МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*П.З. Козаев, С.С. Басиев*

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*Учебно-методическое пособие*

Владикавказ, 2019

УДК 631.153

**Авторы:**

***Козаев П.З., С.С. Басиев***

***Рецензенты:***

**Абаев А.А.**, профессор, доктор с.-х. наук, директор СК НИИ ГПСХ ВНЦ РАН;.

**Гаджиев Р.К.,** кандидат с.-х. наук, доцент кафедры землеустройства и экологии ФГБОУ ВО Горский ГАУ.

**Козаев П.З., С.С. Басиев.** Методические рекомендации к практическим занятиям по программированию урожаев сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / П.З. Козаев, С.С. Басиев /– Владикавказ: Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2019, – 104 с.

*Рассматриваются методы измерения солнечной радиации и составляющих радиационного баланса, коэффициента использования солнечной энергии, расчета потенциальной урожайности, фактического КПД ФАР, определение возможного урожая по влагообеспеченности, расчета норм удобрений под программируемый урожай и агротехнические основы программирования урожаев, имеются разделы, включающие задания для практических занятий, методику их выполнения и контрольные вопросы для проверки знаний, некоторые справочные материалы и список рекомендуемой литературы. Обозначенные в пособии методические установки позволяют систематизировать знания по программированию урожаев сельскохозяйственных культур. Каждая тема снабжена конкретными заданиями для самостоятельной работы, даны методические указания и рекомендованы наиболее эффективные, рациональные варианты, образцы действий применительно к программированию урожаев сельскохозяйственных культур. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 – «Агрономия», его можно рекомендовать и специалистам, самостоятельно изучающим методы управления урожаем сельскохозяйственных культур в определенных почвенно-климатических условиях. Данное издание подготовлено по дисциплине «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 35.03.04 - «Агрономия» (уровень бакалавриата).*

Рекомендовано Центральным учебно-методическим советом ФГБОУ ВО Горский ГАУ в качестве учебно-методического пособия (протокол № 5 от 15 апреля 2019 г.).

*© Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2019*

## *Введение*

Программирование урожаев – основа интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Важнейшими составными частями интенсивных технологий являются следующие: правильный выбор предшественника и системы обработки почвы; рациональное применение удобрений; интегрированная защита растений от сорняков, болезней и вредителей; своевременный, качественный посев и уход за посевами; формирование оптимальной густоты стояния растений; своевременная уборка [1, 3, 14, 18]. Очень важным организующим моментом при программировании урожайности является составление технологической карты возделывания культуры, где должны быть отражены сроки выполнения и качественные показатели работы, все основные элементы интенсивной технологии возделывания данной культуры, а также постоянный контроль за их выполнением [1].

При программировании урожайности сельскохозяйственных культур необходимо использовать сорта с высокой потенциальной продуктивностью, различные по скороспелости, соответствующие почвенно-климатическим условиям зоны, устойчивые к комплексу неблагоприятных условий.

При программировании урожайности сельскохозяйственных культур важная роль принадлежит агротехнике возделывания культур.

Большое значение в получении высоких урожаев имеет система обработки почвы. Правильное использование приемов обработки почвы с учетом природных особенностей и возделываемой культуры – важное условие регулирования водно-воздушного и питательного режимов почвы, создания оптимальной плотности почвы, обеспеченности растений влагой, питательными веществами и размещение культур по лучшим для них предшественникам [7, 13, 16].

Срок посева – один из важнейших элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур, который должен быть обусловлен биологическими особенностями культуры, почвенно-климатическими и погодными условиями года. Посев должен быть проведен в лучшие агротехнические сроки.

Прогрессивные способы посева сельскохозяйственных культур способствуют лучшему использованию солнечной энергии, своевременному проведению ухода за посевами и получению более высоких урожаев. Большое значение имеет направление рядков при посеве – их следует располагать с севера на юг. В этом случае растения лучше используют наиболее ценные утренние и вечерние лучи солнца, а в полуденные часы меньше страдают от перегрева, в результате процессы фотосинтеза и накопления органических веществ идут более интенсивно [2, 4, 10].

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно лишь при полной обеспеченности растений элементами минерального питания, при создании положительного баланса питательных веществ, ведущего к повышению плодородия почвы. Нормы, сроки и способы внесения удобрений нужно определять с учетом биологических особенностей культуры, планируемой урожайности и плодородия почвы. Использование питательных веществ растениями в значительной степени зависит от правильного применения удобрений, известкования кислых почв и обеспеченности их микроэлементами.

От нормы высева семян зависит густота стояния растений на единице площади, от которой в значительной степени зависит формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Она должна строго сочетаться с биологическими особенностями культуры (сорта) и плодородием почвы. Как заниженные, так и завышенные нормы высева оказывают существенное влияние на площадь листьев и использование фотосинтетически активной радиации [7, 12].

Для получения дружных всходов сельскохозяйственных растений большое значение имеет глубина заделки семян, которая зависит от срока посева, влажности и возделываемой культуры. Семена должны быть заделаны на оптимальную глубину для каждой культуры и во влажный слой почвы.

Успешная работа по получению программируемой урожайности может быть выполнена при своевременном и тщательном уходе за посевами. В системе ухода предусматривают такие приемы, как прикатывание, боронование, междурядные обработки, подкормки, орошение, агротехнические, химические и биологические меры борьбы с вредителями, болезнями и сорняками. Для этих целей наиболее полно должны быть использованы карты засоренности полей



севооборота, прогнозы службы защиты растений. В период вегетации должны быть использованы агротехнические приемы, способствующие повышению качества сельскохозяйственной продукции: некорневые подкормки, применение ретардантов в борьбе с полеганием зерновых культур, десикация у подсолнечника и др.

Уборка урожая – завершающий этап в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Выбор наиболее оптимальных сроков и способов уборки – важное условие предотвращения потерь урожая и сохранения качества продукции [2, 3, 15, 17].

Исследования, проведенные во многих научно-исследовательских учреждениях, показали, что программирование урожаев – важнейшее условие дальнейшего совершенствования технологии возделывания сельскохозяйственных культур в получении высоких и устойчивых урожаев.

Программирование урожайности сельскохозяйственных культур рассматривается как метод комплексного подхода в реализации достижений биологических, сельскохозяйственных и других наук и предназначено для эффективного использования имеющихся ресурсов в получении высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур [1, 2, 3, 6, 12, 15].

Методические рекомендации для проведения практических работ по дисциплине «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур» для бакалавров, обучающихся по направленности подготовки 35.03.04 – «Агрономия», и направлены на формирование этапов следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП ВО): ОПК-1; ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5.

**Цель учебной дисциплины** «Прогнозирование и программирование урожайности сельскохозяйственных культур» состоит в формировании у студентов крепких знаний и умений по управлению продукционным процессом создания заданной урожайности на основе абстрактного моделирования физической сути или функциональных зависимостей роста и развития растений.

«Прогнозирование и программирование урожайности сельскохозяйственных культур» является интегральной дисциплиной, которая сжато, структурированно, в математической форме обобщает научную информацию, полученную по таким дисциплинам, как почвоведение, растениеводство, агрометеорология, агрохимия, кормопроиз-

водство, информатика и вычислительная техника и других, и использует ее для управления продукционным процессом формирования урожая на сельскохозяйственном поле.

**Задачами изучения дисциплины** «Программирование урожайности сельскохозяйственных культур» является изучение:

– сути, принципов и этапов программирования и прогнозирования урожая как науки по управлению процессом создания заданной урожайности;
– показателей, которые характеризуют состояние, структуру и свойства средств и приемов производства растениеводческой продукции и являются необходимыми для создания информационно-логических моделей – базисной основы управления процессом формирования урожая;
– закономерностей и взаимозависимости процессов, которые проходят в системе «почва – растение – климат – хозяйственные ресурсы» и могут быть учтены при разработке количественных моделей – инструментов управления формированием заданной урожайности;
– существующих моделей и программ в области науки и производства растительной продукции.

*В результате изучения дисциплины студент должен*

**Знать:** суть, принципы и этапы программирования урожаев, как науки об управлении процессами создания заданной урожайности; показатели, характеризующие состояние, структуру и особенности способов и приёмов производства растениеводческой продукции, необходимые для управления процессами формирования урожая; закономерности и взаимозависимости процессов, которые происходят в системе «почва – растение – климат – хозяйственные ресурсы» и могут быть учтены при разработке количественных моделей – инструментов управления формированием заданной урожайности.

**Уметь:**

– Создавать структурированную базу данных, которая детально характеризует элементы и потоки системы «почва – растение – климат – хозяйственные ресурсы»;
– определять для конкретных условий градиенты лимитирующих факторов, необходимые для климатически и ресурснообеспеченных урожайностей, средства и приемы для получения запрограммированной урожайности;
– разрабатывать информационно-логические модели отдельного объекта, фактора, процесса системы «почва – растение – климат – хозяйственные ресурсы» – как инструмента управления им;
– пользоваться конкретной программой определения уровня запрограммированной урожайности, средств и мер по ее получению.

**Овладеть навыками** выбора оптимальных технологических решений при создании технологий производства продукции растениеводства; технохимического контроля; выполнением разработанной программы; внедрения передовых технологий программирования урожаев; выбором оптимальных технологических приемов выращивания полевых культур при определении наиболее рациональных путей использования почвенно-климатических и экономических возможностей хозяйства.

## Работа 1. Энергия Солнца

Источником метеорологических, гидрологических, химических, биологических и других процессов, протекающих на земном шаре, является солнечная энергия. Вся другая поступающая энергия (излучение звезд и планет, космические лучи, внутренняя теплота Земли и др.) ничтожно мала по сравнению с энергией Солнца. Солнце – основной источник жизни на нашей планете и создатель энергетических запасов, которые все в большей степени используются человеком (нефть, каменный уголь, гидроресурсы, энергия ветра и др.). Солнце освещало и грело Землю на протяжении всей ее истории [1, 3, 14, 18].

Солнечные лучи, распространяясь в мировом пространстве со скоростью 300 000 км/сек, проходят путь от Солнца до Земли, равный около 150 000 000 км, за 8,3 минуты. Несмотря на огромное расстояние, отделяющее нас от Солнца, и положение Земли в космическом пространстве, поверхность земли и нижние слои атмосферы нагреваются солнечными лучами достаточно сильно, чтобы поддержать жизнь на нашей планете.

Общее количество энергии, получаемой Землей от Солнца, можно сравнить с количеством энергии, создаваемой непрерывной работой 543 млрд. паровых машин в 400 л. с. каждая. А ведь это колоссальное количество энергии, которую получает земной шар, является лишь ничтожной долей лучистой энергии, испускаемой Солнцем! Вычисления показывают, что она составляет примерно одну двухмиллиардную долю всей энергии Солнца. Основная же часть солнечной энергии рассеивается в мировом пространстве. Чтобы представить ее размеры, скажем, что она достаточна, что бы вся вода, содержащаяся в морях и океанах Земли, закипела за 1,5 секунд [2, 4, 16, 17].

Откуда же на Солнце столько энергии? Этот вопрос всегда привлекал внимание ученых. Если бы Солнце состояло из горючего вещества, то согласно расчетам его энергии хватило бы ненадолго. В частности, если бы Солнце состояло из каменного угля, то оно сгорело бы за 2000-3000 лет. Из различных данных следует, что в настоящее время Солнце испускает примерно такое же количество



энергии, какое оно испускало миллиарды лет назад. Еще не так давно существовало мнение, что образование столь чудовищного количества энергии обязано сжатию, испытываемому Солнцем. Но тогда солнечной энергии хватило бы лишь на несколько десятков миллионов лет. Причину неиссякаемости солнечной энергии объяснила современная физика [2, 4, 16, 17].

Известно, что тела Вселенной состоят из атомов. Атомные ядра содержат в себе огромные запасы энергии, выделяющейся при расщеплении ядра. Как известно, расщепление атомного ядра и получение атомной энергии производятся с помощью специальных установок. Иначе это происходит на Солнце. При температуре в недрах Солнца, достигающей по вычислениям 16 млн. градусов, и колоссальном давлении атомы водорода, составляющие 90% массы Солнца, расщепляются. Происходит непрерывный процесс превращения атомов одних элементов в атомы других. В результате ядерной реакции выделяется внутриатомная энергия. Таким образом, источником солнечной энергии являются ядерные превращения. При образовании из водорода 1 г гелия выделяется 155 млрд. кал. На это тратится ничтожное количество вещества – 0,007 г. Для размеров Солнца эта потеря выражается в 4 200 000 т/сек. Однако она мало отражается на «сгорании» Солнца, так как запасы водорода на Солнце столь огромны, что их хватит еще на много миллиардов лет [4, 16].

При высокой температуре газы в недрах Солнца очень плотны. Из недр Солнца они стремятся наружу и до его поверхности добираются в течение нескольких тысяч лет. При этом температура газов постепенно повышается и изменяется их количество. На поверхности Солнца температура газов достигает 6000°.

Солнце излучает энергию в виде электромагнитных волн различной длины, однако основная часть солнечной радиации, достигающей нашей планеты, имеет длину волны 0,17-4 микрона. При этом 7% ее составляет ультрафиолетовая радиация, с длиной волн от 0,17 до 0,35 микрона, 46% – световая радиация с длиной волн в пределах 0,35-0,76 микрон и 47% – инфракрасная радиация с длиной волн от 0,76 до 4 микрон [2, 4, 16, 17].

Несмотря на небольшой процент ультрафиолетового излучения Солнца, эта радиация играет весьма важную роль в химических пре-

образованиях атмосферных газов и почти полностью задерживается в верхних слоях атмосферы. Незначительная ее часть, достигающая поверхности земли, оказывает сильное воздействие на животный и растительный мир [16].

**Интенсивность солнечной радиации**. За единицу измерения интенсивности солнечной радиации принято количество тепла в калориях, которое получает 1 см$^2$ поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, в 1 минуту (кал/см$^2$мин). Как показывают результаты обработки многочисленных наблюдений, при отсутствии атмосферы интенсивность солнечной радиации составляет в среднем около 2 кал/см$^2$мин, точнее 1,98 кал. Эту величину принято называть солнечной постоянной. Величина солнечной постоянной подвергается небольшим изменениям в зависимости от расстояния между Землей и Солнцем. Так как движение Земли вокруг Солнца происходит не по кругу, а по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце, то в течение года расстояние между Землей и Солнцем изменяется. Наименьшее расстояние между Солнцем и Землей бывает около 3 января, наибольшее – 3 июля. Интенсивность солнечной радиации, характеризуемая солнечной постоянной, испытывает некоторые, правда незначительные, колебания в зависимости от активности процессов на Солнце [2, 4, 16, 17].

Если бы каждый квадратный сантиметр земной поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, при отсутствии атмосферы получал в 1 минуту 1,98 кал, то в течение года при тех же условиях он получил бы около 1000 ккал тепла. Но так как Земля близка по форме к шару и солнечные лучи не везде падают отвесно, да при этом, вследствие вращения Земли вокруг своей оси, всегда освещена только половина земного шара, то за год на 1 см$^2$ на верхней границе атмосферы поступает в среднем лишь четвертая часть названной величины, т. е. около 260 ккал/см$^2$. Из этого количества солнечного тепла поверхностью земли и атмосферой поглощается только 166 ккал/см$^2$ год. Остальная часть отражается в мировое пространство. Достигает поверхности земли и поглощается ею до 70% общего количества радиации, используемой Землей, а 30% задерживается атмосферой [16, 17].

Однако и на различные участки Земли солнечная энергия поступает в неодинаковом количестве. Это зависит от ряда условий.



***Вопросы для самопроверки***

1. Что является источником метеорологических, гидрологических, химических, биологических и других процессов, протекающих на земле.
2. С какой скоростью солнечные лучи распространяются в мировом пространстве?
3. Какое общее количество энергии получает Земля от Солнца?
4. Откуда на Солнце столько энергии?
5. В чем причина неиссякаемости солнечной энергии?
6. Температура на поверхности Солнца?
7. В какой форме Солнце излучает энергию?
8. Интенсивность солнечной радиации?
9. Что принято называть солнечной постоянной?
10. Даты (число, месяц) наименьшего и наибольшего расстояния между Солнцем и Землей.
11. Какое количество солнечного тепла достигает и поглощается поверхностью Земли?

## Работа 2. Радиационный баланс и его составляющие

Солнечная радиация, достигшая земной поверхности, частично отражается от нее, а частично поглощается Землей. Однако Земля не только поглощает радиацию, но и сама излучает длинноволновую радиацию в окружающую атмосферу. Атмосфера, поглощая некоторую часть солнечной радиации и большую часть излучения земной поверхности, сама тоже излучает длинноволновую радиацию. Большая часть этого излучения атмосферы направлена к земной поверхности. Она называется **встречным излучением атмосферы** [16, 17, 19].

Разность между приходящими к деятельному слою Земли и уходящими от него потоками лучистой энергии называют **радиационным балансом** деятельного слоя.

**Радиационный баланс состоит** из коротковолновой и длинноволновой радиации. Он включает в себя следующие элементы, называемые составляющими радиационного баланса: **прямая радиация, рассеянная радиация, отраженная радиация (коротковолновая), излучение земной поверхности, встречное излучение атмосферы** [2, 16, 17, 19].

Рассмотрим составляющие радиационного баланса.

### Прямая солнечная радиация

Энергетическая освещенность прямой радиации зависит от высоты Солнца и прозрачности атмосферы и возрастает с увеличением высоты места над уровнем моря. Облака нижнего яруса обычно полностью или почти не пропускают прямую радиацию.

Длины волн солнечной радиации, достигающей земной поверхности, лежат в интервале 0,29-4,0 мкм. Примерно половина ее энергии приходится на **фотосинтетически активную радиацию**. В области **ФАР** ослабление радиации с уменьшением высоты Солнца происходит быстрее, чем в области инфракрасной радиации. Приход прямой солнечной радиации, как уже указывалось, зависит от высоты Солнца над горизонтом, меняющейся как в течение суток, так и в течение года. Это обусловливает суточный и годовой ход прямой радиации [16, 17].



Изменение прямой радиации в течение безоблачного дня (суточный ход) выражено одновершинной кривой с максимумом в истинный солнечный полдень. Летом над сушей максимум может наступить до полудня, так как к полудню увеличивается запыленность атмосферы.

При продвижении от полюсов к экватору приход прямой радиации в любое время года возрастает, так как при этом увеличивается полуденная высота Солнца.

Годовой ход прямой радиации наиболее резко выражен на полюсах, так как зимой солнечная радиация здесь вообще отсутствует, а летом ее приход достигает 900 Вт/м$^2$. В средних широтах максимум прямой радиации иногда наблюдается не летом, а весной, так как в летние месяцы, вследствие увеличения содержания водяного пара и пыли, уменьшается прозрачность атмосферы. Минимум приходится на период, близкий ко дню зимнего солнцестояния (декабрь). На экваторе наблюдаются два максимума, равные примерно 920 Вт/м$^2$ в дни весеннего и осеннего равноденствия, и два минимума (около 550 Вт/м$^2$) в дни летнего и зимнего солнцестояния [16, 17, 19].

### Рассеянная радиация

Максимум рассеянной радиации обычно значительно меньше, чем максимум прямой. Чем больше высота Солнца и больше загрязненность атмосферы, тем больше поток рассеянной радиации. Облака, не закрывающие Солнца, увеличивают приход рассеянной радиации по сравнению с ясным небом. Зависимость прихода рассеянной радиации от облачности сложная. Она определяется видом и количеством облаков, их вертикальной мощностью и оптическими свойствами. Рассеянная радиация облачного неба может колебаться более чем в 10 раз.

Снежный покров, отражающий до 70-90% прямой радиации, увеличивает рассеянную радиацию, которая затем рассеивается в атмосфере. С увеличением высоты места над уровнем моря рассеянная радиация при ясном небе уменьшается [10, 17].

**Суточный и годовой ход** рассеянной радиации при ясном небе, в общем соответствует ходу прямой радиации. Однако утром рассеянная радиация появляется еще до восхода Солнца, а вечером она еще поступает в период сумерек, т. е. после захода. В годовом ходе максимум рассеянной радиации наблюдается летом.

## Суммарная радиация

Сумму рассеянной и прямой радиации, падающей на горизонтальную поверхность, называют **суммарной радиацией**.

Она является основной составляющей радиационного баланса. Её спектральный состав, по сравнению с прямой и рассеянной радиацией, более устойчив и почти не зависит от высоты Солнца, когда она составляет более 15° [10, 16, 17, 19].

Соотношение между прямой и рассеянной радиацией в составе суммарной радиации зависит от высоты Солнца, облачности и загрязненности атмосферы. С увеличением высоты Солнца доля рассеянной радиации при безоблачном небе уменьшается. Чем прозрачнее атмосфера, тем меньше доля рассеянной радиации. При сплошной плотной облачности суммарная радиация полностью состоит из рассеянной радиации. Зимой, вследствие отражения радиации от снежного покрова и ее вторичного рассеяния в атмосфере доля рассеянной радиации в составе суммарной заметно увеличивается.

Приход суммарной радиации при наличии облачности меняется в больших пределах. Наибольший приход ее наблюдается при ясном небе или при небольшой облачности, не закрывающей Солнца [10].

В суточном и годовом ходе изменения суммарной радиации почти прямо пропорциональны изменению высоты Солнца. В суточном ходе максимум суммарной радиации при безоблачном небе приходится обычно на полуденное время.

В годовом ходе максимум суммарной радиации отмечается в северном полушарии обычно в июне, в южном – в декабре.

## Отраженная радиация. Альбедо

Часть суммарной радиации, приходящей к деятельному слою Земли, отражается от него. Отношение отраженной части радиации к ко всей приходящей суммарной радиации называют **отражательной способностью**, или **альбедо** (А) данной подстилающей поверхности [4, 16, 19].

Альбедо поверхности зависит от ее цвета, шероховатости, влажности и других свойств.



Таблица 1 – Альбедо различных естественных поверхностей (по В.Л. Гаевскому и М.И. Будыко)

| Поверхность | Альбедо, % | Поверхность | Альбедо, % |
|---|---|---|---|
| Свежий сухой снег | 80-95 | Поля ржи и пшеницы | 10-25 |
| Загрязненный снег | 40-50 | Картофельные поля | 15-25 |
| Морской лед | 30-40 | Хлопковые поля | 20-25 |
| Темные почвы | 5-15 | Луга | 15-25 |
| Сухие глинистые почвы | 20-35 | Сухая степь | 20-30 |

Альбедо водных поверхностей при высоте Солнца свыше 60° меньше, чем альбедо суши, поскольку солнечные лучи, проникая в воду, в значительной мере поглощаются и рассеиваются в ней. При отвесном падении лучей А = 2 – 5%, при высоте Солнца меньше 10° А = 50 – 70%. Большое альбедо льда и снега обусловливает замедленный ход весны в полярных районах и сохранение там вечных льдов [6, 16, 17].

Наблюдения за альбедо суши, моря и облачного покрова проводятся с искусственных спутников Земли. Альбедо моря позволяет рассчитывать высоту волн, альбедо облаков характеризует их мощность, а альбедо разных участков суши позволяет судить о степени покрытия полей снегом и о состоянии растительного покрова.

Альбедо всех поверхностей, а особенно водных, зависит от высоты Солнца: наименьшее альбедо бывает в полуденные часы, наибольшее – утром и вечером. Это связано с тем, что при малой высоте Солнца в составе суммарной радиации возрастает доля рассеянной, которая в большей степени, чем прямая радиация, отражается от шероховатой подстилающей поверхности [16].

## Длинноволновое излучение Земли и атмосферы

Земное излучение несколько меньше излучения абсолютно черного тела при той же температуре.

Излучение земной поверхности происходит непрерывно. Чем выше температура излучающей поверхности, тем интенсивнее ее излучение. Также непрерывно происходит излучение атмосферы, которая, поглощая часть солнечной радиации и излучения земной поверхности, сама излучает длинноволновую радиацию [4, 19].

В умеренных широтах, при безоблачном небе, излучение атмосферы составляет 280-350 Вт/м², а в случае облачного неба оно на 20-30% больше. Около 62-64% этого излучения направлено к земной поверхности. Приход его на земную поверхность составляет встречное излучение атмосферы. Разность этих двух потоков характеризует потерю лучистой энергии деятельным слоем. Эту разность называют **эффективным излучением Еэф** [4, 19].

Эффективное излучение деятельного слоя зависит от его температуры, от температуры и влажности воздуха, а также от облачности. С повышением температуры земной поверхности Еэф увеличивается, а с повышением температуры и влажности воздуха уменьшается. Особенно влияют на эффективное излучение облака, так как капли облаков излучают почти так же, как и деятельный слой Земли. В среднем Еэф ночью и днём при ясном небе в разных пунктах земной поверхности изменяется в пределах 70-140 Вт/м² [2, 16].

**Суточный ход** эффективного излучения характеризуется максимумом в 12–14 ч и минимумом перед восходом Солнца. **Годовой ход** эффективного излучения в районах с континентальным климатом характеризуется максимумом в летние месяцы и минимумом в зимние. В районах с морским климатом годовой ход эффективного излучения выражен слабее, чем в районах, расположенных в глубине континента

Излучение земной поверхности поглощается водяным паром и углекислым газом, содержащимися в воздухе. Но коротковолновую радиацию Солнца атмосфера в значительной степени пропускает. Это свойство атмосферы называется **«оранжерейным эффектом»**, поскольку атмосфера при этом действует подобно стеклам в теплицах: стекло хорошо пропускает солнечные лучи, нагревающие почву и растения в теплице, но плохо пропускает во внешнее пространство тепловое излучение нагревшейся почвы. Расчеты показывают, что при отсутствии атмосферы средняя температура деятельного слоя Земли была бы на 38°С ниже фактически наблюдающейся и Земля была бы покрыта вечным льдом [1, 13, 16].

Если приход радиации больше расхода, то радиационный баланс положителен и деятельный слой Земли нагревается. При отрицательном радиационном балансе этот слой охлаждается. Радиационный баланс днем обычно положителен, а ночью отрицателен. Примерно за 1-2 ч до захода Солнца он становится отрицательным, а утром, в



среднем за 1 ч после восхода Солнца снова делается положительным. Ход радиационного баланса днем при ясном небе близок к ходу прямой радиации.

Изучение радиационного баланса сельскохозяйственных угодий позволяет рассчитывать количество радиации, поглощенной посевами и почвой, в зависимости от высоты Солнца, структуры посева, фазы развития растений. Для оценки разных приемов регулирования температуры и влажности почвы, испарения и других величин определяют радиационный баланс сельскохозяйственных полей при различных типах растительного покрова [16, 19].

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что является встречным излучением атмосферы?
2. Из чего состоит радиационный баланс?
3. Составляющие радиационного баланса.
4. Что является прямой солнечной радиацией?
5. Что такое фотосинтетически активная радиация?
6. Суточный ход прямой радиации.
7. Годовой ход прямой радиации.
8. Что такое рассеянная радиация?
9. Суточный и годовой ход рассеянной радиации.
10. Что называют суммарной радиацией?
11. Отраженная радиация.
12. Альбедо естественных поверхностей.
13. Длинноволновое излучение Земли и атмосферы.
14. Что называют эффективным излучением?
15. Суточный годовой ход эффективного излучения.
16. Что позволяет изучение радиационного баланса сельскохозяйственных угодий?

## Работа 3. Методы измерения солнечной радиации и составляющих радиационного баланса

Для измерения потоков солнечной радиации применяются **абсолютные** и **относительные** методы и соответственно разработаны абсолютные и относительные актинометрические приборы. Абсолютные приборы обычно применяют только для тарировки и поверки относительных приборов [5, 8].

### Приборы для измерения солнечной радиации

Ряды данных наблюдений за различными видами солнечной радиации имеют свои особенности, связанные со спецификой наблюдений. Прежде всего, наблюдения проводятся в сроки, отличные от сроков, установленных для наблюдения за другими метеорологическими величинами [1].

Измерения составляющих радиационного баланса производятся 6 раз в сутки: в 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин, 18 ч 30 мин. Наблюдения в срок не позволяют получить достаточно надежные данные. Стоит в момент наблюдения небольшому облачку прикрыть солнце, как измеряемое значение прямой солнечной радиации резко изменится. По этой причине, а также исходя из практической необходимости получать суммарный приход солнечного тепла за некоторый отрезок времени (час, сутки, месяц), при климатологической обработке наряду с характеристиками интенсивности солнечной радиации (энергетической освещенности) рассчитывают характеристики сумм солнечной радиации за часовые интервалы, сутки, месяц [13].

Характеристики часовых сумм получают либо по данным самописцев (которые имеются примерно на $^1/_3$ актинометрических станций), либо с использованием графиков суточного хода. Такие графики строятся по многолетним средним значениям радиации в сроки наблюдений. С графика для середины часового интервала снимаются значения интенсивности, и по этим данным определяются часовые и суточные суммы. Месячные суммы вычисляются как произведение суточного значения на число календарных дней месяца. В климатических справочниках помещают обычно следующие климатические показатели:



- средняя интенсивность (энергетическая освещенность в кВт/м$^2$) прямой, рассеянной, суммарной радиации и радиационного баланса при ясном небе и при средних условиях облачности;
- средние суммы прямой солнечной радиации (МДж/м$^2$) на нормальную к лучу поверхность и на горизонтальную поверхность при ясном небе и средних условиях облачности;
- средние суммы суммарной солнечной радиации (МДж/м$^2$) на горизонтальную поверхность при ясном небе и средних условиях облачности;
- средние суммы рассеянной солнечной радиации (МДж/м$^2$) на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности;
- альбедо деятельной поверхности (%) при средних условиях облачности;
- средние суммы радиационного баланса деятельной поверхности (МДж/м$^2$) при средних условиях облачности.

Средние значения интенсивности солнечной радиации при ясном небе получают при следующих условиях: для рассеянной, суммарной радиации и радиационного баланса - общая облачность не более 2 баллов, солнечный диск и околосолнечная зона радиусом 5° свободны от облаков и следов облаков; для прямой радиации - независимо от облаков, но при диске солнца и околосолнечной зоне 5°, свободных от облаков и их следов [1, 8, 13, 16].

Характеристики интенсивности солнечной радиации при средних условиях облачности получают путем непосредственного подсчета по данным наблюдений при любых условиях облачности и состояния диска солнца.

Наряду со средними значениями характеристик солнечной радиации вычисляют также средние квадратические отклонения, коэффициенты асимметрии и корреляции суточных сумм радиации (в последнем научно-прикладном справочнике эти характеристики вычислены только для суммарной радиации).

Для прикладных целей рассчитывают климатические характеристики сумм солнечной радиации на вертикальные и наклонные поверхности.

Приборы для измерения солнечной радиации можно разделить на две основные группы: пирогелиометры, используемые для измерений направленного потока излучения $H^*_b$ и пиранометры или солариметры - для измерений полного потока $Ht_c$ [12].

В таблице 2 приведены основные характеристики приборов, используемые для измерений солнечной энергии.

Таблица 2 – Классификация солнечных радиометров

| Тип | Что измеряет | Стабильность, % в год | Абсолютная точность, % | Типичный отклик при плотности потока 1кВт ×м$^{-2}$ |
|---|---|---|---|---|
| Эталонный стандартный пирогелиометр | Направленное излучение (абсолютные измерения, сравнение с нагревом поверхности током | 0,2 | 2 | - |
| Солариметр 1-го класса | Суммарное излучение $H_1$ | 1 | 3 | 10 мВ |
| Биметаллическая пластина | Суммарное излучение $H_1$ | 5 | 15 | Отклонение на 5 см |
| Солнечные элементы | Суммарное излучение $H_1$ | 2 | 15 | 10мА |
| Актинометр 2-го класса | Прямое излучение $H_b$ | 2 | 4 | 10 мВ |
| Самописец | Количество солнечных часов | 10 | 20 | Прожженная карточка |
| Глаз человека | Количество солнечных часов | 10 | 20 | Визуальная шкала |
| Фотографирование со спутника | Количество солнечных часов | 10 | 20 | Фотопленка |

Первыми стандартными приборами для измерения прямой солнечной радиации были пиргелиометр Ангстрема, разработанный в Стокгольме, и проточный калориметр Аббота из Смитсонианского института в Вашингтоне. В пиргелиометре Ангстрема приводятся в соответствие тепловые эффекты облучения приемника солнечной энергии и электронагрева затененного элемента. Для измерения уровня электронагрева используются обычные методы электрических измерений. Проточный калориметр Аббота имеет полость, которая поглощает солнечное излучение, а повышение температуры циркуляционной охлаждающей воды пропорционально интенсивности падающего излучения. Пиргелиометр Аббота с серебряным диском является еще одним стандартным прибором, в котором скорость изменения температуры диска приближенно пропорциональна интенсивности падающего излучения. В течение многих лет отмечалось, что американские и европейские измерения радиации не согласуются между собой и, как указывали различные исследователи во многих странах, расхождение составляло от 2,5 до 6%. В сентябре 1956 г. была установлена новая Международная пиргелиометрическая шкала 1956, которая внесла поправки +1,5% к шкале Ангстрема и 2,0% к смитсонианской шкале Аббота. Впоследствии все приборы калибровались в соответствии с Международной пиргелиометрической шкалой 1956.



Принцип действия большинства пиранометров, которые используются для измерения суммарной радиации, а при затенении от прямых лучей и диффузной радиации, основан на измерении разности температур черных (поглощающих излучение) и белых (отражающих излучение) поверхностей с помощью термоэлементов. Последние дают сигнал в милливольтах, который можно легко контролировать с помощью целого ряда стандартных самопишущих систем [1, 9, 12].

Характерным примером такого типа приборов является пиранометр Эппли. Другой, хорошо известный тип пиранометра – пиранометр Робича – основан на различном расширении биметаллического элемента, тогда как с помощью дистилляционного пиранометра Беллани, в котором спирт конденсируется в калиброванном конденсаторе, измеряется суммарная солнечная радиация за данный промежуток времени.

Значительно более простые измерения, которые проводятся во многих местах, связаны с определением продолжительности солнечного сияния, т. е. времени, когда диск Солнца не закрыт облаками или дымкой. Она измеряется с помощью самопишущего прибора Кэмпбелла – Стокса, в котором используется сферическая линза, фокусирующая солнечное излучение на термочувствительной бумаге. При наличии прямой солнечной радиации на бумаге появляется след в виде прожога [8, 12].

Климатологическими показателями солнечного сияния, регистрируемого гелиографом, служат:

- средняя общая продолжительность солнечного сияния (часы и *%),*
- средняя продолжительность сияния в день с солнцем;
- среднее месячное значение продолжительности солнечного сияния для каждого часового интервала;

- среднее число дней без солнца;
- среднее квадратическое отклонение продолжительности солнечного сияния.

Характеристики первого показателя вычисляются непосредственным подсчетом за весь период наблюдений. Относительная характеристика продолжительности солнечного сияния представляет собой отношение наблюдавшейся продолжительности к теоретически возможной, т. е. продолжительности сияния при безоблачном небе от восхода до захода. Для горных станций возможная продолжительность исправляется поправкой на закрытость горизонта.

Вычисление остальных характеристик не встречает, как правило, затруднений.

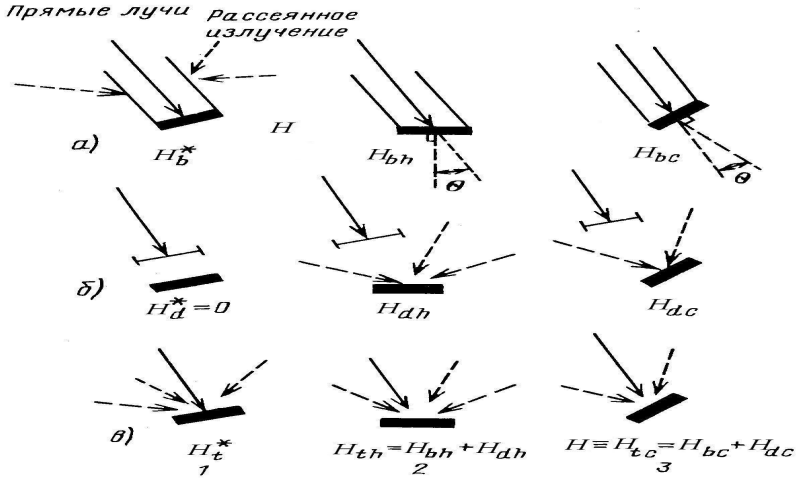


Рис. 1. а) регистрируются только прямые лучи; б) регистрируется только диффузная составляющая; в) регистрируется суммарное излучение: 1 – приемная площадка, перпендикулярная потоку излучения; 2 – горизонтальная приемная площадка; 3 – произвольный угол наклона приемника.

Рассмотрим некоторые датчики и приборы, которые используются для регистрации солнечной радиации.

На рисунке показан современный датчик радиационного баланса QMN101 предназначенный для последовательного измерения общей (суммарной) радиации, которая является балансом между входящей и выходящей радиаций на открытом воздухе.



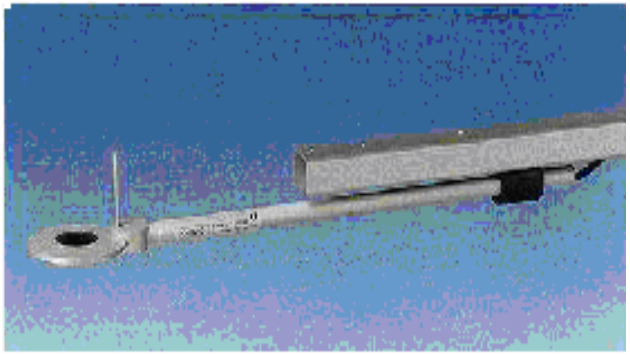

Рис. 2. Внешний вид датчика радиационного баланса QMN101.

Датчик состоит из двух, покрытых тефлоном, водоустойчивых, черных, конических поглотителей и основан на термобатарее. Напряжение выхода пропорционально радиационному балансу. QMN101 не требует хрупких пластиковых колпаков, что облегчает его обслуживание.

Технические данные датчика радиационного баланса QMN101:

· Чувствительность (номинал): 100 мкВ/Вт/м$^2$.
· Спектральный диапазон: 0.2 – 100 микрон.
· Время ответа (1/e): 2 с номинал.
· Диапазон: - 2000 до +2000 Вт/м$^2$.
· Стабильность: <±2% в год.
· Нелинейность: <1% до 2000 Вт/м$^2$.
· Рабочая температура: -30…+70°C.

**Актинометр** (от греч. ακτίς - луч и μέτρον - мера) - измерительный прибор, который служит для измерения интенсивности электромагнитного излучения, преимущественно видимого и ультрафиолетового света. В метеорологии применяется для измерения прямой солнечной радиации. Так назвал Гершель изобретенный им в 1834 году инструмент, служащий для измерения нагревательной силы солнечных лучей. Ещё раньше Гершеля Соссют построил с этого же целью инструмент, который он назвал гелиотермометром, а позже (1838) Пулье изобрел так называемый пиргелио метр.

Актинометром названы также приборы, измеряющие количество лучистой теплоты, испускаемой в небесное пространство (Пулье, 1838). Самое большое значение имеет Актинометр, изобретенный

Пулье (пиргелиометр); в общем он состоит из цилиндрического серебряного сосуда, крышка которого установлена перпендикулярно к солнечным лучам; сосуд наполнен водой с погруженным в неё шариком очень чувствительного термометра; крышка, воспринимающая лучи, закопчена (покрыта сажей) для большего их поглощения. Из повышения температуры воды в определенное время вычисляют количество поглощенного тепла известною плоскостью в данное время. К этому надо ещё прибавить ту теплоту, которую воспринимающая поверхность теряет через лучеиспускание. Дабы таковую найти, устанавливают Актинометр так, чтобы воспринимающая поверхность была обращена в ту сторону неба, где солнца нет, и по понижению температуры вычисляют потерянное количество тепла. Актинометр иногда называют и обыкновенный актинограф [1, 9, 12].

Актинометр с набором фильтров может быть использован для прямой солнечной радиации в различных участках солнечного спектра.

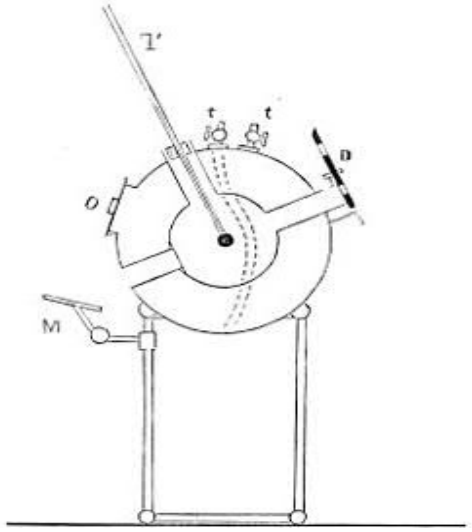


Рис. 3. Актинометр Гершеля.

**Пиранометр** (греч. πῦρ + ἄνω + μέτρον + огонь + наверху + мера) - тип актинометра, используемый для измерения солнечной радиации, попадающей на поверхность. Прибор специально разработан, чтобы измерять плотность потока солнечного излучения (то есть в ваттах на квадратный метр), исходящего со всей верхней полусферы. Стандартный пиранометр не требует электропитания.



В качестве датчика пиранометры используют (в зависимости от измеряемого диапазона частот) либо термопары, покрашенные черной краской, либо фотодиод. Датчик помещается под прозрачный стеклянный или пластиковый колпак для защиты от внешнего воздействия.

Пиранометры применяются в метеорологии, климатологии, а также в установках солнечных батарей.

Для сертификации пиранометров используются стандарт ISO 9060 или эквивалентный стандарт Всемирной метеорологической организации. Стандарты используют своеобразную терминологию. Приборы высокой точности соответствуют «вторичному стандарту» (*secondary standard*) по ISO (или «высокого качества» по терминологии ВМО), а приборы более низкой точности соответствуют «первому классу» (*first class*) по ISO (или «хорошего качества» по ВМО). Также существует «второй класс» по ISO, еще менее требовательный, чем первый класс [1, 8, 12].

**Термопара** (термоэлектрический преобразователь температуры) – термоэлемент, применяемый в измерительных и преобразовательных устройствах, а также в системах автоматизации (см. рис.).

Международный стандарт на термопары МЭК 60584 дает следующее определение термопары: Термопара – пара проводников из различных материалов, соединенных на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения температуры.

Для измерения разности температур зон, ни в одной из которых не находится вторичный преобразователь (измеритель термо-ЭДС), удобно использовать дифференциальную термопару: две одинаковых термопары, соединенных навстречу друг другу. Каждая из них измеряет перепад температур между своим рабочим спаем и условным спаем, образованным концами термопар, подключёнными к клеммам вторичного преобразователя, но вторичный преобразователь измеряет разность их сигналов, таким образом, две термопары вместе измеряют перепад температур между своими рабочими спаями. При температуре спая нихрома и алюминий - никеля равной 300 °С термо- ЭДС составляет 12,2 мВ [8, 12].

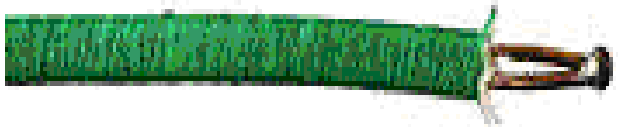

Рис. 4. Фотография термопары

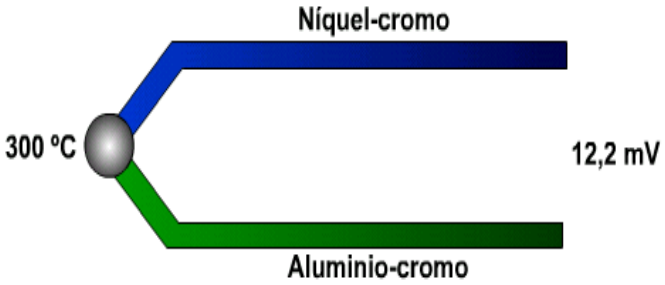


Рис. 5. Схема термопары.

**Фотодиод** – приёмник оптического излучения, который преобразует попавший на его фоточувствительную область свет в электрический заряд за счёт процессов в p-n-переходе.

Фотодиод, работа которого основана на фотовольтаическом эффекте (разделение электронов и дырок в p- и n- области, за счёт чего образуется заряд и ЭДС), называется солнечным элементом. Кроме p-n фотодиодов, существуют и p-i-n фотодиоды, в которых между слоями p- и n- находится слой нелегированного полупроводника i. p-n и p-i-n фотодиоды только преобразуют свет в электрический ток, но не усиливают его, в отличие от лавинных фотодиодов и фототранзисторов.

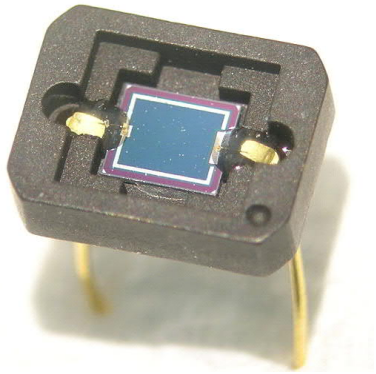

Рис. 6. Вид фотодиода.



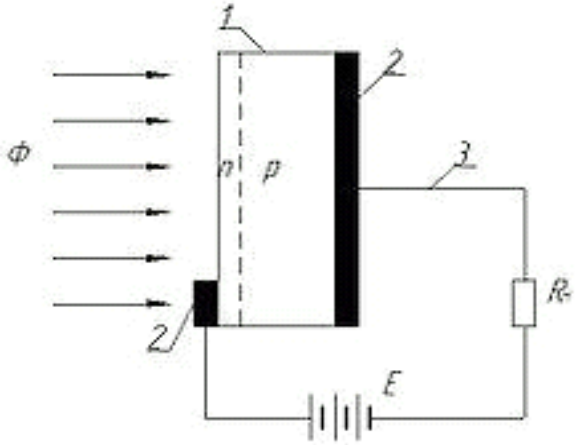


Рис. 7. Структурная схема фотодиода. 1 - кристалл полупроводника; 2 - контакты; 3 - выводы; *Ф* - поток электромагнитного излучения; E - источник постоянного тока; $R_н$ - нагрузка.

Рис. 8. Обозначение на схемах.

**Актинограф** служит для того, чтобы при помощи различной интенсивности окраски чувствительной к свету бумаги сравнивать силу химически действующих лучей различных источников света.

Актинограф состоит из приёмника (как правило, термоэлектрического актинометра), вращаемого за светилом гелиостатата, и гальванографа (самопишущего высоко чувствительного гальванометра регистрирующего поток).

Для измерения общей солнечной радиации также применяют **пиранометры**. На рисунке показаны пиранометры QMS101 и QMS102.

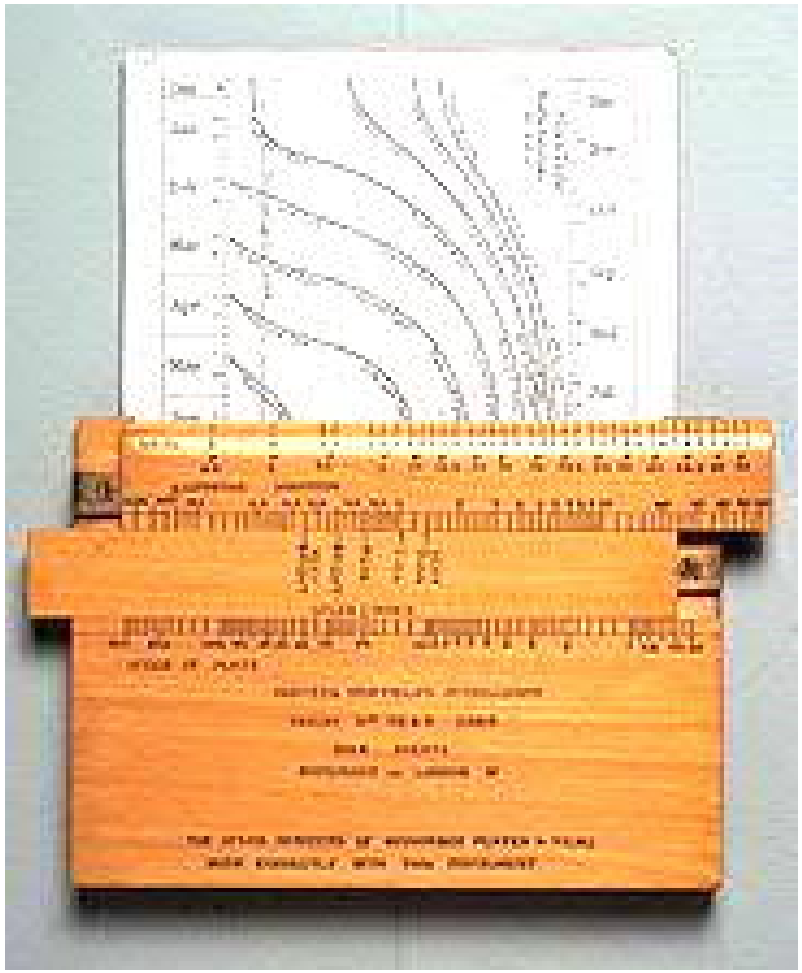

Рис. 9. Актинограф (Hurter & Driffield's).

**Пиранометр** QMS101 является экономичным датчиком измерения общей солнечной радиации и использует фотодиодный детектор для создания пропорционально замеряемой радиации напряжения выхода. Благодаря уникальной конструкции диффузера, его чувствительность пропорциональна косинусу угла падения радиации, что позволяет производить точные и последовательные измерения.



**Пиранометр** QMS101 имеет встроенный кабель и разъем и легко устанавливается на кронштейн датчиков.

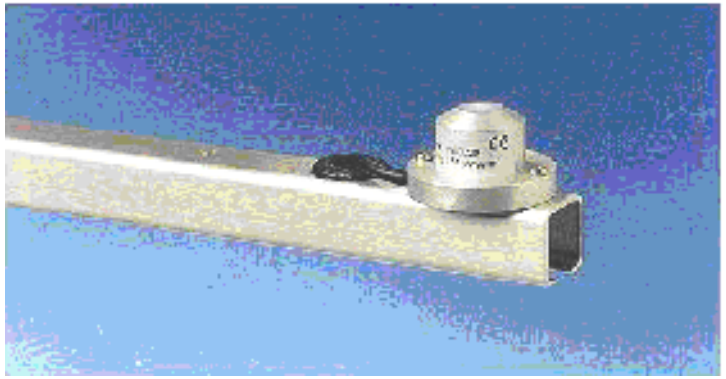

Рис. 10. Внешний вид пиранометров QMS101 и QMS102.

Пиранометр QMS102 – ISO - сертифицированный пиранометр второго класса. Точный, оптический, стеклянный колпак действует как фильтр, с спектральной полосой пропускания, позволяющий полному солнечному спектру достигнуть датчика. Датчик представляет собой зачерненную термобатарею высокого качества с плоским спектральным выходным сигналом. Нагрев датчика входящей солнечной радиацией вырабатывает сигналы в микровольтовом диапазоне.

Диапазон спектра:

QMS101: 0,4…1,1 микрон

QMS101: 0,3...2,8 микрон

(50% точек)

Также для измерения солнечной радиации на плоской горизонтальной поверхности используется пиранометр CM11 (Вт/м$^2$), который показан на рисунке. Он состоит из следующих частей: двойной стеклянный колпак, металлический корпус, черный датчик, противосолнечный экран, регулируемая по высоте ножка. Диаметр колпака - 40 мм.

Пиранометр содержит датчик со 100 термопарами, встроенных в подложку для толстопленочных гибридных ИС и помещенный под стеклянный колпак. Белый экран защищает корпус прибора от перегрева. Пиранометр снабжен спиртовым уровнем и винтами для точной настройки при установке.

Технические данные пиранометра:
- Спектральный диапазон: 305…2800 нм.
- Чувствительность: 4…6 мкВ/Вт м$^2$.
- Рабочая температура: -40°С...+90°С.

Рис. 11. Внешний вид пиранометра СМ 11.

Для регистрации длительности солнечного сияния в течение светового дня можно использовать **гелиограф DSU12 и гелиограф Кемпбелла – Стокса**.

Модель гелиографа DSU12 фирмы Vaisala работает на основе замыкания контакта под действием прямого солнечного излучения выше заданного уровня. Длительность солнечного сияния в течение дня – это сумма продолжительности данных замыканий и может быть легко записана логгером. DSU12 содержит шесть чувствительных зачерненных температурных биметаллических пар элементов, расположенных по окружности.

Гелиограф DSU12 может использоваться на широтах между 0° и 65° в любом полушарии. Датчик необходимо устанавливать на открытом, не попадающим в тень в течение всего дня месте. Благодаря своей форме и геометрии пар элементов DSU12 не нуждается в специальной настройке для широты местности или времени года. Прибор снабжен 2-жильным экранированным кабелем длиной два метра.



Технические данные:

Спектральная характеристика: меньше чем –3 дБ между 350 и 1600 нм.

Точность: ±20% .

Рабочая температура: -20°С...+50°С.

Рис. 12. Гелиограф DSU12 фирмы Vaisala.

Рис. 13. Гелиограф Кемпбелла – Стокса.

В полевых условиях наиболее часто применяются пиранометры, походные альбедометры, балансомеры и люксметры. Для наблюдений среди растений наиболее удобны походные альбедометры и люксметры, а также специальные микропиранометры [1, 9, 12].

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие методы применяют при измерении потоков солнечной радиации?
2. Какие приборы применяются при регулярных наблюдениях на сети метеостанций, в экспедициях, и при полевых наблюдениях?
3. Для чего применяют актинометр термоэлектрический?
4. Что измеряют пиранометром и альбедометром?
5. Для измерения чего применяют балансомер термоэлектрический?
6. Что измеряют гелиографом.

## Работа 4. Спектральный состав солнечного света

Спектральный состав солнечной радиации меняется в зависимости от высоты Солнца над горизонтом [1, 8, 12].

По международной классификации выделяют:

1. Инфракрасное излучение – 760-2600 (3000) нм;
2. Видимое излучение – 400-760 нм;
3. Ультрафиолетовое излучение – на границе с атмосферой 400-100 нм, на поверхности земли – 400-290 нм.

Все виды излучений отличаются друг от друга длиной волны (частотой колебаний) и энергией кванта. Чем меньше длина волны, тем больше энергия кванта и тем, соответственно, более выражено биологическое действие данного излучения. Следовательно, наибольшей биологической активностью характеризуется ультрафиолетовое излучение [8].

Инфракрасное излучение составляет большую часть солнечного спектра (до 50%). Ультрафиолетовые лучи занимают 5% спектра на границе с атмосферой и 1% УФ-излучения достигает поверхности земли. Коротковолновая часть УФ-излучения (менее 300 нм) задерживается озоновым слоем Земли.

Реакция организма на действие солнечного света является результатом действия всех частей спектра. Солнечную радиацию воспринимает эпидермис. В основе физиологического действия солнечных лучей лежат различные фотохимические реакции, возникновение которых зависит от длины волны и энергии поглощенных квантов действующего излучения.

**Инфракрасное излучение** образуется всяким телом, температура которого выше абсолютного нуля. Чем больше оно нагрето, то есть чем выше его температура, тем выше интенсивность излучения. Инфракрасное излучение проникает сквозь атмосферу, воду, почву, одежду, оконные стекла [3, 5].

Коэффициент поглощения инфракрасных лучей связан с длиной волны, которая обусловливает глубину проникновения.



***По длине волны инфракрасное излучение подразделяется на***:

1. *Длинноволновое* (свыше 1400 нм) – задерживается поверхностными слоями эпидермиса и проникает на глубину до 3 мм, в результате ускоряется обмен веществ, рост клеток и регенерация тканей;
2. *Средневолновое* (длина волны 1000-1400 нм);
3. *Коротковолновое* (длина волны от 760 до 1000 нм) обладает большой проникающей способностью. Проникает на глубину 4-5 см, 14% лучей в пределах длин волн 1000-1400 нм – на глубину 3-4 см [1, 3, 14, 18].

***ИК-излучение оказывает***:

1. Тепловое действие – воздействуя на молекулы и атомы веществ, усиливая их колебательные движения, ИК-излучение приводит к повышению температуры биосубстрата.
2. Фотохимическое действие – связано с поглощением энергии тканями и клетками, что ведет к активизации ферментных процессов и, как следствие, к ускорению обмена веществ, образованию БАВ, усилению процессов регенерации, иммуногенеза. ИК-излучение оказывает местное и общее воздействие. При локальном воздействии на ткани ИФ-излучение несколько ускоряет биохимические реакции, ферментативные и иммунобиологические процессы, рост клеток и регенерацию тканей, усиливает биологическое действие УФ-лучей.
3. Влияет на климат и микроклимат. Вследствие неравномерного нагревания земной поверхности и испарения воды происходит движение воздуха и водных масс, формирование циклонов и антициклонов, теплых и холодных течений, разнообразие климатических зон, погодных условий, которые опосредованно влияют на человека.

При оптимальной интенсивности ИК-излучение вызывает тепловое ощущение.

Отрицательное воздействие ИК-излучения связано с тепловым эффектом, так как возможно перегревание организма с развитием теплового или солнечного удара.

## Видимое излучение

Видимое излучение воздействует на эпидермис (проникает на глубину 2,5 см) и глаза. Эпидермис неодинаково поглощает видимые лучи. Красные лучи проникают на глубину 2,5 см в количестве 20%, фиолетовые до 1% [2, 3].

## Спектральный состав света и его влияние на растение

• Большая доля ультрафиолетового, синего и фиолетового света в спектре, характерна для высокогорных растений, – короткие волны. Длинноволновая часть ультрафиолетового спектра (300-400 нм) необходима растениям в очень незначительных дозах – стимулирует обмен веществ и процессы роста.

• Зеленая часть видимого спектра поглощается меньше всего. Из-за малого поглощения листьями зеленая часть спектра практически не оказывает влияния на растения.

• Сине-фиолетовая и красная область спектра наиболее важны для растений. Меняя спектральный состав света можно оказывать влияние на растения. Слабая интенсивность синего света воспринимается растениями как темнота. Растения короткого дня быстрее переходят к цветению под светом, в котором преобладает синяя часть спектра.

• На красном свету в растениях формируется углеводный тип метаболизма, а на синем свету – белковый тип.

• Красный свет ускоряет цветение растений длинного дня (пшеница, салат, редис, шпинат) и задерживает цветение растений короткого дня (фасоль, огурец, некоторые сорта томатов, баклажаны, перец).

• Ближнее инфракрасное излучение (780-1100 нм) оказывает сильное формообразовательное влияние на растение, которое проявляется в растяжении осевых органов (стебель, подсемядольное колено). Но не все растения одинаково реагируют на длинноволновое излучение (700-1100 нм). Томаты – очень слабо, огурцы – очень сильно

• Инфракрасное излучение 750-1200 нм тоже играет роль. Если получить урожай быстро – следует стремиться к увеличению уровня инфракрасной радиации. Если вегетация может быть длительной – (медленно, но большой урожай), следует снижать долю инфракрасного освещения [1, 2, 3, 12, 15].



### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие излучения выделяют по международной классификации?
2. Инфракрасное излучение.
3. Видимое излучение.
4. Ультрафиолетовое излучение.
5. Подразделение инфракрасного излучения по длине волны.
6. Какое действие оказывает инфракрасное излучение на организмы?
7. Какое действие оказывает инфракрасное излучение на климат и микроклимат?
8. Отрицательное воздействие ИК-излучения.
9. Спектральный состав света и его влияние на растение.

## Работа 5. Коэффициент использования солнечной энергии (использовать приложения 1 и 4)

Коэффициент использования солнечной энергии определяется по следующей формуле:

Количество аккумулированной в урожае энергии определяется путем умножения показателя калорийности *Д* на урожайность абсолютно сухой биомассы *Убиол*;

У биол. – *находится путём деления урожайности товарной (*Ут*) на коэффициент хозяйственной эффективности (*Кх*).*

Расчет можно представить в виде преобразованной формулы Х.Г. Тооминга [5]:

$$\eta = \frac{Ут * д}{10^4 * Кх * \sum P},$$

где: *Ут* – урожайность сельскохозяйственной культуры при стандартной влажности, ц/га.

Посевы по их средним значениям КПД ФАР (по А.А. Ничипоровичу) подразделяют на следующие группы:

Обычно наблюдаемые – 0,5-1,5%;

Хорошие – 1,5-3,0%;

Рекордные – 3,5-5,0%;

Теоретически возможные – 6,0-8,0%.

### *Вопросы для самопроверки*

1. По какой формуле определяется коэффициент использования солнечной энергии?
2. Какие показатели КПД ФАР обычно наблюдаются в производстве?
3. Сколько процентов КПД ФАР считаются хорошими?
4. Какие КПД ФАР считаются рекордными?
5. Какие КПД ФАР считаются теоретически возможными?



## Работа 6. Расчет потенциальной урожайности

Биомасса растений на 90-95% состоит из органического вещества, образующегося в процессе фотосинтеза. Поэтому основной путь увеличения урожайности – повышение фотосинтетической продуктивности растений и коэффициента использования солнечной радиации.

Потенциальная урожайность – максимальная урожайность, которая теоретически может быть достигнута в результате усвоения посевами рассматриваемой культуры поступающей фотосинтетически активной радиации и в идеальных метеорологических и почвенных условиях. Она зависит от прихода ФАР за период вегетации культуры и от коэффициента использования ФАР ($К_Q$) данной культурой и сортом [1, 2,3, 8, 12, 15].

Фотосинтетически активная радиация – это часть солнечного спектра с длиной волны 0,38…0,71 мк, которая используется в процессе фотосинтеза. Приход ФАР регистрируется на метеостанциях гидрометслужбы. Величина приходящей ФАР сильно различается в зависимости от длины вегетационного периода культуры [1, 2, 3, 8, 12, 15].

Коэффициент использования ФАР зависит от биологических особенностей культуры, плодородия почвы, уровня минерального питания и применяемой технологии. Чем выше коэффициент использования ФАР, тем выше урожай биомассы. Реальный $К_Q$ на обычных посевах, по данным Ничипорович, не превосходит 0,5-1,5%.

Расчет потенциальной урожайности (ПУ) биомассы производится по формуле А.А. Ничипоровича [1]:

$$ПУ\ биол. = \frac{Q * 10^4 * KQ}{100 * C};$$

где: ПУ биол. – урожайность абсолютно сухой массы биомассы, ц/га;

Q – сумма ФАР за период вегетации культуры.

Q определяется с использованием данных суммарного прихода ФАР по месяцам года в конкретной местности.

Под периодом вегетации следует понимать фактическое время от посева до начала уборки урожая, в течение которого происходит усвоение основного количества ФАР и накопление биомассы растений. У озимых культур за период вегетации принимается продолжительность двух периодов: от посева до окончания осенней вегетации и от начала весенней вегетации до начала уборки урожая. Даты окончания осенней вегетации и начала весенней вегетации озимых зерновых и многолетних трав можно определить по датам перехода средней суточной температуры воздуха через $0^0$С и + $5^0$С.

$К_Q$ – коэффициент использования ФАР посевами данной культуры;

С – калорийность единицы урожайности сухого органического вещества.

**Задание 1.** Рассчитать потенциальную урожайность основных сельскохозяйственных культур при 1% значении КПД ФАР для первой, второй и третьей агроклиматических зон РСО - Алания.

Таблица 3 – Потенциальные урожаи полевых культур при 1% КПД ФАР в первой агроклиматической зоне РСО - Алания

| *Культура* | Q, ккал/см $^2$ | $К_Q$ , % | С | ПУ $_{фар}$ |
|---|---|---|---|---|
| Озимая пшеница | | | | |
| Озимый ячмень | | | | |
| Овес | | | | |
| Яровой ячмень | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | |
| Сорго | | | | |
| Гречиха | | | | |
| Соя | | | | |
| Горох | | | | |
| Подсолнечник | | | | |
| Озимый рапс | | | | |
| Кукуруза силос | | | | |
| Однолетние травы | | | | |
| Многолетние травы | | | | |
| | | | | |



**Задание 2.** Рассчитать потенциальную урожайность основных сельскохозяйственных культур при 2% значении КПД ФАР для первой, второй и третьей агроклиматических зон РСО - Алания.

Таблица 4 – Потенциальные урожаи полевых культур при 2% КПД ФАР в первой агроклиматической зоне РСО - Алания

| *Культура* | Q, ккал/см $^2$ | $К_Q$ , % | С | ПУ $_{фар}$ |
|---|---|---|---|---|
| Озимая пшеница | | | | |
| Озимый ячмень | | | | |
| Овес | | | | |
| Яровой ячмень | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | |
| Сорго | | | | |
| Гречиха | | | | |
| Соя | | | | |
| Горох | | | | |
| Подсолнечник | | | | |
| Озимый рапс | | | | |
| Кукуруза силос | | | | |
| Однолетние травы | | | | |
| Многолетние травы | | | | |

**Задание 3.** Рассчитать потенциальную урожайность основных сельскохозяйственных культур при 3% значении КПД ФАР для первой, второй и третьей агроклиматических зон РСО - Алания.

Таблица 5 – Потенциальные урожаи полевых культур при 3% КПД ФАР в первой агроклиматической зоне РСО - Алания

| *Культура* | Q, ккал/см $^2$ | $К_Q$ , % | С | ПУ $_{фар}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| Озимая пшеница | | | | |
| Озимый ячмень | | | | |
| Овес | | | | |
| Яровой ячмень | | | | |

*Продолжение таблицы 5*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Кукуруза на зерно | | | | |
| Сорго | | | | |
| Гречиха | | | | |
| Соя | | | | |
| Горох | | | | |
| Подсолнечник | | | | |
| Озимый рапс | | | | |
| Кукуруза силос | | | | |
| Однолетние травы | | | | |
| Многолетние травы | | | | |

***Вопросы для самопроверки***

1. Что такое потенциальная урожайность культуры?
2. От чего зависит потенциальная урожайность культуры?
3. Что такое фотосинтетически активная радиация?
4. По какой формуле рассчитывается потенциальная урожайность сельскохозяйственных культур?



## Работа 7. Расчет фактического КПД ФАР

***Задание 1.*** Рассчитать фактические КПД ФАР на среднюю урожайность и на максимально достигнутую урожайность сельскохозяйственных культур для первой агроклиматической зоны РСО - Алания.

Дать оценку использования климатических ресурсов региона (использовать приложение 1).

*Выполнение задания:* занести в таблицу данные по урожайности полевых культур и на основании формулы рассчитать фактические КПД ФАР на среднюю и максимальную урожайность.

$$\frac{У\ факт.\ ср}{У\ пу} * 100 \quad и \quad \frac{У\ факт.\ макс}{У\ пу} * 100$$

Таблица 6 – Расчет КПД ФАР по фактической урожайности полевых культур в первой агроклиматической зоне РСО - Алания

| Культура | У факт, ср, ц/га | КПД ФАР, средн., % | У факт мах, ц/га | КПД ФАР мах, % |
|---|---|---|---|---|
| Озимая пшеница | | | | |
| Озимый ячмень | | | | |
| Овес | | | | |
| Яровой ячмень | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | |
| Сорго | | | | |
| Гречиха | | | | |
| Соя | | | | |
| Горох | | | | |
| Подсолнечник | | | | |
| Кукуруза силос | | | | |
| Озимый рапс | | | | |
| Однолетние травы | | | | |
| Многолетние травы | | | | |

***Задание 2.*** *Рассчитать фактические КПД ФАР на среднюю урожайность и на максимально достигнутую урожайность сельскохозяйственных культур для второй агроклиматической зоны РСО - Алания.*

Таблица 7 – Расчет КПД ФАР по фактической урожайности полевых культур о второй агроклиматической зоне РСО - Алания

| Культура | У факт, ср., ц/га | КПД ФАР, средн., % | У факт. мах, ц/га | КПД ФАР мах, % |
|---|---|---|---|---|
| Озимая пшеница | | | | |
| Озимый ячмень | | | | |
| Овес | | | | |
| Яровой ячмень | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | |
| Сорго | | | | |
| Гречиха | | | | |
| Соя | | | | |
| Горох | | | | |
| Подсолнечник | | | | |
| Кукуруза силос | | | | |
| Озимый рапс | | | | |
| Однолетние травы | | | | |
| Многолетние травы | | | | |

***Задание 3***. *Рассчитать фактические КПД ФАР на среднюю урожайность и на максимально достигнутую урожайность сельскохозяйственных культур для третьей агроклиматической зоны РСО - Алания.*



Таблица 8 – Расчет КПД ФАР по фактической урожайности полевых культур в третьей агроклиматической зоне РСО - Алания

| Культура | У факт, ср., ц/га | КПД ФАР, средн., % | У факт мах., ц/га | КПД ФАР мах., % |
|---|---|---|---|---|
| Озимая пшеница | | | | |
| Озимый ячмень | | | | |
| Овес | | | | |
| Яровой ячмень | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | |
| Сорго | | | | |
| Гречиха | | | | |
| Соя | | | | |
| Горох | | | | |
| Подсолнечник | | | | |
| Кукуруза силос | | | | |
| Озимый рапс | | | | |
| Однолетние травы | | | | |
| Многолетние травы | | | | |

***Вопросы для самопроверки***

1. Какие показатели используются для расчета КПД ФАР по фактической урожайности полевых культур?
2. По какой формуле рассчитывается КПД ФАР по фактической урожайности полевых культур?

## Работа 8. Расчет величины фотосинтетически активной радиации

Фотосинтетический потенциал – это число рабочих дней площади листьев. Его определяют суммированием площади листьев за каждый день вегетации или умножением средней площади листьев (L ср) на длину вегетационного периода (Т):

$$ФП = L\ ср. \times Tv$$

Для расчета фотосинтетического потенциала следует измерить среднюю площадь листьев данной культуры. При отсутствии такой возможности фотосинтетический потенциал можно рассчитать по формуле:

$$ФП = 10^5 \times (Ут : Мфп),$$

где: Ут – урожай товарной продукции, ц/га (рассчитанный по формуле А.М. Рябчикова);

Мпф – масса основной продукции при стандартной влажности на 1 тыс. единиц фотосинтетического потенциала, кг.

Пример:

$ФП = 10^5 \times (Ут : Мфп) = 10^5 \times (38{,}3 : 2) = 1915000$ (млн. м$^2$/га дней)

Многочисленные исследования показали, что 1 тыс. единиц ФП обеспечивает сбор зерна зерновых культур 2…3 кг, гречихи – 2 кг, картофеля – 8 кг, сахарной свеклы и кормовых корнеплодов – 12 кг, сена многолетних трав – 2,3 кг.

**Задание 1.** Рассчитать величины ФП посевов для 1-ой агроклиматической зоны (для расчетов использовать приложение 9)

Таблица 9 – Величина фотосинтетический потенциала посевов

| Культура | L ср. | Tv |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Озимая пшеница | | |
| Озимый ячмень | | |
| Овес | | |
| Яровой ячмень | | |
| Кукуруза на зерно | | |



*Продолжение таблицы 9*

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| Сорго | | |
| Гречиха | | |
| Соя | | |
| Горох | | |
| Подсолнечник | | |
| Озимый рапс | | |
| Кукуруза силос | | |
| Однолетние травы | | |
| Многолетние травы | | |

**Задание 2.** Рассчитать величину ФП посевов для 2-ой агроклиматической зоны

Таблица 10 – Величина фотосинтетического потенциала посевов

| Культура | L ср. | Tv |
|---|---|---|
| Озимая пшеница | | |
| Озимый ячмень | | |
| Овес | | |
| Яровой ячмень | | |
| Кукуруза на зерно | | |
| Сорго | | |
| Гречиха | | |
| Соя | | |
| Горох | | |
| Подсолнечник | | |
| Озимый рапс | | |
| Кукуруза силос | | |
| Однолетние травы | | |
| Многолетние травы | | |

**Задание 3.** Рассчитать величину ФП посевов для 3 агроклиматической зоны.

Таблица 11 – Величина фотосинтетического потенциала посевов

| Культура | L ср. | Tv |
|---|---|---|
| Озимая пшеница | | |
| Озимый ячмень | | |
| Овес | | |
| Яровой ячмень | | |
| Кукуруза на зерно | | |
| Сорго | | |
| Гречиха | | |
| Соя | | |
| Горох | | |
| Подсолнечник | | |
| Озимый рапс | | |
| Кукуруза силос | | |
| Однолетние травы | | |
| Многолетние травы | | |

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое фотосинтетический потенциал посевов?
2. По какой формуле определяется фотосинтетический потенциал посевов?
3. При отсутствии средней площади листьев по какой формуле можно рассчитать фотосинтетический потенциал посевов?



## Работа 9. Методика расчета чистой продуктивности фотосинтеза

Около 95 % сухой биомассы растительного организма приходится на долю органических веществ, образованных в процессе фотосинтеза. Поэтому изменение сухой массы растений может довольно объективно отражать ассимиляционную активность растений [1, 2, 3, 8, 12, 15].

Одним из показателей, характеризующих продукционный процесс растений, является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Этот показатель часто используется в научных исследованиях при определении фотосинтетической активности посевов.

***Чистая продуктивность фотосинтеза – это количество сухого вещества в граммах, накопленного 1 м² листовой поверхности за 1 сутки.*** Величина этого показателя для различных сельскохозяйственных культур колеблется в пределах 1…20 г/м²сут.

Для определения чистой продуктивности фотосинтеза в поле берут пробы растений через 7…10 дней или другой промежуток времени, например, в начале и конце определенной фазы развития, определят сухую биомассу и площадь живых листьев [9].

Чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывают по формуле :

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0{,}5 \times (L_1 + L_2) \times n}, \text{г/м2·сут},$$

где: $B_1$ *и* $B_2$ – сухая биомасса растений в начале и в конце учетного периода, г;

$B_2 - B_1$ – прирост сухой массы за $n$ дней, г;

$L_1$ *и* $L_2$ – площади листьев в начале и в конце периода, м²;

$0{,}5\times(L_1 + L_2)$ – средняя площадь листьев за время опыта, м²;

$n$ – число дней в учетном периоде.

**Цель работы.** Определить чистую продуктивность фотосинтеза в посевах различных сельскохозяйственных культур в определенные фазы их развития.

На опытных посевах отбирают в 3…4-кратной повторности по 10…20 растений наиболее типичных для данной фазы развития. Растения срезают у самой поверхности почвы или выкапывают с корнями, не допуская их обрыва. В пробу включают все опавшие и засох-

шие листья и побеги. Обычно массу корней учитывают в точных вегетационных опытах с водной или почвенной культурой. В последнем случае корни осторожно освобождают от почвы, отмывая их водой. Отобранные растения помещают в полиэтиленовые пакеты и переносят в лабораторию.

В лаборатории определяют необходимые для расчета ЧПФ показатели:

1. Определяют сырую массу различных частей растений. Для этого растения из каждой повторности расчленяют на отдельные органы (листья, стебли, корни, колосья, зерно) и взвешивают. Пожелтевшие и отмершие листья учитывают отдельно.

Рассчитывают площадь измеренных листьев по средней длине и средней ширине по формуле [1, 2, 9, 12, 15]:

$$S = L_{ср.} \times H_{ср.} \times 0{,}7 \times n, \text{ см}^2,$$

где: $S$ – площадь 10 листьев, см$^2$;

$L_{ср.}$ – средняя длина измеренных листьев, см;

$H_{ср.}$ – средняя ширина измеренных листьев, см;

$n$ – число измеренных листьев;

0,7 – коэффициент для расчета площади листьев злаковых культур.

2. Для определения процента сухого вещества отдельные части растений (листья, стебли, колосья, зерна) тщательно измельчают, берут из них навески 5…10 г.

3. Навески помещают в бюксы или бумажные пакеты и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105°С до постоянной массы.

4. Рассчитывают процентное содержание сухого вещества в листьях, стеблях, колосьях, зерне.

5. Рассчитывают сухую биомассу листьев, стеблей, колосьев, зерна, умножая сырую биомассу этих частей растений (показатель 1) на процент сухого вещества в них.

6. Рассчитывают общую сухую биомассу растений по каждой повторности, суммируя сухую биомассу отдельных частей растений.

7. Результаты второго и последующих определений записывают в аналогичные таблицы. Результаты определения сухой биомассы и площади листьев по всем определениям записывают в таблицу.



На основании полученных результатов делают выводы об активности продукционного процесса у различных сельскохозяйственных культур или ее изменений в процессе онтогенеза.

**Задание 1.** Рассчитать величину ЧПФ для 1-ой агроклиматической зоны РСО - Алания (для расчетов использовать приложение 9).

Таблица 12 – Величина чистой продуктивности фотосинтеза

| Культура | Величина сухой массы | | Площадь листьев | | Число дней в учетном периоде (п) | Величина ЧПФ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $B_1$ | $B_2$ | $L_1$ | $L_2$ | | |
| Озимая пшеница | | | | | | |
| Озимый ячмень | | | | | | |
| Овес | | | | | | |
| Яровой ячмень | | | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | | | |
| Сорго | | | | | | |
| Гречиха | | | | | | |
| Соя | | | | | | |
| Горох | | | | | | |
| Подсолнечник | | | | | | |
| Озимый рапс | | | | | | |
| Кукуруза силос | | | | | | |
| Однолетние травы | | | | | | |
| Многолетние травы | | | | | | |

**Задание 2 .** Рассчитать величину ЧПФ для 2-ой агроклиматической зоны РСО - Алания

Таблица 13 – Величина чистой продуктивности фотосинтеза

| Культура | Величина сухой массы | | Площадь листьев | | Число дней в учетном периоде (п) | Величина ЧПФ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $B_1$ | $B_2$ | $L_1$ | $L_2$ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Озимая пшеница | | | | | | |
| Озимый ячмень | | | | | | |
| Овес | | | | | | |

*Продолжение таблицы 13*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Яровой ячмень | | | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | | | |
| Сорго | | | | | | |
| Гречиха | | | | | | |
| Соя | | | | | | |
| Горох | | | | | | |
| Подсолнечник | | | | | | |
| Озимый рапс | | | | | | |
| Кукуруза силос | | | | | | |
| Однолетние травы | | | | | | |
| Многолетние травы | | | | | | |

**Задание 3.** Рассчитать величину ЧПФ для 3-й агроклиматической зоны РСО - Алания

Таблица 15 – Величина чистой продуктивности фотосинтеза

| Культура | Величина сухой массы | | Площадь листьев | | Число дней в учетном периоде ($n$) | Величина ЧПФ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $B_1$ | $B_2$ | $L_1$ | $L_2$ | | |
| Озимая пшеница | | | | | | |
| Озимый ячмень | | | | | | |
| Овес | | | | | | |
| Яровой ячмень | | | | | | |
| Кукуруза на зерно | | | | | | |
| Сорго | | | | | | |
| Гречиха | | | | | | |
| Соя | | | | | | |
| Горох | | | | | | |
| Подсолнечник | | | | | | |
| Озимый рапс | | | | | | |
| Кукуруза силос | | | | | | |
| Однолетние травы | | | | | | |
| Многолетние травы | | | | | | |



### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое чистая продуктивность фотосинтеза?
2. По какой формуле рассчитывают чистую продуктивность фотосинтеза?
3. Как определяют площадь листьев?
4. По какой методике определяют сырую массу растений?
5. По какой методике определяют сырую массу растений?

## Работа 10. Расчет действительно возможного урожая по влагообеспеченности посевов

Запасы продуктивной влаги можно определить по следующей формуле:

$$W\,пр = W0 + 0{,}9 \times Ов \quad [2, 8],$$

где: W пр – ресурсы продуктивной влаги в мм;

W0 – количество продуктивной влаги в метровом слое почвы к моменту посева яровых или возобновления вегетации озимых, мм;

0,9 – коэффициент использования осадков, выпадающих за вегетационный период;

Ов – осадки за вегетационный период в мм.

Зная остаточное количество влаги в метровом слое почвы (WK) нетрудно рассчитать суммарное водопотребление культуры за период вегетации Е:

$$E = W0 + 0{,}9 \times Ов - WK.$$

Все данные, входящие в формулы, специалист может взять в ближайшей к хозяйству метеостанции, или метеорологическом пункте сельскохозяйственного предприятия, если такой создан и функционирует.

Контроль за суммарным водопотреблением культур на каждом поле хозяйства в течение ряда лет, и учет уровней урожайности позволяет с достаточной точностью определить коэффициент водопотребления Квп, который в дальнейшем используется для расчета величины действительно возможной урожайности Удв по водообеспеченности:

$$K\,вп = \frac{E*10^2}{У\,биол},$$

где: Е – суммарное водопотребление культур за вегетационный период, мм;

Убиол – фактический уровень урожайности абсолютно сухой биомассы, ц/га.

Для удобства расчетов в условиях хозяйства лучше определять товарный коэффициент водопотребления (Кт), т. е. затраты влаги на



формирование единицы товарной массы урожая при стандартной влажности. Кт – определяется по фактическим урожаям в хозяйстве за ряд лет и является интегрированным показателем, включающим в себя эффективное плодородие почв и уровень агротехники в хозяйстве. Высокие значения Кт свидетельствуют о низком агротехническом уровне хозяйства. С ростом агротехники, введением интенсификации земледелия значения показателя снижаются и стабилизируются на определенной величине.

$$Кт = \frac{E}{Ут},$$

где: Ут – урожайность фактическая основной продукции при стандартной влажности, ц/га.

Рассчитав коэффициенты водопотребления с.-х. культур в хозяйстве и найдя их средние значения по предшественникам можно приступить к определению Удв.

При определении Удв по водообеспеченности существует два подхода:

1. На основании средней многолетней водообеспеченности (стратегия нормы).
2. На основании климатически оптимальной стратегии.

Первый подход прост и широко применяется в хозяйствах. Суть его заключается в том, что на основании средних многолетних данных определяются ресурсы продуктивной влаги и по соотношению:

$$Удв.\,ср = \frac{W\ ср}{Кт}.$$

Находят действительно возможную урожайность по среднемноголетней водообеспеченности (Удв. ср. многол.)

W ср – ресурсы продуктивной влаги по среднемноголетним данным (мм);

Кт – усредненный товарный коэффициент водопотребления с.-х. культур, мм/ц.

Однако, в связи с непредсказуемостью количества осадков на предстоящий с.-х. год при ориентации на среднюю многолетнюю водообеспеченность, в годы с осадками выше нормы возможны зна-

чительные потери в урожае, т.к. в первом минимуме могут оказаться другие факторы.

Исследования академика Шатилова И.О. показали, что при программировании урожаев следует ориентироваться не на среднюю многолетнюю водообеспеченность, а на водообеспеченность, соответствующую оптимальной стратегии [8].

Суть этой стратегии заключается в том, что урожайность рассчитывается на такой уровень водообеспеченности, чтобы выигрыш от прибавки в урожае в благоприятные годы перекрывал потери от затрат на внесение удобрений и формирование структуры посева в неблагоприятные. Или, говоря другими словами, выигрыш от дополнительных ежегодных затрат на урожай в благоприятные годы должен быть выше суммы этих затрат в неблагоприятные [1, 2, 8].

Расчет водообеспеченности осуществляется по формуле:

$$WKo = WCp + I\,0 * D\,,$$

где: WCp – средние многолетние ресурсы продуктивной влаги, (мм);

I 0 – эмпирический коэффициент действия неучтённых факторов.

D – среднеквадратичное отклонение ресурсов продуктивной влаги за длительный промежуток времени в мм.

(для расчетов использовать приложение 2,3)

$$\delta = \sqrt{\frac{(W\,np - W_1)^2 + (W\,np - W_2)^2 + (W\,np - Wn)^2}{n-1}}\,,$$

где: W пр – ресурсы продуктивной влаги за годы наблюдений, мм;

N – количество лет наблюдений.

Урожайность, соответствующая климатически оптимальной стратегии находится по соотношению:

$$Удво = \frac{W\,ко}{Кт}\,.$$

Из-за неравномерности выпадения осадков по агроклиматическим районам области расчет действительно возможных урожаев по среднемноголетней влагообеспеченности и климатически оптимальной влагообеспеченности следует проводить дифференцированно для каждого хозяйства, а в дальнейшем для каждого поля с учетом почвенных особенностей и рельефа местности.



### *Вопросы для самопроверки*

1. По какой формуле определяются запасы продуктивной влаги?
2. Как рассчитать суммарное водопотребление культуры за период вегетации?
3. По какой формуле рассчитывается коэффициент водопотребления?
4. По какой формуле рассчитывается товарный коэффициент водопотребления (Кт)?
5. Как рассчитать действительно возможную урожайность по среднемноголетней водообеспеченности (Удв. ср. многол.)?
6. Какую формулу применяют для расчета водообеспеченности?
7. По какому соотношению находят урожайность, соответствующую климатически оптимальной стратегии?

## Работа 11. Расчет возможной урожайности по тепловым ресурсам

При высоком уровне агротехники достижение урожайности, соответствующей потенциальной возможности сортов, ограничивается климатическими условиями района, т. е. программируемый уровень урожайности не должен превышать величину урожая, обеспечиваемую климатическими факторами. Под климатически обеспеченным урожаем понимают такой уровень урожайности, который можно достичь в идеальных почвенных и агротехнических условиях, при ограничивающем действии различных метеорологических факторов. Уровень климатически обеспеченного урожая всегда меньше потенциально возможного. Основным лимитирующим фактором является влага, но немаловажное значение имеют и тепловые ресурсы агроклиматических районов [1, 2, 8,14].

Обеспеченность района влагой оценивается по величине коэффициента увлажнения:

$$Кувл = \frac{586 * W}{10^4 * \sum P},$$

где: W – водообеспеченность культур за период вегетации, мм;

ΣР – суммарный приход ФАР за период вегетации культуры, ккал/см$^2$;

586 – скрытая теплота испарения одного литра воды, ккал.

(для расчетов использовать приложение 1, 2, 3)

Величину возможного урожая можно вычислять и по формуле:

$$У_в = У_п \times К_{увл.},$$

где: $У_в$ – урожайность по водообеспеченности;

$У_п$ – урожайность потенциальная по приходу ФАР.

Но этот расчет не учитывает целого ряда факторов и такого важного фактора, как теплообеспеченность.

Связь между увлажнением и термическим режимом устанавливается гидротермическим показателем ГТП, который рассчитывается в баллах:

$$ГТП = 0,46 * К_{УВЛ.} * T\ V$$

где: ГТП – гидротермический показатель продуктивности;



Кувл – коэффициент увлажнения;

T V – период вегетации культуры в декадах.

Урожайность по ГТП рассчитывается на основании зависимости:

$$У\ ГТП = 22\ ГТП - 10,$$

где: Угтп – урожай сухой биологической массы, ц/га.

Для перевода в урожайность при стандартной влажности используют значения коэффициента хозяйственной эффективности Кх по ранее указанным формулам.

Для регионов с недостаточными тепловыми ресурсами необходима оценка возможной урожайности по сумме эффективных температур за период вегетации сельскохозяйственных культур. Этот расчет проводится для оценки потенциальной возможности зоны и выделения лимитирующего фактора, определяющего уровень действительно возможной урожайности. Для расчетов используют биоклиматический потенциал продуктивности БКП, который устанавливает связь между коэффициентами увлажнения и суммой эффективных температур:

$$БКП = К\ увл \frac{\sum T^o > .10^0 C}{1000^0 C},$$

где: К увл – коэффициент увлажнения;

ΣТ>10°С (5°С для озимых) – сумма эффективных температур за период вегетации свыше 10°С для поздних яровых и свыше 5°С для озимых культур;

1000°С – сумма эффективных температур на северной границе полевого земледелия.

Расчет урожайности по БКП проводится на основании формулы:

$$Убкл = В \times БКП,$$

где: У бкп – климатически обеспеченный по теплу урожай, т/га;

В – коэффициент, отражающий уровень культуры земледелия и использования ФАР посевами.

### *Вопросы для самопроверки*

1. По какой величине оценивается обеспеченность района влагой?
2. По какой формуле можно вычислить величину возможного урожая по влагообеспеченности?
3. Что осуществляет связь между увлажнением и термическим режимом?
4. Как рассчитывается гидротермический показатель продуктивности?
5. Что такое биоклиматический потенциал продуктивности (БКП) и по какой формуле рассчитывается?
6. По какой формуле осуществляется расчет урожайности по биоклиматическому потенциалу продуктивности (БКП)?



## Работа 12. Расчет норм удобрений под программируемый урожай

В настоящее время в практике расчета доз удобрений на программируемый урожай применяется целый ряд методов, но все они базируются на балансовом методе со статистическим обоснованием предлагаемых методик. Основным является **балансовый метод**. По этому методу норма удобрения определяется по каждому питательному элементу: учитывается вынос данного элемента урожаем растений, коэффициент использования элемента питания из удобрений, содержание его в почве и коэффициент использования этого элемента из почвы по формуле [2,5]:

$$Д д.в. = \frac{(У * В_1) - (П * Км * Кп)}{Ку}$$

где: Д д. в. – доза азота, фосфора, или калия на программируемую урожайность, кг/га д. в.;

$В_1$ – вынос NPK с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг;

П – содержание NPK в почве, мг/100 гр.;

Км – коэффициент перевода из мг/100 в кг/га, усредненные значения его для слоев почвы 0–22 см – 30 кг/га; 0–25 см – 34 кг/га; 0–28 см – 38 кг/га; 0–30 см – 41 кг/га;

Кп – коэффициент использования питательных веществ из почвы;

Ку – коэффициент использования питательных веществ из удобрений.

Предлагаемая логическая схема расчетов предусматривает определение в почве легкогидролизуемого азота и фосфора по Кирсанову.

Если под культуру вносится навоз, то формула приобретает следующий вид:

$$Д д.в. = \frac{(У * В_1) - (П * Км * Кп) + (Дн * Сн * Кн)}{Ку}$$

где: Дн – количество навоза, внесенного на 1 га в тоннах;

Сн – содержание элементов питания в 1 т навоза в килограммах;

Кн – коэффициент использования элементов питания из навоза.

Расчет осуществляется по следующей логической схеме:

1. Находим вынос NPK с урожаем Вобщ = У * В1.
2. Находим содержание элементов питания в почве П * Км.
3. Определяем возможное использование элементов питания из почвы П * Км * Кп – Вп .
4. Внесено элементов питания с навозом Дн * Сн.
5. Возможный вынос элементов питания из навоза Вн =Дн * Сн * Кн.
6. Всего будет вынесено из навоза и из почвы Вн + Вп.
7. Требуется довнести с удобрениями Ву = Воб – (Вн + Вп).
8. Необходимо внести с минеральными удобрениями.

$$Дэв = \frac{Ву}{Ку}$$

(для расчетов использовать приложение 5, 6, 7, 8).

Почвы имеют различную обеспеченность элементами питания. По степени обеспеченности они подразделяются на почвы с очень низкой обеспеченностью, низкой, средней, повышенной и высокой [5].

Получает распространение и комплексный метод, основанный на балльной оценке свойств почвы, определении цены бонитировочного балла и окупаемости удобрений урожаем. В этом случае расчет ведется на планируемый прирост урожая.

Таблица 15 – Расчет доз удобрений на планируемый урожай

| № п.п. | Показатели | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Заданный урожай ц/га | | | |
| 2. | Вынос на 1 ц основной и побочной продукций, кг | | | |
| 3. | Общий вынос на заданный урожай: кг/га | | | |
| 4. | Содержание в почве: мг/100 гр | | | |
| 5. | Содержание в почве, кг/га | | | |
| 6. | Будет усвоено из почвы, кг/га | | | |
| 7. | Необходимо внести недостающее количество NPK, кг/га | | | |
| 8. | Коэффициент использования NPK из почвы, % | | | |
| 9. | Необходимо внести с учетом коэффициента использования NPK из удобрений, кг/га | | | |
| 10. | Действующее начало удобрений, % | | | |
| 11. | Дозы удобрений в туках ц/га | | | |



***Вопросы для самопроверки***

1. Какой метод расчета доз удобрений на программируемый урожай является основным и, что положено в основу этого метода?
2. По какой формуле рассчитывается доза азота, фосфора или калия на программируемую урожайность при балансовом методе?
3. Какую схему применяют при внесении под культуру навоза?
4. На чем основан комплексный метод расчета доз азота, фосфора или калия на программируемую урожайность?
5. Методика расчета доз удобрений на планируемый урожай?

## Работа 13. Программирование урожаев при орошении

На орошаемых землях различают три уровня программирования: для достижения потенциального урожая (ПУ), действительно возможного урожая (ДВУ) и урожая в производстве (Уф).

Потенциальный урожай соответствует полной биологической продуктивности культуры, ее сорта или гибрида при идеальных метеорологических и агротехнических условиях. В таком случае он зависит от использования фотосинтетически активной радиации. В нашем случае на 3% уровне КПД ФАР.

В большинстве случаев метеоусловия в сельскохозяйственном производстве бывают хуже оптимальных. Их уровень определяет действительно возможный урожай, если продуктивность растений не ограничивается недостатком агротехники, т. е. по тепловым ресурсам, осадкам и фотосинтетическому потенциалу.

Таким образом, урожай в производстве определяется, в основном, уровнем агротехники и приемами мелиорации. Его ограничивают материальные факторы. В засушливой зоне это обеспеченность растений влагой и питательными веществами [2, 4, 8].

Уровни урожайности потенциальной и обеспеченной тепловыми ресурсами рассчитаны в предыдущих заданиях. Поэтому задача сводится к определению оросительной нормы в различных агроклиматических районах.

Среднюю оросительную норму нетрудно рассчитать, зная суммарное водопотребление культур за вегетационный период, которое рассчитывается по формуле:

$$E = Убиол * Квп$$

где: Е – суммарное водопотребление, мм/га;

Убиол – урожайность абсолютно сухой биомассы, ц/га;

Квп – коэффициент водопотребления, мм/ц абсолютно сухой биомассы.

Но коэффициент водопотребления величина, зависящая от целого ряда факторов, которые учесть довольно затруднительно. Поэтому в нашем расчете мы будем использовать показатель прихода ФАР за вегетационный период.

Известно, что испарение влаги из почвы и через транспирацию



(эвапотранспирация) происходит только за счет прихода солнечной энергии. Затраты энергии на испарение 1 л воды величина постоянная и соответствует 586 ккал/кг. Таким образом, зная приход ФАР за вегетационный период культуры легко рассчитать возможное испарение влаги из почвы, причем поступление воды с орошением не должно превышать этого значения в известных пределах, т. к. вода будет непродуктивно использоваться, уходя на фильтрацию и сток. Расчет осуществляется по соотношению:

$$E_0 = \frac{\sum P * 10^4}{586}$$

где: $E_0$ – возможное суммарное испарение влаги с поля, мм/га;

$\Sigma P*10^4$ – приход ФАР за вегетационный период.

Зная средние многолетние запасы доступной влаги в метровом слое почвы к моменту возобновления вегетации озимых и перед посевом яровых и средние многолетние осадки за этот период, рассчитываем усредненную оросительную норму по формуле:

$$Но = Ео - {}^{-}WП - О_с$$

где: НО – оросительная норма в мм;

WП – запасы доступной влаги в мм к моменту возобновления вегетации озимых или перед посевом яровых в метровом слое почвы;

Ос – осадки за этот же период в мм.

Усредненная оросительная норма корректируется в зависимости от складывающейся климатической обстановки.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие три уровня различаю при программировании урожаев при орошении?
2. По какой формуле рассчитывается средняя оросительная норма?
3. Что такое возможное суммарное испарение влаги с поля и как оно рассчитывается?

## Работа 14. Применение стимуляторов роста растений при программировании урожаев

Исследованиями Н.Г. Холодного, Ф. Вента др. ученых в 30-х годах нашего столетия было установлено наличие в растениях ростовых гормонов: индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и ее производных. Они получили общее название «ауксины» (от греческого слова – расти). ИУК также часто называют гетероауксином. ИУК ($C_{10}H_9NO_2$) – белое кристаллическое вещество. В сельском хозяйстве использование их чрезвычайно многообразно. Их применяют в садоводстве и лесоводстве, овощеводстве, полеводстве и луговодстве [1,2,5].

**Использование ауксинов для вегетативного размножения**. В садоводстве и лесоводстве активно используют размножение черенками. С помощью этого способа можно быстро и без потерь сортовых особенностей размножать ценные древесные культуры. Однако проблема в том, что далеко не все культуры укореняются хорошо: яблоня, груша, слива, большинство хвойных пород в этом случае корни образуют плохо или совсем не образуют. Открытие ауксина и его способности стимулировать корнеобразование быстро нашло широкое применение в практике сельского хозяйства. Обычно используют не саму ИУК, так как она быстро разрушается, а ее синтетические заменители: 2,4-Д, 2,4-ДМ, 1-НУК, ИМК. Особенно часто используют 1-НУК, ИМК, и калиевую соль 1-НУК, выпускаемую под названием КАНУ, которая хорошо растворяется в воде. Эти соединения наиболее стабильны и нефитотоксичны. Их применяют для замачивания зеленых и одревесневших черенков, взятых с 2-3-летних побегов. Черенки замачивают на 8-24 часа, погружая в раствор на $^1/_3$ или на $^1/_2$ их длины. Раствор готовят из расчета 25-70 мг препарата на 1 л воды. Можно использовать и кратковременную (5 сек.) обработку нижней части черенков в водно-спиртовом (1:1) растворе ИМК. Концентрация ИМК в этом растворе 2,5-5 г на 1 литр водно-спиртовой смеси. Для зеленых черенков, а также для черенков травянистых декоративных растений требуется меньшая концентрация ростовых веществ. Обработанные таким образом черенки высаживают в парники до полного укоренения. Конечно, при этом необходимо поддерживать оптимальную влажность почвы и воздуха, обеспечивать черенки достаточным количеством света [5].



**Использование ауксинов при пересадке**. Пересадка древесных и кустарниковых пород представляет немалый стресс для растений. Обусловлено это тем, что значительная часть корней при выкапывании саженца обрывается, особенно страдают их всасывающие окончания. Приживаемость растений на новом месте зависит от скорости восстановления корневой системы. Снятие стрессовой ситуации возможно на фоне применения регуляторов роста, в частности, ауксинов. Для этого срезы корней смазывают пастой из глины и торфа, приготовленной с добавлением растворов ИМК или 1-НУК. Можно помещать корни растений на сутки в растворы стимуляторов. После посадки дерево полезно полить водой с раствором ИМК или 1-НУК из расчета 5-10 мг препарата на 1 л воды. Приживаемость на новом месте обработанных таким образом деревьев значительно выше.

В настоящее время в продажу поступает аналог гетероауксина – корневин, действующим веществом которого является ИУК. Чтобы деревья лучше приживались на новом месте перед посадкой корневую систему саженца опудривают корневином. После высадки растения в корнеобитаемый слой почвы устанавливают корнепитатель «КП-100» (не забудьте вылить на место установки не менее 1 литра воды) и выливают в приствольный круг 2-3 литра рабочего раствора удобрения «Корневая смесь» (его готовят из расчета 70 г удобрения на 10 литров воды). Опудривать не надо, если корни выкопаны с комом земли. В этом случае поступают следующим образом. На месте новой посадки присыпают корневую систему дерева почвой, устанавливают корнепитатель «КП-100» и поливают под корень рабочим раствором корневина и удобрения «корневая смесь» – 3-5 литров в приствольный круг. Рабочий раствор готовят так: в 10 литрах воды растворяют 70 г удобрения и настаивают в течение 3-5 дней. Сливают раствор с нерастворившегося остатка в другую емкость и добавляют 1 пакетик (10 г) корневина.

**Использование ауксинов для стимуляции плодообразования [5, 8].** Ауксины используют для стимуляции плодообразования и получения бессемянных плодов. Чаще всего с этой целью применяют регуляторы роста при выращивании томатов, огурцов, баклажанов, перцев и некоторых других культур в теплицах, но возможно использование этого метода и на плантациях, особенно при неблагоприятных погодных условиях. Для этого в начале цветения растения опрыскивают

растворами 2,4-Д или 2,4,5-Т, 2-НОУК или 4Х, используя для получения раствора 40-50 мг препарата на 1 л воды. 2-НОУК эффективен и для опрыскивания грядок земляники.

Для обработки овощных культур чаще используют гетероауксин. Концентрация гетероауксина для обработки семян моркови – 600 мг на 1 литр раствора, столовой свеклы – 800 мг, томатов, огурцов – 500 мг/л. Усиливает действие гетероауксина совместное применение с витаминами. Кстати, и другие стимуляторы (например, янтарную кислоту) рекомендуют применять совместно с витаминами. Стимуляторы смешивают с витаминами в соотношении 600 мг/л гетероауксина + 100 мг витамина $B_1$ или такое же количество никотиновой кислоты, или же все три компонента. Семена моркови, свеклы, лука обрабатывают таким раствором 10-12 часов.

Сходное действие на растения оказывает и янтарная кислота. Опрыскивание растений картофеля 0,01% раствором янтарной кислоты ускоряет зацветание, картофель меньше поражается фитофторозом, урожай увеличивается на 35-50 кг с сотки. Используют янтарную кислоту и для обработок плантаций томатов. Опрыскивание растений для повышения продуктивности проводят в период бутонизации (40-60 мг/л) и повторяют трижды. Интервал между обработками – 7 дней. Расход раствора 2 литра на сотку. Регуляторы роста, широко используемые в практике овощеводства и садоводства приведены в таблице.

**Использование ауксинов для уменьшения опадения плодов**. У многих садовых растений (и прежде всего у яблонь и груш) начинается предуборочное опадение плодов. Падалица плохо хранится, имеет нетоварный вид, иногда по этой причине пропадает большая часть урожая. Обработка кроны в этот период ауксинами значительно снижает потери. С этой целью используют обычно растворы 1-НУК или 2,4-Д в концентрации 0,0001-0,001% (1-10 мг препарата на 1 л воды). Действие препарата сохраняется в течение 2-х недель со дня обработки. Предуборочное опрыскивание лимонов и апельсинов растворами 2,4-Д (8 мг/л) или 1-НУК (20 мг/л) не только уменьшает падалицу, но и замедляет созревание плодов. Такие плоды лучше хранятся, в меньшей степени подвергаются заболеваниям.

Обработка растений регуляторами роста ослабляет и отрицательное влияние заморозков на созревающий урожай, концентрацию препаратов при этом надо повысить до 30-40 мг на 1 л раствора.



**Использование ауксинов для прореживания цветков и завязей плодовых растений.** Садовые растения характеризуются, как известно, периодичностью плодоношения. Обычно обильное плодоношение сменяется низкоурожайным годом, и это очень не удобно для промышленного садоводства. Для регулирования урожайности можно применять ручное прореживание цветков и завязей при избыточном цветении, но это очень трудоемкая операция. Поэтому и в этом случае прибегают к синтетическим регуляторам роста – ауксинам. Для прореживания цветков и завязей у груш, яблонь, абрикосов, персиков обычно используют раствор 1-НУК в концентрации 15-50 мг/л. Кроны деревьев обрабатывают во второй половине периода цветения. Часть цветков при этом опадает, а оставшаяся часть получает лучшие условия для развития и в последующем из этих завязей формируются более крупные плоды. К тому же закладывается больше цветочных почек, и это обеспечивает урожай будущего года.

**Использование ауксинов для задержки цветения плодовых деревьев.** Большая часть территории нашей страны периодически испытывает нашествие поздних весенних заморозков, что наносит значительный ущерб садам. Для того, чтобы предотвратить повреждение цветущих деревьев заморозками прибегают к дымлению, используют локальный обогрев. Но эти способы борьбы далеко не всегда дают желаемый эффект. Ауксины и здесь могут прийти на помощь. Опрыскивание деревьев раствором 1-НУК (25-50 мг/л) осенью в период окончания роста побегов и начала закладки плодовых почек задерживает наступление периода цветения весной следующего года у яблонь и груш на 5-7 дней, абрикосов и персиков – на 10 дней. К тому же этот прием в год обработки ускоряет на несколько дней созревание плодов [5].

**Использование ауксинов при хранении клубней, корнеплодов и луковиц.** Вероятно, нет такого хозяина, который не сталкивался бы в своей повседневной жизни с проблемой хранения урожая. Причем, наиболее сложная часть проблемы – продление периода покоя у картофеля и овощей, ведь по причине преждевременного пробуждения точек роста и израстания теряется до 1/3 урожая. Прибавьте к этому ухудшение качества продукции. Картофель в средней полосе России даже при благоприятных условиях хранения начинает

прорастать в марте-апреле, а в южных регионах – в январе-феврале. Удаление ростков приходится проводить вручную.

Между тем, продление периода покоя вполне реально с применением все тех же ауксинов. Для этой цели используют метиловый эфир 1-НУК (препарат называется М-1) в смеси с растертой в порошок глиной. Слои картофеля при переборке обрабатывают порошком глины, содержащим 2,0-3,5% препарата М-1. На 1 тонну картофеля требуется 50-100 г препарата. М-1 резко тормозит прорастание глазков и потерю веса клубнями. Другой эффективный способ задержки прорастания клубней картофеля – опрыскивание ботвы за 2-3 недели до уборки 0,2% раствором ГМК (гидразида малеиновой кислоты). ГМК проникает в клубни и задерживает прорастание глазков в течение 8 месяцев при температуре +10 – 15°С. ГМК также способствует сохранению сахарозы в корнеплодах свеклы, ингибирует прорастание моркови, лука и других овощей при длительном хранении.

**Использование ауксинов для уничтожения сорняков**. В 1942 году было установлено, что в высоких дозах препарат 2,4-Д действует как гербицид избирательного действия. Он угнетает или уничтожает широколиственные сорняки и не оказывает вредного влияния на злаки. В настоящее время в практику сельского хозяйства внедрено множество гербицидов избирательного действия, наиболее широко известны 2,4-Д и 2М-4Х. Так, водным раствором 2,4-Д (0,6 – 1,5 кг/га) обрабатывают посевы пшеницы, ржи, кукурузы и других зерновых культур. Успех обработки в значительной степени зависит от правильно выбранной дозы с учетом видового состава и состояния растений, а также погодных условий.

Злаки проявляют наибольшую устойчивость к 2,4-Д в период кущения. Широколиственные сорняки, находящиеся в это время в начале развития, наоборот, особенно чувствительны к действию гербицида. Поэтому и проводить обработку рекомендуют именно в этот период. Однако надо иметь в виду, что 2,4-Д в почве сохраняет активность довольно длительное время. В последнее время ученые нашли способы повышения устойчивости культурных растений к высоким дозам 2,4-Д, и предупреждения у них возможных негативных реакций. С этой целью проводят предпосевную обработку семян зерновых культур гуминовыми препаратами



## Стимулятор роста Гиббереллин

***Гиббереллины*** – это группа гормонов растений, которые регулируют рост и различные процессы развития: прорастание семян, удлинение стебля, цветение, проявление пола [1, 2, 5, 12].

Гиббереллин – фитогормон, природный регулятор и стимулятор роста растений.

Повышает урожайность и качество овощных, плодово-ягодных культур. Гиббереллин очень эффективен как стимулятор прорастания семян. Он пробуждает семена от сна. Под его действием происходит мобилизация запасных питательных веществ при прорастании семян. Достаточно обработать семена слабым раствором гиббереллина, и количество и скорость прорастания семян резко увеличится. Гиббереллины заметно усиливают **вытягивание стебля** и у многих растений. Так, высота стебля у многих растений под влиянием опрыскивания гиббереллином увеличивается примерно на 30-50%. Существует зависимость между скоростью роста стебля растений и содержанием гиббереллинов. Гормоны способствуют выходу из состояния покоя, поэтому они могут быть использованы для ускорения прорастания семян. Гиббереллины успешно используются для повышения урожайности травы, бескосточковых сортов винограда, для повышения выхода волокна льна и конопли, при производстве солода, для увеличения вегетативной массы кормовых культур и других целей. Естественно, культуры, обработанные гиббереллинами, требуют повышенных доз удобрений.

Гиббереллины, подобно ауксинам, участвуют в разрастании завязи и образовании плодов.

В ряде случаев, при действии гиббереллина, возрастает общая масса растительного организма.

Препарат не перераспределяет питательные вещества, а способствует их общему накоплению.

**Гиббереллин и физиологические эффекты на растения:**

- значительно увеличивается количество бутонов-цветов-плодов;
- после обработки препаратом просыпаются и начинают активно развиваться растения, находившиеся в стадии покоя;
- сильно увеличивается скорость роста и высота растений;
- происходит линейный рост стебля;
- усиливает образование цветоносов и цветение;

- стимулирует производство энзимов, ферментов;
- задерживает старение листьев и плодов.

Стимулятор роста используют для **ускорения созревания** плодов и **повышения урожайности** на овощных культурах: помидоры, огурцы, арбузы, баклажаны, инжир, перец. Плоды созревают на 10-15 дней раньше срока, а урожайность в некоторых случаях повышается вдвое.

С помощью гиббереллинов растения цветут даже в условиях, при которых раньше они не давали цветов. В этом случае стимуляторы становятся как бы «заменителями» солнечного света.

В южных районах обработанные клубни гиббереллином позволяют получать два урожая картофеля в год. Чтобы получить семена моркови, нужно выращивать растение два года. Гиббереллин сократит этот срок наполовину.

Гиббереллин безопасен для человека, теплокровных животных, птиц, рыб, пчел. Не влияет на вкус и цвет плодов обрабатываемых растений. Не загрязняет окружающую среду.

Из перечисленных свойств гиббереллина видно, какие выгоды дает его применение сельскому хозяйству.

**Способ применения:** Гиббереллин применяют путем опрыскивания растений в разные периоды роста в зависимости от желаемого результата.

Для опрыскивания растений используют очень слабые водные растворы препарата. Повышение концентрации сверх рекомендуемой нормы, снижает его положительный эффект.

***Цитокинины.*** Процесс деления клеток в биологии именуется цитокинезом, отсюда и название этой группы соединений – цитокинины. К группе цитокининов были отнесены обнаруженная в кокосовом молоке N, N'- дифенилмочевина и выделенный в 1963 году из незрелых зерновок кукурузы зеатин. В настоящее время цитокинины обнаружены в микроорганизмах, водорослях, папоротниках, мхах и во многих высших растениях. Все естественно присутствующие в растениях цитокинины являются производными изопентениладенина. Однако содержание их в тканях растений очень мало. Так, для получения 1 миллиграмма зеатина необходимо переработать 70 кг незрелых семян кукурузы.

Наиболее высока концентрация цитокининов в развивающихся



семенах и плодах растений, причем именно в тех местах, где наблюдается активное деление клеток [5]. У сочных плодов в семенах содержание цитокининов выше, чем в мякоти. Более или менее значительные количества цитокининов обнаружены также в меристематических зонах корней и камбии. Существует четкая зависимость между интенсивностью роста и содержанием цитокинина в органах. Например, в покоящихся луковицах содержание цитокининов очень низкое, но оно значительно возрастает к моменту прорастания. Основным местом синтеза цитокининов в растениях считают меристему кончиков корней. Они были обнаружены в пасоке (ксилемный сок растений), что позволило предположить возможность перемещения цитокининов по сосудам ксилемы к растущим частям растений: развивающимся почкам, семенам, плодам, междоузлиям и молодым листьям.

В настоящее время синтезировано большое количество соединений, обладающих цитокининовой активностью. В основном это производные аденина. Цитокинины участвуют в регуляции физиологических процессов у высших растений, причем, как и другие фитогормоны, они обладают полифункциональностью действия. Однако наиболее типичный эффект от применения цитокининов – стимуляция деления клеток. Интересно, что этот процесс не индуцируется одним цитокинином или одном ауксином: лишь определенное сочетание этих гормонов приводит к активному делению клеток. Влияют цитокинины и на закладку и развитие генеративных органов. При обработке цитокининами ускоряется зацветание многих растений, причем в этих процессах цитокинины действуют совместно с гиббереллинами. Важную роль играют цитокинины и в формировании пола у цветка. Они способствуют закладке женских цветков у огурца, шпината, кукурузы, конопли. Цитокинины способствуют прерыванию покоя спящих почек древесных культур, клубней, семян некоторых растений. Именно на этом свойстве основано применение цитокининов для повышения всхожести долго хранившихся семян. Участвуют цитокинины в регуляции обмена веществ уже закончивших рост органов.

***Кинетин***, например, задерживает процессы старения и распада. Неблагоприятные факторы среды – засуха, затопление, низкие температуры, засоление – резко замедляют поступление цитокининов с пасокой в надземные органы. Побеги в результате замедляют рост,

листья быстро стареют. Обработка цитокининами растений, находящихся в стрессовой обстановке, значительно улучшает их состояние, а в случае затопления – полностью устраняет неблагоприятные последствия.

В настоящее время цитокинины используются при размножении генетически ценных сортов сельскохозяйственных и древесных растений используют культуру каллусных тканей. Разрабатываются методы выращивания больших масс каллусных тканей лекарственных растений и для получения препаратов, необходимых в медицине. Другой пример: для оздоровления пораженных вирусной инфекцией культур (картофеля, земляники, гвоздики и т.д.) целые растения выращивают из меристем стеблевого конуса нарастания, клетки которого не содержат вирусов. Как при получении дифференцированной каллусной ткани, так и для поддержания функциональной активности изолированных тканей и органов обязательным используется цитокинин наряду с ауксином. Синтетические цитокинины могут использоваться для получения более кустистых форм растений, для торможения старения, для повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды, для сдвига выраженности пола в женскую сторону.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Как называются в растениях ростовые гормоны - индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и ее производных?
2. Использование ауксинов для вегетативного размножения.
3. Использование ауксинов при пересадке древесных и кустарниковых пород.
4. Использование ауксинов для стимуляции плодообразования.
5. Использование ауксинов для уменьшения опадения плодов.
6. Использование ауксинов для прореживания цветков и завязей плодовых растений.
7. Использование ауксинов при хранении клубней, корнеплодов и луковиц.
8. Использование ауксинов для уничтожения сорняков.
9. Физиологические эффекты гиббереллинов на растениях.
10. Способ применения гиббереллинов.
11. В каких процессах участвуют цитокинины?



## Работа 15. Определение и сокращение потерь урожая от вредных насекомых и болезней

**Методы определения потери урожая**. Чтобы определить потери урожая от того или иного вредителя, прежде всего нужно узнать, в какой мере отражается повреждение растения на его урожайности, то есть установить коэффициент вредности; затем определить процент поврежденных растений в посеве [1, 2, 4, 8, 12, 14].

Коэффициенты вредности необходимо определить по всем типам и степеням повреждения, если только растение не уничтожено полностью или не погибло; в последнем случае потеря урожая составляет 100%. Повреждение всходов, листьев, стеблей, зерна в колосе – все это соответственным образом отражается на растении, его развитии, росте и, в конце концов, урожайности.

Прежде всего, нужно определить коэффициенты вредности при повреждении клубеньковыми долгоносиками листьев гороха, вики, кормовых бобов; при уничтожении клубеньков на корнях; при повреждении шведской мухой молодых стеблей кукурузы, яровых и озимых хлебов; при повреждении зеленоглазкой колосоносных стеблей; при высасывании сока у растений тлями, высасывании зерен трипсами, повреждении семян гороха гусеницами плодожорки [2, 14, 18].

Для определения коэффициента вредности очень важно подобрать одинаковые по степени развития растения, тогда можно с большей достоверностью установить разницу между урожаем здорового и поврежденного растения.

С наибольшей точностью определяется коэффициент вредности в вегетационном опыте.

Коэффициент вредности показывает в процентах потерю урожая поврежденными растениями.

Коэффициент вредности, или степень снижения урожая поврежденными растениями, величина непостоянная, изменяется в зависимости от срока повреждения растений, сорта и агротехники.

Раннее повреждение растения при недостаточном питании и влажности сильнее отражается на снижении урожайности. Слабые по развитию сорта, менее устойчивы к повреждению, имеют высокий коэффициент вредности.

При повреждении шведской мухой главного стебля у яровой пше-

ницы урожай растения снижается в среднем на 50%, при повреждении боковых стеблей – на 20%.

Зеленоглазка понижает урожайность колоса в среднем на 30%. При объедании клубеньковыми долгоносиками листьев гороха и вики растение теряет не менее 40% урожая зерна. От повреждения гороховой плодожоркой масса зерна снижается на 10–20%.

Количество поврежденных растений в посеве бывает различно и зависит от интенсивности размножения вредителей, а также от проведения тех или иных агротехнических и химических мероприятий.

Следовательно, яровая пшеница потеряла в результате повреждения шведской мухой 16,6%, повреждения зеленоглазкой – 12,9%, а всего почти 30% зерна, то есть вредители уничтожили третью часть урожая. При урожайности 15 ц потеря составляет 5 ц зерна с гектара [4, 15].

**Методика определения коэффициента вредности шведской мухи.** Для точного установления коэффициента вредности очень важно методически правильно проводить исследования [18, 19].

Для определения коэффициентов вредности необходимо распределить растения по группам. В первую группу входят растения с одним стеблем, по развитию резко отличающиеся от других. Далее растения разбиваются по два стебля на каждую группу, в результате у яровой пшеницы устанавливают четыре группы, в которых растения имеют: 1) один стебель; 2) 2-3 стебля; 3) 4-5 стеблей; 4) 6-8 стеблей. В последних трех группах растения, в свою очередь, разбивают на здоровые и поврежденные, после этого определяют вес здоровых и поврежденных растений данной группы.

При повреждении одного стебля у растений с общей кустистостью 2-3 коэффициент вредности определен нами в размере 13-26%. У растений с 4-5 стеблями при повреждении одного стебля коэффициент вредности установлен в пределах 16-30%, а при повреждении двух стеблей – 33-41%. У слабо кустившихся растений повреждение одного стебля снижало урожай на 6-13%.

От повреждения шведской мухой яровых хлебов урожай снижается за счет уменьшения числа колосоносных стеблей в посеве. Например, в одном посеве яровой пшеницы имелось у 100 поврежденных растений 127 колосоносных стеблей, у здоровых значительно больше – 192; разница на 34% - в результате значительного уменьшения количества колосьев в посеве и происходит потеря урожая от шведской мухи.



**Определение потери урожая от шведской мухи на зерновых колосовых культурах.** Чтобы установить потерю урожая от шведской мухи, необходимо определить процент поврежденных растений и стеблей в посеве. В течение многих лет установился следующий метод учета повреждаемости яровых хлебов различными вредителями. Первый учет проводится в начале кущения на повреждаемость главных стеблей шведской мухой и проволочниками. Второй, более подробный, анализ растений проводится в начале колошения.

Пробы растений для анализа на повреждаемость берут с 16 погонных полуметров рядового посева диагонали участка. После чего в лаборатории каждое растение в пробе просматривается и записывается по следующим образам:

Процент поврежденных кустившихся растений выводится из процента кустившихся растений и процента поврежденных растений в боковые стебли.

Данная схема позволяет установить полную картину состояния растений на изучаемом посеве как со стороны кустистости, так и в отношении повреждения вредителями [11, 18].

В связи с тем, что яровая пшеница имеет чаще всего слабую кустистость, можно ограничиваться двумя группами: 1) повреждение шведской мухой главных стеблей (коэффициент вредности 50%) и 2) повреждение растений в боковые стебли (коффициент вредности 20%).

**Определение потери урожая от шведской мухи на кукурузе.** При определении коэффициента вредности необходимо учитывать особенности развития и роста кукурузы, своеобразный характер повреждения листьев личинками шведской мухи. Растения нужно рассортировать на группы по степени повреждения и установить по каждой из них коэффициенты вредности.

И.Д. Шапиро (ВИЗР) группирует поврежденные растения по пятибалльной шкале [19]:

1. На растениях слабые следы повреждения в виде дыр или гофрированности на нескольких листьях. На рост кукурузы повреждения влияют слабо.
2. Повреждения более сильные или средние на большом числе листьев. Часть листьев измочалена или они укорочены. Растения отстали в росте. Междоузлия слегка сближены.

3. Междоузлия заметно сближены. Поврежденных листьев много, они повреждены сильнее.
4. Кроме листьев, частично или совсем поврежден конус нарастания, в результате чего основной стебель перестает расти; растения образуют пасынки.
5. Вследствие разрушения конуса нарастания стебель перестает расти, пасынки не образуются.

В. А. Мегалов (ТСХА) установил четыре типа повреждений:
1) полная гибель растений;
2) гибель центрального стебля – образование дополнительных боковых стеблей;
3) повреждение (продырявливание или скручивание) четырех листьев и более;
4) повреждение трех листьев и менее.

Необходимо разбить поврежденные растения на четыре группы, собственно те же, что и по И.Д. Шапиро [19], за исключением третьего балла, который весьма неопределенный.

В четырех группах видна разная степень повреждения листьев и разная реакция на повреждение центрального стебля в ранней фазе развития:
1) на листьях имеются округлые сквозные дырочки;
2) листья разорваны продольно, растения отстают в росте;
3) центральный стебель поврежден; растения образуют боковые стебли «пасынки»;
4) центральный стебель поврежден, растения погибают.

Для установления коэффициента вредности по каждой группе необходимо на посевах кукурузы, когда уже четко выявится повреждение, отметить этикетками из пергамента или клеенки поврежденные растения с указанием степени повреждения. Этикетку складывают вдвое и привязывают суровой ниткой к растению. По каждой группе надо отметить 50–100 растений. Во время уборки растения разбивают по группам, взвешивают и определяют средний вес на одно растение. Здоровых растений берется не менее 100, чтобы с большей точностью определить вес.

Зная на каждом поле процент поврежденных растений по группам и коэффициенты вредности к ним, можно определить потерю урожая кукурузы от шведской мухи.



**Определение вредности зеленоглазки на яровой пшенице и ячмене.** При слабой кустистости вполне возможно сравнивать поврежденные растения со здоровыми. При большой энергии кущения поврежденный колос вместе с другими здоровыми колосоносными стеблями не дает четкой картины потери урожая. В этом случае мы сравнивали поврежденный стебель с равноценным по мощности развития здоровым стеблем.

**Определение потерь урожая от клубеньковых долгоносиков.** Для определения коэффициента вредности на горохе, вике и бобах, когда полностью выявится интенсивность повреждения, отмечают поврежденные растения этикетками с обозначением степени повреждения листьев по пятибалльной шкале: 0 – повреждений нет; 1 – слабое повреждение листьев, до 25%; 2 – среднее повреждение, до 50%; 3 – сильное повреждение, свыше 50%; 4 – полное уничтожение листьев [3, 18, 19].

Одновременно с этикетировкой на посевах учитывают поврежденные растения также по пятибалльной шкале.

При уборке заэтикетированные растения разбирают по группам, определяют урожай по каждой группе и вычисляют коэффициент вредности. После этого определяют потерю урожая.

Учет повреждаемости клубеньков проводят после цветения зернобобовых культур. При определении потерь урожая от клубеньковых долгоносиков принимают во внимание и степень повреждения клубеньков.

**Определение вредности гороховой плодожорки.** После уборки урожая определяется процент поврежденных зерен. Затем отбирают 1000 здоровых зерен и 1000 поврежденных для вычисления коэффициента вредности, после чего определяют потери урожая, снижение семенных и пищевых качеств гороха.

Под потерями урожая от болезней растений понимают недобор урожая вследствие поражения растений той или иной болезнью. Недобор урожая при этом может быть следствием как прямого снижения урожайности, так и низкого качества полученной продукции. В тех случаях, когда больное растение совсем не дает урожая (при полном разрушении репродуктивного органа головней, например, или полной гибели всего растения вследствие увядания), потери называют явными, или прямыми видимыми. Такие потери определяют непосредственно по проценту пораженных растений.

Если же болезнь не вызывает полной гибели урожая, а в зависимости от интенсивности ее развития приводит к разной степени недобора урожая, потери устанавливают сравнением фактического урожая, полученного с больных и здоровых растений (с одного растения, с 1 м$^2$ или с 1 га). Такие потери называют прямыми скрытыми. Их вычисляют по формуле:

$$Q = (A-a)100/A,$$

где: $Q$ – потери урожая, %; А – урожай здоровых растений; а – урожай больных растений.

Размеры потерь урожая зависят не только от вида болезни и интенсивности ее развития, но и от таких факторов, как погода, агротехника, степень восприимчивости сорта, фаза, в которую началось развитие заболевания, фаза, в которую оно достигло максимального развития, и др.

Таблица 16 – Примерные потери урожая зерна пшеницы (%) от ржавчины (по К. М. Степанову и А.Е. Чумаку, 1972)

| Развитие болезни, % | Бурая ржавчина | | | Желтая ржавчина | | Линейная ржавчина |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | фаза колошения | фаза цветения | фаза молочной спелости | фаза колошения | фаза налива зерна | фаза полной спелости зерна |
| 10 | 8,0 | 1,0 | 0 | 6 | 3,4 | 0,5 |
| 20 | 7,8 | 2,3 | 0,8 | 12 | 5,8 | 3,4 |
| 30 | 13,3 | 5,4 | 1,4 | 18 | 9,3 | 8,0 |
| 40 | 20,0 | 10,0 | 3,0 | 24 | 13,3 | 15,0 |
| 50 | 26,0 | 14,0 | 6,0 | 30 | 17,7 | 29,0 |
| 60 | 32,0 | 18,0 | 8,8 | 36 | 22,2 | 43,0 |
| 70 | 37,2 | 22,1 | 11,5 | 42 | 26,0 | 54,0 |
| 80 | 41,5 | 26,5 | 14,4 | 48 | 28,5 | 61,0 |
| 90 | 45,8 | 30,8 | 17,0 | 54 | 30,6 | 68,0 |
| 100 | 50,0 | 35,0 | 20,0 | 60 | 33,0 | 75,0 |

Для сокращения потерь урожая важно выбрать оптимальные сроки уборки зерновых. Обобщение результатов многолетних исследований в регионе свидетельствует, что при запаздывании с уборкой потери (недобор) урожая зерна на 10-й день после оптимального срока составляет у озимых около 5 %, на 15-й день - 10-12 %, у проса соответственно - 11 и 20 %, у яровой пшеницы - около 15 и 28 %. Поэтому, в целях сокращения потерь, следует использовать все возможности для организации двух- трехсменной работы на косовице и обмолоте, группового метода комбайновой уборки, технического обслуживания и т.д.



Определение потерь урожая - важнейший этап контроля болезней растений, необходимый для объективного планирования и оценки его эффективности. Оно позволяет выявить хозяйственную роль того или иного патогенного комплекса, сравнить эффективность сдерживания болезней при использовании различных препаратов и технологических приемов.

Оценить потери урожая можно путем непосредственного сравнения урожая в опытном и контрольном вариантах.

Особенностью проведения уборочных работ в условиях текущего года является то, что погода вегетационного периода пока складывается слабо дождливая и с повышенным температурным режимом. Вероятно, что часть зерновых культур будет низкостебельная, в ряде случаев полеглая, разновозрастная и с повышенной засоренностью. При организации уборки таких хлебов, нужно будет умело сочетать раздельный способ уборки и прямое комбайнирование [1, 2, 4, 18, 19].

Раздельным способом, в первую, очередь должны убираться неравномерно созревающие, высокостебельные, засоренные сорняками, легко осыпающиеся культуры. Начало скашивания таких полей в валки можно будет начинать при влажности зерна 30-35 %.

Одна из важных задач при уборке озимых – получение необходимого количества семян для посева. При этом необходимо правильно отрегулировать зазоры и режим работы молотильного аппарата, чтобы меньше травмировать семена.

Особое внимание необходимо уделить выбору способа движения комбайнов и разбивке полей на загоны. При уборке полеглых хлебов длинные стороны загонов целесообразно располагать под углом 30-35° к направлению полегания хлебов, а также использовать стеблеподъемники.

С целью снижения потерь зерна, все комбайны должны быть тщательно отрегулированы на убираемые культуры. Места всех сочленений необходимо герметизировать с помощью прорезиненных ремней или металлических щитков [1, 2, 4, 18, 19].

До начала уборочных работ необходимо осмотреть поля, устранить все препятствия, подготовить дороги, обкосить поля. Это позволит увеличить производительность уборочной техники.

Высокая засоренность посевов, возможность полегания хлебов, высокая нагрузка на единицу техники, отсутствие сушильного хозяйства создают определенные трудности в проведении уборки.

Прежде всего, следует обратить внимание на четкую организацию работ, управление уборочным процессом, рабочую и технологическую дисциплину.

Высокопроизводительное использование уборочной техники достигается в комплексах и звеньях.

Поле, где будут работать комплексы, нужно заранее готовить к уборке: выровнять проселочные и полевые дороги, осмотреть площади и устранить различные препятствия, провести обкосы и прокосы, сделать противопожарные распашки и опашки. Эти мероприятия позволят уменьшить потери на уборке и перевозке хлеба, повысить производительность автомобилей при обслуживании агрегатов.

Составить план-маршрут передвижения уборочных агрегатов, сократить время на переоборудование комбайнов и непроизводительное использование транспорта.

Урожайность во многом зависит от степени налива. Он прекращается при сухой погоде к началу восковой спелости, а при влажной - к концу восковой спелости. Уборку хлебов следует начинать в фазе восковой спелости зерна. При раздельном способе уборки влажность зерна должна быть у озимой ржи, озимой пшеницы, овса - 28-30 %, у яровой пшеницы, ячменя - 25-27 %. Обмолот начинать при влажности зерна 14-16 %. Промедление, особенно при неустойчивой погоде, ведет не только к потерям, но и ухудшению качества зерна, его прорастанию. При задержке с уборкой, особенно во влажную погоду, возрастает пораженность семян альтернариозом и гельминтоспориозом. Необходимо помнить, что при уборке, переработке и хранении влажного зерна усиливается его повреждение возбудителями болезней и накопление опасных для людей и животных микотоксинов [19].

Один из важных вопросов на уборке - борьба с потерями урожая. Обязательной остается тщательная герметизация комбайна, и в первую очередь: пространства между подборщиком и пальцевым брусом; место сочленения жатки с наклонной камерой; днища наклонной камеры; отверстия в боковинах молотилок; верхней головки колосового и зернового элеваторов. По данным производственного опыта, потери зерна в хозяйствах без герметизации мест утечки у комбайна достигает 6 % и более.



В борьбе с потерями значительную роль играет внедрение пооперационной регулировки рабочих органов зерноуборочных агрегатов - сначала регулируют жатку комбайна, затем молотильно-сепарирующую систему. В этом случае потери зерна снижаются более чем в 3 раза, увеличивается производительность агрегатов, уменьшается повреждение зерна. Дополнительную настройку рабочих органов комбайнов осуществляют при изменении влажности хлебной массы в течение дня.

Правильная подготовка зерна к хранению обеспечивает надежную ее сохранность. При несоблюдении технологии подготовки зерна нельзя обеспечить хорошую сохранность даже в самых совершенных хранилищах.

Задача хранения зерна и семян в хозяйствах состоит в том, чтобы обеспечить полную сохранность количества и качества зерна при минимальных затратах труда и денежных средств.

Особое внимание в хозяйствах должно уделяться хранению зерна семенного назначения. Свежеубранные семена не всегда обладают хорошими посевными качествами, так как в них не завершился период послеуборочного дозревания. Продолжительность периода послеуборочного дозревания у различных культур разная, от 3 недель до 5 месяцев. Короткий период послеуборочного дозревания у озимых культур. Условия, ускоряющие прохождение периода послеуборочного дозревания следующие: влажность зерна 13-14 %, температура окружающей среды +20 +300С, наличие кислорода воздуха в межзерновом пространстве. Если условия хранения окажутся благоприятными, то в зерне повышается всхожесть, энергия прорастания, т.е. посевные качества семян улучшаются. Улучшаются и некоторые технологические свойства, повышается объемный выход и качество хлеба.

Правильно проведенная тепловая сушка семян с повышенной влажностью или воздушно-солнечная сушка зерна с влажностью 16 % способствует повышению посевных качеств [1, 18].

Хранение и переработка зерна являются важнейшей составной частью инфраструктуры зернового рынка.

Первичный рынок – это закупки зерна. Стабильность его зависит от предложений на покупку зерна, но спрос на зерно есть всегда.

Вторичный зерновой рынок определяется спросом на продукты переработки.

Чтобы обеспечить режим хранения, защищать зерно от воздействий окружающей среды, исключить потери в массе и качестве, хранение зерна должно быть организовано в специальных хранилищах.

Зернохранилища сооружаются с учетом физических свойств зерновой массы. Влажность воздуха в зернохранилищах должна поддерживаться на уровне 60-75 % в течение всего периода хранения, что соответствует равновесной влажности 13-15 % для всех зерновых культур.

Зернохранилища должны быть удобными для проведения работ по дезинсекции (обеззараживанию) от насекомых вредителей, птиц и грызунов.

Особое значение приобретают средства механизации хранилищ, которые позволяют сократить затраты труда.

Существует два типа зернохранилищ - склады и элеваторы. Емкость сладов от 100 до 1000 т. В складах малой емкости, как правило, отсутствует механизация. Вновь строящиеся склады возводятся по проектам, предусматривающим механизацию работ по загрузке зерна.

Склады, в зависимости от проекта, бывают одноэтажные с горизонтальными полами и бункерного типа. Склады бункерного типа делают из металла различной емкости на 15-50-200 т. Бункерные склады оборудованы средствами для загрузки и выгрузки зерна. Металлические бункера хорошо защищают зерновую массу от доступа вредителей и влаги.

Склады используются для хранения фуражного и семенного назначения. Семенное зерно хранится в складах закромного типа, фуражное насыпью. Часть семенного зерна хранится в таре, в мешках. Так хранят семена «Элиты» и первой репродукции, семена кукурузы.

Основная масса продовольственного зерна хранится в элеваторах.

Элеватор - мощное промышленное предприятие для приема, обработки, хранения и отпуска зерна. Это фабрика по доведению зерна до необходимых кондиций в зависимости от целевого назначения.

Экономически выгодны крупные элеваторы на 100 тыс. т зерна и более. Элеваторы оборудованы централизованной системой управления, осуществляемой диспетчером с пульта.



На длительное хранение можно закладывать семенной материал с показателями качества по влажности и засоренности, предусмотренными соответствующими ГОСТами. При длительном и кратковременном хранении не допускается снижение посевных качеств семян, смешивание семян разных сортов гречихи и засорение их семенами других культур и сорняков.

Перечень работ по подготовке хранилищ включает:

- очистку помещений и прилегающей территории от мусора, растительных остатков и посторонних предметов;
- выявление и устранение неисправностей и повреждений крыш, стен, окон, дверей, заделку трещин и выбоин в полу;
- доукомплектование помещений противопожарными средствами, контрольными приборами (термометрами, психрометрами), мелким инвентарем (совки, лопаты и т. п.), средствами малой механизации.

После очистки помещений проводят дезинфекцию и обеззараживание. Наиболее простой способ дезинфекции состоит в побелке свежегашеной известью или известково-керосиновой эмульсией (0,5 л на 1 м$^2$ поверхности).

Более совершенный способ обеззараживания - применение аэрозолей или инсектицидных дымовых шашек массой 2 кг (3-4 шашки на 1000 м$^2$). После проведения этих работ помещение тщательно высушивают и проветривают.

Для борьбы с грызунами используют химические средства в виде отравленных приманок, различные механические ловушки, бактериологические (культуры мышино-крысиного тифа) средства.

Под хранилища семенного фонда выделяют лучшие складские помещения. Допустимая высота насыпи семян кондиционной влажности в холодное время года составляет 3,0 м, или восемь рядов мешков в штабеле, в теплое время высоту насыпи необходимо уменьшить до 2,5 м. При этом недопустимо смешивание семян разных сортов и видов. Мешки укладывают на настилы из досок или на деревянные поддоны, расположенные на высоте от пола не менее 15 см. Мешки с семенами 2 раза в год перекладывают: мешки, которые были в нижних рядах, размещают наверху и наоборот.

Ширина штабеля составляет не более 2,5 м. Проходы между штабелями и стенкой оставляют равными 0,7 м, а проходы, используемые для погрузки мешков, - 1,5 м. В одном помещении с семенами запрещается хранить продовольственное и фуражное зерно и тем

более зерноотходы, полученные при очистке семян, так как это приводит к заражению семян амбарными вредителями. Каждую партию семян, поступающих на хранение, взвешивают, нумеруют, снабжают этикеткой определенной формы, записывают в шнуровую Книгу учета.

В процессе хранения систематически определяют температуру, влажность, всхожесть семян, изменение цвета и запаха [1,2,4,18,19].

В начальный период хранения эти показатели оценивают ежедневно, а через 1-2 мес. - еженедельно. Весной семена проверяют каждый день. Изменение цвета семян, взятых буром из различных мест хранения, появление несвойственных запахов свидетельствуют о нарушении правил хранения. Семена, подвергшиеся самосогреванию, после охлаждения следует просушить до влажности не более 14 %.

Семена каждой партии проверяют на зараженность амбарными вредителями и болезнями, отбирая пробы из различных мест насыпи. При влажности семян менее 15 % и температуре ниже 0 °С образцы отбирают 1 раз в месяц, а при температуре выше 10 °С –3 раза в месяц.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Методы определения потери урожая от вредителей.
2. Для чего определяют коэффициенты вредности?
3. Где с наибольшей точностью определяется коэффициент вредности от вредителей?
4. Что такое коэффициент вредности и что он показывает?
5. Методика определения коэффициента вредности от вредителей?
6. Как группирует И.Д. Шапиро поврежденные растения от вредителей?
7. Какие четыре типа повреждений от вредителей установил В.А. Мегалов?
8. Что понимается под потерями урожая от болезней растений?
9. По какой формуле вычисляют прямые скрытые потери урожая?
10. Какие агротехнические приемы способствуют сокращению потерь урожая от вредителей и болезней?

,



## Работа 16. Агротехнические основы и практические приемы программирования урожаев

### Расчет весовой нормы высева

В начале вычисляют посевную годность по формуле:

$$ПГ = \frac{Ч \cdot В}{100},$$

где: ПГ – посевная годность, %;

Ч – чистота семян, %;

В – всхожесть семян, %.

Исходя из установленной нормы высева по числу всхожих семян, с учетом почвенно-климатических условий и биологических особенностей сорта, расчет весовой нормы высева для культур сплошного посева проводится по формуле:

$$Н = \frac{А \cdot М \cdot 100}{ПГ},$$

где: Н – норма высева, кг/га;

А – норма высева, млн. всхожих семян на 1га;

М – масса 1000 семян, г.

Норму высева семян для кукурузы определяют по формуле:

$$Н = \frac{Гсм \cdot 100}{100 - (Лв \cdot Сн) : 10},$$

где: Н – норма высева семян, шт./га;

$Г_с$ – планируемая густота стояния растений, шт./га;

$Л_в$ – лабораторная всхожесть, %;

$С_н$ – страховая надбавка, %.

Весовую норму высева определяют по формуле:

$$В = Н \times М,$$

где: В – весовая норма высева семян, кг/га;

Н – норма высева семян, млн. всхож. семян/га;

М – масса 1000 семян, г.

## Посев (посадка)

На основании данных научных учреждений и практики передовых хозяйств РСО - Алания, с учетом почвенно-климатических условий, целей и направления возделывания, биологических особенностей сорта, обосновываются сроки, способы и глубина заделки семян с.-х. культур, указываются марки с.-х. машин, требования к качеству работ [1, 7].

**Уход за посевами.** Мероприятия по уходу за посевами (прикатывание, довсходовое и послевсходовое боронование, внесение гербицидов, подкормки, применение ретардантов и др.), в целях получения запрограммированной урожайности, проектируются с учетом способа посева, состояния растений, сроков прохождения фаз развития, погодных условий, особенностей почвы.

Таблица 17 – Уход за посевами РСО - Алания

| №п. п. | Наименование работ и их последовательность выполнения | Фаза роста и развития растений | Сроки проведения работ | Препараты и их дозы | Марка с.-х. машин | Требования к качеству работ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |
| 4. | | | | | | |
| 5. | | | | | | |

**Уборка урожая.** Планирование и обоснование мероприятий по уборке проводится на основании данных научных учреждений и опыта передовых хозяйств. При этом необходимо учитывать погодные условия, рельеф местности, продолжительность вегетационного периода сорта, особенности его созревания. Условия созревания и сроки уборки влияют на величину и качество урожая. Следует указать наименование работ и их последовательность, отметить марки применяемых с.-х. машин, требования к качеству работ, обосновать способы уборки применительно к фазам спелости [1, 2, 4, 7, 13].



## Вопросы для самопроверки

1. По какой формуле рассчитывают посевную годность?
2. Какие показатели применяют и по какой формуле рассчитывают норму высева сельскохозяйственных культур?
3. По какой формуле рассчитывают весовую норму высева сельскохозяйственных культур?
4. На основе чего осуществляют посев сельскохозяйственных культур?
5. Какие агроприемы применяются по уходу за растениями?
6. Какие особенности учитывают при уборке урожая?

## ГЛОССАРИЙ

1. **Агротехнический прием** – операция по подготовке семян к посеву, основной и предпосевной обработке почвы, внесению удобрений, посеву, уходу за посевами, применению пестицидов, уборке урожая, выполняемая при возделывании культурных растений.

2. **Агрофитоценоз (ценоз, посев)** – сообщество растений полевой культуры.

3. **Ассимиляционная поверхность** – площадь поверхности зеленых органов растений, содержащих хлорофилл, в которых может осуществляться фотосинтез. Наибольшую часть ассимиляционной поверхности растений составляют листья. Обычно в динамике, в процессе вегетации, определяют площадь листьев в расчете на одно растение и на единицу поверхности почвы.

4. **Биологическая урожайность** – количество продукции, выращенной на единице площади.

5. **Биологический азот** – азот воздуха, включенный в биологический синтез.

6. **Вегетационный период** – период от посева семян до созревания (от всходов до созревания). В течение вегетационного периода формируются и развиваются отдельные элементы продуктивности растений, осуществляется продукционный процесс.

7. **Всхожесть лабораторная** – процент семян, давших нормальные проростки при условиях и за период времени, определенных для каждой культуры ГОСТом.

8. **Всхожесть полевая** – количество всходов в полевых условиях, выраженное в процентах от числа высеянных всхожих семян.

9. **Вымерзание растений** – гибель растений в результате образования льда в клетках растений при низких температурах.

10. **Вымокание растений** – гибель растений от недостатка кислорода при длительном скоплении воды на пониженных участках.

11. **Вынос элементов питания с урожаем** – отчуждение с поля элементов минерального питания 1 т основной продукции и соответствующим количеством прочей органической массы.

12. **Выпирание растений** – выталкивание на поверхность почвы корневой шейки или узла кущения растений из-за образования в



почве льда при весеннем вторичном промерзании почвы, приводящее к разрыву корневой системы.

13. **Выпревание растений** – осенняя гибель переросших растений озимых культур от истощения при выпадении снега на талую почву.

14. **Глубина посева** (глубина заделки семян при посеве) – расстояние по вертикали от высеянных семян до поверхности почвы.

15. **Густота растений** – число растений на 1 м$^2$, на 1 га.

16. **Густота стеблестоя** – число стеблей растений на 1 м$^2$, на единице площади.

17. **Десикация** – предуборочное подсушивание растений химическими препаратами – десикантами для ускорения созревания и облегчения уборки урожая.

18. **Дефолиация** – обработка растений препаратами, вызывающими сбрасывание листьев для облегчения уборки урожая.

19. **Зимостойкость** – способность культуры, сорта переносить комплекс неблагоприятных условий зимнего и ранневесеннего периодов.

20. **Изреживаемость посевов** – процент растений, погибших за вегетацию или отдельный ее период. Обратный показатель – выживаемость растений.

21. **Инокуляция семян** – предпосевная обработка семян бобовых культур препаратом клубеньковых бактерий.

22. **Ингибиторы** – вещества, задерживающие какой-либо процесс.

23. **Индекс листовой поверхности** – показывает, во сколько раз площадь листьев растений на 1 м$^2$ или на 1 га в определенный момент онтогенеза превышает площадь почвы, на которой размещаются растения (м$^2$/м$^2$).

24. **Кустистость общая** – число всех побегов на одном растении у видов и культур, относящихся к семейству мятликовых.

25. **Кустистость продуктивная** – число генеративных побегов на одном растении.

26. **Максимальное потребление элементов питания** – наибольшее количество потребленных растениями за вегетацию питательных веществ в расчете на единицу товарной продукции.

27. **Морозостойкость** – способность озимой культуры, сорта выдерживать отрицательные температуры в зимний период.

28. **Норма высева** – число всхожих семян, высеваемых на единице площади (измеряется в млн./га, тыс./га, весовая норма высева – в кг/га).

29. **Продукционный процесс** – динамический процесс формирования компонентов урожая фотосинтезирующей системой – агрофитоценозом (посевом) в конкретных почвенно-климатических условиях.

30. **Проламины** – группа белков, растворимых в 60-80%-м растворе этилового спирта.

31. **Посевная годность семян** – процент чистых и всхожих семян в партии.

32. **Развитие** – качественные изменения структуры и функций отдельных органов в онтогенезе, переход из одного этапа в другой.

33. **Рост** – увеличение размеров и массы растений.

34. **Потенциальная урожайность** – наибольшая урожайность, обусловленная генотипом сорта, выращенного в благоприятных условиях.

35. **Сорт** – группа сходных по хозяйственно-биологическим свойствам и морфологическим признакам культурных растений, отобранных и размноженных для возделывания в определенных природных и производственных условиях, с целью повышения урожайности и качества продукции.

36. **Структура урожая** – компоненты урожая, которые определяют его величину (густота стояния растений, число колосьев, плодов, семян на одном растении, масса 1000 семян).

37. **Сумма активных температур** – сумма среднесуточных активных температур за межфазный период или за вегетацию растений данного сорта.

38. **Фазы развития** – условно выбранные моменты и периоды онтогенеза, в которые происходят наиболее важные физиологические и морфологические изменения в растениях.

39. **Факторы регулируемые** – факторы, которые человек может регулировать на больших площадях и с их помощью снизить до минимума негативное действие нерегулируемых (почвенно-климатические и погодные условия) и частично регулируемых факторов на рост, развитие растений, величину урожая и его качество.

40. **Фотосинтетически активная радиация (ФАР)** (с длиной волн от 380 до 720 нм (нанометр, или миллимикрон)) – энергетическая основа фотосинтеза, составляющая около 50% общей энергии солнечной радиации.



41. **Коэффициент использования ФАР ($Кф_{ар}$)** – объективный показатель величины урожая. Хорошие урожаи соответствуют 2-3% использования ФАР, при оптимизации всех процессов формирования урожая – 3,5-5%, теоретически возможный $Кф_{ар}$ – 8%.

42. **Фотосинтетический потенциал (ФП)** – сумма величин площади листьев за каждые сутки периода (тыс. $м^2$ × дней/га). Характеризует фотосинтетическую мощность посева за определенный период. ФП может быть определен за любой промежуток вегетации, например, за декадные, межфазные периоды или в целом за вегетационный период.

43. **Чистая продуктивность фотосинтеза** (ЧПФ) измеряется количеством сухой массы растений (г), которое синтезирует 1 $м^2$ листовой поверхности за сутки. В среднем за вегетацию у таких культур, как пшеница, ячмень, ЧПФ составляет 5-7 г/$м^2$ в сутки. ЧПФ, также как и ФП, определяется за какой-либо период онтогенеза или в среднем за вегетацию.

44. **Хозяйственная (фактическая) урожайность** – количество убранной с единицы площади продукции.

45. **Уборочный индекс ($К_{хоз}$)** – коэффициент хозяйственной эффективности – доля массы хозяйственно-ценной (основной) продукции в надземной биомассе в фазе уборочной спелости.

## Приложения

### Агроклиматические территории РСО - Алания

1 зона включает Моздокский район, характеризуется как сухая степь с недостаточным увлажнением на каштановых почвах с злаково-полынной растительностью.

Во 2 зону входят территории Кировского и Правобережного районов, а также южные земли Ардонского и Дигорского районов.

Третья агроклиматическая зона включает север Ардонского и Дигорского районов.

Приложение 1. Приход ФАР за вегетационный период, млрд. ккал/ га (по Э.Д. Адиньяеву, А.Б. Саламову)

| Месяц | Зона | | |
|---|---|---|---|
| | сухой степи | степной | лесостепной |
| Март | 0,382 | 0,354 | 0,312 |
| Апрель | 0,580 | 0,537 | 0,474 |
| Май | 0,778 | 0,720 | 0,635 |
| Июнь | 0,845 | 0,782 | 0,689 |
| Июль | 0,834 | 0,772 | 0,684 |
| Август | 0,730 | 0,674 | 0,594 |
| Сентябрь | 0,532 | 0,493 | 0,435 |
| Октябрь | 0,348 | 0,322 | 0,284 |
| Всего | 5029 | 4654 | 4101 |

Приложение 2. Агроклиматические показатели территории РСО - Алания (среднемноголетние)

| Метеостанция | Высота над уровнем моря, м | Сумма осадков, мм | Ср. годовая температура воздуха $C^0$ |
|---|---|---|---|
| Владикавказ | 668 | 814 | 8,0 |
| Михайловское | 593 | 669 | 8,4 |
| Дигора | 463 | 735 | 8,5 |
| Заманкул | 464 | 502 | 8,7 |
| Алагир | 490 | 901 | 8,6 |
| Моздок | 135 | 452 | 10,2 |



Приложение 3. Сумма осадков по месяцам, мм

| Метеостанция | Месяц | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Владикавказ | 22 | 24 | 37 | 69 | 129 | 154 | 115 | 85 | 75 | 46 | 34 | 24 |
| Михайловское | 20 | 20 | 34 | 54 | 107 | 127 | 94 | 67 | 60 | 40 | 27 | 20 |
| Дигора | 20 | 20 | 38 | 54 | 107 | 121 | 80 | 74 | 60 | 47 | 33 | 20 |
| Заманкул | 15 | 16 | 19 | 39 | 82 | 93 | 72 | 62 | 42 | 28 | 18 | 16 |
| Алагир | 26 | 27 | 45 | 74 | 143 | 157 | 111 | 101 | 84 | 64 | 40 | 29 |
| Моздок | 22 | 20 | 28 | 35 | 56 | 70 | 52 | 440 | 35 | 32 | 34 | 28 |
| Чикола | 22 | 22 | 37 | 59 | 118 | 132 | 88 | 81 | 66 | 51 | 37 | 22 |

Приложение 4. Калорийность сельскохозяйственных культур, ккал/га

| Культура | Целое растение | Основная продукция | Побочная продукция | Корневая система |
|---|---|---|---|---|
| Пшеница: | | | | |
| Мягкая озимая | 4450 | 4550 | 4300 | 4100 |
| Мягкая яровая | 4500 | 4600 | 4330 | 4120 |
| Твёрдая | 4550 | 4640 | 4350 | 4040 |
| Рожь озимая | 4400 | 4500 | 4310 | 4080 |
| Ячмень | 4420 | 4530 | 4320 | 4010 |
| Овёс | 4400 | 4480 | 4330 | 4110 |
| Просо | 4600 | 4700 | 4500 | 4220 |
| Гречиха | 4540 | 4620 | 4400 | 4180 |
| Рис | 4330 | 4420 | 4240 | 4070 |
| Фасоль | 4770 | 4930 | 4580 | 4220 |
| Горох | 4710 | 4900 | 4530 | 4200 |
| Вика и смеси | 4700 | 4800 | 4400 | 4180 |
| Люцерна | 5200 | 5200 | 5200 | 4430 |
| Сорго | 4300 | 4370 | 4240 | 4040 |
| Кукуруза на зерно | 4100 | 4200 | 4000 | 3900 |
| Кукуруза на з/к | 3900 | 3900 | 3800 | 3900 |
| Подсолнечник | 4450 | 4620 | 4330 | 3960 |
| Мног. травы-сено | 4500 | 4500 | 4500 | 4370 |
| Одн. травы-сено | 3900 | 3900 | 3900 | 3700 |
| Соя | 4800 | 4900 | 4600 | 4430 |
| Корнеплоды | 3850 | 3900 | 3700 | 3600 |
| Картофель | 4300 | 4360 | 4240 | 3800 |
| Бахчевые | 3450 | 3550 | 3340 | 3100 |
| Солома | 3800 | 3800 | 3800 | - |

Приложение 5. Агрофизические свойства основных типов и мелиоративно-геоморфологическая характеристика почв РСО - Алания

| № п/п | Типы почв | Глубина слоя, см | Объемная масса, т/м$^3$ | Наименьшая влагоемкость, % |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Чернозем южный, легкосуглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,09<br>1,12<br>1,16 | 31,2<br>30,4<br>27,2 |
| 2. | Чернозем предкавказский, тяжелосуглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,12<br>1,18<br>1,20 | 33,6<br>31,2<br>30,4 |
| 3. | Чернозем карбонатный, суглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,30<br>1,38<br>1,46 | 27,9<br>26,2<br>26,1 |
| 4. | Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,08<br>1,10<br>1,14 | 33,5<br>33,7<br>34,0 |
| 5. | Чернозем слабовыщелоченный, среднесуглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,15<br>1,22<br>1,23 | 32,9<br>27,3<br>24,5 |
| 6. | Чернозем оподзоленный, легкосуглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,21<br>1,23<br>1,29 | 28,2<br>26,3<br>26,0 |
| 7. | Чернозем обыкновенный, среднесуглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,05<br>1,08<br>1,14 | 33,0<br>32,2<br>31,4 |
| 8. | Чернозем солонцеватый, тяжелосуглинистый | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,22<br>1,25<br>1,30 | 30,2<br>29,2<br>28,4 |
| 9. | Мицеллярно-карбонатный чернозем | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,14<br>1,18<br>1,25 | 28,4<br>25,2<br>23,0 |
| 10. | Южные черноземы, суглинистые | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,16<br>1,20<br>1,23 | 33,9<br>32,2<br>30,4 |
| 11. | Каштановые, среднесуглинистые | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,28<br>1,39<br>1,54 | 26,6<br>25,8<br>22,4 |
| 12. | Темно-каштановые, среднесуглинистые | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,14<br>1,20<br>1,28 | 23,0<br>21,8<br>20,2 |
| 13. | Светло-каштановые, тяжелосуглинистые | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,18<br>1,35<br>1,44 | 24,5<br>23,2<br>22,4 |
| 14. | Лугово-черноземные карбонатные, суглинистые | 0-50<br>50-70<br>70-100 | 1,28<br>1,38<br>1,53 | 31,6<br>27,9<br>24,4 |



Приложение 6. Вынос элементов питания с 1 т основной продукции с учетом побочной, кг

| Культура | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|
| Озимая пшеница | 32 | 11 | 22 |
| Озимая рожь | 30 | 13 | 26 |
| Яровая пшеница | 40 | 12 | 24 |
| Ячмень яровой | 27 | 11 | 22 |
| Ячмень озимый | 27 | 12 | 23 |
| Овес | 31 | 13 | 29 |
| Просо | 32 | 11 | 32 |
| Кукуруза на зерно | 28 | 10 | 25 |
| Рис | 22 | 12 | 24 |
| Сорго | 26 | 10 | 32 |
| Горох | 60 | 15 | 25 |
| Соя | 85 | 23 | 37 |
| Клещевина | 65 | 17 | 55 |
| Гречиха | 42 | 23 | 55 |
| Свекла сахарная | 5 | 2 | 7 |
| Лен на семена | 47 | 18 | 22 |
| Картофель | 5,5 | 2,3 | 7,5 |
| Бахчевые | 5 | 1,2 | 6 |
| Свекла кормовая | 3 | 1 | 5 |
| Кукуруза на зеленую массу | 3,7 | 1,1 | 4 |
| Однолетние злаковые на сено<br>на зеленую массу | 20<br>3,3 | 6<br>1 | 17<br>5 |
| Однолетние бобовые на сено<br>на зеленую массу | 23<br>6,5 | 6<br>1,5 | 10<br>5 |
| Многолетние бобовые на сено<br>на зеленую массу | 16<br>4 | 6,5<br>1,6 | 20<br>5 |
| Рапс озимый (зеленая масса) | 4,5 | 1,5 | 6,5 |

Приложение 7. Разностные коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, (%)

| Год действия | Из органических | | | Из минеральных | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| 1-й | 20-30 | 25-35 | 30-40 | 50-60 | 15-25 | 50-60 |
| 2-й | 20-25 | 10-15 | 10-15 | 5 | 10-15 | 10-15 |
| 3-й | 10-15 | 5-10 | 5-10 | 5 | 5-10 | 5-10 |
| 4-й | 0-5 | 0-5 | 0-5 | - | 0-5 | 0-5 |
| Всего | 50-75 | 40-65 | 45-70 | 60-70 | 30-55 | 65-90 |

Приложение 8. Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений, % (Б.А. Ягодин; 1989)

| Год действия | Из органических удобрений | | | Из минеральных удобрений | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | $P_20_5$ | $K_20$ | N | $P_20_5$ | $K_20$ |
| Низкие и средние нормы удобрений | | | | | | |
| 1-й год | 20-25 | 25-30 | 50-60 | 60-70 | 15-20 | 50-60 |
| .2-й год | 20 | 10-15 | 10-15 | - | 10-15 | 15-20 |
| 3-й год | 10 | 5 | - | - | 5 | - |
| В целом за ротацию севооборота | 50-55 | 40-50 | 60-75 | 60-70 | 30-40 | 65-80 |
| Повышенные и высокие дозы удобрений | | | | | | |
| 1-й год | 15-20 | 15-25 | 40-50 | 45-55 | 10-15 | 40-50 |
| 2-й год | 15 | 10 | 10 | - | 5-10 | 10-15 |
| 3-й год | 10 | 5 | - | - | 5 | - |
| В целом за ротацию севооборота | 40-45 | 30-40 | 50-60 | 45-55 | 20-30 | 50-65 |



Приложение 9. Период вегетации полевых культур в условиях РСО – Алания

| Культура | Зона | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | |
| | начало | конец | начало | конец | начало | конец |
| Яр. пшеница | 19.03 | 20.07 | 21.03 | 1.07 | 25.03 | 8.07 |
| Кукуруза н/з | 20.04 | 5.09 | 24.04 | 8.09 | 4.05 | 10.09 |
| Кукуруза н/с | 20.04 | 12.08 | 24.04 | 15.08 | 4.05 | 18.08 |
| Картофель | 15.03 | 15.08 | 18.03 | 18.08 | 20.03 | 20.08 |
| Подсолнечник | 24.03 | 2.08 | 27.03 | 4.08 | 2.04 | 6.08 |
| Свекла столовая | 5.04 | 11.08 | 7.04 | 15.08 | 11.04 | 19.08 |
| Многолетние травы на сено | 25.03 | 28.10 | 28.03 | 1.11 | 1.04 | 2.11 |

## Вопросы к коллоквиуму № 1 по программированию урожаев

1. Программирование урожаев как научная и учебная дисциплина.
2. Программирование урожаев как наука о факторах жизни растений.
3. Методы исследований и теоретические основы программирования.
4. Основные принципы программирования урожаев в формулировках И.С. Шатилова и М.К. Каюмова.
5. Основные этапы выполнения работы по программированию урожаев.
6. Что является источником метеорологических, гидрологических, химических, биологических и других процессов, протекающих на земном шаре?
7. С какой скоростью солнечные лучи распространяются в мировом пространстве?
8. Какое общее количество энергии получает Земля от Солнца?
9. Откуда на Солнце столько энергии?
10. В чем причина неиссякаемости солнечной энергии?
11. Температура на поверхности Солнца.
12. В какой форме Солнце излучает энергию?
13. Интенсивность солнечной радиации.
14. Что принято называть солнечной постоянной?
15. Даты (число, месяц) наименьшего и наибольшего расстояния между Солнцем и Землей.
16. Какое количество солнечного тепла достигает и сколько поглощается поверхностью Земли?
17. Что является встречным излучением атмосферы?
18. Из чего состоит радиационный баланс?
19. Составляющие радиационного баланса.
20. Что является прямой солнечной радиацией?
21. Суточный ход прямой радиации.
22. Годовой ход прямой радиации.
23. Что такое рассеянная радиация?
24. Суточный и годовой ход рассеянной радиации.



25. Что называют суммарной радиацией?.
26. Что такое отраженная радиация?
27. Альбедо естественных поверхностей.
28. Длинноволновое излучение Земли и атмосферы.
29. Что называют эффективным излучением?
30. Суточный годовой ход эффективного излучения.
31. Какие методы применяют при измерении потоков солнечной радиации?
32. Какие приборы применяются при регулярных наблюдениях на сети метеостанций, в экспедициях и при полевых наблюдениях?

## Вопросы к коллоквиуму № 2 по программированию урожаев

1. Какие излучения выделяют по международной классификации?
2. Инфракрасное излучение.
3. Видимое излучение.
4. Ультрафиолетовое излучение.
5. Подразделение инфракрасного излучения по длине волны.
6. Какое действие оказывает инфракрасного излучения на организмы?
7. Какое действие оказывает инфракрасное излучение на климат и микроклимат?
8. Отрицательное воздействие ИК- излучения.
9. Спектральный состав света и его влияние на растение.
10. По какой формуле определяется коэффициент использования солнечной энергии?
11. Какие показатели КПД ФАР обычно наблюдаются в производстве, сколько процентов считаются хорошими, рекордными и теоретически возможными?
12. Что такое потенциальная урожайность культуры?
13. От чего зависит потенциальная урожайность культуры?
14. Что такое фотосинтетически активная радиация?
15. Влагообеспеченность посевов полевых культур и определение действительно возможного уровня урожайности (ДВУ).
16. Классификация видов урожайности.

17. Показатели, характеризующие отношение растений к влаге.
18. Методика расчета ДВУ.
19. Методика расчета коэффициентов водопотребления полевых культур.
20. Методика оценки запасов продуктивной влаги.
21. Примеры расчета ДВУ по влагообеспеченности и потенциальные возможности культур.
22. Методика расчета оросительных норм.
23. Фотосинтетическая деятельность растений и ее зависимость от основных элементов структуры посевов.
24. Площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал посевов заданной продуктивности.
25. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и ее оптимальные параметры.
26. Теоретическое обоснование методов расчета доз удобрений под запрограммированный уровень урожайности.
27. Основное направление в расчетах доз удобрений.
28. Методика расчета коэффициентов использования доступных питательных веществ из почвы и удобрений.
29. Урожайность зерновых культур в зависимости от количества внесенных минеральных удобрений.
30. Обоснование мероприятий по защите растений от вредителей, болезней, сорняков и охраны окружающей среды.
31. Химические средства защиты растений и влияние их на окружающую среду, интегрированные методы защиты растений.
32. Агротехнические меры борьбы с вредителями, болезнями, сорняками в посевах культур.



## Литература

1. Агеев, В.В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / Агеев В.В., А.Н. Есаулко, Гречишкина Ю.И. и др. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 200 с.
2. Адиньяев, Э.Д. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / Адиньяев Э.Д., Саламов А.Б. – Орджоникидзе: Ир, 1984. – 111 с.
3. Байер, Я. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / Байер Я. и др. – М.: Колос, 1984. – 367 с.
4. Баранов, В.Д. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / Баранов В.Д., Тараканов И.Г. – М.: Издательство Университета дружбы народов, 1990. – 71 с.
5. Верзилов, В.Ф. Регуляторы роста и их применение в растениеводстве / Верзилов В.Ф. – М.: Мир, 1971. – 144 с.
6. Гриценко, В.В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / Гриценко В.В., Долгодворов В.Е. – М.: Агропромиздат, 1986. – 56 с.
7. Дзанагов, С.Х. Плодородие почв и удобрений / Дзанагов С.Х. – Орджоникидзе: ИР, 1987. – 199 с.
8. Дояренко, А.Г. Факторы жизни растений / Дояренко А.Г. – М.: Колос. – 279 с.
9. Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур (учебник и учебное пособие для студентов высших учебных заведений) / Каюмов М.К. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
10. Максимов, С.А. Погода и сельское хозяйство / Максимов С.А. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965. – 201 с.
11. Мегалов, В.А. Выявление вредителей полевых культур / Мегалов В.А. – М.: Колос, 1968. – 25 с.
12. Можаев, Н.И. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / Можаев Н.И., Серикпаев П.А., Стыбаев Г.Ж. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.
13. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat http://www.dissercat.com/content/vlagoobespechennost-selsokhozyaistvennykh-kultur-v-letnii-period-i-vozmozhnosti-ee-prognoza#ixzz5R3TnrqDq
14. Полевой, А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование

продуктивности посевов / Полевой А.Н. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1988. – 320 с.

15. Полевой, А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур / Полевой А.Н. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1983. – 173 с.

16. Тооминг Х.Т. Солнечная радиация и формирование урожая / Тооминг Х.Т. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977. – 200 с.

17. Федоренко В.Ф. и др. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур применением нанотехнологий / Федоренко В.Ф. и др. – М.: Росинформагротех, 2013. – 96 с.

18. Хит, О. Фотосинтез / Хит О. – М.: Мир, 1972. – 316 с.

19. Шапиро, И.Д. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям / Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Слепян Э.И. – Ленинград: Агропромиздат, 1986. – 191 с.



## *Содержание*

Введение ..... 3
Работа 1. Энергия Солнца ..... 8
Работа 2. Радиационный баланс и его составляющие ..... 12
Работа 3. Методы измерения солнечной радиации и составляющих радиационного баланса ..... 18
Работа 4. Спектральный состав солнечного света ..... 32
Работа 5. Коэффициент использования солнечной энергии (использовать приложения 1 и 4) ..... 36
Работа 6. Расчет потенциальной урожайности ..... 37
Работа 7. Расчет фактического КПД ФАР ..... 41
Работа 8. Расчет величины фотосинтетически активной радиации ..... 44
Работа 9. Методика расчета чистой продуктивности фотосинтеза ..... 47
Работа 10. Расчет действительно возможного урожая по влагообеспеченности посевов ..... 52
Работа 11. Расчет возможной урожайности по тепловым ресурсам ..... 56
Работа 12. Расчет норм удобрений под программируемый урожай ..... 59
Работа 13. Программирование урожаев при орошении ..... 62
Работа 14. Применение стимуляторов роста растений при программировании урожаев ..... 64
Работа 15. Определение и сокращение потерь урожая от вредных насекомых и болезней ..... 73
Работа 16. Агротехнические основы и практические приемы программирования урожаев. ..... 85
Глоссарий ..... 88
Приложения ..... 92
Литература ..... 101

ббб ббб

П.З. Козаев, С.С. Басиев

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ УРОЖАЕВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*Учебно-методическое пособие*

ббб ббб

Лицензия: ЛР. № 020574 от 6 мая 1998 г.

Подписано в печать 08.05.2019 г. Бумага писчая. Печать трафаретная.
Бумага 60x84 1/16. Усл. печ. л. 6,5. Тираж 75. Заказ 38.

362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37.
Типография ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет»