

# **ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Кафедра агрохимии  
и физиологии растений*

# **ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по выполнению практических занятий**

*для студентов высших учебных*

*заведений по направлению 35.03.04 «Агрономия», профиль «Агрономия»,  
«Защита растений», «Плодоовощеводство», 35.03.05 «Садоводство»,  
профиль «Плодоводство, овощеводство и виноградарство»*

Ставрополь  
2021

УДК 631.559  
ББК 41.47  
О-75

**Авторский коллектив:**

*Е. А. Устименко* – кандидат с.-х. наук, доцент;  
*Е. В. Голосной* – кандидат с.-х. наук, доцент;  
*А. Н. Есаулко* – доктор с.-х. наук, профессор РАН;  
*С. А. Коростылев* – кандидат с.-х. наук, доцент;  
*В. В. Агеев* – доктор с.-х. наук, профессор;  
*М. С. Сигида* – кандидат с.-х. наук, доцент;  
*Н. В. Громова* – кандидат с.-х. наук, доцент;  
*А. Ю. Ожередова* – кандидат с.-х. наук, доцент

**Рецензенты:**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *А. П. Шутко*;  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. С. Цховребов*

**О-75 Основы программирования** урожаев сельскохозяйственных культур : методические указания / сост.: *Е. А. Устименко, Е. В. Голосной, А. Н. Есаулко, и др.* ; Ставропольский гос. аграрный ун-т. – Ставрополь, 2021. – 60 с.

Составлены на основе ФГОС и учебного плана по направлению 35.03.04 «Агрономия», профиль «Агрономия», «Защита растений», «Плодоовощеводство», 35.03.05 «Садоводство», профиль «Плодоводство, овощеводство и виноградарство».

**УДК 631.559**  
**ББК 41.47**

---

Подписано в печать 29.12.2021.

Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 3,49. Тираж 100 экз. Заказ № 404/1.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

Тел. 35-06-94.

© ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b>   | <b>4</b>  |
| <b>ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ</b>   | <b>6</b>  |
| 1.Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов (4 часа)   | 6         |
| 2. Расчет возможной урожайности по тепловым ресурсам (2 часа)   | 11        |
| 3. Расчет возможных урожаев по величине биоклиматического потенциала (2 часа)   | 12        |
| 4. Прогнозирование урожайности по агрохимическим показателям почвы (4 часа)   | 13        |
| 5. Прогнозирование урожайности по агрохимическим показателям почвы по методике разработанной специалистами Ставропольского НИИСХ и ГЦАС «Ставропольский» (4 часа) | 16        |
| 6. Прогнозирование возможного урожая с учетом эффективного плодородия почвы по комплексным показателям – баллу бонитета почвы (4 часа)                            | 20        |
| 7. Расчет потенциальной урожайности полевых культур по приходу фотосинтетически активной радиации (2 часа)  | 22        |
| 8. Расчет действительно возможной урожайности (ДВУ) по влагообеспеченности посевов (2 часа)   | 23        |
| 9. Определение действительно возможной урожайности по биогидротермическому показателю продуктивности (2 часа)   | 25        |
| 10. Программирование урожайности полевых культур (4 часа)   | 26        |
| 11. Программирование урожая на основе математико-статистических методов (4 часа)  | 29        |
| 12. Расчет коэффициента теплообеспеченности плодовых культур (2 часа)   | 33        |
| <b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ<br/>«ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ<br/>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР»</b>  | <b>35</b> |
| <b>ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ<br/>«ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ<br/>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР»</b>   | <b>37</b> |
| <b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b>   | <b>42</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b>   | <b>44</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях акцентировано внимание на методиках расчета возможных урожаев по влагообеспеченности посевов, по тепловым ресурсам, по величине биоклиматического потенциала, по агрохимическим показателям почвы и на основе математико-статистических методов.

Процесс изучения дисциплины и разработанные на основе рабочей программы методические направлены на формирование знаний, умений, навыков, являющихся компонентами соответствующих профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

- способностью рассчитать дозы органических и минеральных удобрений на планируемый урожай, определить способ и технологию их внесения под сельскохозяйственные культуры (ПК-14);

- способностью использовать агрометеорологическую информацию при производстве растениеводческой продукции (ПК-18).

По окончании изучения дисциплины студент должен знать:

- почвы, их агрохимические характеристики, основы питания растений, способы и технологии внесения удобрений, виды и формы минеральных и органических удобрений, основы их рационального использования;

- функционально-аппаратные и программные средства, многоуровневую организацию информационных потоков, операционные среды и программные взаимодействия, эксплуатацию информационных технологий в агрономии, понятия о моделировании, классификацию моделей, этапы моделирования, модели посева, агрофитоценоза, методику проектирования современных технологий возделывания культур.

Уметь:

- обосновать и применять рациональную систему удобрений в севооборотах; проводить расчет доз органических и минеральных удобрений под планируемый урожай, использовать результаты в практической деятельности;

- формировать с использованием современных информационных технологий базу данных и ее интерпретировать, разрабатывать модели и

проекты агротехнологий на различную продуктивность сельскохозяйственных культур.

Владеть:

- навыками в составлении рациональной системы удобрений в севооборотах; организации выполнения намеченной системы удобрений; расчетах доз минеральных и органических удобрений;

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками сбора методов и средств решения задач исследования, приемами планирования, реализации необходимых видов деятельности; методами исследований в области сельского хозяйства.

Методические указания предназначены для использования при подготовке бакалавров по направлению 35.03.04 – Агрономия профиль «Агрономия», «Защита растений», «Плодоовощеводство», 35.03.05 «Садоводство», профиль «Плодоводство, овощеводство и виноградарство» по дисциплине: «Основы программирование урожаев сельскохозяйственных культур» в соответствии с Государственным образовательным стандартом третьего поколения и программами бакалавриата.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 1. Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов (4 часа)

В условиях Юга России лимитирующим фактором в формировании урожайности сельскохозяйственных культур является влагообеспеченность растений. Уровень урожайности зависит не столько от суммы осадков за вегетационный период, сколько от распределения их по фазам роста и развития растений, а урожайность всех сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае, в том числе и озимой пшеницы, сахарной свеклы, подсолнечника и других в большей мере зависит от погодных условий, чем от удобрений.

В неорошаемом земледелии, если погодные условия вегетационного периода сельскохозяйственных культур приближаются к среднемноголетним, данный метод расчета продуктивности посевов по влагообеспеченности позволяет получать урожайность, близкую к заданной. При орошении программированное возделывание сельскохозяйственных культур предполагает оптимальное оперативное регулирование комплекса факторов внешней среды с целью получения заданного урожая.

Сотрудниками кафедры агрохимии и физиологии растений разработана компьютерная программа «Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов» («ОВУПВП»). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2010613825 «Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов». Зарегистрировано 10 июня 2010 г. Предназначена для прогнозирования величины возможных урожаев сельскохозяйственных культур на основании выпавших осадков, распределения их по основным фазам вегетации, температурного режима и гидротермического коэффициента. Программа может применяться в учебном процессе высших учебных заведений, на производстве предприятий и АПК. Программа «Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов» («ОВУПВП») обеспечивает выполнение следующих функций: учебная; научно-исследовательская.

Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК. Язык: Visual Basic. ОС: Windows XP, 98, 2000, Vista. Объем программы: 48 К(М)байт.

Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов

Урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га

Ресурсы продуктивной влаги перед посевом в 1,5 - 1,6м слое почвы, мм

Количество осадков, выпадающих за вегетацию культуры, мм

Коэффициент влагопотребления (расход влаги на 1т сухого вещества), мм/т

Результат

Урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га (с учетом прихода воды с оросительной нормой)

Ресурсы продуктивной влаги перед посевом в 1,5 - 1,6м слое почвы, мм

Количество осадков, выпадающих за вегетацию культуры, мм

Приход воды с оросительной нормой, мм

Коэффициент влагопотребления (расход влаги на 1т сухого вещества), мм/т

Результат

Потенциальная урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га

Урожайность культуры при стандартной влажности, т/га

Стандартная влажность основной продукции в общей массе урожая, %

Сумма соотношений основной и побочной продукции

Результат

**Цель работы.** На основании данных агроклиматических справочников и изучения таких погодных факторов, как выпадение осадков и распределение их по основным фазам вегетации возделываемых в данном хозяйстве ведущих культур, температурного режима, гидротермического коэффициента и так далее, прогнозируется величина урожая возделываемых в севообороте сельскохозяйственных культур на основе среднемноголетних данных.

**Материалы и оборудование:** калькуляторы, компьютеры, агроклиматические справочники по Ставропольскому краю, типичный для хозяйства севооборот.

**Ход работы:** реальная урожайность сельскохозяйственных культур зависит от влагообеспеченности. Условия увлажнения являются наиболее неустойчивой климатической характеристикой при выращивании сельскохозяйственных культур. В связи с этим, урожайность культур севооборота для почвенно-климатических зон Ставропольского края реальнее прогнозировать по влагообеспеченности:



$$Ус = \frac{W + (P \times 0,8)}{Kw},$$

где  $Ус$  – урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га;  $W$  – ресурсы продуктивной влаги перед посевом в 1,5 – 1,6 м слое почвы, мм;  $P$  – количество осадков, выпадающих за вегетацию культуры, мм; 0,8 – коэффициент активно используемых атмосферных осадков;  $Kw$  – коэффициент влагопотребления (расход влаги на 1 т сухого вещества), мм/т.  $Kw$  для ведущих культур приводится в приложении 1,  $W$  – приводится в приложении 2.

Поскольку ряд культур на Юге России возделывается в орошаемых условиях, формула расчета урожайности по влагообеспеченности приобретает следующий вид:

$$Ус = \frac{W + (P + Bп) \times 0,8}{Kw}, \text{ где}$$

$Bп$  – приход воды с оросительной нормой, мм.

От расчета урожайности абсолютно сухой органической массы переходим к расчету товарной части урожая:

$$= \frac{100 \times Ус}{(100 - W) \times L}$$

где  $Ус$  – потенциальная урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га;  $У$  – урожайность культуры при стандартной влажности, т/га;  $W$  – стандартная влажность основной продукции в общей массе урожая.  $W$  – для ведущих культур приводится в приложении 2;  $L$  – сумма соотношений основной и побочной продукции (см. приложение 1).

Для выявления зависимости урожайности от погодных условий В.В. Агеевым математическому анализу подвергнуты многолетние урожайные, данные суммы осадков – за допосевной период, осенний период, от выхода в трубку до цветения и от цветения до уборки урожая, а также гидротермический коэффициент (ГТК) за эти периоды. Множественный корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности от переменных, обеспечивающих тесную корреляцию, позволил получить уравнения для прогноза урожайности зерна:

**1. Уравнение регрессии для урожайности озимой пшеницы после занятого пара:**

$$Y = 35,78 + 0,03X_2 + 0,15X_4$$

**2. Уравнение регрессии для урожайности озимой пшеницы после чёрного пара:**

$$Y = 34,62 + 0,26X_4 + 0,03X_5$$

**3. Уравнение для прогноза урожайности после гороха:**

$$Y = 20,21 + 0,15X_2 + 0,12X_4$$

**4. Уравнение для прогноза урожайности после кукурузы на силос:**

$$Y = 23,39 + 0,155X_2 + 0,106X_4$$

**5. Уравнение для прогноза урожайности озимых после колосовых:**

$$Y = 20,56 + 0,062 X_2 + 0,25 X_4$$

где Y- урожайность, ц/га;

X<sub>2</sub> – осадки за допосевной период, мм;

X<sub>4</sub> – осадки за осенний период, мм;

X<sub>5</sub> – осадки за межфазный период весеннее кущение – колошение, мм.

**6. Уравнение регрессии для прогноза урожайности озимого ячменя после колосовых:**

$$Y = - 0,40X_1 + 2,46X_2 + 2,60X_4 - 3,35X_5 - 58,35$$

где Y- урожайность, ц/га;

X<sub>1</sub> – осадки за допосевной период, мм;

X<sub>2</sub> – осадки за осенний период, мм;

X<sub>4</sub> – осадки за межфазный период кущение-колошение, мм;

X<sub>5</sub> – осадки за межфазный период колошение-полная спелость, мм.

**7. Уравнение регрессии для прогноза урожайности гороха:**

$$Y = 12,45 + 0,08X_2 - 0,07X_3 + 2,4X_{10},$$

где Y – урожайность гороха, ц/га;

$X_2$  – осадки за допосевной период, мм;  
 $X_3$  – осадки от посева до цветения, мм;  
 $X_{10}$  – ГТК от цветения до уборки урожая.

$$\text{ГТК} = \frac{\sum \text{осадк в}}{\sum_{\text{акт. } t > 10C} \times \text{кол-во. дн} / 10}$$

### **8. Уравнение для прогноза урожайности горохо-овсяной смеси:**

$$Y = -33 + 0,61 X_1 + 1,25 X_3,$$

где  $Y$  – урожайность, ц/га;

$X_1$  – осадки от уборки предшественника до уборки урожая, мм;  
 $X_3$  – осадки от посева до уборки горохо-овсяной смеси, мм;  
 $X_4$  – осадки за осенний период, мм.

### **9. Уравнение для прогноза урожайности маслосемян подсолнечника:**

$$Y = 33,01 + 0,08 X_3 - 0,05 X_5 - 18,8 X_7 + 3,3 X_{10},$$

где  $Y$  – урожайность маслосемян подсолнечника, ц/га;

$X_3$  – осадки от посева до уборки, мм;  
 $X_5$  – осадки от цветения до уборки урожая, мм;  
 $X_7$  – ГТК за допосевной период;  
 $X_{10}$  – ГТК от цветения до уборки урожая подсолнечника.

$$\text{ГТК} = \frac{\sum \text{осадк в}}{\sum_{\text{акт. } t > 10C} \times \text{кол-во. дн} / 10}$$

### **10. Уравнение для прогноза урожайности кукурузы на силос:**

$$Y = 128,3 + 0,412 X_1 + 76,93 X_7$$

где  $Y$  – урожайность зеленой массы, ц/га;

$X_1$  – осадки от уборки предшественника до уборки кукурузы;  
 $X_7$  – ГТК за допосевной период.

$$\text{ГТК} = \frac{\sum \text{осадк в}}{\sum_{\text{акт. } t > 10C} \times \text{кол-во. дн} / 10}$$

### **11. Уравнение регрессии для прогноза урожайности маслосемян ярового рапса после колосовых:**

$$Y = 13,53 - 0,03 X_2 + 0,04 X_4$$

где  $Y$  – урожайность маслосемян ярового рапса, ц/га;

$X_2$  – осадки от посева до начала цветения, мм;  
 $X_4$  – осадки от конца цветения до полной спелости, мм.

Среднемноголетние агроклиматические показатели, стандартная влажность основной продукции, соотношение основной и побочной продукции, коэффициент водопотребления приведены в приложениях 1,3,5. Примерные сроки посева и уборки приводятся в приложении 4.

## 2. Расчет возможной урожайности по тепловым ресурсам (2 часа)

Тепло приходящее на посевы сельскохозяйственных растений понимается как фото синтетичная активная радиация и является одним из главных внешних факторов питания и существования растений. В условиях Юга России тепло, за редким исключением, не является лимитирующим фактором формирования урожайности сельскохозяйственных культур, но дает возможность определиться с максимально возможными урожаями и при устранении лимитирующих факторов, например, влагообеспеченность, кислотность, щелочность почвы и т.п., резко повысить урожайность, что и наблюдается

**Цель работы.** Научиться рассчитывать максимально возможную урожайность сельскохозяйственных культур по приходу фотосинтетической активной радиации.

Расчет урожайности по приходу фотосинтетической активной радиации вычисляется по формуле:

$$У_c = 10^9 \cdot Q \cdot K_Q : 100 \cdot q,$$

где  $У_c$  – урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га;

$Q$  – количество приходящей ФАР за период вегетации, кДж/га;

$q$  – удельное количество энергии, аккумулируемой единицей сухого вещества ( $q = 20 \cdot 10^6$  кДж/т);

$K_Q$  – коэффициент использования ФАР посевом ( $K_Q = 1 - 3 \%$ , теоретически и в условиях непрерывного использования пашни возможно  $5 - 10 \%$ ). На разных географических широтах приход ФАР (млрд. кДж/га) составляет:  $30 - 40^\circ - 20 - 13,6$ ;  $40 - 50 - 13,5 - 9$ ;  $50 - 60^\circ - 10,7 - 7,5$ ;  $60 - 70^\circ - 9 - 5$ .

От расчета урожайности абсолютно сухой органической массы переходим к расчету товарной части урожая:

$$У = 100 \times У_c : (100 - W) \cdot L = 100 \cdot Q \cdot K_Q : 100 \cdot g \cdot (100 - W) \cdot L \\ = 100 \cdot 12,2 \cdot 10^9 \cdot 9,5 : [100 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot (100 - 14) \cdot 1,5] = 81,3 \text{ т/га.}$$

Для расчета урожайности товарной продукции всех сельскохозяйственных культур используют соотношение:

$$Y = 100 \cdot U_c : (100 - W) \cdot L = 100 \cdot Q \cdot K_Q : [(100 \cdot g \cdot (100 - W) \cdot L)].$$

### **3. Расчет возможных урожаев по величине биоклиматического потенциала (2 часа)**

Климатические данные необходимо использовать для решения задач программирования урожаев сельскохозяйственных культур и внесения корректив в технологии их возделывания.

**Цель работы.** С помощью показателей биоклиматического потенциала обосновать продуктивность посевов. Прогнозировать условия вегетационного периода культур по лимитирующему и оптимальному фактору формирования урожайности не всегда корректно, поскольку только одновременное взаимодействие множества факторов позволяет достаточно объективно оценить уровень возможной продуктивности растений. Таким интегрированным показателем может служить биоклиматический потенциал.

**Ход работы.** В предположении, что основным лимитирующим фактором являются тепловые ресурсы, действительно возможный урожай может быть определен по формуле:

$$Y = \beta \times \text{БКП}$$

где:  $Y$  – урожай в кормовых единицах (ц/га);

БКП – биоклиматический потенциал продуктивности;

$$\text{БКП} = [\sum t^{\circ} \geq 10^{\circ}] : 1000$$

где  $\beta$  – коэффициент, определяемый опытным путем и зависящий от культуры земледелия и фактического коэффициента использования ФАР посевом.

Величина БКП представляет собой сумму температур выше  $10^{\circ}$  за вегетационный период, деленную на 1000. (Например, если указанная сумма составит  $2200^{\circ}$ , то  $\text{БКП} = 2,2$ ).

Ориентировочные значения коэффициента  $\beta$  приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Ориентировочные значения коэффициента  $\beta$  в зависимости от  $K_Q$

|         |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|
| $K_Q$   | 1,0 | 2,0 | 3,0 |
| $\beta$ | 10  | 20  | 30  |

Приведем пример расчета действительно возможного урожая по БКП:

$\Sigma t^0 > 10^0$  составляет  $2400^0$ . Потенциально могут аккумулировать около 2,5% солнечной энергии. При этом в соответствии с формулой получим, что урожай, обеспечиваемый имеющимся количеством тепла, может достигать величины  $Y = 25 \times 2,4 = 60$  ц/га. Проведя расчеты действительно возможных урожаев в зависимости от величины  $K_Q$ ,  $\beta$  выберите среди них наименьшую цифру, которая и будет представлять собой урожайность, теоретически достижимая в рассматриваемом районе на фоне действия характеризующих данный регион климатических факторов. Однако, такой урожай может быть получен лишь при высоком уровне плодородия.

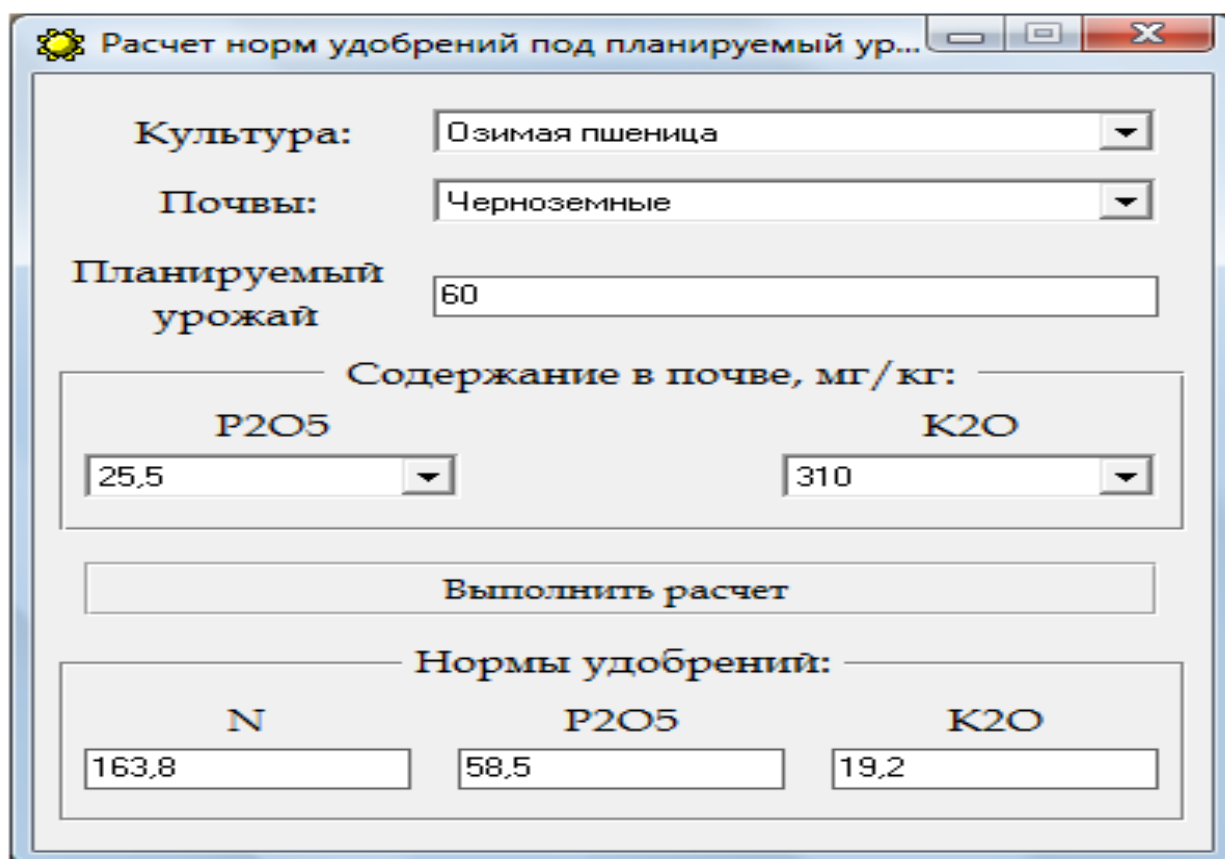
#### **4. Прогнозирование урожайности по агрохимическим показателям почвы (4 часа)**

Агрохимическая основа получения прогнозируемого урожая заключается в обеспечении оптимальных условий минерального питания растений. Это значит, что необходимо создать оптимальную концентрацию питательных веществ в почве в течение вегетации культур в целях достижения максимально возможной продуктивности.

К важнейшим условиям программирования и достижения заданного уровня урожайности относятся: расчет и обоснование оптимальных доз удобрений, удовлетворение потребностей растений в питательных веществах при сохранении и дальнейшем повышении эффективного плодородия почв.

Удобрения – это источник пищи для растений и основной путь расширенного воспроизводства плодородия почвы, материальная основа количества и качества урожая. Высококачественную продукцию, сбалансированную по содержанию ценных для человека органических веществ, можно получить только путем оптимального питания растений за счет применения удобрений. Коллективом кафедры агрохимии и

физиологии растений ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет разработана компьютерная программа «Расчет норм удобрений на планируемый уровень продуктивности сельскохозяйственных культур» («РНУНПУПСК»), которая предназначена для определения потребности в удобрениях на планируемый уровень возможной продуктивности сельскохозяйственных культур с учетом обеспеченности почв азотом, фосфором и калием, коэффициентов компенсации этих элементов за счет удобрений, а также доли эродированных почв. Программа может применяться в учебном процессе высших учебных заведений, на производстве предприятиями АПК и обеспечивает выполнение следующих функций: учебная; научно-исследовательская.



| Содержание в почве, мг/кг: |     |  |
|----------------------------|-----|--|
| P2O5                       | K2O |  |
| 25,5                       | 310 |  |

| Нормы удобрений: |      |      |
|------------------|------|------|
| N                | P2O5 | K2O  |
| 163,8            | 58,5 | 19,2 |

Тип ЭВМ: IBM PC-совмест.ПК. Язык: Visual Basic, ОС: Windows XP, 98, 2000, Vista. Объем программы: 36 К(М) байт.

**Цель работы:** Рассчитать выносы элементов питания в конкретных почвенно-климатических условиях и получить на этом основании коэффициенты выноса, употребляемые для расчета норм удобрений под программируемый урожай.

**Ход работы.** Определение оптимальных норм удобрений под запланированную урожайность является сложным вопросом

современной агрохимической науки и практики. Все методы определения норм удобрений (а их около 60) сводятся в три группы: по непосредственным результатам полевых опытов, расчетно-балансовые методы, математические методы с применением ЭВМ.

В основу всех расчетных методов положены данные по выносу питательных веществ урожаями и коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений, а также данные по окупаемости удобрений урожаем.

Приведенные сведения по нормам удобрений в настоящее время нуждаются в уточнении расчетными методами, исходя из почвенного плодородия, уровня планируемой урожайности и финансовых возможностей хозяйства. Получение программируемой урожайности достигается на основе удовлетворения потребности растений в элементах питания по выносу планируемым урожаем за счет использования почвенных запасов, а недостаток восполняется применением удобрений. Вынос питательных веществ рассчитывается путем перемножения коэффициентов выноса элементов питания с товарной и побочной продукцией (приложение 6) на планируемую урожайность, найденную по влагообеспеченности посевов. Расчеты производятся для всех культур севооборота и приводятся в форме таблицы 2.

**Таблица 2 - Вынос элементов питания планируемым урожаем сельскохозяйственных культур**

| № поле<br>й | Чередование культур в севообороте | Планируемая урожайность, ц/га | Вынос элементов питания, кг/га |                               |                  |
|-------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|
|             |                                   |                               | N                              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 1.          | Пар черный                        |                               |                                |                               |                  |
| 2.          | Озимая пшеница                    |                               |                                |                               |                  |
| 3.          | Сахарная свекла и т. д.           |                               |                                |                               |                  |
| 4.          |                                   |                               |                                |                               |                  |
| 5.          |                                   |                               |                                |                               |                  |
| 6.          |                                   |                               |                                |                               |                  |



В связи с выше изложенными методическими подходами расчет норм удобрений под планируемую урожай проводится по формуле, предложенной В.В. Агеевым:

$$N_y = (B_y - B_y \times K_n) : K_{ny} \cdot 100,$$

где  $N_y$  – норма  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , кг/га;

$B_y$  – вынос  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  с планируемым урожаем, кг/га;

$K_n$  – коэффициент использования  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  из почвы от выноса с урожаем (приложение 7, 8);

$K_{ny}$  – коэффициент использования питательных веществ из удобрений, % (приложение 9).

Нормы  $N$  удобрений рассчитываются по преобразованной формуле:

$$N_y = (B_y - (B_y \times K_n(\text{фосфора}) \times K)) : K_{ny} \times 100,$$

где  $K$  – вынос  $N$  с планируемым урожаем : вынос  $P_2O_5$  с планируемым урожаем  $(\frac{N}{P_2O_5})$ .

## **5. Прогнозирование урожайности по агрохимическим показателям почвы по методике разработанной специалистами Ставропольского НИИСХ и ГЦАС «Ставропольский» (4 часа)**

Расчет доз удобрений – обязательное условие для создания оптимальных условий питания растений. Его необходимо проводить через нахождение лимитирующего элемента питания, недостаток которого ограничивает получение урожая. Это позволит закупать те виды и формы удобрений, которые действительно необходимы здесь и сейчас и обеспечит экономическую эффективность их применения. Максимально оправданный уровень ограничивается величиной возмещения (компенсации) выноса элементов питания культурами из почвы. Для фосфора необходимый уровень возмещения составляет 100–110 %, для азота и калия – 75–80 %. При таком уровне компенсации выноса элементов питания из почвы создаются условия воспроизводства плодородия и роста урожайности.

Существуют разные подходы и способы определения доз минеральных удобрений. В настоящее время анализируются нормативный и балансовый методы расчета доз минеральных

удобрений на планируемый урожай. Рассмотрим сущность нормативного метода.

**Нормативный метод.** Разработчиками этого метода являются специалисты Ставропольского НИИСХ и ГЦАС «Ставропольский». В основу его положены нормативы затрат питательных веществ для получения единицы продукции, установленные на основании данных полевых опытов, проведенных на различных почвах в севооборотах. При этом учтены не только вынос элементов питания с основной и побочной продукцией, но и коэффициенты усвоения азота, фосфора и калия из почв и удобрений. Применительно к Ставропольскому краю этот метод усовершенствовали [Петрова Л.Н., Чернов А.Я., Шустикова Е.П., Подколзин А.И., Карандашов Л.Г., Булавинов А.В., 1987].

**Цель работы:** Рассчитать дозы удобрений по нормативному методу разработанному специалистами Ставропольского НИИСХ и ГЦАС «Ставропольский», в котором учтены коэффициенты усвоения азота, фосфора и калия из почв и удобрений.

**Ход работы.** Нормативы возврата фосфорных и калийных удобрений устанавливаются в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором и обменным калием. Обобщение большого количества исследований, проведенных в крае, позволило установить следующую закономерность: чем хуже почва обеспечена подвижным фосфором и обменным калием, тем выше должны быть коэффициенты компенсации выноса этих элементов за счет удобрений.

При содержании подвижного фосфора в почве более 30 мг/кг дозы фосфорных удобрений должны компенсировать только вынос. Такой подход обеспечивает поддержание бездефицитного баланса фосфора в почве и гарантирует получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

Что касается калия, то большинство почв края, хорошо обеспечено этим элементом питания. Поэтому полностью компенсировать вынос калия урожаем за счет удобрений нет необходимости. Однако отказ от их внесения приводит к заметному снижению обменного калия в почве, особенно при широком использовании фосфора и азота. При низкой ежегодной потребности можно планировать его применение на звено севооборота. Разницы в параметрах возмещения калия на орошении и

богаре не установлено, поэтому коэффициенты компенсации здесь одинаковы.

При обсчете потребности калийных удобрений под подсолнечник норма внесения устанавливается равной норме внесения фосфора (соотношение P : K = 1 : 1).

Пользуясь приведенными коэффициентами компенсации азота, фосфора и калия и величиной планируемого урожая, рассчитываем потребность питательных веществ на 1 га посева.

Расчеты приводятся отдельно для азота, фосфора и калия по следующей формуле:

$$H = Y \times B \times K_k, \text{ где}$$

H – норма удобрений, кг/га д.в.

Y – планируемая урожайность основной продукции, ц/га;

B – вынос азота, фосфора и калия на 1 ц основной продукции, кг;

K<sub>k</sub> – коэффициент компенсации выноса азота, фосфора и калия за счет удобрений, кг (приложение 10,11,12).

При определении потребности следует сверх установленной нормы учесть внекорневую подкормку посевов озимой пшеницы азотом с целью получения зерна высокого качества в дозе 30 кг д.в. на гектар.

Далее, умножая полученные нормы удобрений на соответствующие площади культур и суммируя результаты, получают общую потребность растений в элементах питания из минеральных удобрений.

Полученные величины в дальнейшем корректируются с учетом эродированности почв, поскольку около 78% территории края в той или иной степени подвержены действию водной и ветровой эрозии. На таких почвах наиболее высоки потери гумуса и валового азота, затем калия.

Для защиты почв от разрушения необходимо, наряду с применением почвозащитной технологии обработки почв создавать оптимальный режим питания для роста, развития растений и накопления возможно большого количества органического вещества.

Учитывая потери элементов питания в результате эрозии разработаны поправочные коэффициенты к нормам удобрений на эродированных почвах.

**Таблица 3 – Поправочные коэффициенты к нормам удобрений на эродированных почвах**

| Степень эродированности | азот | фосфор | калий |
|-------------------------|------|--------|-------|
| Отсутствует             | 1,0  | 1,0    | 1,0   |
| Слабая                  | 1,2  | 1,05   | 1,1   |
| Средняя                 | 1,4  | 1,10   | 1,2   |
| Сильная                 | 1,6  | 1,15   | 1,3   |

Определение потребности в удобрениях по хозяйству (району, краю) проводится с учетом доли эродированных почв от всей площади сельскохозяйственных угодий.

Одним из важнейших условий, определяющих эффективность удобрений и уровень урожайности сельскохозяйственных культур в крае является содержание фосфора в почве. Результаты агрохимических исследований показывают, что под воздействием удобрений происходят положительные сдвиги в накоплении подвижных форм фосфатов. Однако на значительных площадях черноземных и каштановых почв его не хватает. Отмечается также большая пестрота по районам, хозяйствам и, в особенности по полям.

Для устранения пестроты и планомерного повышения запасов  $P_2O_5$  в почве разработаны нормативы потребности фосфорных удобрений на повышение содержания подвижного фосфора на 1 мг/кг и доведение его количества до оптимального значения (30 мг/кг почвы). В условиях Ставропольского края это накопление практически не зависит от исходного содержания усвояемых фосфатов в почве и составляет в среднем 6 мг на каждые 100 кг д.в. фосфорного удобрения.

Нормативы потребности фосфорных удобрений на планируемый урожай прирост фосфора в почве рассчитаны в кг действующего вещества на гектарную площадь в зависимости от исходного содержания фосфора и планируемых темпов увеличения его запасов.

На основании средневзвешенных показателей содержания фосфора в почвах и установленных нормативов путем умножения на соответствующие площади пахотных угодий определяют дополнительную потребность в фосфорных удобрениях.

## **6. Прогнозирование возможного урожая с учетом эффективного плодородия почвы по комплексным показателям – баллу бонитета почвы (4 часа)**

Бонитировка почв (или оценка плодородия почв, или качественная, сравнительная или относительная оценка) – это специализированная классификация почв по их продуктивности, построенная на объективных признаках и свойствах самих почв, наиболее важных (ведущих) для роста и развития сельскохозяйственных культур и коррелирующих со средней многолетней урожайностью последних. Иными словами, бонитировка почв – это учет качества почв по их плодородию, выраженная в относительных единицах – баллах. При бонитировке почв выявляется относительное достоинство почв, определяется, во сколько раз данная почва лучше (хуже) другой по свойствам и урожайности. Естественно, под бонитировкой почв понимается сравнительная оценка качества почв по их плодородию при сопоставимых уровнях агротехники.

Цель бонитировки почв – провести оценку почвы как естественноисторического тела, обладающего плодородием, что вынуждает исследователя абстрагироваться от конкретных организационнохозяйственных условий и проводить оценку почв на основе тех свойств и признаков, которые почва приобрела в процессе как естественноисторического, так и социально-экономического развития общества.

В Ставропольском крае за 100 баллов принимаются следующие значения почвенных показателей:

Содержанию гумуса в верхнем горизонте – 7%

Мощность гумусовых горизонтов – 135 см

Запасы гумуса – 600 т/га

Содержание физической глины – 63%

**Цель работы:** спрогнозировать возможный урожай сельскохозяйственных культур с учетом эффективного плодородия почвы по комплексным показателям – баллу бонитета почвы разработанного в Белорусском НИИ почвоведения агрохимии (БелНИИПА)

**Ход работы:** Метод, разработанный в Белорусском НИИ почвоведения агрохимии (БелНИИПА), позволяет прогнозировать

возможную величину урожая (У) с учетом эффективного плодородия почвы по комплексным показателям – баллу бонитета почвы (Бп) и цене балла бонитета пашни (Цб).

$$УВ = \frac{Бп \times Цб \times 100}{100 - Пуд}, \text{ где}$$

Бп – балл бонитета почвы;

Цб – цена балла бонитета пашни;

Пуд – прибавка урожая от удобрений, %.

Цена балла бонитета – величина непостоянная и меняется в зависимости от почвенной разности, агрохимических свойств почвы. Для их учета применяются поправочные коэффициенты к цене балла бонитета пашни. Произведение балла бонитета пашни на его цену дает представление об уровне урожая, который может быть получен за счет эффективного плодородия почвы без применения удобрений на фоне высокого уровня агротехники.

Определение прибавки урожая за счет удобрений в производственных условиях ведется исходя из того, что оплата 1 кг NPK урожаем зерна в среднем равна 5,1 кг; 1 т органики окупается 33 кг зерна.

Между показателем балла бонитета пашни и долей урожая, получаемого за счет удобрений, существует зависимость: чем выше эффективное плодородие почвы, тем ниже доля урожая, получаемая за счет удобрений. Так, при балле 30 доля урожая, получаемая за счет удобрений, составляет 70–75%, а при 45 и более 60 – соответственно 55 и 35–40%.

Расчет возможного урожая ячменя по показателю эффективного плодородия почвы. Исходные данные: почва суглинистая, рН = 5,7; содержание подвижного фосфора – 15,5 мг/100 г почвы; обменного калия – 14,5 мг/100 г почвы; гумуса – 1,7%; балл пашни равен 45. Для этой почвы цена балла равна 39 кг зерна, поправочный коэффициент к ней – 0,94. Следовательно, уровень урожайности, обеспечиваемый эффективным плодородием почвы, равен:  $45 (39 \times 0,94) = 1649,7$  кг.

Балл бонитета пашни 45 позволяет получить за счет удобрений долю урожая, равную 55%. Прогнозируемый урожай, определяемый по уравнению, составит:

$$Ув = \frac{16,5 \times 100}{100 - 55} = 36,7 \text{ ц/га}$$

На этот уровень урожая (36–37 ц/га) следует вести расчет удобрений и разрабатывать агротехнику.

### 7. Расчет потенциальной урожайности полевых культур по приходу фотосинтетически активной радиации (2 часа)

При программировании урожайности полевых культур рассматривают три ее уровня:

1. Потенциальная урожайность – ПУ;
2. Действительно возможная урожайность – ДВУ;
3. Урожайность в производстве – УП.

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 (КQ) данной культурой и сортом.

**Цель работы:** рассчитать потенциальную урожайность по приходу фотосинтетически активной радиации

**Ход работы:** Величину потенциальной урожайности (ПУ) можно рассчитать по формуле Ничипоровича А. А.:

$$У_{\text{биол}} = \frac{Q \times K}{100 \times q}$$

где  $У_{\text{биол}}$  – урожайность абсолютно сухой биомассы, ц/га;

Q - приход ФАР за вегетацию культуры, млрд. ккал./га;

K - коэффициент использования ФАР посевами;

Q - калорийность единицы органического вещества, ккал./кг.

Расчет прихода ФАР(Q) за вегетацию культуры сделать по форме:

Месяцы – апрель – май – июнь – июль - август-сентябрь - октябрь =  
ВП – кол-во дней

Приход ФАР – Q ккал/см<sup>2</sup> (2450) = млрд. ккал/га

Для перехода от урожайности абсолютно сухой биомассы к величине урожайности основной продукции при стандартной влажности используют формулу:

$$U_{\text{станд}} = \frac{100 \times U_{\text{биол}}}{(100 - C) \times a}$$

Где  $U_{\text{станд}}$  - урожайность основной продукции при стандартной влажности, ц/га;

$C$  – стандартная влажность по ГОСТу, %;

$a$  – соотношение основной и побочной продукции в общем урожае биомассы.

Пользуясь данными приложения 1 определяем потенциальную урожайность различных сельскохозяйственных культур по приходу ФАР.

## **8. Расчет действительно возможной урожайности (ДВУ) по влагообеспеченности посевов (2 часа)**

Действительно возможная урожайность (ДВУ) – эта та максимальная урожайность, которая может быть достигнута на конкретном поле (с учетом его реального плодородия), в конкретных метеорологических условиях. При этом предполагается, что уровень ДВУ достигается посредством оптимальной агротехники при наличии соответствующих энергетических и трудовых ресурсов.

Весь процесс выращивания запланированного урожая рассматривается как осуществление ряда хорошо известных в земледелии технологических процессов (от посева до уборки). Каждый такой процесс управляется хорошо оправдавшими себя агротехническими мерами, с помощью которых в благоприятном направлении изменяются механические, гидротермические, радиационные, транспирационные, аэрационные свойства системы растение — почва — воздух для оптимального использования ею важнейших факторов роста и развития растений – света, тепла, влаги, пищи,  $CO_2$ .

**Цель работы:** рассчитать действительно возможную урожайность (ДВУ) по влагообеспеченности посевов.



**Ход работы:** Величину ДВУ, в связи с неравномерным количеством выпадающих осадков, следует определять для каждого хозяйства и даже поля по формуле:

$$У_{\text{биол.}} = \frac{100 \times W}{K_{\text{в}}}$$

Где  $У_{\text{биол.}}$  – урожайность абсолютно сухой биомассы, ц/га;

$W$  – запасы продуктивной влаги за вегетацию, мм;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент водопотребления.

Продуктивная влага определяется как сумма запасов доступной для растений влаги в момент посева яровых, отрастания озимых культур и многолетних трав и эффективных осадков за период вегетации. Запасы продуктивной влаги определяются по формуле:

$$W = W_0 + (d \times O_{\text{в}})$$

где  $W$  – запасы продуктивной влаги за вегетацию, мм;

$W_0$  – запасы продуктивной влаги в 0-100 см слое, мм;

$d$  – коэффициент использования осадков;

$O_{\text{в}}$  – осадки за вегетацию культуры, мм.

Расчет суммы осадков ( $O_{\text{в}}$ ) за вегетацию культуры сделать по форме:

Месяцы = апрель + май + июнь + июль + август + сентябрь + октябрь =

ВП – дней Осадки -  $O_{\text{в}}$ , мм

Пользуясь данными приложений 2, 4 и 5 определяем действительно возможную урожайность различных сельскохозяйственных культур с учетом влагообеспеченности посевов и выпадающих осадков.

Для перехода от урожайности абсолютно сухой биомассы к величине урожайности основной продукции при стандартной влажности используют формулу:

$$У_{\text{станд.}} = \frac{100 \times У_{\text{биол.}}}{(100 - C) \times a}$$

где  $У_{\text{станд.}}$  – урожайность основной продукции при стандартной влажности, ц/га;

$C$  – стандартная влажность по ГОСТу, %;

$a$  – соотношение основной и побочной продукции в общем урожае биомассы.

## 9. Определение действительно возможной урожайности по биогидротермическому показателю продуктивности (2 часа)

Существует тесная связь между приходом ФАР, коэффициентами теплоты испарения и необходимым количеством воды, на основании которой можно уточнить величину урожая.

**Цель работы:** рассчитать действительно возможную урожайность (ДВУ) по биогидротермическому показателю продуктивности.

**Ход работы:** Основную роль в формировании урожайности сельскохозяйственных культур играет комплекс факторов (приход ФАР за вегетацию культуры, наличие тепла и влаги), математическое выражение которого объединено в формуле А. М. Рябчикова, что позволяет определить урожайность фитомассы.

$$K_p = \frac{W \times T_B}{36 \times R}$$

где  $K_p$  – биогидротермический потенциал, балл;

$W$  – запасы продуктивной влаги за вегетацию, мм

$T_B$  – период вегетации, декад;

36 – число декад в году;

$R$  – приход интегральной радиации за период вегетации культуры, ккал./см<sup>2</sup> (2,55 млрд. ккал./га соответствует 25,5 ккал./см<sup>2</sup>)

Величину урожайности абсолютно сухой биомассы определяют по формуле:

$$У_{биол.} = B \times K_p$$

где  $У_{биол.}$  – урожайность абсолютно сухой биомассы, ц/га;

$B$  – коэффициент, равный 20 ц/га сухой биомассы;

$K_p$  – биогидротермический потенциал, балл.

Для перехода от урожайности абсолютно сухой биомассы к величине урожайности основной продукции при стандартной влажности используют формулу:

$$У_{станд.} = \frac{100 \times У_{биол.}}{(100 - C) \times a}$$

где  $У_{станд.}$  – урожайность основной продукции при стандартной влажности, ц/га;

$C$  – стандартная влажность по ГОСТу,

$a$  – соотношение основной и побочной продукции в общем урожае биомассы.

## 10. Программирование урожайности полевых культур (4 часа)

Стабильному росту урожайности сельскохозяйственных культур, более эффективному использованию материальных, трудовых ресурсов и почвенно-климатических условий способствует применение интенсивных технологий, базирующихся на гармоническом удовлетворении потребности растений жизненно необходимыми и незаменимыми факторами внешней среды.

**Цель работы.** Перейти к широкому использованию в агрономии количественных моделей и электронно-вычислительной техники, позволяющей быстро обработать большую информацию о факторах, влияющих на рост растений, и наметить оптимальный вариант агротехнических мероприятий, направленных на получение запрограммированных урожаев.

**Приборы, справочные материалы.** При программировании урожайности сельскохозяйственных культур необходимо иметь соответствующие математические модели, надежные машинные программы для ЭВМ, заданные режимы технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

**Таблица 3 - Расчетная урожайность сельскохозяйственных культур, т/га**

| Показатели | Потенциальная урожайность (ПУ) по приходу ФАР | Действительно возможная урожайность (ДВУ) по: по влагообеспеченности | в | Урожайность в производстве (УП) | Программируемая урожайность | Биологическая урожайность абсолютно сухой массы |                     |                     |
|------------|---|--|---|---------------------------------|-----------------------------|---|---------------------|---------------------|
|            |   |  |   |                                 |                             | Урожайность при стандартной влажности           | Основной продукцией | Побочной продукцией |
|            |   |  |   |                                 |                             |   |                     |                     |

### 10.1 Определение потенциальной урожайности по приходу фотосинтетически активной радиации

При расчете потенциальной урожайности по приходу фотосинтетически активной радиации пользуются формулой А.А. Ничипоровича:

$$\text{биол} = \frac{\Sigma q_{\text{фар}} \times K}{g \times 10^5}$$

где  $U_{\text{биол}}$  – биологическая урожайность абсолютно сухой растительной массы, т/га;

$\Sigma Q_{\text{фар}}$  – количество приходящей ФАР за период вегетации культуры в заданной зоне,  $2,69 \cdot 10^9$  млрд.ккал/га;

$K$  – запланированный коэффициент использования ФАР, %; (4,5-5%);

$g$  – количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг сухого вещества биомассы, ккал/кг; (4000 ккал энергии);

$10^5$  – для перевода в т.

## **10.2. Определение действительно возможной урожайности (ДВУ) по влагообеспеченности по Агееву В.В., Подколзину А.И. (2001)**

Уровень урожаев и намеченный комплекс агротехнических мероприятий для их достижения в значительной мере зависят от влагообеспеченности посевов и использования ими влаги в течение вегетационного периода.

Действительно возможную урожайность определяют по формуле:

$$\text{ДВУ} = \frac{10 (W + P)}{K_b}$$

где ДВУ – действительно возможная урожайность, т/га;

$W$  – запас продуктивной влаги в 1,5 – 1,6м слое почвы перед посевом яровых культур или возобновление вегетации озимых, мм;

$P$  – сумма осадков за вегетационный период культуры, мм;

$K_b$  – коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/т.

Среднюю урожайность культуры в производстве (СП) определяют за 3-5 лет, используя статистические данные годовых отчетов хозяйства.

## **Расчет программируемой урожайности полевых культур**

### **10.3. Озимая пшеница, озимый ячмень**

Для выявления зависимости урожайности от полевых условий математическому анализу подвергнуты многолетние урожайные данные в связи с внешними факторами формирования продуктивности

1. Уравнение регрессии для прогноза урожайности озимой пшеницы после занятого пара:

$$Y = 35,87 + 0,03X_2 + 0,15X_4$$

2. Уравнение регрессии для прогноза урожайности озимой пшеницы после черного пара:

$$Y = 34,62 + 0,26X_4 + 0,03X_5$$

3. Уравнение для прогноза урожайности после гороха:

$$Y = 28,56 + 0,15 X_2 + 0,12X_4$$

4. Уравнение прогноза урожайности озимой пшеницы после кукурузы на силос:

$$Y = 23,39 + 0,155X_2 + 0,106X_4$$

5. Уравнение для прогноза урожайности озимой пшеницы после КОЛОСОВЫХ:

$$Y = 20,56 + 0,62X_2 + 0,25X_4$$

где  $Y$  – урожайность, ц/га;

$X_1$  - осадки за допосевной период, мм;

$X_2$  – осадки за осенний период, мм;

$X_4$  – осадки за межфазный период кущение-колошение, мм;

$X_5$  - осадки за межфазный период колошение – полная спелость, мм;

#### 10.4 Зернобобовые культуры

1. Уравнение регрессии для прогноза урожайности гороха:

$$Y = 12,45 + 0,08X_2 - 0,07X_3 + 2,4X_{10}$$

где  $Y$  – урожайность гороха, ц/га;

$X_2$  – осадки за допосевной период, мм;

$X_3$  – осадки от посева до цветения, мм

$X_{10}$  – ГТК от цветения до уборки урожая;

1. Уравнение регрессии для прогноза урожайности горохо-овсяной смеси:

$$Y = -33 + 0,61X_1 + 1,25X_3$$

где  $Y$  – урожайность, ц/га;

$X_1$  – осадки от уборки предшественника до уборки урожая, мм;

$X_3$  – осадки от посева до уборки горохо-овсяной смеси, мм;

#### 10.5. Кукуруза

Уравнение регрессии для прогноза урожая зеленой массы кукурузы:

$$Y = 128,3 + 0,412X_1 + 76,93X_7$$

где  $Y$  – урожайность зеленой массы, ц/га;

$X_1$  – осадки от уборки предшественника до уборки кукурузы, мм;

$X_7$  – ГТК за допосевной период;

#### 10.6. Подсолнечник

Уравнение регрессии для прогноза урожайности маслосемян подсолнечника:

$$Y = 33,01 + 0,08X_3 - 0,05X_5 - 18,8X_7 + 3,3X_{10}$$

где  $Y$  – урожайность маслосемян подсолнечника, ц/га;

- $X_3$  – осадки от посева до уборки, мм;
- $X_5$  – осадки от цветения до уборки урожая, мм;
- $X_7$  – ГТК за допосевной период;
- $X_{10}$  – ГТК от цветения до уборки урожая подсолнечника.

### 10.7. Яровой рапс

Уравнение регрессии для прогноза урожайности маслосемян ярового рапса после колосовых:

$$Y = 13,53 - 0,03X_2 + 0,04X_4$$

- где  $Y$  – урожайность маслосемян ярового рапса, ц/га;
- $X_2$  – осадки от посева до начала цветения, мм;
- $X_4$  – осадки от конца цветения до полной спелости, мм;

### 10.8. Сахарная свекла и другие сельскохозяйственные культуры

Уравнение регрессии для прогноза урожайности корнеплодов сахарной свеклы:

$$Y_c = \frac{W + (P \times 0,8)}{K},$$

- где  $Y_c$  – урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га;
- $W$  – ресурсы продуктивной влаги в 1,5-1,6 м слое почвы, мм;
- $P$  – сумма осадков за вегетационный период, мм;
- 0,8 – коэффициент активно используемых атмосферных осадков;
- $K$  – коэффициент водопотребления (расход влаги на 1т сухого вещества), мм.

## 11. Программирование урожая на основе математико-статистических методов (4 часа)

На современном этапе развития общества во всех отраслях и сферах, связанных с агропромышленным комплексом, широко применяются программы, которые основаны на экономико-математических методах. ЭММ предлагают построение соответствующих моделей (урожая, продуктивности, производственного процесса фотосинтеза, минерального питания и др.) с последующей реализацией их на ЭВМ.

**Цель работы.** Студент должен на основе соответствующих экспериментальных данных определить оптимальный вариант, применение которого обеспечит получение программируемой

урожайности различных культур. При помощи обработки данных на ЭВМ, раскрыть закономерности формирования урожайности сельскохозяйственных культур при различных условиях произрастания, выявить роль отдельных факторов и их сочетаний при программировании урожаев, а также определить возможную урожайность различных культур в данной почвенно-климатической зоне.

**Материалы и оборудование.** Калькуляторы, ЭВМ, элементы структуры формирования урожая различных культур, данные урожайности сельскохозяйственных культур в хозяйстве или районе за последние 8-10 лет.

**Ход работы.** Абсолютное большинство действующих агроприемов с достаточной точностью может быть описано в рамках линейных программ. При использовании регрессионного анализа проводятся исследования влияния различных факторов на урожайность культуры. Урожайность в этом случае рассматривается как искомая регрессивная зависимость от нескольких переменных (факторов):

$$Y = B(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Общий вид уравнения регрессии, которое может рассматриваться как математическая модель урожайности, представлен формулой:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n,$$

где  $Y$  – урожайность, ц/га;

$B_0$  – свободный член уравнения, ц/га;

$B_1; B_2; B_n$ ; - коэффициенты регрессии, соответствующие независимым переменным (факторам урожая),  $X_1, X_2, X_n$ , ц/га.

Данные опыта, структуры урожая различных культур вводятся в матрицу (табл. 4) и в компьютер. В результате решения задачи, построенной по данным этого опыта, будет получено уравнение для прогноза урожайности культуры в зависимости от изучаемых факторов.

Норматив урожайности основной и побочной продукции по культурам необходимо определять по каждому полю севооборота, исходя из фактически достигнутого уровня урожайности за полную ротацию севооборота и среднегодового прироста за тот же срок. Кроме того необходимо учитывать технологию производства, а также качество

семенного материала, обеспеченность подразделения удобрениями, гербицидами и другими производственными ресурсами.

**Таблица 4 - Матрица данных для вычисления корреляции и регрессии**

| Вариант | Элементы структуры урожая |                |                |                |                | Урожайность,<br>У |
|---------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
|         | X <sub>1</sub>            | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> |                   |
| 1.      |                           |                |                |                |                |                   |
| 2.      |                           |                |                |                |                |                   |
| 3.      |                           |                |                |                |                |                   |
| 4.      |                           |                |                |                |                |                   |
| и т.д.  |                           |                |                |                |                |                   |

Для определения тенденций изменения урожайности по культурам и полям севооборота можно использовать статистико-экономический метод аналитического выравнивания динамического ряда по прямой:

$$Y = a + vx,$$

где Y – изменение урожайности, ц/га

a – исходный уровень урожайности, ц;

v – среднегодовой прирост урожайности, ц;

x – порядковый номер года.

**Параметры прямой определяют по формулам:**

$$a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum xy \cdot \sum x}{K \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$v = \frac{K \cdot \sum xy - \sum y \cdot \sum x}{K \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

K- количество лет

Для примера рассмотрим проектирование урожайности озимой пшеницы на 2002 год в девятипольном севообороте (табл. 5):



**Таблица 5 - Расчет необходимых параметров «а» и «в»  
для озимой пшеницы**

| Годы  | Порядок нумерации года, X | Фактическая урожайность, с 1 ц /га, Y | Выравнивание величины |                       | Выравненность урожайности с 1 га. ц, Y |
|-------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
|       |                           |                                       | X Y                   | X <sup>2</sup>        |  |
| 1993  | 1                         | 19,1                                  | 19,1                  | 1                     | 15,953                                 |
| 1994  | 2                         | 21,1                                  | 42,2                  | 4                     | 18,448                                 |
| 1995  | 3                         | 14,3                                  | 42,9                  | 9                     | 20,943                                 |
| 1996  | 4                         | 26,0                                  | 104,0                 | 16                    | 23,438                                 |
| 1997  | 5                         | 21,2                                  | 106,0                 | 25                    | 25,933                                 |
| 1998  | 6                         | 27,6                                  | 165,6                 | 36                    | 28,426                                 |
| 1999  | 7                         | 31,4                                  | 219,8                 | 49                    | 30,923                                 |
| 2000  | 8                         | 37,2                                  | 297,6                 | 64                    | 33,418                                 |
| 2001  | 9                         | 35,5                                  | 319,5                 | 81                    | 35,913                                 |
| Суммы | Σx = 45                   | Σy = 233,4                            | Σxy=1316,7            | Σx <sup>2</sup> = 285 | Σy=233,397                             |

**Примечание:** последняя графа таблицы заполняется после определения параметров «а» и «в».

**Определяем исходный уровень урожайности:**

$$Q = \frac{233,4 \cdot 285 - 1316,7 \cdot 45}{9 \cdot 285 - 45 \cdot 45} = 13,458$$

**Определяем среднегодовой прирост (или снижение) урожайности:**

$$x = \frac{9 \cdot 1316,7 - 233,4 \cdot 45}{9 \cdot 285 - 45 \cdot 45} = 2,495$$

Для проверки правильности расчетов определяем выровненную урожайность по формуле (1).

$$Y(1993) = 13,458 + 2,495 \cdot 1 = 15,953$$

$$Y(1994) = 13,458 + 2,495 \cdot 2 = 18,448 \text{ и т.д.}$$

Если расчет проведен правильно, то сумма фактической урожайности равна сумме выровненной с учетом округления.

Расчетная урожайность на 2002 год составит:

$$Y(2002) = 13,458 + 2,495 \cdot 10 = 38,41 \text{ ц/га}$$

## 12. Расчет коэффициента теплообеспеченности плодовых культур (2 часа)

Температура занимает особое место среди многочисленных факторов, определяющих границы распространения породы и сорта. Температура влияет на интенсивность процессов метаболизма, активность перемещения и использования запасных фондов питательных веществ и резервных ассимилятов, на продолжительность и активность роста всех частей, органов и тканей растения, что сказывается на особенностях и конечном результате продукционного процесса, выражающемся в суммарных показателях биологической ( $Y_{\text{биол}}$ ) и хозяйственной ( $Y_{\text{хоз}}$ ) урожайности.

**Цель работы:** рассчитать коэффициент теплообеспеченности плодовых культур для более объективной оценки пригодности породы или сорта к выращиванию в конкретных почвенно-климатических условиях.

**Ход работы:** Зная сумму среднесуточных положительных температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  ( $C_T$ ), необходимых для развития определенной породы или сорта, рассчитывают коэффициент их теплообеспеченности ( $K_T$ ) по формуле:

$$K_T = \frac{C_T}{T}$$

где  $T$  – потребность породы или сорта в тепле за вегетацию,  $^{\circ}\text{C}$

Коэффициент теплообеспеченности используется в целях предварительного отбора пород и сортов, существенно отличающихся по требовательности к теплу. Если  $K_T \geq 1$ , порода и сорт обеспечены положительными температурами в период вегетации в достаточной степени. Если  $K_T < 1$ , культивирование данной породы рискованно и даже невозможно.

Для более объективной оценки пригодности породы или сорта к выращиванию в конкретном районе, необходимо их выращивание и получение экспериментальных данных. Неточности определения заключаются в том, что сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  включает не только температуры оптимальные с физиологической точки зрения, но и максимальные, при которых интенсивность фотосинтеза и других физиологических процессов снижается, а также экстремальные, при

которых эти процессы могут приостанавливаться и даже принимать необратимый процесс распада белков.

Температура тканей выше 30 – 35 °С замедляет все жизненные процессы плодовых культур, возделываемых в условиях умеренно теплого климата. Нагревание тканей древесины до 50 – 56 °С вызывает коагуляцию белков, следствием которой могут быть некрозы листьев (побуревшие части листовых пластин), ожоги коры на скелетных частях. И наоборот, при недостатке тепла увеличивается период вегетации деревьев, а значит, ухудшается качество плодов (снижается сахаристость, ослабляется окраска, не вызревают семена).

В любом районе возможность промышленного возделывания культур и сортов прежде всего зависит от достаточного количества тепла. Изменение сумм биологически активных температур на 300 – 400 °С обуславливает необходимость изменения сортового состава плодовых культур.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР»**

1. Основные задачи МПУ.
2. История развития науки «Программирование урожаев».
3. Предпосылки для создания МПУ.
4. Принципы программирования урожаев культур.
5. Планирование, прогнозирование и программирование урожаев сельскохозяйственных культур.
6. Методы программирования урожая сельскохозяйственных культур.
7. Уровень урожайности при программировании.
8. Основы программирования урожаев.
9. Комплекс метеорологических факторов, определяющих состояние и продуктивность сельскохозяйственных культур.
10. Вероятность неблагоприятных явлений в районах интенсивного земледелия и учет их при программировании урожая.
11. Фотосинтетически активная радиация (ФАР), её роль в формировании урожая.
12. Методы расчета и обеспеченность ФАР основных сельскохозяйственных культур с учетом зональных особенностей.
13. Определение урожайности по фотосинтетическому потенциалу листьев.
14. Использование прогнозов погоды для программирования урожаев и корректировки программы в процессе её осуществления.
15. Моделирование плодородия почвы.
16. Определение понятия плодородия почвы и количественная оценка уровня почвенного плодородия.
17. Оценка плодородия при использовании шкалы бонитировки почв.
18. Моделирование содержания гумуса в почве.
19. Моделирование содержания подвижных питательных веществ в почве.

20. Агротехнические условия получения планируемой урожайности.
21. Технологические основы программирования урожая.
22. Организационно-технические мероприятия, способствующие получению программируемой урожайности.
23. Определение возможных урожаев по влагообеспеченности посевов.
24. Определение возможных урожаев по тепловым ресурсам.
25. Расчет возможных урожаев по величине биоклиматического потенциала.
26. Прогнозирование урожайности по агрохимическим показателям почвы.
27. Прогнозирование урожайности по агрохимическим показателям почвы.
28. Программирование урожайности полевых культур.
29. Расчет программируемой урожайности полевых культур.
30. Программирование урожаев на основе математико-статистических методов.

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЕВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР»**

1. Программирование урожаев – предмет, методы ее исследований, краткая история развития.
2. Программирование урожаев как метод комплексного подхода в реализации достижений сельскохозяйственных наук для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.
3. Учет основных законов земледелия и растениеводства при программировании урожаев.
4. Содержание понятий планирования, прогнозирования и программирование урожая.
5. Программирование урожайности ведущих в зоне сельскохозяйственных культур в системе севообороте и общей продуктивности севооборота.
6. Программирование урожаев озимой пшеницы
7. Программирование урожаев озимого ячменя
8. Программирование урожаев ярового ячменя
9. Программирование урожаев овса
10. Программирование урожаев кукурузы на зерно
11. Программирование урожаев кукурузы на силос
12. Программирование урожаев проса
13. Программирование урожаев гречихи
14. Программирование урожаев сорго
15. Программирование урожаев гороха
16. Программирование урожаев горохо – овсяной смеси
17. Программирование урожаев сахарной свеклы
18. Программирование урожаев картофеля
19. Программирование урожаев подсолнечника
20. Программирование урожаев озимого рапса
21. Составление технологических карт индустриальной технологии сельскохозяйственных культур – организующая структура программирования их урожайности
22. Представление о теоретически возможном урожае, обеспечиваемом климатическими, почвенными и материально-

техническими ресурсами (мелиоративное воздействие, севооборот, сорта, удобрения, гербициды, ядохимикаты, техническая обеспеченность).

23. Понятие о потенциальной, действительно возможной и производственной урожайности.

24. Долгосрочные, текущие и оперативные задачи планирования.

25. Методы программирования урожая сельскохозяйственных культур.

26. Методы, основанные на использовании обобщенных агроклиматических (ресурсы света, тепла, влаги) и почвенных показателей.

27. Физиологические аспекты формирования программирования урожая сельскохозяйственных культур.

28. Пути создания высокопродуктивных посевов (фотосинтетический потенциал посева, его формирование, чистая продуктивность фотосинтеза, световой режим посева, КПД использования ФАР) для заданного уровня урожая.

29. Агрометеорологические, агрохимические, агрофизические, агротехнические основы программирования урожая на обычных и мелиорируемых землях различного плодородия.

30. Организация проведения комплексных исследований по программированию урожая.

31. Комплекс метеорологических факторов, определяющих состояние и продуктивность сельскохозяйственных культур.

32. Фотосинтетическая активная радиация (ФАР), ее роль в формировании урожая.

33. Методы расчета и обеспеченность ФАР основных сельскохозяйственных культур с учетом зональных особенностей.

34. Температурный режим воздуха и почвы, оценка их влияния на величину и качество урожая сельскохозяйственных культур.

35. Ресурсы тепла и обеспеченности им основных сельскохозяйственных культур по природно-климатическим зонам.

36. Вероятность неблагоприятных явлений в районах интенсивного земледелия и учет их при программировании урожая.

37. Использование прогнозов погоды для программирования урожая и корректировки программы в процессе ее осуществления.

38. Агрехимические основы программирования урожаев.
39. Научно- обоснованная система применения удобрений – значение, задачи, принципы построения.
40. Выбор метода определения норм удобрений для программирования урожаев сельскохозяйственных культур.
41. Комплексные методы листовой и почвенной диагностики (программа коррекции). Зональные нормативы листовой и почвенной диагностики.
42. Разработка научно-обоснованных систем применения удобрений в севооборотах для получения программированных урожаев сельскохозяйственных культур.
43. Определение места и норм внесения органических удобрений в севооборотах.
44. Требования к балансу питательных элементов в севооборотах в зависимости от типа и плодородия почв.
45. Балансовые и другие методы расчета норм минеральных удобрений в севообороте при высокой и ограниченной обеспеченности посевов минеральными удобрениями.
46. Пути повышения эффективности удобрений при программировании урожаев (локальное и дробное внесение макроудобрений, применение микроудобрений и др.).
47. Использование карт засоренности полей севооборотов для разработки рациональной системы мероприятий по профилактике и борьбе с сорняками в посевах (агротехнические, химические и биологические методы).
48. Использование прогнозов службы защиты растений для разработки интегрированной системы мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур.
49. Комплексное и оптимальное применение удобрений и пестицидов – необходимое условие индустриальной технологии и охраны окружающей среды.
50. Фотосинтетическая деятельности и продуктивность посевов.
51. Использование показателей роста растений при программировании урожаев.



52. Учет формирования элементов продуктивности урожая на разных фазах (этапах) органогенеза, роста и развития растений. Использование полученной информации при уходе за посевами.

53. Роль сорта при программировании урожаяев.

54. Выбор сортов, соответствующих почвенно-климатическим условиям зоны, устойчивых к комплексу неблагоприятных условий (засухоустойчивость, холодоустойчивость, морозоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, устойчивость к полеганию).

55. Выбор оптимальной густоты стояния растений в посевах с учетом полевой всхожести семян, выпада растений в течение вегетационного периода, способа посева, обеспечивающего аккумуляцию заданного уровня солнечной энергии, формирование хозяйственно полезной части урожая.

56. планирование мероприятий по уходу за посевами и корректировка их по результатам контроля фактического хода формирования урожая (боронование, культивации, подкормки, орошение и др.).

57. Использование агротехнических приемов в период вегетации, повышающих качество сельскохозяйственной продукции (внекорневые подкормки, ретарданты, десиканты, дефолианты).

58. Выбор оптимальных сроков и способов уборки как необходимое условие сохранения качества и предотвращения потерь урожая.

59. Оптимизация условий вводно-воздушного режима почвы при программировании урожаяев.

60. Определение необходимости орошения или осушения, основных параметров оптимизации водного и воздушного режимов почвы для разных уровней урожайности.

61. Определение оросительных и поливных норм для оптимизации водного режима почвы на получение запланированных урожаяев с учетом имеющихся ресурсов воды, применения удобрений и других факторов.

62. Составление прогностической, корректирующей и оперативно-текущей программ управления водным режимом почвы.

63. Особенности оптимизации и управления водным и воздушным режимами почвы на осушительно-увлажнительных системах.

64. Разработка оптимальной системы обработки почвы для получения программированного урожая (приемы по накоплению и сохранению влаги, созданию оптимальной плотности почвы).

65. Математико-статистические методы программирования (регрессионные модели количественных связей урожая с факторами, обеспечивающими его).

66. Динамические имитационные модели формирования урожая, использующие системы дифференциальных уравнений для комплексной оценки роста и развития растений, формирования урожая.

67. Методы, основанные на применении автоматизированной системы управления технологическими процессами в земледелии.

68. Математико-статистические методы программирования (регрессионные модели количественных связей урожая с факторами, обеспечивающими его)

69. Динамические имитационные модели формирования урожая.

70. Методы, основанные на применении автоматизированной системы управления технологическими процессами в земледелии.

71. Агроэкологические функции урожайности сельскохозяйственных культур

72. Экономико-математические модели формирования урожаев

73. Моделирование динамики накопления биомассы и хозяйственно полезной продукции при программировании урожая

74. Индустриальные технологии – организационная форма реализации программирования урожая

75. Автоматизация разработки индустриальных технологий на ЭВМ

76. Автоматизированная система управления технологическими процессами в земледелии.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### **а) основная литература:**

1. ЭБ "Труды ученых СтГАУ": Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур [электронный полный текст] : учеб. пособие для студентов вузов по направлению 110400 - Агрономия / Агеев В. В., Есаулко А. Н., Лобанкова О. Ю., Радченко В. И., Горбатко Л. С., Гречишкина Ю. И., Коростылев С. А., Сигида М. С., Фурсова А. Ю., Устименко Е. А, Воскобойников А. В., Громова Н. В., Голосной Е. В., Беловолова А. А. ; СтГАУ. - 5-е изд., перераб. и доп. - Ставрополь : АГРУС, 2014. - 1,02 МБ. - (Гр. УМО).

2. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур [электронный полный текст] : учеб. пособие для студентов вузов по направлению 110400 - Агрономия / В. Г. Агеев, А. Н. Есаулко, О. Ю. Лобанкова, В. И. Радченко, Л. С. Горбатко, Ю. И. Гречишкина, С. А. Коростылев, М. С. Сигида, Н. В. Громова, Е. В. Голосной, А. А. Беловолова ; СтГАУ. - 4-е изд., перераб. и доп. - Ставро-поль : АГРУС, 2011. - 1,04 МБ. - (Гр. УМО).

3. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур : учеб. пособие для студентов вузов по направлению 110400 - Агрономия / В. Г. Агеев [и др.] ; СтГАУ. - 5-е изд., перераб. и доп. - Ставрополь : АГРУС, 2014. - 200 с. - (Гр. УМО).

4. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур : учеб. пособие для студентов вузов по направлению 110400 - Агрономия / В. Г. Агеев [и др.] ; СтГАУ. - 4-е изд., перераб. и доп. - Ставрополь : АГРУС, 2011. - 200 с. - (Гр. УМО).

### **б) дополнительная литература:**

1. ЭБС «Znanium»: Журина Л. Л. Агрометеорология: Учебник / Л.Л. Журина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 384 с.

2. Практикум по агрохимии : Учеб.пособие для вузов / Под ред.В.Г.Минеева. - 2-е изд.,перераб.,доп. - М. : МГУ, 2001. - 689с.

3. Агеев, В. В. Агрохимия (Южно-Российский аспект) : учебник для студентов вузов по агрн. специальностям. Т. 1 : Питание растений. Свойства почвы в связи с питанием растений и применением удобрений

/ под ред. В. В. Агеева. - Ставрополь : СтГАУ, 2005. - 488 с. : ил. - (Гр. МСХ РФ).

4. Агеев, В. В. Агрохимия (Южно-Российский аспект) : учебник для студентов вузов по агроном. специальностям. Т. 2 : Удобрения. Системы удобрения. Экология / под ред. В. В. Агеева. - Ставрополь : СтГАУ, 2006. - 480 с. : ил. - (Гр. МСХ РФ).

5. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей : учеб. пособие / А. Н. Есаулко [и др.] ; СтГАУ. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ставрополь : АГРУС, 2010. - 276 с. - (Гр. МСХ РФ).

6. Особенности питания и удобрение сельскохозяйственных культур на юге России : учеб. пособие для студентов вузов агроном. специальностей / под ред. В. В. Агеева. - Ставрополь : ГСХА, 1999. - 113 с.

7. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур : учеб. пособие для студентов вузов по агроном. специальностям / В. В. Агеев [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ставрополь : СтГАУ, 2008. - 168с. - (Гр. УМО).

8. Агрохимия (периодическое издание).

9. Агрохимический вестник (периодическое издание).

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

**Приложение 1 – Исходные данные для расчета программируемой урожайности сельскохозяйственных культур по влагообеспеченности**

| Культура          |                  | Коэффициент<br>водопотребления,<br>мм/т | Стандартная<br>влажность<br>основной<br>продукции, % | Соотношение<br>основной и<br>побочной<br>продукции |
|-------------------|------------------|---|--|--|
| Озимая пшеница    |                  | 400 – 500                               | 14   | 1:1,5  |
| Озимая рожь       |                  | 340 – 420                               | 14   | 1:2  |
| Озимый ячмень     |                  | 440 - 500                               | 14   | 1:1,5  |
| Яровая пшеница    |                  | 400 – 415                               | 14   | 1:1  |
| Яровой ячмень     |                  | 400                                     | 14   | 1:1  |
| Овес              |                  | 474                                     | 14   | 1:1,3  |
| Кукуруза на зерно |                  | 174 – 406                               | 15   | 1:2,0  |
| Кукуруза на силос |                  | 30 - 40                                 | 70   | -  |
| Просо             |                  | 200 – 250                               | 13   | 1:1,1  |
| Сорго             |                  | 200                                     | 14   | 1:2  |
| Рис               |                  | 500 – 800                               | 15   | 1:1,5  |
| Гречиха           |                  | 500 – 600                               | 14   | 1:1,2  |
| Горох             |                  | 450-500                                 | 16   | 1:1,3  |
| Соя               |                  | 600-800                                 | 12   | 1:1,3  |
| Сахарная свекла   |                  | 240 – 400                               | 80   | 1:0,8  |
| Картофель         |                  | 400 – 550                               | 80   | 1:1  |
| Люцерна           | Сено             | 400 – 500                               | 14 – 16  | -  |
|                   | Зеленая<br>масса |   | 70 - 75  | -  |
| Эспарцет          | Сено             | 300 – 400                               | 14 – 16  | -  |
|                   | Зеленая<br>масса |   | 70 - 75  | -  |
| Подсолнечник      |                  | 450 – 570                               | 9  | 1:5  |
| Горчица           |                  | 500 – 520                               | 9  | 1:4  |
| Рапс              |                  | 400 - 450                               | 9  | 1:3  |
| Хлопчатник        |                  | 500 – 600                               | 12   |  |
| Лен               |                  | 400 - 430                               | 13   | 1:5  |

## Приложение 2 - Запасы продуктивной влаги (мм) в 1,5 метровом слое почвы (мм)

| Зона, район         | Преобладающий тип (подтип) почвы | Перед посевом культур |               |                |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------|----------------|
|                     |                                  | озимых                | ранних яровых | поздних яровых |
| <b>1</b>            |                                  |                       |               |                |
| Апанасенковский     | Каштановые                       | 110                   | 160           | 136            |
| Арзгирский          | Каштановые                       | 78                    | 146           | 124            |
| Левокумский         | Светло-каштановые                | 68                    | 130           | 118            |
| Нефтекумский        | Светло-каштановые                | 60                    | 120           | 110            |
| Туркменский         | Каштановые солонцеватые          | 76                    | 150           |                |
| <b>2</b>            |                                  |                       |               |                |
| Александровский     | Чернозем южный                   | 82                    | 165           | 130            |
| Благодарненский     | Каштановые                       | 72                    | 150           |                |
| Буденовский         | Каштановые                       | 74                    | 145           | 120            |
| Ипаатовский         | Темно-каштановые                 | 77                    | 175           | 148            |
| Курский             | Темно-каштановые                 | 84                    | 180           | 152            |
| Новоселецкий        | Темно-каштановые                 | 96                    | 170           | 142            |
| Петровский          | Темно-каштановые                 | 94                    | 154           | 134            |
| Советский           | Темно-каштановые                 | 110                   | 176           | 150            |
| Степновский         | Темно-каштановые                 | 90                    | 168           | 140            |
| <b>3</b>            |                                  |                       |               |                |
| Изобильненский      | Чернозем обыкновенный            | 128                   | 240           | 220            |
| Грачевский          | Чернозем обыкновенный            | 180                   | 260           | 218            |
| Кочубеевский        | Чернозем обыкновенный            | 210                   | 282           | 236            |
| Красногвардейский   | Чернозем южный                   | 165                   | 250           | 210            |
| Андроповский        | Черноземы солонцеватые           | 75                    | 165           | 184            |
| Новоалександровский | Чернозем обыкновенный            | 170                   | 275           | 244            |
| Труновский          | Чернозем обыкновенный            | 160                   | 270           | 232            |
| Шпаковский          | Чернозем обыкновенный            | 140                   | 264           | 226            |
| <b>4</b>            |                                  |                       |               |                |
| Георгиевский        | Чернозем южный                   | 142                   | 210           | 180            |
| Минераловодский     | Чернозем солонцеватый            | 146                   | 220           | 186            |
| Кировский           | Чернозем южный                   | 134                   | 204           | 178            |
| Предгорный          | Чернозем выщелоченный            | 152                   | 228           | 198            |

**Приложение 3 - Месячное и годовое количество осадков (мм)**

| Станция           | I    | II   | III  | IV   | V    | VI    | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | IV-X  | XI-III | Год   |
|-------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|-------|
| Александровское   | 25,0 | 24,8 | 31,0 | 44,0 | 58,7 | 78,5  | 54,0 | 64,2 | 39,3 | 37,9 | 33,3 | 33,5 | 376,6 | 147,6  | 524,2 |
| Арзгир            | 20,9 | 17,4 | 18,5 | 27,9 | 37,1 | 61,9  | 42,5 | 44,0 | 27,2 | 25,5 | 25,0 | 22,8 | 266,1 | 104,6  | 370,7 |
| Благодарный       | 22,9 | 19,6 | 23,1 | 32,3 | 48,7 | 69,4  | 45,8 | 51,6 | 32,8 | 29,5 | 32,7 | 30,0 | 310,1 | 128,3  | 438,4 |
| Буденновск        | 21,1 | 19,6 | 22,4 | 35,6 | 47,9 | 61,8  | 40,4 | 45,4 | 29,2 | 23,6 | 27,6 | 28,8 | 283,9 | 119,5  | 403,4 |
| Георгиевск        | 22,8 | 24,4 | 30,2 | 49,0 | 61,6 | 90,0  | 59,6 | 56,3 | 37,6 | 35,2 | 33,0 | 29,2 | 389,3 | 139,6  | 528,9 |
| Дивное            | 33,0 | 23,6 | 25,2 | 35,3 | 44,4 | 63,5  | 47,0 | 42,5 | 28,3 | 32,7 | 36,4 | 36,0 | 293,7 | 154,2  | 447,9 |
| Зеленокумск       | 20,1 | 21,0 | 26,2 | 40,3 | 53,6 | 80,0  | 47,7 | 51,8 | 31,6 | 28,7 | 31,2 | 29,8 | 333,7 | 128,3  | 462,0 |
| Изобильный        | 33,0 | 31,6 | 34,6 | 51,4 | 64,4 | 85,0  | 53,0 | 54,5 | 38,1 | 42,6 | 44,0 | 43,0 | 389,0 | 186,2  | 575,2 |
| Кисловодск        | 15,6 | 16,4 | 26,0 | 58,5 | 95,9 | 116,7 | 97,5 | 81,9 | 53,6 | 33,4 | 23,6 | 22,0 | 537,5 | 103,6  | 641,1 |
| Красногвардейское | 37,0 | 28,8 | 31,9 | 43,8 | 57,5 | 62,0  | 57,8 | 51,9 | 35,4 | 37,3 | 45,8 | 47,3 | 345,7 | 190,8  | 536,5 |
| Минеральные Воды  | 17,4 | 17,1 | 27,3 | 52,2 | 65,3 | 78,9  | 65,1 | 48,8 | 33,9 | 30,5 | 26,7 | 28,6 | 374,7 | 117,1  | 491,8 |
| Невинномысск      | 24,1 | 21,3 | 30,5 | 53,0 | 68,8 | 95,2  | 60,5 | 74,4 | 44,4 | 38,1 | 36,5 | 32,5 | 434,4 | 144,9  | 579,3 |
| Новоалександровск | 43,9 | 33,1 | 37,2 | 52,5 | 68,7 | 75,7  | 56,3 | 49,9 | 44,3 | 45,1 | 52,0 | 50,9 | 392,5 | 217,1  | 609,6 |
| Рощино            | 19,5 | 18,5 | 19,8 | 29,6 | 39,4 | 58,6  | 43,7 | 41,1 | 24,4 | 21,0 | 29,0 | 28,4 | 257,8 | 115,2  | 373,0 |
| Светлоград        | 25,8 | 21,5 | 22,7 | 41,4 | 65,7 | 77,0  | 54,7 | 53,0 | 31,9 | 35,1 | 39,7 | 38,0 | 358,8 | 147,7  | 506,5 |
| Ставрополь        | 28,4 | 24,7 | 30,4 | 46,6 | 63,1 | 86,1  | 54,5 | 52,7 | 42,0 | 43,6 | 41,1 | 37,8 | 388,6 | 162,4  | 551,0 |



**Приложение 4 - Примерные сроки посева и уборки  
сельскохозяйственных культур по зонам Ставропольского края**

| Культура                    | Сев           | Полная спелость  |
|-----------------------------|---------------|------------------|
| Озимая пшеница              | 15.09 – 5.10  | 1.07 – 15.07     |
| Озимая рожь                 | 15.09 – 25.09 | 15.07 – 25.07    |
| Озимый ячмень               | 15.09 – 25.09 | 25.06 – 10.07    |
| Яровая пшеница              | 15.03 – 30.03 | 18.06 – 25.07    |
| Яровой ячмень               | 15.03 – 30.03 | 10.06 – 15.07    |
| Овес                        | 15.03 – 30.03 | 15.06 – 22.07    |
| Кукуруза на зерно           | 15.04 – 30.04 | 20.09 – 10.10    |
| Кукуруза на силос           | 15.04 – 30.04 | 25.07 – 10.08    |
| Просо                       | 20.04 – 30.04 | 10.07 – 20.07    |
| Сорго                       | 1.05 – 10.05  | 15.09 – 5.10     |
| Рис                         | 1.05 – 10.05  | 1.10 – 30.10     |
| Гречиха                     | 20.04 – 30.04 | 15.07 – 25.07    |
| Горох                       | 10.03 – 20.03 | 15.07 – 25.07    |
| Соя                         | 1.05 – 10.05  | 15.09 - 15.10    |
| Сахарная свекла             | 1.04 – 10.04  | 1.10 – 30.10     |
| Картофель                   | 1.04 – 10.04  | 15.08 – 15.09    |
| Люцерна                     | 1.08 – 15.08  | 15.05 – 20-25.05 |
| Эспарцет                    | 1.08 – 15.08  | 22.06 – 10.07    |
| Люцерна на семена           | 1.08 – 15.08  | 25.07 – 15.08    |
| Горох+овес на з/к           | 15.03 – 30.03 | 25.05 – 10.06    |
| Подсолнечник                | 20.04 – 30.04 | 20.08 – 15.10    |
| Горчица                     | 15.03 – 30.03 | 1.07 – 10.07     |
| Озимый рапс на зеленый корм | 20.08 – 30.08 | 25.04 – 5.05     |
| Яровой рапс на семена       | 1.04 – 10.04  | 10.07 – 15.07    |
| Хлопчатник                  | 1.05 – 10.05  | 5.10 – 20.10     |
| Лен                         | 1.05 – 10.05  | 20.07 – 30.07    |

**Приложение 5 - Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С)**

| Станция           | I    | II   | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI  | XII  | IV-X | XI-III | Год  |
|-------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|--------|------|
| Александровское   | -3,6 | -3,2 | 1,8 | 10,1 | 15,8 | 19,4 | 22,5 | 21,3 | 16,1 | 9,4  | 3,5 | -0,7 | 16,4 | -0,4   | 9,4  |
| Арзгир            | -3,7 | -3,2 | 2,2 | 11,0 | 17,3 | 21,9 | 24,7 | 23,4 | 17,8 | 10,3 | 3,7 | -0,5 | 18,1 | -0,3   | 10,4 |
| Благодарный       | -3,8 | -3,2 | 2,0 | 10,5 | 16,4 | 20,5 | 23,9 | 22,5 | 17,1 | 9,8  | 3,7 | -0,8 | 17,2 | -0,4   | 9,9  |
| Буденновск        | -3,6 | -3,0 | 2,6 | 10,9 | 17,0 | 21,7 | 24,6 | 23,4 | 17,8 | 10,5 | 4,0 | -0,9 | 18,0 | -0,2   | 10,4 |
| Георгиевск        | -3,2 | -2,7 | 2,3 | 10,4 | 15,7 | 19,9 | 22,7 | 21,8 | 16,6 | 9,6  | 3,8 | -0,8 | 16,7 | -0,1   | 9,7  |
| Дивное            | -3,9 | -3,3 | 2,2 | 11,1 | 17,2 | 21,8 | 24,6 | 23,2 | 17,5 | 10,1 | 3,7 | -0,8 | 17,9 | -0,4   | 10,3 |
| Зеленокумск       | -3,1 | -2,4 | 2,8 | 11,1 | 16,8 | 21,2 | 24,1 | 23,0 | 17,7 | 10,3 | 4,3 | -0,5 | 17,5 | 0,2    | 10,1 |
| Изобильный        | -2,5 | -1,0 | 3,4 | 11,6 | 16,8 | 20,4 | 23,1 | 22,1 | 17,1 | 10,6 | 5,5 | 1,3  | 17,4 | 1,3    | 10,7 |
| Кисловодск        | -2,8 | -2,3 | 1,5 | 8,2  | 12,6 | 15,9 | 18,4 | 17,8 | 13,6 | 8,2  | 3,3 | -0,6 | 13,5 | -0,2   | 7,8  |
| Красновардейское  | -3,1 | -2,1 | 3,1 | 11,4 | 16,8 | 21,1 | 23,7 | 22,7 | 17,2 | 10,3 | 4,3 | -0,0 | 17,6 | 0,4    | 10,5 |
| Минеральные Воды  | -3,8 | -2,8 | 2,3 | 10,0 | 15,3 | 19,1 | 21,7 | 21,4 | 16,3 | 9,5  | 3,6 | -1,2 | 16,2 | -0,4   | 9,3  |
| Невинномысск      | -3,6 | -2,6 | 2,4 | 10,3 | 15,5 | 19,4 | 22,2 | 21,3 | 16,4 | 9,6  | 3,7 | -1,0 | 16,4 | -0,2   | 9,5  |
| Новоалександровск | -2,4 | -1,3 | 3,7 | 11,7 | 16,8 | 20,7 | 23,3 | 22,3 | 17,1 | 10,4 | 4,8 | 0,4  | 17,5 | 1,0    | 10,6 |
| Рощино            | -3,1 | -2,2 | 3,0 | 10,8 | 17,0 | 21,5 | 24,5 | 23,3 | 18,0 | 11,0 | 4,6 | -0,1 | 18,0 | 0,4    | 10,7 |
| Светлоград        | -2,7 | -2,1 | 3,1 | 11,5 | 16,0 | 21,1 | 23,9 | 22,7 | 17,3 | 10,5 | 4,5 | 0,3  | 17,7 | 0,6    | 10,6 |
| Ставрополь        | -3,4 | -2,8 | 1,7 | 9,7  | 14,9 | 19,0 | 21,8 | 20,9 | 15,9 | 9,3  | 3,5 | -0,6 | 15,9 | -0,3   | 9,2  |

**Приложение 6 – Вынос элементов питания 1 ц основной продукции  
и соответствующим количеством побочной, кг**

| Культуры                 | N   | P   | K    |
|--------------------------|-----|-----|------|
| Пшеница озимая           | 3,0 | 1,1 | 2,5  |
| Пшеница яровая           | 3,0 | 1,2 | 2,2  |
| Рожь озимая              | 3,1 | 1,4 | 2,6  |
| Ячмень                   | 2,5 | 1,1 | 2,2  |
| Овес                     | 3,0 | 1,3 | 2,6  |
| Кукуруза (зерно)         | 3,0 | 1,0 | 3,1  |
| Просо                    | 3,3 | 1,0 | 3,3  |
| Гречиха                  | 3,0 | 1,5 | 3,9  |
| Сорго                    | 3,7 | 1,1 | 1,5  |
| Горох                    | 6,6 | 1,5 | 2,0  |
| Люпин                    | 6,8 | 1,9 | 4,7  |
| Соя                      | 7,2 | 1,4 | 1,9  |
| Вика (зерно)             | 6,2 | 1,3 | 1,6  |
| Вика (сено)              | 2,3 | 0,6 | 1,0  |
| Лен-долгунец (семена)    | 8,0 | 4,0 | 7,0  |
| Лен-долгунец (солома)    | 1,2 | 0,7 | 1,7  |
| Конопля                  | 2,0 | 0,6 | 1,0  |
| Подсолнечник             | 6,0 | 2,5 | 14,3 |
| Свекла сахарная          | 0,6 | 0,2 | 0,8  |
| Свекла кормовая          | 0,4 | 0,1 | 0,5  |
| Картофель                | 0,6 | 0,3 | 1,5  |
| Люцерна (сено)           | 2,6 | 0,7 | 1,5  |
| Клевер луговой (сено)    | 2,0 | 0,6 | 1,5  |
| Тимофеевка (сено)        | 1,6 | 0,7 | 2,0  |
| Эспарцет (сено)          | 2,5 | 0,5 | 1,3  |
| Костер безостый (сено)   | 2,2 | 0,6 | 1,8  |
| Кукуруза (зеленая масса) | 0,5 | 0,1 | 0,4  |
| Яровой рапс на семена    | 5,6 | 3,0 | 5,6  |
| Озимый рапс на семена    | 4,9 | 2,3 | 3,0  |
| Рапс на зеленую массу    | 0,5 | 0,2 | 0,7  |

**Приложение 7 - Коэффициенты использования элементов питания из почвы с программируемым урожаем ( $K_n$ ) (Агеев В.В., 2001)**

| Содержание $P_2O_5$<br>в почве, мг/кг | $K_n$ фосфора | Содержание $K_2O$<br>в почве, мг/кг | $K_n$ калия |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|
| 1                                     | 2             | 3                                   | 4           |
| <10,0                                 | 0,3           | <100                                | 0,5         |
| 10,5                                  | 0,31          | 105                                 | 0,51        |
| 11,0                                  | 0,32          | 110                                 | 0,52        |
| 11,5                                  | 0,33          | 115                                 | 0,53        |
| 12,0                                  | 0,34          | 120                                 | 0,54        |
| 12,5                                  | 0,35          | 125                                 | 0,55        |
| 13,0                                  | 0,36          | 130                                 | 0,56        |
| 13,5                                  | 0,37          | 135                                 | 0,57        |
| 14,0                                  | 0,38          | 140                                 | 0,58        |
| 14,5                                  | 0,39          | 145                                 | 0,59        |
| 15,0                                  | 0,40          | 150                                 | 0,6         |
| 15,5                                  | 0,41          | 155                                 | 0,61        |
| 16,0                                  | 0,42          | 160                                 | 0,62        |
| 16,5                                  | 0,43          | 165                                 | 0,63        |
| 17,0                                  | 0,44          | 170                                 | 0,64        |
| 17,5                                  | 0,45          | 175                                 | 0,65        |
| 18,0                                  | 0,46          | 180                                 | 0,66        |
| 18,5                                  | 0,47          | 185                                 | 0,67        |
| 19,0                                  | 0,48          | 190                                 | 0,68        |
| 19,5                                  | 0,49          | 195                                 | 0,68        |
| 20,0                                  | 0,50          | 200                                 | 0,7         |
| 20,5                                  | 0,51          | 205                                 | 0,71        |
| 21,0                                  | 0,52          | 210                                 | 0,72        |
| 21,5                                  | 0,53          | 215                                 | 0,73        |
| 22,0                                  | 0,54          | 220                                 | 0,74        |
| 22,5                                  | 0,55          | 225                                 | 0,75        |
| 23,0                                  | 0,56          | 230                                 | 0,76        |
| 23,5                                  | 0,57          | 235                                 | 0,77        |
| 24,0                                  | 0,58          | 240                                 | 0,78        |
| 24,5                                  | 0,59          | 245                                 | 0,79        |
| 25,0                                  | 0,60          | 250                                 | 0,8         |
| 25,5                                  | 0,61          | 255                                 | 0,81        |
| 26,0                                  | 0,62          | 260                                 | 0,82        |
| 26,5                                  | 0,63          | 265                                 | 0,83        |

## Продолжение приложения 7

| 1    | 2    | 3    | 4    |
|------|------|------|------|
| 27,0 | 0,64 | 270  | 0,84 |
| 27,5 | 0,65 | 275  | 0,85 |
| 28,0 | 0,66 | 280  | 0,86 |
| 28,5 | 0,67 | 285  | 0,87 |
| 29,0 | 0,68 | 290  | 0,88 |
| 29,5 | 0,69 | 295  | 0,89 |
| 30,0 | 0,70 | 300  | 0,90 |
| 30,5 | 0,71 | 305  | 0,91 |
| 31,0 | 0,72 | 310  | 0,92 |
| 31,5 | 0,73 | 315  | 0,93 |
| 32,0 | 0,74 | 320  | 0,94 |
| 32,5 | 0,75 | 325  | 0,95 |
| 33,0 | 0,76 | 330  | 0,96 |
| 33,5 | 0,77 | 335  | 0,97 |
| 34,0 | 0,78 | 340  | 0,98 |
| 34,5 | 0,79 | 345  | 0,99 |
| 35,0 | 0,80 | >350 | 1,0  |
| 35,5 | 0,81 |      |      |
| 36,0 | 0,82 |      |      |
| 36,5 | 0,83 |      |      |
| 37,0 | 0,84 |      |      |
| 37,5 | 0,85 |      |      |
| 38,0 | 0,86 |      |      |
| 38,5 | 0,87 |      |      |
| 39,0 | 0,88 |      |      |
| 39,5 | 0,89 |      |      |
| 40,0 | 0,90 |      |      |
| 40,5 | 0,91 |      |      |
| 41,0 | 0,92 |      |      |
| 41,5 | 0,93 |      |      |
| 42,0 | 0,94 |      |      |
| 42,5 | 0,95 |      |      |
| 43,0 | 0,96 |      |      |
| 43,5 | 0,97 |      |      |
| 44,0 | 0,98 |      |      |
| 44,5 | 0,99 |      |      |
| >45  | 1,00 |      |      |

**Приложение 8 - Примерное содержание элементов питания в почвах пашни Ставропольского края (Агеев В.В, Подколзин А.И., 2001).**

| Зона, район         | Преобладающий тип (подтип) почвы | Содержание |                                       |                         |
|---------------------|----------------------------------|------------|---------------------------------------|-------------------------|
|                     |                                  | Гумус, %   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг | K <sub>2</sub> O, мг/кг |
| 1                   |                                  |            |                                       |                         |
| Апанасенковский     | Каштановые                       | 2,0        | 22                                    | 409                     |
| Арзгирский          | Каштановые                       | 1,7        | 23                                    | 349                     |
| Левокумский         | Светло-каштановые                | 1,56       | 24                                    | 415                     |
| Нефтекумский        | Светло-каштановые                | 1,44       | 28                                    | 425                     |
| Туркменский         | Каштановые солонцеватые          | 2,3        | 17                                    | 334                     |
| 2                   |                                  |            |                                       |                         |
| Александровский     | Чернозем типичный                | 3,5        | 25                                    | 280                     |
| Благодарненский     | Каштановые                       | 2,3        | 27                                    | 324                     |
| Буденовский         | Каштановые                       | 1,97       | 26                                    | 335                     |
| Ипатовский          | Темно-каштановые                 | 2,80       | 21                                    | 410                     |
| Курской             | Темно-каштановые                 | 2,19       | 20                                    | 319                     |
| Новоселецкий        | Темно-каштановые                 | 2,47       | 23                                    | 261                     |
| Петровский          | Темно-каштановые                 | 3,0        | 22                                    | 327                     |
| Советский           | Темно-каштановые                 | 2,6        | 20                                    | 339                     |
| Степновский         | Темно-каштановые                 | 2,1        | 24                                    | 345                     |
| 3                   |                                  |            |                                       |                         |
| Изобильненский      | Чернозем обыкновенный            | 3,6        | 18                                    | 346                     |
| Грачевский          | Чернозем обыкновенный            | 3,3        | 22                                    | 255                     |
| Кочубеевский        | Чернозем обыкновенный            | 4,2        | 20                                    | 325                     |
| Красногвардейский   | Чернозем южный                   | 3,0        | 20                                    | 275                     |
| Андроповский        | Черноземы солонцеватые           | 4,5        | 15                                    | 363                     |
| Новоалександровский | Чернозем обыкновенный            | 3,8        | 20                                    | 379                     |
| Труновский          | Чернозем обыкновенный            | 3,2        | 19                                    | 331                     |
| Шпаковский          | Чернозем обыкновенный            | 4,4        | 14                                    | 346                     |
| 4                   |                                  |            |                                       |                         |
| Георгиевский        | Чернозем южный                   | 3,4        | 23                                    | 330                     |
| Минераловодский     | Черноземы солонцеватые           | 4,9        | 26                                    | 323                     |
| Кировский           | Чернозем южный                   | 3,6        | 28                                    | 319                     |
| Предгорный          | Чернозем выщелоченный            | 5,5        | 27                                    | 377                     |

**Приложение 9 – Средние коэффициенты использования  
питательных веществ растениями из удобрений, %**

| Год действия           | Органических |                               |                  | Минеральных |                               |                  |
|------------------------|--------------|-------------------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------------------|
|                        | N            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N           | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 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                         | 10-20            |
| 3-й год                | 10           | 5                             | -                | -           | 5                             | -                |
| За ротацию севооборота | 50-55        | 40-50                         | 60-75            | 60-70       | 30-40                         | 65-80            |

**Приложение 10 – Группировка культур по потребности в азоте и  
средние коэффициенты компенсации за счет азотных удобрений (на  
фоне фосфорного питания)**

| Группа культур  | Содержание N-NO <sub>3</sub> перед посевом | Коэффициент компенсации |
|---|--|-------------------------|
| Озимая пшеница  | менее 10                                   | 0,8                     |
|   | 10-15                                      | 0,6                     |
|   | 16-20                                      | 0,4                     |
|   | 21-25                                      | 0,2                     |
|   | более 25                                   | 0,0                     |
| Озимый и яровой ячмень, рожь, гречиха, просо, кукуруза на зерно, подсолнечник, клецеевина, рис, сахарная свекла, овощи, картофель, кормовые корнеплоды, бахчи | -  | 0,5                     |
| Однолетние травы, кукуруза на силос и зеленый корм, сорго силос, зернобобовые смеси, многолетние насаждения   | -  | 0,8                     |
| Зернобобовые, многолетние бобовые травы на богаре   | -  | 0,0                     |

**Приложение 11 – Коэффициенты компенсации выноса фосфора за  
счет удобрений**

| Содержание в почве<br>подвижного фосфора<br>мг/кг | Сельскохозяйственные<br>культуры на орошении | Сельскохозяйственные<br>культуры на богаре |
|---|--|--|
| Менее 10  | 1,80   | 1,50                                       |
| 10,1 – 11   | 1,78   | 1,48                                       |
| 11,1 – 12   | 1,76   | 1,46                                       |
| 12,1 – 13   | 1,74   | 1,44                                       |
| 13,1 – 14   | 1,72   | 1,42                                       |
| 14,1 – 15   | 1,70   | 1,40                                       |
| 15,1 – 16   | 1,68   | 1,38                                       |
| 16,1 – 17   | 1,66   | 1,36                                       |
| 17,1 – 18   | 1,64   | 1,34                                       |
| 18,1 – 19   | 1,62   | 1,32                                       |
| 19,1 – 20   | 1,60   | 1,30                                       |
| 20,1 – 21   | 1,58   | 1,28                                       |
| 21,1 – 22   | 1,56   | 1,26                                       |
| 22,1 – 23   | 1,54   | 1,24                                       |
| 23,1 – 24   | 1,52   | 1,22                                       |
| 24,1 – 25   | 1,50   | 1,20                                       |
| 25,1 – 26   | 1,48   | 1,16                                       |
| 26,1 – 27   | 1,46   | 1,12                                       |
| 27,1 – 28   | 1,44   | 1,08                                       |
| 28,1 – 29   | 1,42   | 1,04                                       |
| 29,1 – 30   | 1,40   | 1,02                                       |
| 30,1 – 31   | 1,38   | 1,00                                       |
| 31,1 – 32   | 1,36   | 1,00                                       |
| 32,1 – 33   | 1,34   | 1,00                                       |
| 33,1 – 34   | 1,32   | 1,00                                       |
| 34,1 – 35   | 1,30   | 1,00                                       |
| 35,1 – 36   | 1,22   | 1,00                                       |
| 36,1 – 37   | 1,16   | 1,00                                       |
| 37,1 – 38   | 1,10   | 1,00                                       |
| 38,1 – 39   | 1,04   | 1,00                                       |
| 39,1 - 40   | 1,00   | 1,00                                       |



**Приложение 12 – Коэффициент компенсации выноса калия за счет  
удобрений**

| Содержание в почве обменного калия<br>(K <sub>2</sub> O), мг/кг | Коэффициент компенсации |
|---|-------------------------|
| Менее 100   | 0,70                    |
| 101-120   | 0,68                    |
| 121-140   | 0,66                    |
| 141-160   | 0,64                    |
| 161-180   | 0,62                    |
| 181-200   | 0,60                    |
| 201-220   | 0,58                    |
| 221-240   | 0,56                    |
| 241-260   | 0,54                    |
| 261-280   | 0,52                    |
| 281-300   | 0,50                    |
| 301-320   | 0,48                    |
| 321-340   | 0,46                    |
| 341-360   | 0,44                    |
| 361-380   | 0,42                    |
| 381-400   | 0,40                    |
| 401-420   | 0,38                    |
| 421-440   | 0,36                    |
| 441-460   | 0,34                    |
| 461-480   | 0,32                    |
| 481-500   | 0,30                    |
| Более 500   | 0,20                    |

**Приложение 13 – Коэффициенты использования растениями  
основных элементов питания из почвы (Кп)**

| Культуры                 | N         | P         | K         |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Пшеница озимая           | 0,20-0,35 | 0,05-0,10 | 0,08-0,15 |
| Пшеница яровая           | 0,20-0,30 | 0,05-0,8  | 0,06-0,12 |
| Рожь озимая              | 0,20-0,35 | 0,05-0,12 | 0,07-0,14 |
| Ячмень                   | 0,15-0,35 | 0,05-0,08 | 0,06-0,10 |
| Овес                     | 0,20-0,35 | 0,05-0,11 | 0,08-0,14 |
| Кукуруза (зерно)         | 0,25-0,40 | 0,06-0,18 | 0,08-0,28 |
| Просо                    | 0,15-0,35 | 0,05-0,09 | 0,06-0,09 |
| Гречиха                  | 0,15-0,35 | 0,05-0,09 | 0,06-0,09 |
| Сорго                    | 0,15-0,40 | 0,06-0,13 | 0,07-0,15 |
| Горох                    | 0,30-0,55 | 0,09-0,16 | 0,06-0,17 |
| Люпин                    | 0,30-0,65 | 0,08-0,16 | 0,07-0,36 |
| Вика (зерно)             | 0,25-0,40 | 0,06-0,10 | 0,05-0,11 |
| Вика (сено)              | 0,20-0,35 | 0,06-0,09 | 0,05-0,10 |
| Лен-долгунец (семена)    | 0,25-0,35 | 0,03-0,12 | 0,07-0,20 |
| Лен-долгунец (солома)    | 0,22-0,32 | 0,03-0,12 | 0,06-0,18 |
| Конопля                  | 0,20-0,35 | 0,08-0,15 | 0,06-0,13 |
| Подсолнечник             | 0,30-0,45 | 0,07-0,17 | 0,08-0,24 |
| Свекла сахарная          | 0,25-0,50 | 0,06-0,15 | 0,07-0,40 |
| Свекла кормовая          | 0,20-0,45 | 0,05-0,12 | 0,06-0,25 |
| Картофель                | 0,20-0,35 | 0,07-0,12 | 0,09-0,40 |
| Люцерна (сено)           | 0,35-0,70 | 0,07-0,20 | 0,08-0,25 |
| Клевер луговой (сено)    | 0,30-0,65 | 0,05-0,18 | 0,06-0,16 |
| Тимофеевка (сено)        | 0,15-0,25 | 0,03-0,10 | 0,08-0,12 |
| Костер безостый (сено)   | 0,30-0,45 | 0,06-0,16 | 0,07-0,18 |
| Кукуруза (зеленая масса) | 0,20-0,40 | 0,06-0,18 | 0,8-0,28  |

**Приложение 14 – Коэффициенты использования основных  
элементов питания полевыми культурами из туков (Ку)**

| Культуры                 | N         | P         | K         |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Пшеница озимая           | 0,55-0,85 | 0,15-0,45 | 0,55-0,95 |
| Пшеница яровая           | 0,45-0,75 | 0,15-0,35 | 0,55-0,85 |
| Рожь озимая              | 0,55-0,80 | 0,25-0,40 | 0,65-0,80 |
| Ячмень                   | 0,60-0,75 | 0,20-0,40 | 0,60-0,70 |
| Овес                     | 0,60-0,80 | 0,25-0,35 | 0,65-0,85 |
| Кукуруза (зерно)         | 0,65-0,85 | 0,25-0,45 | 0,75-0,95 |
| Просо                    | 0,55-0,75 | 0,25-0,40 | 0,65-0,85 |
| Гречиха                  | 0,50-0,70 | 0,30-0,45 | 0,70-0,90 |
| Сорго                    | 0,55-0,80 | 0,25-0,35 | 0,65-0,85 |
| Горох                    | 0,50-0,80 | 0,30-0,45 | 0,70-0,80 |
| Люпин                    | 0,50-0,90 | 0,15-0,40 | 0,55-0,75 |
| Вика (зерно)             | 0,55-0,85 | 0,20-0,35 | 0,65-0,80 |
| Вика (сено)              | 0,50-0,75 | 0,20-0,30 | 0,60-0,75 |
| Лен-долгунец (семена)    | 0,55-0,70 | 0,15-0,35 | 0,65-0,85 |
| Лен-долгунец (солома)    | 0,55-0,65 | 0,15-0,30 | 0,65-0,80 |
| Конопля                  | 0,55-0,65 | 0,50-0,30 | 0,65-0,80 |
| Подсолнечник             | 0,55-0,75 | 0,25-0,35 | 0,65-0,95 |
| Свекла сахарная          | 0,60-0,85 | 0,25-0,45 | 0,70-0,95 |
| Свекла кормовая          | 0,65-0,90 | 0,30-0,45 | 0,80-0,95 |
| Картофель                | 0,50-0,80 | 0,25-0,35 | 0,85-0,95 |
| Люцерна (сено)           | 0,80-0,95 | 0,30-0,45 | 0,80-0,95 |
| Клевер луговой (сено)    | 0,75-0,90 | 0,30-0,40 | 0,75-0,90 |
| Тимофеевка (сено)        | 0,80-0,90 | 0,25-0,35 | 0,75-0,85 |
| Костер безостый (сено)   | 0,75-0,95 | 0,30-0,45 | 0,80-0,85 |
| Кукуруза (зеленая масса) | 0,60-0,85 | 0,25-0,40 | 0,75-0,95 |

**Приложение 15 - Калорийность сельскохозяйственных культур  
(обобщенные данные)**

| Культура               | Органы растений |                    |                    |                  |
|------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|
|                        | Целое растение  | Основная продукция | Побочная продукция | Корневая система |
| Пшеница:               |                 |                    |                    |                  |
| мягкая озимая          | 4450            | 4550               | 4300               | 4100             |
| мягкая яровая          | 4500            | 4600               | 4330               | 4120             |
| твердая                | 4550            | 4660               | 4350               | 4040             |
| Рожь озимая            | 4400            | 4500               | 4310               | 4080             |
| Ячмень                 | 4420            | 4530               | 4320               | 4010             |
| Овес                   | 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             |
| на зеленую массу       | 3900            | 3900               | 3900               | 3900             |
| Хлопчатник             | 4660            | 4720               | 4510               | 4400             |
| Лен-долгунец           | 4600            | 4780               | 4500               | 4350             |
| Конопля                | 4590            | 4670               | 4490               | 4280             |
| Сахарная свекла        | 4230            | 4340               | 4210               | 4000             |
| Подсолнечник – семя    | 4450            | 4620               | 4330               | 3960             |
| Соя                    | 4800            | 4900               | 4600               | 4430             |
| Картофель              | 4300            | 4360               | 4240               | 3800             |
| Бахчевые               | 3450            | 3550               | 3340               | 3100             |
| Овощи                  | 3380            | 3420               | 3220               | 3080             |
| Кормовые корнеплоды    | 3850            | 3900               | 3700               | 3600             |
| Мн. травы- сено        | 4500            | 4500               | 4500               | 4370             |
| Солома                 | 3800            | 3800               | 3800               | -                |
| Однол. травы- сено     | 3900            | 3900               | 3900               | 3700             |
| Лугопастбищные травы   | 3850            | 3850               | 3850               | 3500             |
| Плоды, ягоды, виноград | 4350            | 4400               | 4200               | 3950             |

**Приложение 16 - Качественная характеристика земельных угодий административных районов Ставропольского края**

| Район               | Баллы                       |       |
|---------------------|-----------------------------|-------|
|                     | Сельскохозяйственные угодья | Пашня |
| Апанасенковский     | 23                          | 27    |
| Арзгирский          | 29                          | 33    |
| Левокумский         | 24                          | 29    |
| Туркменский         | 31                          | 33    |
| Нефтекумский        | 19                          | 23    |
| Александровский     | 51                          | 56    |
| Благодарненский     | 40                          | 41    |
| Буденновский        | 39                          | 41    |
| Ипатовский          | 42                          | 47    |
| Курский             | 33                          | 41    |
| Новоселецкий        | 50                          | 51    |
| Советский           | 43                          | 44    |
| Степновский         | 36                          | 39    |
| Петровский          | 48                          | 51    |
| Труновский          | 56                          | 58    |
| Шпаковский          | 46                          | 53    |
| Грачевский          | 48                          | 51    |
| Изобильненский      | 59                          | 63    |
| Красногвардейский   | 58                          | 59    |
| Кочубеевский        | 49                          | 57    |
| Новоалександровский | 74                          | 74    |
| Андроповский        | 42                          | 45    |
| Георгиевский        | 55                          | 56    |
| Кировский           | 55                          | 56    |
| Предгорный          | 68                          | 71    |
| Минераловодский     | 51                          | 55    |
| В среднем по краю   | 45                          | 48    |

**Приложение 17 – Цена одного балла пашни основных с.-х. культур**

| № п/п | Культура          | Цена балла пашни |
|-------|-------------------|------------------|
| 1     | Зерновые          | 0,39             |
| 2     | Озимая пшеница    | 0,42             |
| 3     | Кукуруза на зерно | 0,57             |
| 4     | Подсолнечник      | 0,29             |
| 5     | Соя               | 0,25             |
| 6     | Свекла сахарная   | 3,80             |
| 7     | Свекла кормовая   | 4,55             |
| 8     | Люцерна на сено   | 1,20             |



**ОСНОВЫ  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ  
УРОЖАЕВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
КУЛЬТУР**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**