаемого слоя,

даже при условии выпадения весенне-летних осадков, корневая система растений располагается в верхних слоях почвы. В таких случаях растения находятся в очень большой зависимости от летних осадков, и первые длительные бездождные периоды с высокой температурой воздуха быстро приводят к резкому ухудшению состояния растений.

Одной из главных причин значительного снижения урожаев сельскохозяйственных культур является также иссушение пахотного слоя почвы. Снижение урожая происходит при пересыхании пахотного слоя почвы во все периоды вегетации, но очень большое значение увлажнение пахотного слоя почвы имеет в период от кущения до колошения и особенно в период выхода в трубку зерновых культур. В этот критический по отношению к влаге период, кроме образования корневой системы и интенсивного роста вегетативной массы, как известно, происходит заложение и развитие органов плодоношения.

Большая часть корневой системы растений сосредоточена в пахотном слое почвы. У яровой пшеницы на подзолистых почвах до 90%, а на черноземных почвах до 60% корней находится в этом слое, поэтому от степени увлажнения пахотного слоя почвы зависит деятельность корневой системы, использование питательных веществ, деятельность полезных микроорганизмов.

Анализ многолетних материалов наблюдений над влажностью почвы и состоянием сельскохозяйственных культур позволил Кулику [40] сделать вывод, что если запасы влаги в пахотном слое почвы понижаются до 19 мм, то это следует считать началом засушливого периода, а до 9 мм — началом сухого периода. Таким образом, декады с запасами влаги в пахотном слое меньше 20 мм относятся к засушливым, а декады с запасами влаги меньше 10 мм — к сухим. Сопоставление количества сухих и засушливых деkad с урожайностью дало высокий коэффициент корреляции.

При оценке засушливых явлений, кроме влажности почвы, необходимо учитывать температуру, влажность воздуха и скорость ветра.

На основании данных многочисленных наблюдений отмечено, что высокие температуры воздуха, выше 30—35°, вызывают угнетение растений, задержку ассимиляции, а при большой сухости воздуха, значительной скорости ветра и слабой увлажненности почвы они вызывают повреждение. При определенном комплексе перечисленных факторов, когда создаются суховейные условия, растения начинают испытывать угнетение раньше, при температуре около 30°.

Чаще всего в качестве признака начала суховея агрометеорологи принимают относительную влажность воздуха меньше 30% при температуре выше 25° и скорости ветра не менее 5 м/сек (на высоте флюгера). При таком сочетании относительной влаж-

ности и температуры воздуха дефицит влажности воздуха составляет примерно 17 мм.

Под влиянием суховеев сильно возрастает потребность растений в воде. Расходование воды иногда достигает таких пределов, когда корневая система не в состоянии ее подавать в необходимом количестве. Повреждение растений от суховеев является следствием несоответствия между испарением, которое обусловлено метеорологическими условиями, водоснабжением растения и испаряемостью.

Для оценки этих условий Кулик [39] предлагает сочетание относительной влажности и температуры воздуха выражать одной величиной — дефицитом влажности воздуха. При этом можно считать, что дефицит влажности, равный 17 мм и больше, при скорости ветра не меньше 5 м/сек (на высоте флюгера) является признаком суховея.

Цубербиллер [100] для анализа и оценки суховейных явлений разной интенсивности в степных районах СССР рекомендует следующие показатели дефицита влажности воздуха. Если этот дефицит составляет 15—24 мм, то можно считать наличие суховея слабой интенсивности, при 25—29 мм наблюдаются суховеи средней, а при 30—39 мм большой интенсивности, при дефиците свыше 40 мм суховеи достигают очень большой интенсивности.

Величина дефицита влажности воздуха может служить показателем суховеев потому, что, являясь производной от температуры и относительной влажности воздуха, она представляет собой хорошую комплексную характеристику испаряемости, т. е. может служить мерой иссушающего действия суховеев на растение.

Ветер является усиливающим фактором в суховейном комплексе. При наличии сильного ветра (8—10 м/сек и больше) повреждения растений возникают при меньших значениях дефицита влажности воздуха в среднем на 2—4 мм.

Однако влияние суховеев на растения меняется в зависимости от фазы развития растений, влагообеспеченности и предшествующих условий закалки. В зависимости от этого одни и те же суховейные явления в одних случаях вызывают значительные снижения урожая, а в других оказывают небольшое влияние. Здесь большое значение имеет увлажнение почвы, о котором говорилось выше. Поэтому и оценку суховеев следует проводить также с учетом влажности почвы, предшествующих условий и состояния растений. Данные о характеристике суховейных явлений, полученные только по дефициту влажности воздуха, должны по-разному оцениваться на участках с различными запасами влаги, на структурных и бесструктурных землях, с учетом конкретных культур.

Применительно к яровым зерновым культурам Кулик [40] указывает, что критерием оценки весенних запасов продуктив-

ной влаги в корнеобитаемом слое почвы может служить степень соответствия их наименьшей полевой влагоемкости. Эту степень соответствия, которая является важным агрометеорологическим показателем, он рекомендует определять по запасам продуктивной влаги к началу весеннего периода.

Проведение различных агротехнических мероприятий обеспечивает увеличение запасов продуктивной влаги, поэтому величины запасов влаги весной должны анализироваться с учетом этих мероприятий. При среднем уровне агротехники наличие продуктивной влаги в метровом слое почвы меньше 60 мм является очень плохим показателем влагообеспеченности зерновых культур. В этих случаях в степной зоне Европейской территории СССР яровые зерновые не обеспечиваются удовлетворительно влагой даже при выпадении осадков в летние месяцы.

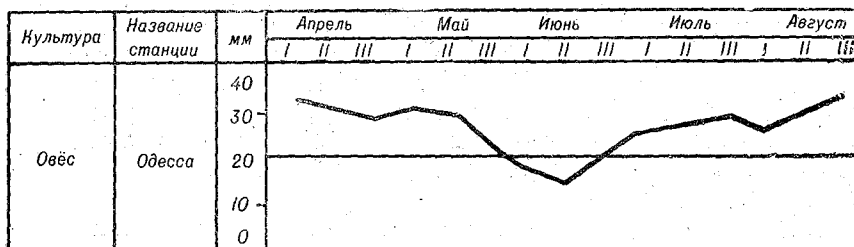


Рис. 62. Динамика запасов продуктивной влаги в слое почвы 0—20 см.

Запасы продуктивной влаги в 60—100 мм к началу весны являются также неудовлетворительными.

Для более полной оценки весенних запасов влаги в почве в конкретном году их следует также сопоставлять с многолетними средними запасами влаги к началу весны и с прошлогодними запасами влаги, с оптимальной потребностью сельскохозяйственных культур во влаге при высоких урожаях в обычные годы и в текущем году в связи с ожидаемым типом погоды первой половины лета.

Оптимальную потребность во влаге яровых культур можно определять, пользуясь значениями дефицита влажности воздуха. По данным Процерова, как указывалось выше, до колошения оптимальная потребность во влаге зерновых культур соответствует 60% величины дефицита влажности воздуха, а после колошения эта потребность соответствует 40% величины дефицита влажности.

Для учета динамики запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы в течение всего вегетационного периода зерновых удобно пользоваться графиком изменения запасов влаги по декадам (рис. 62).

При оценке запасов влаги пахотного слоя следует учитывать

фазы развития сельскохозяйственных культур, запасы влаги в метровом слое почвы и условия погоды. Если запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы больше 20 мм, а в слое 20—100 см больше 60 мм во все декады от посева до цветения, то условия увлажнения, по Кулику, можно считать вполне удовлетворительными.

Оценивая степень влияния суховеев на яровые культуры, Кулик рекомендует руководствоваться следующим.

1) Относительная влажность воздуха в один из сроков наблюдений, меньшая 30%, при температуре воздуха 25° и выше и при скорости ветра 5 м/сек и больше является надежным показателем начала суховеев.

2) Основным показателем характеристики напряженности суховеев следует считать дефицит влажности воздуха. Повышение дефицита влажности воздуха до 17 мм при скоростях ветра не менее 5 м/сек можно считать началом суховея.

3) Ход дефицита влажности воздуха следует отображать в течение вегетационного периода на графике по декадам, целесообразнее это делать на одном графике вместе с изменением запасов влаги пахотного слоя почвы.

Как уже указывалось, оценка суховеев требует непременно учета динамики влажности почвы и предшествующих условий, оказывающих заметное влияние на закалку растений, а также учета состояния и фаз развития растений.

В период вегетации от всходов до колошения при запасах влаги в пахотном слое больше 20 мм отрицательное влияние суховеев в основном ограничивается ускорением иссушения почвы. При низких запасах влаги отрицательное действие суховеев сказывается непосредственно на растениях.

При определении степени отрицательного действия суховеев на сельскохозяйственные культуры необходимо принимать во внимание степень закаливания растений при засушливых условиях роста.

Кулик указывает, что уменьшение продуктивной влаги в пахотном слое почвы до 10 мм в одну из декад периода трубкования — колошение или повышение дефицита влажности воздуха в течение 3—5 дней до 17—25 мм хотя и снижает урожай, но значительно закаливает растения. После прохождения такой заделки растение при удовлетворительных запасах влаги в период формирования зерна мало реагирует на суховеи при дефиците влажности воздуха 17—35 мм. При дефиците влажности воздуха 36—45 мм повреждения растений наблюдаются даже при оптимальном увлажнении.

В отношении высоких температур пока имеется только качественная оценка, на основании которой, как было отмечено выше, можно лишь сказать, что температура выше 30° вызывает угнетение, задержку ассимиляции, а при большой сухости воздуха, значительной скорости ветра и слабой увлажненности

почвы вызывает повреждения в зависимости от фаз развития растений.

Анализируя число сухих и засушливых декад в вегетационный период и сопоставляя их с урожайностью, Кулик [40] определил снижение урожайности яровых культур в зависимости от числа сухих и засушливых декад в течение периода вегетации (табл. 64).

В табл. 64 учет снижения урожая начинается со второй декады вегетации, так как сев яровых должен происходить в оптимальные сроки, при которых верхние слои почвы хорошо увлажнены.

Используя указанные количественные показатели снижения урожая яровых культур в зависимости от числа сухих и засушливых декад в течение периода вегетации, проводят оценку условий засушливости как по декадам, так и всего вегетационного периода в целом.

Выводы Кулика о значении запасов продуктивной влаги в периоды засух и суховеев подтверждаются также данными Цубербиллер [99, 100]. Эти данные свидетельствуют о том, что различные повреждения сельскохозяйственных культур от засухи и суховеев происходят только после того, как запасы продуктивной влаги в почве опустятся ниже 20 мм в пахотном слое, ниже 50 мм в полуметровом и ниже 100 мм в метровом слое почвы. Если запасы влаги выше этих пределов, то существенных повреждений растений от суховеев не наблюдается даже при больших значениях дефицита влажности воздуха.

Таблица 64

Снижение урожая яровых зерновых культур
в сухие и засушливые декады (в % максимального
урожая)

Декады вегетации	Сухие декады (с влагой в пахотном слое меньше 10 мм)	Засушливые декады (с вла- гой в пахотном слое* меньше 20 мм)
Вторая	5	—
Третья	10	5
Четвертая (накану- не выхода в трубку)	30	20
Пятая	20	15
Шестая	10	5
Седьмая	5	5
Восьмая	5	—
Девятая	—	—

Для ранних зерновых культур в районах основной зерновой зоны СССР Цубербиллер [100] дает следующие количественные

соотношения значений дефицита влажности воздуха и запасов продуктивной влаги в почве, наблюдавшиеся при различном характере повреждений растений.

1) Начало снижения тургора листьев происходит при дефиците влажности воздуха, в среднем равном 15 мм (нижний предел 9 мм), и запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы меньше 20 мм, в полуметровом меньше 50 мм, в метровом меньше 100 мм.

2) Значительное снижение тургора листьев происходит при дефиците влажности воздуха, в среднем равном 25 мм (нижний предел 15 мм), и запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы 10—15 мм, в полуметровом меньше 50 мм, в метровом 60—70 мм.

3) Очень сильное снижение тургора листьев происходит при дефиците влажности воздуха, в среднем равном 30 мм (нижний предел 21 мм), при запасах влаги в пахотном и полуметровом слоях, близких к нулю, а в метровом слое меньше 30 мм.

4) Засыхание листьев в зеленом виде происходит при дефиците влажности, в среднем равном 27 мм, и запасах влаги в пахотном и полуметровом слоях около нуля, а в метровом слое около 10 мм.

5) Побеление колосковых чешуй и захват зерна наблюдается при дефиците влажности воздуха, в среднем равном 30 мм (нижний предел 22 мм), и при запасах продуктивной влаги в пахотном слое 0—5 мм, в полуметровом 10—20 мм, в метровом меньше 30 мм, а в отдельных случаях 60—80 мм.

Указанные данные Цубербиллер [100] дополняет следующими положениями, позволяющими уточнить оценку действия засух и суховеев на растения в период репродуктивного развития. При этом она выделяет четыре типичных случая действия засух и суховеев на вес зерна.

1) При очень длительном бездожде в весенне-летний период (50—60 дней без эффективных осадков с дефицитом влажности воздуха в течение 30 дней не меньше 15 мм), когда к моменту начала молочной спелости верхние горизонты бывают уже совершенно иссушены, а в нижних горизонтах метрового слоя остается меньше 30 мм продуктивной влаги, повышение дефицита влажности воздуха до 30 мм (в течение трех дней) вызывает снижение абсолютного веса зерна на 40%. Наличие в это время сильного ветра увеличивает размер повреждений.

2) Если в момент действия интенсивных суховеев в фазе молочной спелости зерновых культур запасы влаги верхних слоев исчерпаны, но в нижних горизонтах метрового слоя имеется еще 40—60 мм продуктивной влаги, то снижение абсолютного веса зерна может произойти только на 10—15%.

3) Очень непродолжительные в течение нескольких часов, хотя и интенсивные суховеи, действующие на фоне недостатка влаги в верхних слоях почвы, обычно почти не вызывают

снижения абсолютного веса зерна, однако ущерб урожаю они также наносят, так как повреждают верхушки колосьев, которые в этих случаях оказываются пустыми.

По исследованиям Е. А. Цубербиллер и Г. В. Белухиной [99] показателем реакции растений на действие суховейных условий может служить эвапориметрический коэффициент А. А. Скворцова ($K_э$). Этот коэффициент представляет собой отношение фактического испарения с исследуемой поверхности ($u_ф$) к испарению с определенной стандартной водной поверхности ($u_{ст}$), принятой за эталон для сравнения: $K_э = \frac{u_ф}{u_{ст}}$.

Исследования величины $K_э$ и повреждений растений от суховеев показали, что сильные повреждения растений (быстрое усыхание вегетативной массы, сильное побеление колосковых чешуй и прекращение налива зерна) наблюдаются при величине $K_э$ меньше 0,2—0,1.

При уменьшении $K_э$ до 0,3 наблюдаются значительные нарушения водного баланса растений, потеря тургора листьев, начало побеления колосковых чешуй, замедление процесса накопления пластических веществ в зерне.

При $K_э$, равном 0,5, наблюдаются незначительные повреждения растений, а при $K_э$, равном 0,8, повреждений у растений не наблюдается.

Отсюда Цубербиллер и Белухина ориентировочно принимают, что для преодоления вредного действия слабых суховеев необходимо обеспечить растениям возможность бесперебойного испарения не меньше 3 мм/сутки, при суховеях средней интенсивности — не меньше 4 мм/сутки, при интенсивных суховеях — не меньше 5 мм/сутки, а при очень интенсивных — не меньше 6 мм/сутки.

Если запасы продуктивной влаги в слое почвы 0—20 см больше 20 мм, а в слое почвы 0—100 см около 100 мм, то такие запасы могут предотвратить повреждения от слабых суховеев примерно в течение 5 дней, от суховеев средней интенсивности — в течение 4 дней, от интенсивных суховеев — в течение 3 дней и очень интенсивных — в течение 1—2 дней, после чего необходимо пополнение запасов влаги в почве.

Эти показатели позволяют проводить оценку степени засухливости агрометеорологических условий и давать обоснование по применению мер борьбы с засухой и суховеями.

5. Оценка условий и прогноз урожая яровой пшеницы по элементам продуктивности

Урожай яровой пшеницы зависит от густоты стояния продуктивных стеблей, от числа колосков и числа зерен в колосе и от веса зерен. Зная эти элементы продуктивности, можно с достаточной степенью точности определять урожай. Для оценки усло-

вий формирования урожая и определения видов на урожай по элементам продуктивности необходимо в первую очередь знать зависимость этих элементов от агрометеорологических и других факторов и уметь их определять.

Для оценки густоты стояния пользуются данными наблюдений; к моменту составления прогноза условий формирования урожая в летний период (в период колошения) этот элемент продуктивности бывает всегда известен. О числе колосков в колосе и числе зерен также чаще всего имеются в момент составления прогноза видов на урожай фактические сведения, присылаемые со станций.

Число зерен в колосе находится в тесной связи с числом колосков в колосе (рис. 63). У ряда сортов яровой пшеницы, по данным Шиголева, на один колосок в среднем приходится 1,7 зерна. Меньшее число зерен бывает в том случае, когда в период формирования цветков имеют место неблагоприятные условия.

Высокая температура и низкая относительная влажность воздуха и почвы в период формирования колосков и цветков в колосе являются очень неблагоприятными факторами. Рассчитывать при таких условиях на большую продуктивность нельзя.

Чаще всего в период перед колошением яровой пшеницы прогнозист уже имеет фактические данные о числе колосков в колосе. Пока число зерен в колосе неизвестно, можно брать (по Шиголеву) осредненное значение $1,7n$, где n — число колосков в колосе.

Вес зерен зависит в значительной степени от агрометеорологических условий конца вегетации и бывает обычно неизвестен прогнозисту. Поэтому нахождение показателей веса 1000 зерен в зависимости от агрометеорологических условий и возможность расчета этого элемента продуктивности при составлении прогноза видов на урожай имеют большое значение.

Шиголевым [105, 106] было сделано предположение, что если вес зерна зависит от скорости его формирования, т. е. от продолжительности периода налива зерна, то, следовательно, должна быть связь веса зерна с температурой этого периода, так как продолжительность периода зависит прежде всего от температуры. Исследования Шиголева подтвердили это предположение. Им было определено, что вес 1000 зерен яровой пшеницы в воз-

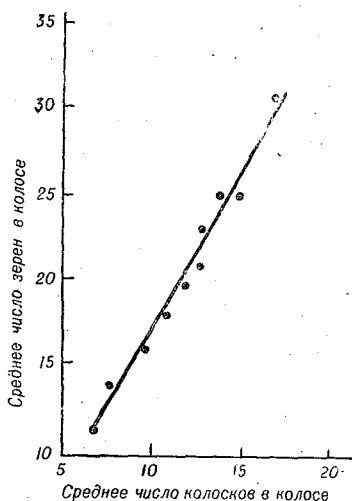


Рис. 63. Связь числа зерен в колосе яровой пшеницы с числом колосков (по А. А. Шиголеву).

душно-сухом состоянии имеет очень большую связь с продолжительностью периода от колошения до восковой спелости. У ряда сортов мягкой яровой пшеницы (Лютесценс 62, Московская, Мильтурум 553) он получил отношение веса 1000 зерен к длине периода (k), равное 1,0, у яровой пшеницы Мильтурум 321 $k = 0,85$, а у некоторых сортов твердой яровой пшеницы (Мелянопус 69, Гордеиформе 10) $k = 1,15$. Нарушение этой связи наблюдается в случае раннего сильного поражения ржавчиной растений, при полегании, дождях и низкой температуре, а также при преждевременном засыхании растений.

У ряда сортов озимой пшеницы (Украинка, Одесская 3, Лютесценс 329 и др.) отношение длительности периода от колошения до восковой спелости к весу 1000 зерен также равно 1:1.

На основании этого Шиголев считает, что вес 1000 зерен в воздушно-сухом состоянии (v) можно выразить той же формулой, которая была определена для продолжительности периода от колошения до восковой спелости,

$$v = \frac{k \Sigma t_s}{t - 5},$$

где Σt_s — сумма эффективных температур, необходимая для периода от колошения до восковой спелости, t — средняя температура за этот период, k — коэффициент, характеризующий отношение веса 1000 зерен к продолжительности периода колошение — восковая спелость.

В период налива зерна, например когда прошел какой-то период от колошения до момента составления прогноза, вес 1000 зерен (v) целесообразнее определять по следующей формуле, предлагаемой Шиголевым:

$$v = P + \frac{k \Sigma t_s - \Sigma t'_s}{t - 5},$$

где P — продолжительность периода от колошения до момента составления прогноза (в днях), Σt_s — сумма эффективных температур, необходимая для периода колошение — восковая спелость, $\Sigma t'_s$ — сумма эффективных температур, накопившаяся от колошения до составления прогноза, t — средняя температура, ожидаемая в остальной период формирования зерна, k — коэффициент, характеризующий отношение веса 1000 зерен к продолжительности периода колошение — восковая спелость.

При прогнозировании веса 1000 зерен по указанным выше формулам Шиголева необходимо учитывать запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы. Если запасы влаги в почве в период налива зерна ожидаются достаточными, то определенный по формуле Шиголева вес 1000 зерен можно считать вероятным. Если же расчеты ожидаемых запасов влаги покажут, что увлажнение почвы длительный период ожидается недостаточ-

ным, то определение веса 1000 зерен следует проводить с учетом не только температуры, но и увлажнения почвы.

Б. П. Пономаревым установлена связь между весом 1000 зерен яровой пшеницы и двумя основными агрометеорологическими факторами — температурой и увлажнением почвы. Эта связь была выражена им уравнением $z = 0,10x - 0,66y + 35,37$, где z — вес 1000 зерен, x — расход влаги из метрового слоя почвы за период формирования зерна (разность запасов влаги в начале и в конце периода, сложенная с суммой осадков за этот период), y — средняя температура воздуха; коэффициент корреляции $R = 0,90 \pm 0,02$.

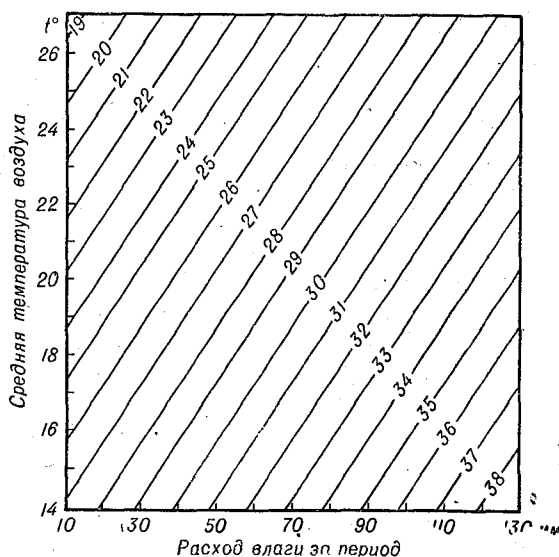


Рис. 64. Зависимость веса 1000 зерен мягкой яровой пшеницы (в г) от расхода влаги и среднесуточной температуры в период налива зерна.

По указанному уравнению Пономаревым был построен график (рис. 64), в поле которого даны значения веса 1000 зерен (z) в зависимости от температуры (y) и расходов влаги за период формирования зерна (x). По графику или уравнению можно рассчитывать вес 1000 зерен при любых условиях температуры воздуха и запасов влаги в почве.

Для определения видов на урожай яровой пшеницы необходимо знать в первую очередь продуктивность одного стебля, или вес зерен в одном колосе (v'), который может быть выражен

формулой $v' = \frac{1,7nv}{1000}$, где n — число колосков в колосе, v — вес 1000 зерен. Если прогноз урожая составляется после цветения, когда известно фактическое число зерен в колосе, то оно

и принимается во внимание при расчете по этой формуле вместо средней величины 1,7 п.

После определения продуктивности одного стебля переходят к оценке урожая на площади, учитывая густоту стояния продуктивных стеблей на 1 м².

Мы изложили существующие в настоящее время методы оценки сложившихся и ожидаемых условий формирования урожая зерновых культур. Методы хотя и различны по подходу к анализу агрометеорологических условий, но все они основаны на анализе и оценке комплекса факторов, от которых зависит урожай. Агрометеоролог, ведущий обслуживание в отношении зерновых культур по какой-то конкретной территории, должен испытать все изложенные методы применительно к своим местным условиям. После такой производственной проверки следует вести расчеты оценки условий формирования урожая по тому методу, который дает наилучшие результаты в данных местных условиях.

Зерновое хозяйство нашей страны является основой всего сельскохозяйственного производства, поэтому вопросы сельскохозяйственных органов по агрометеорологическому обслуживанию прежде всего и чаще всего касаются условий произрастания зерновых культур. Естественно, что и теоретическая база для обслуживания зерновых культур оказалась у агрометеорологов разработанной значительно лучше, чем для других культур. Однако в последние годы разработан ряд методов оценки агрометеорологических условий роста и развития некоторых других культур.

6. Оценка влагообеспеченности урожая сахарной свеклы

Для получения высоких и устойчивых урожаев сахарной свеклы в основной зоне свеклосеяния (Украина и центрально-черноземная зона) очень большое значение имеют условия влагообеспеченности. Причем важно, чтобы хорошее увлажнение почвы было в определенные периоды роста сахарной свеклы, так как зависимость урожая от условий водоснабжения складывается из влияния увлажнения почвы на состояние посевов в различные фазы вегетации.

Метод оценки влагообеспеченности сахарной свеклы и прогноза урожая разработан О. М. Конторщиковой [35].

В основу метода оценки влагообеспеченности сахарной свеклы Конторщиковой положен тот же принцип, что и Процевым в основу метода оценки влагообеспеченности яровых зерновых культур. Показателем влагообеспеченности посевов сахарной свеклы, так же как и зерновых культур, принято отношение величины фактического суммарного испарения к такой вели-

оторой создаются оптимальные условия роста

ения величины суммарного испарения, при которых оптимальные условия роста сахарной свеклы, были проведены расчеты по годам с достаточем почвы по двум основным периодам вегетации — от посева до фазы начала утолщения подлена и от этой фазы до конца вегетации. Для роста за показатель хорошего увлажнения были лаги больше 100 мм в метровом слое почвы, для а вегетации — больше 70 мм; так как в годы ами влаги были получены максимальные уроализировалось отношение полученных величин арения в эти годы к сумме среднесуточных знавлажности по декадам и были онределены коэфценций.

и таких расчетов и анализа большого материала нторщиковой было выявлено, что величину сумния, при которой создаются оптимальные услоной свеклы, можно характеризовать суммой значений дефицита влажности воздуха, взятой ом 0,5 (коэффициент для всего периода вегетаеклы был получен одинаковый). Следовательно, бности растений сахарной свеклы во влаге а быть выражена величиной полусуммы среднеитов влажности воздуха за декаду.

е суммарное испарение за декаду (z) при оценке условий можно определять методом водного ба-
$$z = \Sigma m - \omega_2$$
 где z — суммарное испарение за теку-
 ω_1 — запасы продуктивной влаги на конец предекады, Σm — сумма осадков за текущую декаду, родуктивной влаги на конец текущей декады.

дится оценка ожидаемых условий влагообеспеченература и осадки рассчитываются по декадам на госрочного прогноза погоды, а суммарное испаы влаги по декадам определяются по графикам й (рис. 65). Кривые на рис. 65 выражают сумму сов влаги на конец предшествующей декады и ей декады.

ую декадную температуру воздуха, находим ее и абсцисс и из этой точки восстанавливаем перпересечения с линией, равной по значению велизлаги предшествующей декады плюс осадки текуИз точки пересечения восстанавливаем перпендиордиат. Таким образом получаем значение спарения.

ствии данных о влажности почвы под сахарной расчета запасов влаги по этим графикам необхо-

димо знать исходные запасы влаги в почве предшествующей декады. Для определения запасов влаги последующей декады надо к исходным запасам влаги за предыдущую декаду прибавить осадки последующей декады и вычесть из полученной суммы величину суммарного испарения, рассчитанную по графику указанным выше способом. Взяв полученные расчетные данные как исходные для последующей декады, можно запасы

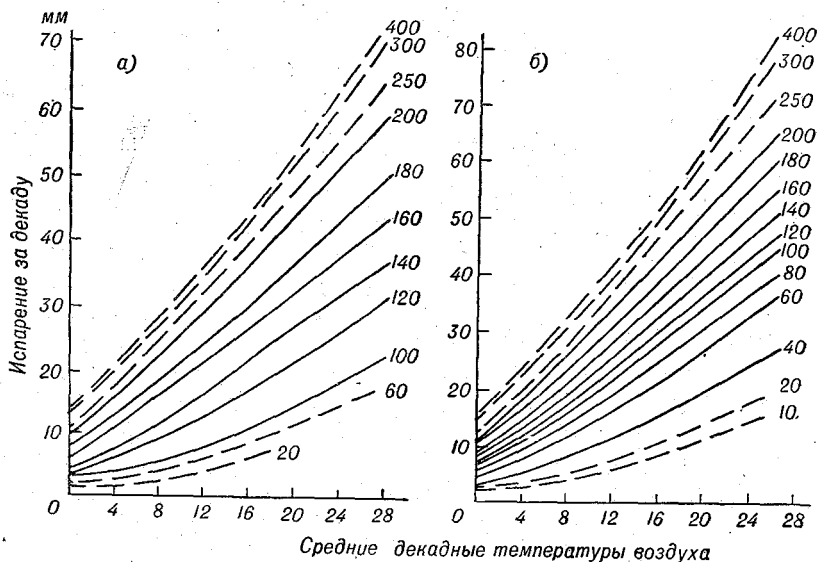


Рис. 65. График для расчета суммарного испарения с поля сахарной свеклы в период от посева до фазы начала утолщения подсемядольного колена (а) и в период после наступления этой фазы (б).

влаги рассчитывать в течение нескольких декад вегетационного периода.

Сравнение вычисленных по этим графикам величин запасов влаги с величинами, определенными инструментальным путем, показало, что для первого периода вычисленные и наблюдаемые величины получились очень близкими. Для второго периода (после наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена) вычисленные запасы влаги были чаще всего несколько ниже фактических. Следовательно, величина суммарного испарения, определенная по графику, получается несколько завышенной; однако различия эти незначительны.

В связи с тем, что суммарное испарение и запасы влаги в разные периоды вегетации сахарной свеклы рассчитываются по разным графикам, при расчетах необходимы данные о сроках наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена. Если нет фактических данных, то при прогнозе условий

роста дату наступления этой фазы можно рассчитать по сумме эффективных температур. По данным Конторщиковой, за период от посева до наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена необходима сумма около 500° эффективных температур (выше 5°). При этом эта сумма колеблется в зависимости от географической зоны. В Прибалтике и Белоруссии она близка к 450° , а на Кубани — к 600° . Продолжительность периода от посева до наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена в среднем составляет 4—5 декад, а от всходов — около 3 декад. Большой точности для определения этой фазы при расчете влагообеспеченности не требуется, достаточно знать декаду, когда наступает фаза.

Таким образом, зная величину суммарного испарения, равную полусумме среднесуточных значений дефицита влажности воздуха, при которой создаются оптимальные условия роста сахарной свеклы, и фактическое суммарное испарение, можно в любую декаду определить влагообеспеченность посевов, выразив ее в процентах оптимальной влагообеспеченности.

Практически методика расчета для определения влагообеспеченности сахарной свеклы такая же, как и для яровой пшеницы по методу Процера (см. табл. 60), разница только в коэффициентах, на которые необходимо умножить сумму среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декаду, чтобы получить величину суммарного испарения, необходимого для оптимальных условий роста. Для сахарной свеклы, как уже указывалось, этот коэффициент равен 0,5 для всего периода вегетации.

Проводя оценку таким образом, мы можем рассчитать влагообеспеченность сахарной свеклы не только в конкретную декаду, но и рассчитать среднюю влагообеспеченность для любого отрезка времени вегетации или за весь период вегетации.

Суммируя последовательно проценты влагообеспеченности за каждую декаду и разделив сумму на число декад прошедшего периода, мы получаем среднюю влагообеспеченность этого периода. Однако средняя влагообеспеченность всего периода вегетации бывает не очень показательна для условий формирования урожая, так как она равноценно складывается из величин влагообеспеченности различных периодов, которые для формирования урожая имеют разное значение.

Влагообеспеченность посевов сахарной свеклы в первый период вегетации до наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена для формирования урожая играет очень большую роль. При плохой влагообеспеченности посевов в этот период, даже если в среднем за весь период вегетации влагообеспеченность будет хорошей (за счет осадков к концу вегетации), урожай может быть значительно пониженным. Поэтому для правильной характеристики условий формирования урожая сахарной свеклы необходимо учитывать, помимо средней влаго-

обеспеченности посевов за весь период вегетации, еще и влагообеспеченность в первый период.

Конторщиковой была определена зависимость урожая сахарной свеклы от средней влагообеспеченности первого периода вегетации (от посева до наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена) и от средней влагообеспеченности всего периода вегетации (рис. 66).

Коэффициент корреляции этой зависимости $r = 0,82 \pm 0,2$. Кривые на рис. 66 показывают значения урожая сахарной

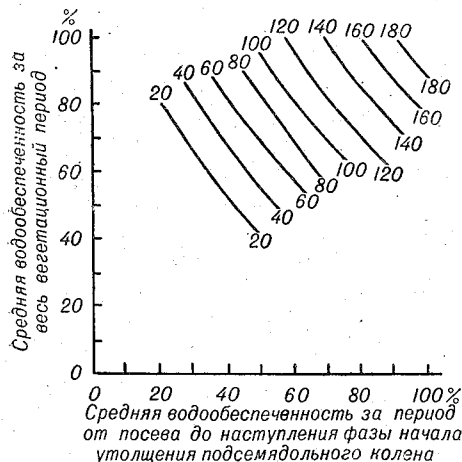


Рис. 66. Урожай сахарной свеклы (в процентах среднего многолетнего) в зависимости от водообеспеченности посевов за весь вегетационный период и водообеспеченности за период от посева до наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена.

свеклы в процентах среднего многолетнего. Ошибка уравнения регрессии составляет $\pm 23\%$.

Следовательно, зная среднюю влагообеспеченность первого периода и всего периода вегетации, мы можем не только давать оценку влагообеспеченности, но и определять урожай сахарной свеклы в зависимости от этой влагообеспеченности.

Однако вопросы об условиях формирования урожая сахарной свеклы и о видах на урожай возникают задолго до того, как известна влагообеспеченность сахарной свеклы за весь вегетационный период. Пользуясь долгосрочным прогнозом по-

годы, на эти вопросы можно ответить с заблаговременностью не более месяца до конца вегетации. Запросы же поступают значительно раньше, чаще всего в период после наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена. К этому времени влагообеспеченность первого периода бывает уже известна, но до окончания вегетации остается еще 2—3 месяца.

Конторщиковой [35] предложен способ оценки ожидаемых условий формирования урожая сахарной свеклы без прогноза погоды. Этот способ основан на зависимости влагообеспеченности всего периода вегетации от влагообеспеченности определенных предшествующих частей этого периода (от посева до фазы начала утолщения подсемядольного колена плюс одна, две, три и т. д. декады после этой фазы):

Были установлены следующие уравнения регрессии, по которым можно рассчитать в любое время, начиная с первой де-

кады после наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена, влагообеспеченность за весь период вегетации сахарной свеклы:

для первой декады	$y = 0,47x + 41$	для шестой декады	$y = 0,96x + 3$
" второй	$y = 0,59x + 31$	" седьмой	$y = 0,96x + 2$
" третьей	$y = 0,74x + 19$	" восьмой	$y = 0,97x + 1$
" четвертой	$y = 0,82x + 12$	" девятой	$y = 0,99x - 0,1$
" пятой	$y = 0,93x + 4$	" десятой	$y = 1,1x - 7$

В этих уравнениях x — средняя влагообеспеченность за предшествующий период от сева, включая декаду, для которой дано соответствующее уравнение, y — ожидаемая средняя влагообеспеченность за весь период вегетации.

Естественно, что установленная связь становится тем теснее, чем продолжительнее предшествующий период. Значения коэффициента корреляции приведенных выше уравнений постепенно возрастают от 0,59 для первой декады до 0,92 для десятой декады. Достаточно надежно можно делать расчеты по прошествии не менее четырех декад после наступления фазы начала утолщения подсемядольного колена (для четвертой декады $r = 0,78$).

Расчет влагообеспеченности сахарной свеклы и видов на урожай без прогноза погоды проводится следующим образом. Определяется по сложившимся условиям указанным выше способом по суммарному испарению и сумме дефицитов влажности, взятой с коэффициентом 0,5, средняя влагообеспеченность за период до декады, в какую составляется прогноз. Затем по соответствующему уравнению регрессии определяется в зависимости от полученной средней влагообеспеченности за этот период влагообеспеченность всего периода вегетации.

Для оценки условий формирования урожая необходимо знать среднюю влагообеспеченность всего периода вегетации и среднюю влагообеспеченность за период до фазы начала утолщения подсемядольного колена. Последняя всегда бывает известна, так как прогноз предлагаемым способом составляется только по окончании этого периода.

Зная эти две величины, по графику на рис. 66 делаем оценку условий формирования урожая в процентах среднего многолетнего и определяем виды на урожай.

7. Оценка сложившихся и ожидаемых условий формирования урожая картофеля

О. М. Поповской [67] разработан метод количественной оценки условий произрастания картофеля, который рекомендуется в основном для центральных районов Европейской территории СССР. Свои исследования Поповская проводила по двум направлениям — по определению зависимости скорости развития картофеля от метеорологических факторов и по опре-

делению зависимости величины приростов клубней картофеля от агрометеорологических условий.

Исследования скорости развития картофеля Поповская проводила по периодам посев—всходы, всходы—бутонизация, бутонизация—цветение, цветение—увядание ботвы. По этим периодам ею был получен ряд показателей, по которым можно производить предвычисление наступления различных фаз развития картофеля.

У различных сортов картофеля (ранние, средние и поздние) при одинаковой агротехнике и одинаковых агрометеорологических условиях всходы появляются в одно и то же время, поэтому для периода посев—всходы независимо от сорта можно пользоваться одними и теми же агрометеорологическими показателями.

Скорость появления всходов картофеля в основном зависит от температуры. При оптимальной температуре воздуха 18—22° продолжительность периода посев—всходы составляет 22—23 дня, при понижении температуры продолжительность этого периода увеличивается и может достигать 34—35 дней при температуре 10—12°.

Принимая за нижний температурный предел развития корней и ботвы картофеля 7°, Поповская определила, что сумма активных температур воздуха (после перехода температуры через 7°) за период посев—всходы картофеля равна 400°. Сумма активных температур почвы на глубине 10 см за этот же период оказалась равной в среднем 420°.

От условий увлажнения скорость появления всходов картофеля зависит в меньшей степени, чем скорость появления всходов зерновых культур, так как клубень картофеля имеет большой запас влаги. Кроме того, в большинстве районов возделывания картофеля в этом период обычно запасы влаги в пахотном слое почвы бывают еще высокими, и только в очень засушливую весну наблюдается некоторый недостаток влаги.

В большей степени скорость появления всходов картофеля зависит от агротехники, в первую очередь от предпосевной обработки семенного материала, глубины заделки семян, качества семенного материала и т. д. Анализ данных наблюдений Института картофельного хозяйства (ИКХ) показал, что при условии высокой агротехники при одинаковых погодных условиях всходы картофеля появляются примерно на 7 дней раньше, чем при обычном уровне агротехники.

По данным Поповской, межфазные периоды всходы—бутонизация, бутонизация—цветение и всходы—цветение различных сортов картофеля характеризуются определенными средними суммами активных температур, указанными в табл. 65.

Однако в период всходы—цветение картофеля наряду с тепловым режимом большое значение имеет также увлажнение. У многих сортов картофеля при плохом увлажнении почвы цветение не наблюдается, так как бутоны быстро опадают.

В период от цветения до увядания ботвы картофеля Поповской были получены данные, характеризующие среднюю продолжительность этого периода и сумму активных температур воздуха в этот период (табл. 66).

Как следует из данных табл. 66, продолжительность периода от цветения до увядания ботвы в большой степени зависит от условий агротехники. Время увядания ботвы во многом определяется условиями питания. Подкормкой азотом в течение вегетации можно значительно оттянуть время увядания ботвы. На полях ИКХ увядание ботвы наступает на 15—20 дней позднее, чем на наблюдательных участках массовых полей.

Таким образом, при определении продолжительности периодов посев—всходы и цветение—увядание ботвы обязательно надо учитывать уровень агротехники.

Т а б л и ц а 65

Средние суммы активных температур воздуха за различные межфазные периоды развития картофеля

Сорта	Межфазные периоды		
	всходы— бутониза- ция	бутони- зация— цветение	всходы— цветение
Раннеспелые	350	190	540
Среднеспелые	440	210	650
Позднеспелые	500	220	720

Т а б л и ц а 66

Средняя продолжительность межфазного периода цветение—увядание ботвы и сумма активных температур воздуха за этот период

Сорта	Средняя продолжительность периода (в днях)		Сумма активных температур воздуха	
	по данным гид- рометсети	по данным ИКХ	по данным гид- рометсети	по данным ИКХ
Раннеспелые	37	52	610	860
Среднеспелые	48	68	700	1000

Следует учесть, что суммы активных температур, установленные Поповской, являются средними показателями, поэтому в различные годы могут быть некоторые отклонения от этих сумм. Средняя квадратическая ошибка этих показателей для фазы посев—всходы равна 85°, для фазы всходы—цветение 80°, что соответствует примерно 5 дням, а для фазы цветение—

Прирост клубней картофеля при различных метеорологических условиях в период от цветения до увядания ботвы в процентах приростов при оптимальных погодных условиях

Средняя декад- ная темпера- тура воздуха	Запасы продуктивной влаги в слое 0—50 см в процентах наименьшей полевой влагоемкости											
	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111—120	121—130
21,1—22,0	10	20	30	40	—	—	—	—	—	—	—	—
20,1—21,0	10	20	30	40	55	65	—	—	—	—	—	—
19,1—20,0	10	20	35	50	60	65	70	80	85	85	80	80
18,1—19,0	10	20	45	55	60	65	75	85	90	90	85	85
17,1—18,0	10	25	45	55	60	70	80	90	100	95	95	85
16,1—17,0	10	30	50	55	60	70	80	100	100	95	95	80
15,1—16,0	10	25	50	55	65	75	85	95	95	95	90	80
14,1—15,0	10	25	50	60	70	75	85	90	90	85	80	75
13,1—14,0	—	25	50	60	70	75	85	85	85	80	75	70
12,1—13,0	—	—	45	55	70	80	80	80	80	75	75	70
11,1—12,0	—	—	45	55	65	75	75	75	75	75	70	—
10,1—11,0	—	—	40	50	60	65	70	70	70	70	70	—

ста будет составлять только 20—25% той величины, какой она была бы при оптимальных условиях.

При низких среднедекадных температурах (10—12°) независимо от хороших запасов влаги величина прироста уменьшается и составляет 70—75% оптимальной. При повышении температуры выше оптимальной (выше 18—19°) также наблюдается уменьшение величины приростов. Для построения этой таблицы были использованы данные центральной зоны, где очень высоких температур не наблюдалось, но из исследований А. И. Руденко, Л. Н. Бабушкина и др. вытекает, что очень высокие температуры оказывают большое отрицательное влияние на клубнеобразование картофеля и задерживают начало этого процесса.

Таким образом, основными факторами, от которых зависит процесс клубнеобразования и величины приростов клубней, являются температура и увлажнение почвы.

Можно расчеты приростов клубней производить не за декаду, а за сутки. Это удобнее, так как период клубнеобразования может начаться или закончиться в различные части декады. Удобнее также для простоты расчетов (чтобы не было очень больших чисел) прирост выражать не в процентах, а в условных единицах, например уменьшив все величины по декадам на 10. Считая, что соотношение между средними суточными приростами при различных агрометеорологических условиях равно соотношению между среднедекадными приростами при таких же усло-

виях, принимаем для удобства расчетов суточный прирост равным единице в том случае, если декадный равен 100% прироста при оптимальных условиях.

Таким образом, все величины в табл. 68 для удобства расчетов по декадам уменьшаем на 10, а по суткам — на 100. Такое преобразование значительно облегчает расчеты, которые необходимо будет проводить за большой период по отдельным декадам; для расчета конечного урожая нужно суммировать величины приростов за весь период клубнеобразования.

Однако при расчете прироста клубней картофеля по рассмотренным выше показателям необходимо учитывать вес ботвы, так как при одних и тех же агрометеорологических условиях прирост может быть различен в зависимости от веса ботвы. По данным А. Г. Лорха [48], для получения высоких приростов картофеля при благоприятных агрометеорологических условиях вес ботвы должен быть не меньше 18—20 т/га. Эти данные были подтверждены и исследованиями Поповской [67].

Таблица 69

Средние декадные приросты клубней картофеля при запасах влаги не меньше 70% наименьшей полевой влагоемкости и различном весе ботвы (в т/га)

Вес ботвы	Прирост клубней	Число случаев	Вес ботвы	Прирост клубней	Число случаев
3	0,3	2	14	4,0	1
4	0,6	4	15	4,0	1
5	1,6	1	16	5,6	6
6	2,6	2	17	5,5	1
7	2,8	4	18	6,4	4
8	2,8	1	19	4,1	3
9	3,2	1	20	6,3	1
10	3,0	5	21	6,6	2
11	3,6	2	22	6,3	2
12	4,2	1	24	5,6	2
13	3,4	3	26	6,4	1

В табл. 69 указаны средние приросты клубней картофеля при хорошем увлажнении почвы (не ниже 70% наименьшей полевой влагоемкости) в зависимости от веса ботвы. В случаях с малым весом ботвы прирост клубней даже при благоприятных условиях роста в период клубнеобразования был небольшим. Наибольшие приросты клубней наблюдались в тех случаях, когда ко времени цветения вес ботвы превышал 18—20 т/га и наблюдались благоприятные условия для роста картофеля.

Следовательно, при весе ботвы ко времени цветения больше 18 т/га величина прироста клубней картофеля будет уже целиком зависеть от агрометеорологических условий и только в этом

случае может быть рассчитана по изложенным выше показателям. Если вес ботвы к началу цветения был меньше 18 т/га, то величина прироста клубней будет зависеть не только от агрометеорологических условий, но и от веса ботвы. В этом случае необходимо при расчете ожидаемых величин приростов делать поправки на вес ботвы.

О весе ботвы можно приближенно судить по ее высоте. По данным Лорха, наблюдается следующий вес ботвы при различной ее высоте:

высота (см)	45	50	55	60	70
вес (т/га)	17	20	27	35	40

Эти данные показывают, что если высота ботвы больше 45 см, то вес ботвы больше 17 т/га; следовательно, он не будет отрицательно сказываться на величинах прироста клубней.

При малом весе ботвы Поповская предлагает вводить при расчетах поправки на уменьшение прироста клубней. Если после появления всходов наблюдались неблагоприятные агрометеорологические условия и влажность почвы в пахотном слое была ниже 40 % наименьшей полевой влагоемкости в течение одной-двух декад, то снижение урожая составит 5—10 %. Если влажность почвы была такой низкой в течение трех декад, то урожай понизится на 20 %, а в течение четырех декад — на 30 %. (На указанное количество процентов снижается расчетный урожай, полученный по ранее изложенным показателям оценки условий клубнеобразования.)

Однако в годы, когда вначале были неблагоприятные условия для роста ботвы, а затем произошло улучшение условий, при высоком уровне агротехники можно быстро добиться резкого увеличения веса ботвы, так как ботва картофеля очень сильно реагирует на изменение агрометеорологических условий и приросты ее при благоприятных условиях погоды могут достигать 10 т/га и более за декаду.

Допустим, нам необходимо провести оценку условий формирования урожая картофеля по данным гидрометеостанции Славгород, Белорусской ССР, в сравнении со средними многолетними в период от цветения до увядания ботвы.

Вначале следует сделать оценку средних многолетних условий. Пример расчета такой оценки в период от цветения картофеля до увядания ботвы приведен в табл. 70. Средняя многолетняя дата наступления фазы цветения картофеля в данном районе — 25 июля, а увядания ботвы — 19 сентября. Наименьшая полевая влагоемкость в слое почвы 0—20 см равна 45 мм, в слое 0—50 см — 95 мм.

Зная температуру воздуха и запасы влаги в процентах наименьшей полевой влагоемкости, по табл. 68 рассчитываем в условных единицах средний суточный прирост клубней картофеля с учетом поправки на предшествующие условия. В данном слу-

чае эта поправка равна нулю. Далее определяем прирост по декадам с учетом дат наступления фаз цветения и увядания ботвы и в заключение записываем этот прирост нарастающим итогом. В нашем примере сумма прироста за весь период вегетации по средним многолетним данным равна 50,1 единицы.

Для того чтобы выразить условный урожай в центнерах с гектара, можно ориентировочно подсчитать цену одной единицы. Так, например, при высокой агротехнике и наиболее благоприятных условиях погоды прирост составляет около 6 т/га за декаду, или около 6 ц/га за сутки. Таким образом, если при высокой агротехнике примем цену одной единицы 6 ц/га, то сумма приростов за весь период вегетации в 50 единиц будет соответствовать урожаю 300 ц/га. При средней агротехнике наивысшие приросты составляют 3—4 ц/га за сутки.

Таблица 70

Расчет оценки агрометеорологических условий формирования урожая картофеля в условных единицах по средним многолетним данным в период от цветения картофеля (25/VII) до увядания ботвы (19/IX)
Гидрометеостанция Славгород (БССР)

Название элементов	Июль	Август			Сентябрь	
	III	I	II	III	I	II
Средняя температура воздуха . . .	17,5	17,0	17,1	17,1	14,4	12,1
Средние запасы продуктивной влаги в слое 0—50 см (мм)	77	79	77	84	69	80
Средние запасы продуктивной влаги в слое 0—50 см в процентах наименьшей полевой влагоемкости .	81	83	81	88	73	84
Число дней	7	10	10	11	10	8
Средний суточный прирост в условных единицах с поправкой на предшествующие условия	0,90	1,00	0,90	0,90	0,85	0,80
Прирост по декадам в условных единицах	6,3	10,0	9,0	9,9	8,5	6,4
Прирост по декадам в условных единицах нарастающим итогом . .	6,3	16,3	25,3	35,2	43,7	50,1

После того как провели оценку условий формирования урожая картофеля по средним многолетним данным, можно делать расчеты за любой год и давать оценку условий этого года в сравнении со средними многолетними. Для примера возьмем 1956 г.

В 1956 г. в районе станции Славгород всходы картофеля появились 24 июня, цветение началось 28 июля. До цветения условия роста картофеля были очень хорошими, запасы во все декады до цветения были больше 40% наименьшей полевой

влажностности, поэтому поправка на предшествующие условия будет равна нулю.

Далее проводим оценку условий по декадам в период от цветения до увядания ботвы. Последовательность действий при этом показана в табл. 71.

Следует учесть, что если приросты продолжаются значительно дольше, чем по средним многолетним данным, то в каждую из декад отклонения суммы приростов рассчитываются от одной и той же величины суммы среднеемноголетнего прироста в последнюю декаду. Например, по средним многолетним данным прирост заканчивается в первую декаду сентября и сумма приростов за весь период составляет 40 условных единиц. В текущем году прирост продолжается до третьей декады сентября. В таком случае отклонения суммы приростов за вторую и третью декады сентября рассчитываются от суммы приростов за первую декаду сентября (40 единиц), т. е. от одной и той же конечной средней многолетней величины.

В заключение дается оценка агрометеорологических условий формирования урожая картофеля текущего года в процентах средней многолетней оценки по декадам. В нашем примере на 10 августа сумма приростов была на 4,0 единицы меньше средней многолетней суммы; если в дальнейшем условия будут близки к обычным, то можно ожидать все равно пониженный урожай (вследствие влияния предшествующих условий). На 10 августа оценка агрометеорологических условий произрастания картофеля в сравнении со средними многолетними условиями

Таблица 71

Расчетный лист оценки агрометеорологических условий формирования урожая картофеля

Гидрометеостанция Славгород, 1956 г.

I. Общие сведения

Всходы — 24 июня, цветение — 28 июля, увядание ботвы — 15 сентября. Наименьшая полевая влагоемкость: в слое почвы 0—20 см — 45 мм, в слое почвы 0—50 см — 95 мм.

II. Оценка предшествующих условий вегетации

Декада от начала массовых всходов	Запасы влаги в слое почвы 0—20 см	
	в мм	в процентах наименьшей полевой влагоемкости
Первая	40	89
Вторая	41	91
Третья	43	96
Четвертая	39	87

III. Оценка агрометеорологических условий

по декадам

Название элементов	Июль	Август			Сентябрь	
	III	I	II	III	I	II
Среднедекадная температура воздуха	15,7	14,9	13,7	16,2	12,6	8,0
Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0—50 см (мм)	94	100	89	120	112	104
Запасы продуктивной влаги в слое 0—50 см (в % наименьшей полевой влагоемкости)	99	107	94	126	118	110
Число дней	4	10	10	11	10	4
Средний суточный прирост (в условных единицах)	0,95	0,85	0,85	0,80	0,75	0,70
Средний суточный прирост с поправкой на предшествующие условия (в усл. ед.)	0,95	0,85	0,85	0,80	0,75	0,70
Прирост по декадам (в усл. ед.)	3,8	8,5	8,5	8,8	7,5	2,8
Прирост нарастающим итогом (в усл. ед.)	3,8	12,3	20,8	29,6	37,1	39,9
Прирост нарастающим итогом по среднеемноголетним данным (в усл. ед.)	6,3	16,3	25,3	35,2	43,7	50,1
Отклонения прироста от нормы (в усл. ед.)	-2,5	-4,0	-4,5	-5,6	-6,6	-10,2
Оценка агрометеорологических условий (в %)	95	92	91	89	87	80
Изменение оценки условий за декаду (в %)	—	-3	-1	-2	-2	-7

$$\frac{-4,0 + 50,1}{50,1} = 92\%, \text{ а к моменту увядания ботвы } \frac{-10 + 50,1}{50,1} =$$

= 80%, т. е. к концу вегетации условия ухудшились по сравнению со средними многолетними на 20%. Таким образом, зная сумму приростов за весь период вегетации по средним многолетним данным и отклонения приростов текущего года от средних многолетних, в любую декаду мы можем сделать оценку условий формирования урожая картофеля.

Оценку можно производить как по сложившимся условиям за каждую прошедшую декаду, так и по ожидаемым. Если нужно дать прогноз ожидаемых агрометеорологических условий формирования урожая картофеля, то время наступления фазы увядания ботвы и ожидаемые запасы влаги в почве рассчитывают по ожидаемой температуре воздуха и осадкам. Время наступления фазы увядания ботвы вычисляют по ожидаемой температуре воздуха по показателям, предложенным Поповской (табл. 67).

От фазы цветения соответственно сорту и агротехнике по ожидаемой температуре воздуха подсчитывается определенная сумма активных температур (не ниже 7°), необходимая для этого периода. Часто эти суммы приходится подсчитывать по средним декадным температурам, и тогда необходимо учесть следующее. По данным Поповской, при средней декадной температуре выше 13° сумма активных температур за декаду подсчитывается просто умножением средней декадной температуры на число дней декады. При среднедекадной температуре ниже 13° для подсчета сумм активных температур следует пользоваться вспомогательной табл. 72 (сумма активных температур за декаду в этом случае будет несколько меньше). Особенно важно учитывать эти поправки в начале и в конце вегетации картофеля.

Таблица 72

Перевод средних декадных температур в суммы активных температур за декаду при нижнем пределе активных температур, равном 7°

Градусы	Десятые доли градуса									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	0	0	0	1	2	3	4	6	7	8
4	10	11	12	14	15	16	17	19	20	21
5	23	24	25	27	28	29	31	32	33	35
6	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48
7	49	50	52	53	54	56	57	58	60	61
8	62	64	65	66	68	69	70	72	73	74
9	76	77	78	80	81	82	83	85	86	87
10	89	91	92	93	95	96	97	99	100	101
11	103	104	105	106	108	109	110	112	113	114
12	116	117	118	120	121	122	123	125	126	127
13	129	130	131	132	134	135	136	137	138	139

Допустим, что цветение картофеля среднеспелого сорта отмечено 21 июля. Необходимо определить время увядания ботвы при среднем уровне агротехники. За период цветение—увядание ботвы (по данным табл. 67) для среднеспелых сортов картофеля при среднем уровне агротехники необходима сумма среднесуточных температур, равная 700° . Пример расчета показан в табл. 73.

Запасы влаги в почве при оценке предстоящих условий рассчитывают по методике С. Б. Мاستинской, изложенной несколько ниже, в разделе «Прогнозы запасов продуктивной влаги под картофелем». Мастинская на основании исходных запасов влаги в почве, ожидаемых температуры и осадков дает способ расчета будущих запасов продуктивной влаги в почве под картофелем по декадам. Зная ожидаемые температуры и запасы

Пример определения времени увядания ботвы картофеля

Название элементов	Июль	Август			Сентябрь	
	III	I	II	III	I	II
Ожидаемая среднедекадная температура воздуха	16	17	15	14	10	8
Сумма активных температур за декаду	176	170	150	154	89	62
Сумма активных температур нарастающим итогом	176	346	496	650	739	

Дата увядания ботвы картофеля — 6 сентября.

влаги по декадам в период цветение—увядание ботвы картофеля, оценку ожидаемых условий следует проводить точно так же, как и рассмотренную выше оценку сложившихся условий.

8. Прогнозы запасов продуктивной влаги под картофелем

Картофель хотя и характеризуется в общем умеренными требованиями к влаге, но на резкие изменения ее запасов в почве он реагирует довольно сильно.

Недостаточные запасы влаги в пахотном слое почвы в период от всходов до цветения ведут к образованию небольшой массы ботвы картофеля (небольшая высота и вес). Малый вес ботвы отрицательно сказывается на величине прироста клубней картофеля в дальнейшем, в период клубнеобразования. Если же запасы влаги остаются плохими и в период клубнеобразования, то приросты клубней бывают очень незначительными, и как бы ни были благоприятны тепловые условия, в этом случае величина влажности почвы будет иметь решающее значение.

Картофель особенно реагирует на изменение запасов влаги пахотного и полуметрового слоев почвы, так как корневая система его бывает обычно развита слабо и в основном располагается в слое 0—50 см. По данным Поповской, оптимальные условия для формирования урожая картофеля в период клубнеобразования наблюдаются при запасах влаги в слое 0—50 см, составляющих 80—100% наименьшей полевой влагоемкости суглинистых и супесчаных почв. При уменьшении запасов влаги наблюдается уменьшение приростов клубней. Особенно резкое снижение урожая наблюдается при запасах влаги в слое 0—50 см меньше 40% наименьшей полевой влагоемкости почвы. Поэтому для оценки ожидаемых условий формирования урожая

картофеля необходимо знать изменение запасов продуктивной влаги в почве.

На основании анализа и обработки многолетних данных наблюдений Мاستинской [54] были определены корреляционные зависимости изменения запасов продуктивной влаги в различных слоях почвы под картофелем от температуры, осадков и исходных запасов влаги в основные периоды вегетации картофеля.

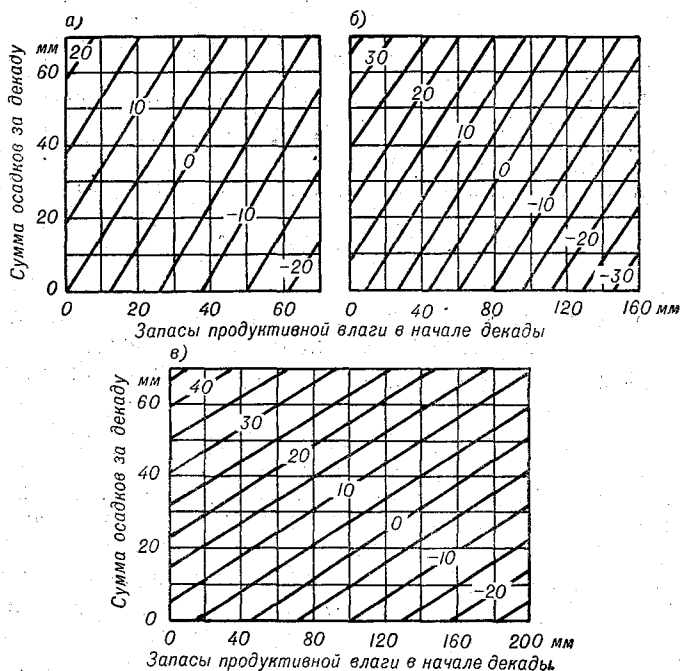


Рис. 68. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в период формирования всходов картофеля в слоях почвы 0—20 см (а), 0—50 см (б) и 0—100 см (в).

Эти зависимости выражаются следующими уравнениями:

а) в период формирования всходов

в слое почвы	0—20 см	$y = 0,01a + 0,24b - 0,42c + 6,5$
" "	0—50 см	$y = 0,21a + 0,34b - 0,29c + 14,6$
" "	0—100 см	$y = 0,22a + 0,56b - 0,18c + 5,0$

б) в период образования боковых побегов

в слое почвы	0—20 см	$y = -0,26a + 0,24b - 0,45c + 8,5$
" "	0—50 см	$y = -0,45a + 0,45b - 0,21c + 5,6$
" "	0—100 см	$y = -0,38a + 0,88b - 0,02c - 12,8$

в) в период бутонизации

в слое почвы	0—20 см	$y = -0,24a + 0,40b - 0,84c + 2,4$
" "	0—50 см	$y = -0,26a + 0,75b - 0,24c - 2,3$
" "	0—100 см	$y = -0,58a + 0,57b - 0,23c + 14,3$

г) в период цветения (до увядания)

в слое почвы 0—20 см	$y = -0,62a + 0,31b - 0,37c + 11,9$
" " " 0—50 см	$y = -0,85a + 0,54b - 0,24c + 14,3$
" " " 0—100 см	$y = -0,94a + 0,72b - 0,10c + 7,8$

В этих уравнениях y — изменение запасов влаги за декаду (в мм), a — средняя за декаду температура воздуха, b — сумма осадков за декаду (в мм), c — начальные запасы влаги (в мм).

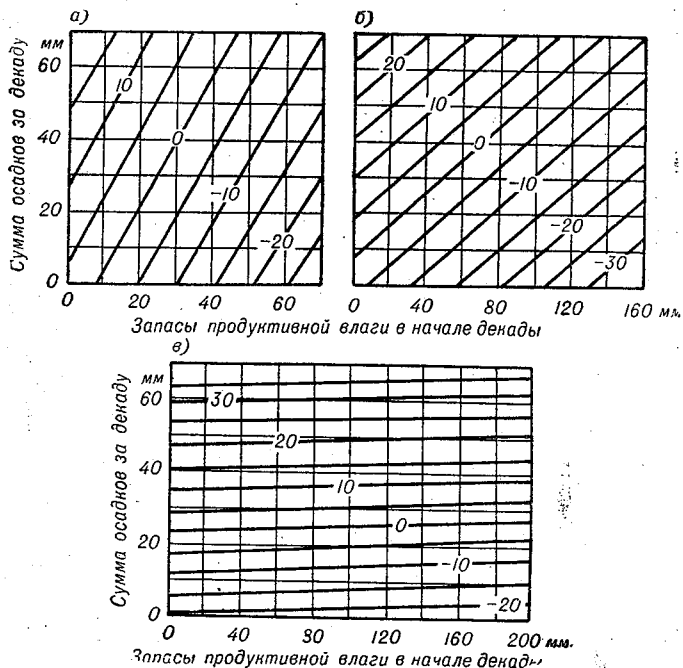


Рис. 69. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в период формирования боковых побегов картофеля в слоях почвы 0—20 см (а), 0—50 см (б) и 0—100 см (в).

Для удобства расчетов по этим уравнениям были построены графики, представленные на рис. 68—70. В поле координат даны изолинии изменений запасов влаги в данную декаду. К графикам даны поправки на температуру воздуха (табл. 74). Способ расчетов по этим графикам тот же, что и при расчетах изменения запасов влаги под зерновыми культурами.

По этим графикам (или по уравнениям), учитывая фазу развития картофеля, можно составить прогноз запасов влаги на тот срок, на какой известны ожидаемые осадки и температура воздуха. В качестве исходных данных для составления прогноза необходимо иметь фактические наблюдения над запасами влаги в почве и фазами развития картофеля к моменту составления прогноза.

9. Прогнозы запасов продуктивной влаги под сеянными травами (люцерной и красным клевером)

Люцерна является засухоустойчивым растением. Урожай ее в засушливые годы более высокие и устойчивые по сравнению с другими травами. Однако величина урожая люцерны в различные годы очень сильно колеблется и в очень большой степени зависит от условий влагообеспеченности. В годы с благоприятными условиями по увлажнению люцерна может развивать огромную надземную массу и урожай люцерны могут быть

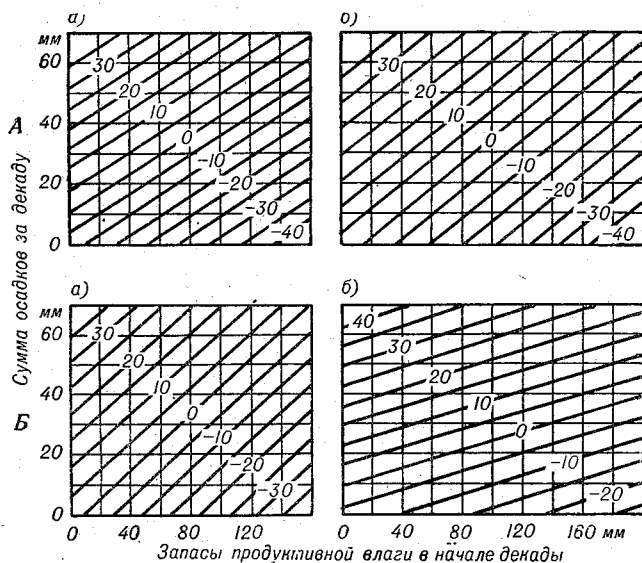


Рис. 70. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в период образования соцветий (А) и цветения картофеля (до увядания ботвы) (Б) в слоях почвы 0—50 см (а) и 0—100 см (б).

в 5—7 раз выше, чем в засушливые годы. Поэтому для правильной оценки условий формирования урожая люцерны в первую очередь необходимо учитывать запасы влаги в почве.

На основании материалов фактических наблюдений агро- и гидрометеостанций Мاستинской [54] была выявлена зависимость изменений запасов продуктивной влаги за декаду под люцерной от температуры, осадков и предшествующих запасов влаги в различных отрезки вегетационного периода люцерны.

Сопоставление сроков возобновления вегетации и сроков первого и второго укосов люцерны с ходом температуры показало, что начало вегетации люцерны совпадает с датой установления среднесуточной температуры воздуха $+5^{\circ}$ весной, а прекращение вегетации — с датой перехода среднесуточной

Поправки (в мм) на температуру при определении запасов
продуктивной влаги по графикам на рис. 68—70

Средне- декадная темпера- тура воз- духа	Рис. 68		Рис. 69		Рис. 70		
	б	в	а	б, в	А		Б
					а	б	
3—4	1	—1	—	—	—	—	—
5—7	1	—1	4	—	—	—	—
8	0	0	4	5	—	—	6
9	0	0	3	4	—	—	5
10	0	0	3	4	—	—	4
11	0	0	3	4	—	—	3
12	0	0	2	3	2	5	2
13	—1	1	2	3	2	4	2
14	—1	1	2	2	2	4	1
15	—1	1	2	2	2	3	0
16	—1	1	1	2	1	2	—1
17	—1	1	1	1	1	2	—2
18	—2	2	1	1	0	1	—2
19	—2	2	0	0	0	1	—3
20	—2	2	0	0	0	0	—4
21	—2	2	0	0	0	—1	—
22	—2	2	—1	—1	0	—1	—
23	—	—	—1	—1	—1	—2	—
24	—	—	—1	—2	—1	—2	—
25	—	—	—2	—2	—2	—	—
26	—	—	—2	—2	—2	—	—
27	—	—	—2	—3	—2	—	—
28	—	—	—	—3	—2	—	—

Примечание. Поправка к рис. 68а равна нулю.

температуры через $+5^\circ$ осенью. Первый укос производится примерно спустя три декады после перехода среднесуточной температуры воздуха через $+15^\circ$ весной, а второй укос — через месяц после первого.

По этим периодам Мастинской были получены следующие уравнения, характеризующие изменение запасов влаги в почве под люцерной:

1) Для ранневесеннего периода (от начала вегетации люцерны до установления среднесуточной температуры воздуха выше $+15^\circ$) $y = -1,8a + 0,70b - 0,06c + 4,05$.

2) Для периода наиболее интенсивного нарастания массы первого укоса (первые три декады после перехода среднесуточной температуры воздуха через $+15^\circ$) $y = -1,0a + 1,06b - 0,1c - 5,8$.

3) Для периода формирования второго укоса (четвертая,

пятая и шестая декады после перехода среднесуточной температуры воздуха через $+15^\circ$) $y = -0,6a + 0,73b - 0,21c + 5,3$.

4) Для позднесеннего периода (со времени второго укоса до конца вегетации) $y = -1,1a + 0,83b - 0,16c + 11,7$.

В этих уравнениях y — изменение запасов влаги в метровом слое почвы за декаду (в мм), a — средняя за декаду темпера-

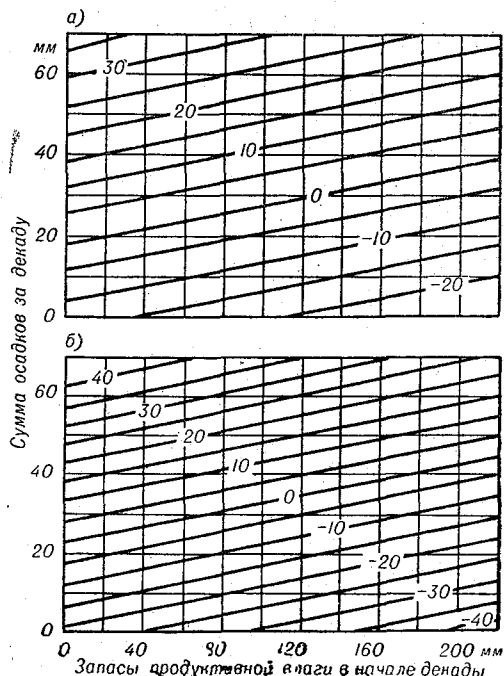


Рис. 71. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в слое почвы 0—100 см под люцерной.

a — в период среднесуточной температуры воздуха от 5 до 15° весной, b — за первую, вторую и третью декады после перехода среднесуточной температуры воздуха через 15° весной (первый укос).

тура воздуха, b — сумма осадков за декаду (в мм), c — запасы влаги в метровом слое почвы к началу декады (в мм).

Для удобства расчетов Мاستинской по этим уравнениям были построены графики, представленные на рис. 71 и 72. В табл. 75 к этим графикам даны поправки на температуру воздуха.

Таким образом, зная запасы влаги в метровом слое почвы к моменту составления прогноза и ожидаемые температуры и осадки по декадам, можно рассчитать ожидаемые запасы влаги под люцерной. Расчет при этом производится точно так же, как и расчеты запасов влаги под зерновыми.

Анализ изменения состояния люцерны в зависимости от запасов влаги за предшествующую и текущую декады позволил Мاستинской сделать следующие выводы, которые могут быть использованы при оценке влагообеспеченности люцерны в связи с ожидаемыми запасами влаги:

1) Улучшение состояния травостоя люцерны с плохого до

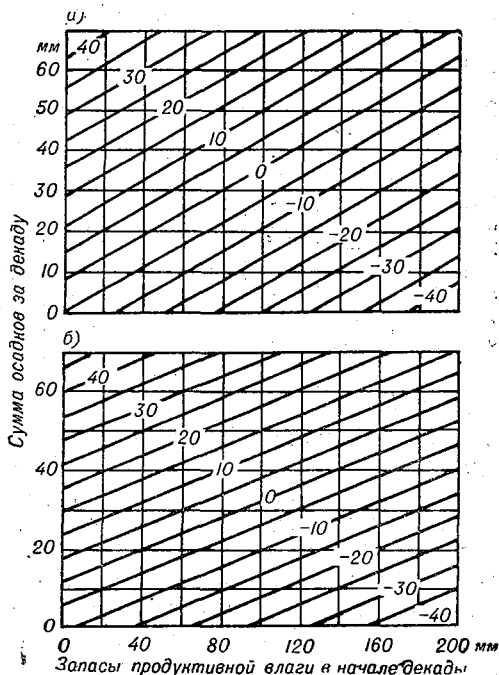


Рис. 72. Изменение запасов продуктивной влаги (в мм за декаду) в слое почвы 0—100 см под люцерной.

а — за четвертую, пятую и шестую декады после перехода среднесуточной температуры воздуха через 15° (второй укос), б — до конца вегетационного периода.

удовлетворительного может произойти только при наличии довольно высоких запасов влаги — не ниже 90 мм в метровом слое почвы.

2) Удовлетворительное состояние травостоя люцерны может ухудшиться до плохого, если запасы влаги в метровом слое почвы будут меньше 40 мм. Если запасы влаги становятся больше 60 мм в метровом слое почвы, удовлетворительное состояние несколько улучшается.

3) Хорошее состояние травостоя люцерны ухудшается при запасах влаги меньше 40 мм в метровом слое почвы. Если за-

Поправки (в мм) на температуру при определении запасов продуктивной влаги по графикам на рис. 71 и 72

Среднедекадная температура воздуха	Рис. 71		Рис. 72		Среднедекадная температура воздуха	Рис. 71		Рис. 72	
	а	б	а	б		а	б	а	б
5	9	—	—	—	16	—11	4	2	4
6	7	—	—	—	17	—	3	2	3
7	5	—	—	—	18	—	2	1	2
8	4	—	—	—	19	—	1	1	1
9	2	—	—	—	20	—	0	0	0
10	0	—	—	—	21	—	—1	—1	—1
11	—2	—	—	—	22	—	—2	—1	—2
12	—4	—	—	—	23	—	—3	—2	—3
13	—5	—	—	—	24	—	—4	—2	—4
14	—7	—	—	—	25	—	—5	—3	—6
15	—9	—	3	5					

пасы влаги становятся больше 100 мм, хорошее состояние улучшается до отличного.

4) Отличное состояние травостоя люцерны сохраняется при запасах влаги в метровом слое почвы больше 50 мм.

Следовательно, состояние травостоя люцерны может существенно ухудшиться или улучшиться в течение одной декады только при резких изменениях условий увлажнения. Если резкие изменения этих условий отсутствуют, состояние люцерны меняется за декаду мало или остается тем же.

Мастинской были определены также зависимости изменения запасов продуктивной влаги в почве от агрометеорологических условий под красным клевером по основным периодам его роста.

Время возобновления вегетации красного клевера весной наблюдается при переходе среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}$. Время образования соцветий совпадает со временем установления среднесуточной температуры воздуха $+15^{\circ}$. Спустя две декады после этого наступает цветение (время первого укоса).

Время перехода средней суточной температуры через $+15^{\circ}$ в конце лета совпадает со временем второго укоса двуукосных клеверов. При переходе средней суточной температуры через $+5^{\circ}$ осенью происходит прекращение вегетации клевера.

На основании материалов наблюдений над запасами продуктивной влаги в почве Мастинской были выведены эмпирические уравнения зависимости изменения запасов влаги под клевером от условий погоды для периода от возобновления вегетации до первого укоса и для периода от первого укоса до прекращения

ния вегетации. Для первого укоса $y = -1,5a + 0,72b - 0,16c + 27,1$; после первого укоса $y = -0,8a + 0,72b - 0,11c + 11,5$, где y — изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за декаду (в мм), a — средняя за декаду температура воздуха, b — сумма осадков за декаду (в мм), c — начальные запасы влаги (в мм).

Зная начальные запасы влаги в метровом слое почвы и ожидаемые температуру и осадки, проводят последовательные расчеты изменения запасов влаги по декадам и определяют ожидаемое количество запасов продуктивной влаги под красным клевером в различные периоды вегетации.

Глава VIII

ПРОГНОЗЫ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УБОРКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Агрометеорологические условия в период уборки урожая в очень большой степени определяют своевременность проведения уборочных работ, потери урожая при уборке и качество убираемого зерна.

Благоприятные агрометеорологические условия, характеризующиеся в основном теплой и сухой погодой, позволяют с наибольшей производительностью проводить уборочные работы в короткий срок с наименьшими потерями. Обмолот сухого зерна бывает чистым, а само зерно способно долго сохраняться.

Дождливая и холодная погода, наблюдающаяся при уборке урожая, ведет к тому, что период уборки затягивается, производительность уборочных машин резко падает, сушка зерна и соломы бывает затруднена. Увеличение периода уборки вследствие неблагоприятных условий погоды приводит к большим потерям урожая, особенно в районах, где созревание хлебов наблюдается поздно и уборка затягивается до заморозков или установления снежного покрова.

Агрометеорологический прогноз условий уборки имеет большое производственное значение, так как он позволяет заранее предусмотреть, когда и где возможно будет провести уборку сельскохозяйственных культур своевременно, в короткий срок и без потерь, а где возможна задержка с уборкой и необходимы будут соответствующие мероприятия, чтобы уборка, несмотря на неблагоприятные агрометеорологические условия, шла без задержек.

В последние годы специально по запросу Министерства сельского хозяйства СССР Центральным институтом прогнозов составляется не только прогноз агрометеорологических условий уборки, но и прогноз возможности переброски уборочных машин из одних районов страны в другие в связи с особенностями условий каждого конкретного года.

Первой частью прогноза агрометеорологических условий уборки является определение сроков начала уборки. Уборка зерновых культур в нашей стране проводится двумя способами —

раздельным и прямым комбайнированием. Раздельная уборка начинается тогда, когда зерновые культуры достигли восковой спелости.

Даты наступления восковой спелости зерновых культур определяются способами, изложенными в главе VI «Прогнозы наступления фаз развития сельскохозяйственных культур».

Прогнозы сроков и условий уборки составляются отдельно по различным культурам. Определив ожидаемые сроки начала раздельной уборки зерновых культур (даты наступления восковой спелости), приступают к оценке ожидаемых условий в период раздельной уборки.

Уборка зерновых культур прямым комбайнированием начинается тогда, когда хлеба достигают полной спелости. Следовательно, в районах, где уборка проводится прямым комбайнированием, необходимо при составлении прогноза агрометеорологических условий уборки в первую очередь определить ожидаемые сроки наступления полной спелости зерновых культур.

По суммам эффективных температур можно рассчитывать фазы зерновых культур до восковой спелости включительно. Для наступления полной спелости хлебов суммы эффективных температур не установлены. Процеров [72] предложил наступление фазы полной спелости зерновых культур определять, учитывая дефицит влажности воздуха. Им было высказано предположение, что после наступления восковой спелости, когда процесс формирования зерна уже закончен, происходит почти чисто физический процесс высыхания зерна, который должен зависеть от степени влажности воздуха. Анализ материалов наблюдений подтвердил это предположение.

Исследования Процерова показали наличие тесной зависимости скорости высыхания зерна от дефицита влажности воздуха, которая для сухих и влажных районов оказалась различной (рис. 73). Приняв полное высыхание зерна за 100% и определяя по графику на рис. 73 ежедневно процент высыхания после наступления восковой спелости, получим дату, когда сумма процентов высыхания достигнет 100. Это и будет день наступления полной спелости зерновых культур.

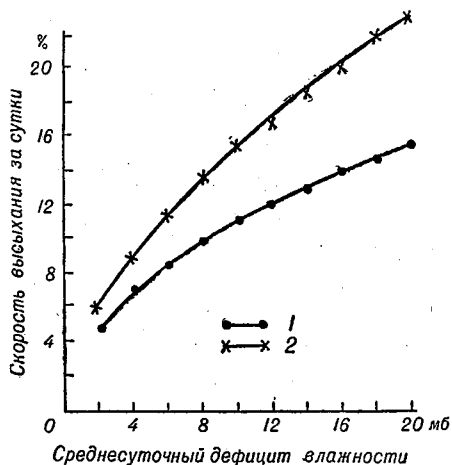


Рис. 73. Зависимость скорости высыхания колосовых хлебов от среднесуточного дефицита влажности.
1 — сухая зона, 2 — влажная зона.

Определив таким образом ожидаемые сроки наступления полной спелости зерновых культур во всех районах, где проводится прямое комбайнирование, приступают к оценке ожидаемых агрометеорологических условий периода уборки.

Количественные показатели, характеризующие степень благоприятности агрометеорологических условий для работы комбайна при прямом комбайнировании, были определены Процевым. Для выяснения этого вопроса проводились специальные наблюдения за работой комбайнов «С6» при различных агрометеорологических условиях. Была также установлена зависимость влажности колоса, зерна и соломы от дефицита влажности воздуха.

Уравнения этой зависимости следующие: для влажности колоса и зерна $y = \frac{30,4}{x^{0,33}}$ или $\lg y = 1,483 - 0,33 \lg x$; для влажности соломы $y = \frac{65,1}{x^{0,53}}$ или $\lg y = 1,813 - 0,53 \lg x$; здесь y — влажность колоса и зерна или соломы, x — дефицит влажности воздуха.

Ренчлером и Фойгтом [120] для определения эксплуатационных возможностей комбайнов при уборке зерновых хлебов получена зависимость между начальной влажностью хлебов на корню (F_0), продолжительностью периода высыхания хлебов в часах (t), дефицитом влажности воздуха в 14 часов (D) и конечной влажностью хлебов F_t по прошествии времени t . Эта зависимость выражается формулой $(F_t - 11) = (F_0 - 11)e^{-ct}$, где $c = 0,009 + 0,005D$.

Кроме того, указанными авторами была также определена зависимость прироста влажности хлебов от продолжительности выпадения дождя или росы: $(33 - F_t) = (33 - F_0)e^{-c't}$, где t — продолжительность выпадения дождя или росы в часах, а $c' = 0,30 \sqrt{t} - 0,009$.

Анализируя специальные наблюдения за работой комбайнов и зависимость влажности колоса, зерна и соломы от дефицита влажности воздуха, Процев пришел к выводу, что если значения дефицита влажности воздуха уменьшаются до 3 мб, работа комбайна по уборке и обмолоту хлебов идет настолько непроизводительно, что работать вообще нецелесообразно. Если дефицит влажности воздуха более 8 мб, комбайны работают с высокой производительностью.

На основании этого Процев при оценке агрометеорологических условий, характеризующих работу комбайнов при прямом комбайнировании или при обмолоте подбираемого хлеба из валков, предлагает пользоваться следующими показателями: при дефиците влажности воздуха 3 мб и меньше — нерабочие условия (плохие); от 3,1 до 8 мб — средние условия; больше 8 мб — хорошие условия.

Этим показателям Процеров дает следующую сельскохозяйственную интерпретацию. При условии хорошей сухой погоды, когда дефицит влажности воздуха превышает 8 мб, комбайны «С6» работают на всю проектную мощность, которая принята в 1,56 га в час (при условии неполеглых, незасоренных хлебов нормальной густоты и высоты при полной спелости). Такую высокую выработку при хороших условиях уборки и дают передовики-комбайнеры нашей страны. При средних условиях уборки выработку комбайна можно считать равной половине его проектной мощности, т. е. 0,78 га в час. При дефиците влажности 3 мб и меньше комбайны работать не могут.

Оценку условий уборки чаще всего приходится производить по среднесуточным значениям дефицита влажности воздуха, сведения о которых получают с гидрометеостанций. Однако дефицит влажности воздуха в течение суток не остается постоянным, а имеет четко выраженный суточный ход. Этим суточным ходом дефицита влажности воздуха и определяется рабочее время комбайна за сутки. Даже при среднесуточном значении дефицита влажности воздуха 3 мб наблюдается в течение суток несколько часов, когда дефицит влажности воздуха становится больше 3 мб.

Процеровым построен график, по которому можно определить, какова будет возможная продолжительность работы комбайна в часах за сутки при различных среднесуточных значениях дефицита влажности воздуха. Этот график показан на рис. 74. Горизонтальные линии, отсекающие значения дефицита больше 8 мб (I), от 3 до 8 мб (II) и меньше 3 мб (III), позволяют быстрее определять количество рабочих часов с хорошими, средними и плохими условиями работы в течение суток при определенном среднесуточном значении дефицита влажности воздуха.

По графику на рис. 74 можно установить, что при среднесуточных значениях дефицита влажности примерно до 4 мб в течение суток не бывает времени с дефицитом больше 8 мб, т. е. с хорошими условиями для работы комбайнов.

Для определения числа часов в сутки с нерабочими условиями при определенном среднесуточном значении дефицита влажности воздуха следует найти на рис. 74 точки пересечения утренней и вечерней части кривой суточного хода дефицита с горизонтальной линией 3 мб и опустить из этих точек на ось X перпендикуляры. Число часов, заключенное между этими перпендикулярами, даст рабочее время комбайна, а число часов влево и вправо от них составит нерабочее время комбайна.

Например, среднесуточное значение дефицита влажности воздуха 5,6 мб. В таком случае условия для работы комбайна приблизительно с 10 до 18 часов, т. е. 8 часов в сутки, будут хорошими, до 7 часов и после 22 часов — плохими, а в осталь-

ное время суток (от 7 до 10 часов и от 18 до 22 часов) — средними.

Если на рис. 74 горизонтальная линия со значением 3 мб не пересекает кривую суточного хода дефицита влажности, то это показывает, что в данном случае плохих условий работы комбайна в течение суток не будет. По этому графику легко также определить, что при среднесуточных значениях дефицита 9,5 мб и больше комбайны могут работать круглосуточно при хороших

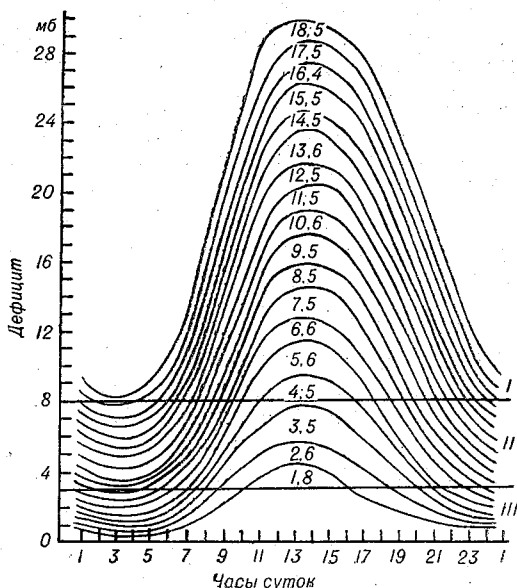


Рис. 74. Суточный ход дефицита влажности воздуха при различных средних его значениях (числа в средней части кривых).

Условия погоды для работы комбайна: I — хорошие, II — средние, III — плохие.

и средних условиях, а при значениях больше 18 мб они могут работать круглые сутки при хороших условиях.

Для удобства расчетов Процеров на основании своего графика (рис. 74) составил таблицу количества часов с различными условиями для работы комбайна в течение суток (табл. 76).

Считая, что при хороших условиях уборки комбайны «С6» могут работать, как было указано выше, с производительностью 1,56 га в час, а при средних — 0,78 га в час, Процеров на основании данных табл. 76 составил вторую таблицу, в которой указывается, какое количество гектаров возможно убрать за сутки комбайном «С6» в зависимости от метеорологических условий (табл. 77).

Обычно оценка условий проводится по пятидневкам или по декадам. Для этого суммируется суточное количество гектаров,

убранное за 5 или 10 дней. Оценку условий уборки можно по этому методу проводить в процентах оптимальных или средне-многолетних условий.

Таблица 76

Количество часов за сутки с хорошими, средними и плохими метеорологическими условиями для работы комбайна „С6“ при различных значениях среднесуточного дефицита влажности воздуха

Среднесуточное значение дефицита (мб)	Условия			Среднесуточное значение дефицита (мб)	Условия		
	хорошие	сред-ние	плохие		хорошие	сред-ние	плохие
3	0	10,5	13,5	11	14,0	10,0	0,0
4	3,5	9,0	11,5	12	15,0	9,0	0,0
5	6,5	7,5	10,0	13	15,5	8,5	0,0
6	8,5	7,0	8,5	14	16,5	7,5	0,0
7	10,0	7,0	7,0	15	17,5	6,5	0,0
8	11,0	8,0	5,0	16	18,5	5,5	0,0
9	12,0	9,0	3,0	17	20,0	4,0	0,0
10	13,0	11,0	0,0	18	22,0	2,0	0,0

Из данных табл. 77 следует, что наибольшая площадь, убранная комбайном «С6» при хороших условиях, составляет около 37 га за сутки. За пятидневку это составит 187 га, а за декаду — 374 га. Вычисляя в процентах от этих значений количество гектаров, которое возможно убрать при условиях текущего года в данной пятидневке или декаде, получают оценку условий в процентах оптимальных условий.

Если произведен расчет по пятидневкам или декадам производительности комбайнов по средним многолетним условиям (по средним многолетним значениям дефицита влажности), то, выражая количество гектаров, которое возможно было убрать в условиях текущего года в данную пятидневку или декаду в процентах среднего многолетнего за эту же пятидневку или декаду, получим оценку агрометеорологических условий уборки в процентах средних многолетних.

Чаще всего агрометеорологи дают оценку условий в количестве часов, возможных для уборки в текущем году по пентадам или декадам. Причем, чтобы количество различных часов работы комбайна в разные дни было сравнимо, число часов со средними условиями переводят в число часов с условно хорошими условиями погоды, т. е. уменьшают их вдвое (из расчета, что производительность комбайна при хороших условиях составляет 1,56 га в час, а при средних — 0,78 га в час). По табл. 76 определяется ежесуточно количество часов с условно хорошими условиями для работы комбайна. Сумма этих часов за пентаду или декаду, деленная на 5 или 10, даст нам среднее за пентаду или декаду число часов в сутки, в которые можно производить

**Количество гектаров, которое может быть убрано за сутки
комбайном „С6“ в зависимости от метеорологических условий**

Среднесу- точный дефицит влажности воздуха (мб)	Десятые доли (мб)				
	0	2	4	6	8
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	2,2	4,1	5,6	6,7	7,8
3	9,0	9,7	10,5	11,5	12,3
4	13,1	13,9	14,5	15,0	15,7
5	16,5	16,7	17,6	17,9	18,7
6	19,0	19,5	19,8	20,6	20,9
7	21,4	21,7	22,1	22,5	22,8
8	23,2	23,5	24,0	24,3	24,6
9	25,1	25,4	25,7	26,2	26,3
10	27,0	27,3	27,4	27,8	28,1
11	28,4	28,8	29,0	29,3	29,6
12	30,0	30,2	30,5	30,9	31,1
13	31,5	31,6	31,8	32,0	32,2
14	32,4	32,7	32,9	33,2	33,4
15	33,7	33,8	34,2	34,3	34,5
16	34,6	34,8	34,9	35,1	35,2
17	35,4	35,6	35,7	35,9	36,0
18	36,2	36,4	36,5	36,7	36,8
19	37,0	37,1	37,2	37,3	37,3
20	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4

уборку урожая комбайном. Рассчитав по средним многолетним значениям дефицита влажности среднее многолетнее число часов за эту пентаду или декаду, даем оценку условий в сравнении со средними многолетними. Например, в текущем году во вторую декаду августа в данном районе можно будет уборку производить по 12 часов в сутки при норме в 10 часов, следовательно, условия ожидаются в эту декаду лучше средних многолетних на 20%.

Изложенный метод удобнее применять для оценки прошедших условий уборки по фактическим данным дефицита влажности воздуха. На основании количественной оценки агрометеорологических условий, проведенной по этому методу, органы сельского хозяйства, регулярно получая сведения от агрометеорологов, могут сравнить ход фактической уборки урожая с возможным ее ходом в соответствии с условиями, которые создались в различных районах. По этим данным определяются районы, где агрометеорологические условия используются не полностью и уборка идет хуже, чем позволяет погода, и районы, где уборка идет хорошо, в соответствии с агрометеорологическими условиями.

При прогнозе условий уборки по этому методу необходимо рассчитать ожидаемые декадные значения дефицита влажности воздуха. Расчет этот производится по температуре воздуха способом, изложенным в главе VII в разделе «Оценка сложившихся и ожидаемых условий влагообеспеченности яровых культур по суммарному испарению и дефициту влажности воздуха». Рассчитав среднедекадные значения дефицита влажности воздуха в период уборки и принимая его условно за среднесуточное в течение данной декады, рассчитывают по нему количество рабочих часов (табл. 76) или количество гектаров за сутки (табл. 77). Умножив полученные величины на 10, получают число рабочих часов за декаду и количество гектаров, которое будет возможно убрать за декаду при ожидаемых агрометеорологических условиях. При необходимости эти данные можно обобщить за месяц или за весь период уборки и дать характеристику условий уборки сразу большого периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абельс Г. Ф. Суточный ход температуры снега и определение зависимости между теплопроводностью снега и его плотностью. Метеорологический сборник, т. IV, № 1. Приложение к т. 72 Записок Рос. акад. наук. 1894.
2. Алпатьев А. М. Испаряемость, как приближенный показатель потребности сельскохозяйственных культур в воде. Метеорология и гидрология, № 5. 1952.
3. Алпатьев А. М. Влагооборот культурных растений. Гидрометеоздат. Л. 1954.
4. Бабушкин Л. Н. Оценка влияния погоды на скорость развития хлопчатника и методика составления агрометеорологических информаций и прогнозов наступления основных фаз развития его в условиях Узбекистана. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоздат. Л. 1957.
5. Баев В. Н. и Монин А. С. Пример расчета температуры под снежным покровом. Труды ЦИПа, вып. 21 (48). 1950.
6. Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. Гидрометеоздат. Л. 1956.
7. Васильев И. М. Зимостойкость растений. М. 1953.
8. Васильев И. М. Зимовка растений. Изд. АН СССР. М. 1956.
9. Венцкевич Г. З. Сельскохозяйственная метеорология. Гидрометеоздат. Л. 1952.
10. Вериго С. А. Запасы влаги в почве на территории СССР и их сельскохозяйственное значение. Центральный институт прогнозов. 1950.
11. Вериго С. А., Разумова Л. А., Мастинская С. Б. Руководство по контролю и обработке наблюдений над влажностью и промерзанием почвы. Гидрометеоздат. Л. 1955.
12. Вериго С. А. Методика составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве и оценка влагообеспеченности зерновых культур. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоздат. Л. 1957.
13. Веселовзорова Р. Д. Расчет по температуре воздуха продолжительности периода от посева до всходов кукурузы. Метеорология и гидрология, № 12. 1952.
14. Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие и основы почвоведения. Сельхозгиз. М. 1949.
15. Воейков А. И. Климат и сельское хозяйство. М. 1892.
16. Воейков А. И. Избранные сочинения. Гидрометеоздат. Л. 1957.
17. Генкель П. А. Устойчивость растений к засухе и пути ее повышения. Труды Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР, 5, № 1. 1946.
18. Гольцберг И. А. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. Труды ГГО, вып. 17 (79). 1949.
19. Давитая Ф. Ф. Направление и методы работы Советской агрометеорологии. Агробиология, № 3. 1948.

20. Давитая Ф. Ф. (ред.). Агроклиматические и водные ресурсы районов освоения целинных и залежных земель. Гидрометеиздат. Л. 1955.
21. Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. Изд. АН СССР. М.—Л. 1949.
22. Дюбюк А. Ф., Монин А. С. К прогнозу температуры почвы под снежным покровом. Труды ЦИПа, вып. 21 (48). 1950.
23. Задонцев А. И. Влияние снегозадержания на перезимовку и урожай озимой пшеницы в условиях Украины. Труды Укр. института зерн. хоз-ва, вып. 4. 1936.
24. Зубарев Н. А. Новые задачи в агрометеорологии. Метеорология и гидрология, № 10. 1953.
25. Зубарев Н. А. Скорость прорастания семян и сроки появления всходов зерновых культур при различных агрометеорологических условиях. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеиздат. Л. 1957.
26. Иванов П. К. Яровая пшеница. Сельхозгиз. М. 1948.
27. Кабанов П. Г. Зимостойкость озимой пшеницы в связи с погодными условиями осени. Социалистическое зерновое хоз-во, № 1. 1938.
28. Калинин Г. П., Макарова Т. Т. Об определении потерь талого стока в речных бассейнах. Труды ЦИПа, вып. 44 (71). 1956.
29. Кашин К. И., Гриценко М. В. Связь температуры и дефицита влажности воздуха в 13 час. Метеорология и гидрология, № 5. 1958.
30. Колосков П. И. Агроклиматическое районирование Казахстана. Изд-во Акад. наук СССР. М.—Л. 1947.
31. Комаров В. Д. О процессах формирования половодья на малой реке и предвычисления его гидрографа. Труды ЦИПа, вып. 6 (33). 1947.
32. Комаров В. Д. Вопросы теории и расчета (прогноза) снегового половодья небольших равнинных рек. Труды ЦИПа, вып. 50. 1957.
33. Конторщиков А. С. Агрометеорологическая оценка условий формирования урожая сельскохозяйственных культур на примере яровой пшеницы. Труды ЦИПа, вып. 53 (80). 1957.
34. Конторщиков А. С. Расчет суммарного испарения влаги с полей яровой пшеницы. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеиздат. Л. 1957.
35. Конторщикова О. М. Оценка водообеспеченности посевов сахарной свеклы. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеиздат. Л. 1957.
36. Крейер Е. П. Краткий обзор работ по влиянию низких температур на гибель растений. Труды ГГО, вып. 12. 1948.
37. Кулик М. С. Районирование территории УССР по степени засушливости. АН УССР. Киев. 1950.
38. Кулик М. С. Об агрометеорологическом обслуживании сельского хозяйства. Метеорология и гидрология, № 1. 1951.
39. Кулик М. С. Критерии суховея. Сборник «Суховей, их происхождение и борьба с ними». Изд. АН СССР. М. 1957.
40. Кулик М. С. Оценка засушливых явлений. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеиздат. Л. 1957.
41. Куперман Ф. М. Зимостойкость пшеницы в свете теории развития растений. Яровизация, № 2, 1935.
42. Куперман Ф. М., Борисоглебский Г. И. Указания по проведению испытания методики определения жизнеспособности озимых по анализу конуса нарастания. Гидрометеиздат. Л. 1956.
43. Куперман Ф. М. Биологические основы культуры пшеницы. Изд. МГУ, ч. I, 1950; ч. II, 1953; ч. III, 1956.
44. Куперман Ф. М. Биологический контроль за развитием и ростом сельскохозяйственных культур. Наука и передовой опыт в сельском хозяйстве, № 2. 1957.
45. Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Изд-во Акад. наук СССР, М.—Л. 1936.

46. Ливанов К. В. Культура озимых хлебов в Заволжье. Сельхозгиз. М. 1948.
47. Личикаки В. М. Метод прогноза состояния озимой пшеницы в период зимнего покоя. Труды Укр. НИГМИ, вып. 3. 1955.
48. Лорх А. Г. Динамика накопления урожая картофеля. Сельхозгиз. М. 1948.
49. Лысенко Т. Д. Влияние термического фактора на продолжительность фаз развития растений. Сельхозгиз. М. 1949.
50. Лысенко Т. Д. Агробиология. Сельхозгиз. М. 1952.
51. Люндегорд Г. Влияние климата и почвы на жизнь растений. Сельхозгиз. М. 1937.
52. Малюгин Е. А., Бессонова Е. В. Сроки посева и созревания кукурузы в СССР. Географический сборник IX. Вопросы фенологии. Изд. АН СССР. М. 1957.
53. Мاستинская С. Б. Особенности расходования почвенной влаги многолетними травами. Информационный сборник, № 11. 1950.
54. Мастинская С. Б. Составление прогноза запасов продуктивной влаги в почве под картофелем и многолетними травами. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоиздат. Л. 1957.
55. Моисейчик В. А. Оценка условий перезимовки озимых культур на Юго-Востоке Европейской территории СССР. Труды ЦИПа, вып. 41 (68). 1955.
56. Моисейчик В. А. Оценка агрометеорологических условий перезимовки озимых посевов. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоиздат. Л. 1957.
57. Нечипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Изд. АН СССР. М. 1956.
58. Носатовский А. И. Пшеница. Сельхозгиз. М. 1950.
59. Обухов В. М. Урожайность и метеорологические факторы. Госпланиздат. 1949.
60. Окушко А. А. Агрометеорологическая характеристика условий перезимовки озимых культур на территории орошения Куйбышевского гидроузла. Труды ЦИПа, 29 (56). 1953.
61. Окушко А. А. Ледяная корка и перезимовка озимых культур на Европейской территории СССР. Труды ЦИПа, вып. 53. 1957.
62. Петунин И. М. К вопросу о вымерзании озимых посевов. Труды ЦИПа, вып. 18 (45). 1949.
63. Петунин И. М. Использование материалов снегосъемок в оперативной агрометеорологии. Труды ЦИПа, вып. 41 (68). 1955.
64. Петунин И. М. Методика составления прогноза условий перезимовки озимой пшеницы и ржи. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоиздат. Л. 1957.
65. Побетова Т. А. Методика прогноза агрометеорологических условий развития и сроков созревания томатов. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоиздат. Л. 1957.
66. Поляков Б. В. Изменение влажности почв и прогноз их просыхания. Труды ЦИПа, вып. 4 (31). 1947.
67. Поповская О. М. Методика оценки агрометеорологических условий произрастания картофеля в центральных областях Европейской территории СССР. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоиздат. Л. 1957.
68. Процеров А. В. Зависимость весеннего стока и аккумуляции осадков от осенней влагонасыщенности почвы. Советская агрономия, № 2. 1948.
69. Процеров А. В. Полевая влагоемкость почв Европейской части Союза ССР. Труды по с.-х. метеорологии, вып. XXVI. 1948.

70. Процеров А. В. Общая характеристика засух и основные особенности засухи 1946 г. Труды ЦИПа, вып. 13 (40). 1949.
71. Процеров А. В. Оценка влагообеспеченности яровой пшеницы, овса и ячменя в период вегетации. Оценка агрометеорологических условий периода уборки зерновых культур комбайном. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоиздат. Л. 1957.
72. Процеров А. В., Ярошевский В. А. Краткое руководство к составлению декадных агрометеорологических бюллетеней. Гидрометеоиздат. Л. 1954.
73. Разумов В. И. Среда и особенности развития растений. Сельхозгиз. М. 1954.
74. Разумова Л. А. Основные итоги агрогидрологических исследований Гидрометеослужбы. Труды ЦИПа, вып. 18 (45). 1949.
75. Разумова Л. А. Изменение запасов почвенной влаги в зимний период. Метеорология и гидрология, № 1. 1950.
76. Разумова Л. А. Сезонная мерзлота и влажность почвы на Европейской территории Союза. Центральный институт прогнозов. 1953.
77. Разумова Л. А. Методика составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве к началу вегетационного периода. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеоиздат, Л. 1957.
78. Рихтер Г. Д. Снежный покров, его формирование и свойства. Изд. АН СССР. М. 1945.
79. Рихтер Г. Д. Использование снега и снежного покрова в целях борьбы за высокий и устойчивый урожай. Сборник «Роль снежного покрова в земледелии». Изд. АН СССР. М. 1953.
80. Роде А. А. Почвенная влага. Изд. АН СССР. М. 1952.
81. Руденко А. И. Определение фаз развития сельскохозяйственных растений. Изд. Моск. об-ва испытателей природы. М. 1950.
82. Руденко А. И. (ред.). Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. Гидрометеоиздат. Л. 1958.
83. Руденко А. И. Меры борьбы с климатическим типом вырождения картофеля. Изд. Министерства сельского хозяйства. М. 1958.
84. Рэссель Э. Л. Почвенные условия и рост растений. Изд. иностранной литературы. М. 1955.
85. Сапожникова С. А. Микроклимат и местный климат. Гидрометеоиздат. Л. 1950.
86. Сапожникова С. А., Мель М. И., Смирнова В. А. Агроклиматическая характеристика территории СССР применительно к культуре кукурузы. Труды НИАК, вып. 2. 1957.
87. Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по с.-х. метеорологии, т. XX. 1928.
88. Селянинов Г. Т. Состояние вопроса по изучению климатических условий перезимовки озимых в СССР. Опытная агрономия, № 4. 1941.
89. Селянинов Г. Т. Агрономическое понимание засухи и суховея и их распространение на Европейской территории СССР. Сборник «Суховеи, их происхождение и борьба с ними». Изд. АН СССР. М. 1957.
90. Степанов В. Н. Устойчивость сельскохозяйственных культур к заморозкам на разных фазах развития. Доклады Сельскохозяйственной академии им. Тимирязева, вып. 3. 1946.
91. Степанов В. Н. Биологическая классификация сельскохозяйственных растений полевой культуры. Известия ТСХА, вып. 2. 1957.
92. Тольский А. П. К вопросу о температуре снежного покрова. Геофизика и метеорология, т. II, вып. 3—4, 1925.
93. Туманов И. И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. Сельхозгиз. М. 1940.
94. Уланова Е. С. Агроклиматические условия осеннего периода развития и роста озимых культур в Западной Сибири. Труды ЦИПа, вып. 47 (74). 1956.

95. Уланова Е. С. Определение наступления фенологических фаз у озимых культур в осенний период. Погода, № 4. 1956. Венгрия.
96. Уланова Е. С. Методика оценки сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий развития и роста озимых в осенний период. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеониздат, Л. 1957.
97. Уланова Е. С. Зависимость наступления фаз развития озимых культур в осенний период от агрометеорологических условий. Вероятность наступления фаз развития озимых в зависимости от различных сроков сева на Украине. Материалы конференции по агрометеорологии и агроклиматологии Украинской ССР. Гидрометеониздат, Л. 1958.
98. Федоров А. В. (ред.). Сельскохозяйственная гидрометеорология. Гидрометеониздат, М. 1938.
99. Цубербиллер Е. А., Белухина Г. В. К методике агрометеорологической оценки суховея в условиях орошаемого земледелия. Труды ЦИПа, вып. 47 (74). 1956.
100. Цубербиллер Е. А. Агрометеорологические критерии суховея. Сборник «Суховеи, их происхождение и борьба с ними». Изд. АН СССР. М. 1957.
101. Чирков Ю. И. Определение прогревания почв по температуре воздуха в период посева и прорастания кукурузы. Метеорология и гидрология, № 6. 1956.
102. Чирков Ю. И. Значение учета листообразования кукурузы в агрометеобслуживании. Метеорология и гидрология, № 7. 1957.
103. Шестаков В. Е. Морозоустойчивость озимых культур на световой стадии развития. Доклады АН СССР. 3, № 8. 1936.
104. Шиголов А. А. Руководство для составления фенологических прогнозов. Методические указания, вып. 15, ЦИП. 1951.
105. Шиголов А. А. К изучению связи формирования зерна с метеорологическими факторами. Метеорология и гидрология, № 6. 1954.
106. Шиголов А. А. Предварительные результаты разработки методики количественной оценки агрометеорологических условий произрастания яровой пшеницы. Труды ЦИПа, вып. 53 (80). 1957.
107. Шиголов А. А. Методика составления фенологических прогнозов. Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Гидрометеониздат, Л. 1957.
108. Шульгин А. М. Температурный режим поверхностных слоев почвы в зимний период на разных агрофонах в лесостепи Алтайского края. Труды ЦИПа, вып. 18 (45). 1949.
109. Шульгин А. М. Почвенный климат и снегозадержание. Изд. АН СССР. М. 1954.
110. Шульгин А. М. Температурный режим почвы. Гидрометеониздат, Л. 1957.
111. Яковлев В. И. Влияние поздних заморозков на озимую рожь в период колошения и цветения. Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции, серия 3, № 6. 1935.
112. Яковлев Н. Н. О термическом режиме почвы под сельскохозяйственными культурами. Метеорология и гидрология, № 2. 1947.
113. Army T. I., Osile B. The association between free-water evaporation and evapo-transpiration of spring wheat under the prevailing climatic conditions of the Plains area of Montana. Soil. Sci. Soc. America Proc., No 5. 1957.
114. Bijl W. The constant temperature — sum as a basis for forecasting flowering date. Geofis. pura e appl., No 2. 1956.
115. Bossolasco M., Dagnino I. Densite de la neige et temperature de Lair. Meteorologie, n° 45—46. 1957.
116. Fuß F. Über die Entwicklung von Weizen in Abhängigkeit von der Bodentemperatur. Angew. Meteorol. Nr 8. 1956.
117. Hertlein G. Phänologisch-meteorologische Untersuchungen zur Blühvorhersage bei den Obstgehölzen. March. 1954.

118. Mallik A. Pre-sowing rainfall and the germination of the wheat crop. Indian I. Meteorol. and Geophys., No 4. 1955.
119. Niemann A. Die Bedeutung einer Schneedecke für die bedeckten Pflanzen, für den Boden und für die schneenahe Luftstricht. Dtsch. Gartenbauwirtsch. Nr 9. 1957.
120. Rentschler W., Voigt V. Kornabtrocknung auf dem Halm und Witterung. Netherl. I. Agric. Sci. Nr 1. 1955.
121. Sanson-Carette I. Les influences meteorologiques et la floraison des plantes. Bull. trimestr. Federat. Soc. Sci. natur, n° 5. 1956.
122. Stacy S. V., Steanson O., Jones L. S., Foreman W. I. Joint effects of maximum temperatures and rainfall on corn fields, experiment, Georgia. Argon I. No 1. 1957.

Предисловие	4
<i>Глава I.</i> Развитие агрометеорологических прогнозов в СССР и требования, предъявляемые к ним со стороны социалистического сельскохозяйственного производства	7
<i>Глава II.</i> Прогнозы агрометеорологических условий роста и развития озимых зерновых культур в осенний период и состояния их ко времени прекращения осенней вегетации	15
<i>Глава III.</i> Прогнозы условий перезимовки озимых культур и их состояния к моменту возобновления вегетации весной	48
<i>Глава IV.</i> Прогнозы запасов продуктивной влаги в почве к началу весны	92
<i>Глава V.</i> Прогнозы сроков сева сельскохозяйственных культур в весенний период	112
1. Прогнозы начала полевых работ и сроков сева ранних яровых культур	112
2. Прогнозы сроков сева поздних яровых теплолюбивых культур	121
<i>Глава VI.</i> Прогнозы наступления фаз развития сельскохозяйственных культур	138
1. Прогнозы наступления фаз развития озимых культур (ржи и пшеницы)	145
2. Прогнозы наступления фаз развития ранних яровых культур (яровой пшеницы, овса, ячменя)	148
3. Прогнозы наступления фаз развития поздних яровых культур (проса, кукурузы, гречихи)	156
4. Определение ожидаемых фаз развития у льна и сеяных трав	167
5. Определение ожидаемых сроков различной спелости тома-тов	169
6. Определение ожидаемых сроков цветения плодовых культур	171
7. Прогнозы наступления основных фаз развития хлопчат-ника	174
<i>Глава VII.</i> Прогнозы влагообеспеченности сельскохозяйственных культур и условий формирования урожая в весенне-летний период	181
1. Прогнозы запасов влаги и влагообеспеченности зерновых культур	182
2. Оценка сложившихся и ожидаемых условий влагообеспе-ченности яровых культур по суммарному испарению влаги и дефициту влажности воздуха	205
3. Прогнозы условий формирования урожая яровой пшеницы методом учета транспирации	217
4. Оценка засушливых явлений	227
5. Оценка условий и прогноз урожая яровой пшеницы по элементам продуктивности	236
6. Оценка влагообеспеченности урожая сахарной свеклы	240
7. Оценка сложившихся и ожидаемых условий формирования урожая картофеля	245
8. Прогнозы запасов продуктивной влаги под картофелем	257
9. Прогнозы запасов продуктивной влаги под сеянными травами (люцерной и красным клевером)	260
<i>Глава VIII.</i> Прогнозы агрометеорологических условий уборки сельскохозяйственных культур	266
Литература	274