МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»
Агротехнологическая академия
факультет агрономии, садово-паркового и лесного хозяйства
кафедра растениеводства

Изотов А.М., Тарасенко Б.А., Дударев Д.П.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

## ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫЕ ТОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

для обучающихся по направлению подготовки
35.06.01 – Сельское хозяйство

Направленность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

Симферополь
2020

УДК 633 : 631.5
ББК 41/42
И38
**Изотов А.М., Тарасенко Б.А., Дударев Д.П.**
Методические рекомендации для практических занятий по дисциплине «Адаптивно-ландшафтные точные технологии» / А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко, Д.П. Дударев. ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». — Симферополь, 2020. — 69 с.

**Рецензенты учебного издания:**
Письменный В.Д., кандидат с.-х. наук, доцент
Пичугин А.М., кандидат с.-х. наук, доцент

Методические рекомендации освещают прядок изучения методов принятия управляющих решений в точных технологиях выращивания полевых культур на основе оперативных оценок состояния агрофитоценозов, моделирования агробиологических зависимостей и применения геоинформационных технологий для обобщения и анализа пространственно распределённых агрономических данных.

Методические рекомендации утверждены на заседании кафедры растениеводства в качестве учебно-методического пособия для обучающихся по направлению 35.06.01 – Сельское хозяйство.
от 23 июля 2020 г.
протокол № ___8__

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены решением учебно-методической комиссии факультета агрономии, садово-паркового и лесного хозяйства в качестве учебно-методического пособия для обучающихся по направлению 35.06.01 – Сельское хозяйство.
от 10 сентября 2020 г.
протокол № __4___

Рекомендовано к печати решением учебно-методического совета Агротехнологической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» в качестве учебно-методического пособия для обучающихся по направлению 35.06.01 – Сельское хозяйство.
от 30 сентября 2020 г.
протокол № ___5__

© Изотов А.М., Тарасенко Б.А., Дударев Д.П., КФУ, 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

**Введение** ..... **4**
**1. Теоретические основы и факторы формирования продуктивности посевов полевых культур** ..... **5**
**1.1. Методы ситуационного адаптирования сроков сева и норм высева полевых культур** ..... **5**
**1.2. Оптимизация нормы фосфора на основе оценки эффективности маргинальных доз удобрения** ..... **9**
**1.3. Метод расчёта адаптивной дозы азотного удобрения** ..... **16**
**2. Управление адаптивно-ландшафтными точными технологиями** ..... **22**
**2.1. Контроль свойств почвы и состояния растений в адаптивно-ландшафтных точных агротехнологиях** ..... **22**
**2.2. Разработка элементов адаптивно-ландшафтных точных технологий выращивания полевых культур** ..... **39**
**Список использованных источников** ..... **50**
**Приложения** ..... **52**
**Приложение А. Листинг функции сплайн-интерполяции** ..... **53**
**Приложение Б. Поправочные коэффициенты к маргинальным прибавкам урожайности от возрастающих уровней суммарного азота** ..... **56**
**Приложение В. Интерпретация данных вертикального электрозондирования почв** ..... **59**

# ВВЕДЕНИЕ

Задача практического курса дисциплины состоит в закреплении знаний об адаптивности культурных растений, о эколого-биологических факторах формирования величины и качества урожая в растениеводстве, о системах адаптивного управления агротехнологиями для обеспечения повышения продуктивности, устойчивости полевых культур и стабильности их урожаев, приобретении навыков и умений в области агробиологических основ, программного обеспечения и аппаратного инструментария управления адаптивно-ландшафтными точными технологиями в растениеводстве, навыков в разработке элементов адаптивно-ландшафтных технологий выращивания полевых культур.

Для оценивания уровня освоения обучаемыми дисциплинарных частей компетенций при выполнении практических работ применяется следующая шкала.

Максимальный уровень «5» (отлично) – обучающийся выполнил задание практической работы, четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Средний уровень «4» (хорошо) – обучающийся выполнил задание практической работы с небольшими неточностями и ответил на большинство контрольных вопросов.

Минимальный уровень «3» (удовлетворительно) – обучающийся выполнил задание практической работы с существенными замечаниями, при ответах на дополнительные вопросы допустил много неточностей.

Минимальный уровень не достигнут «2» (неудовлетворительно) – обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задание практической работы, ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

## 1.1. Методы ситуационного адаптирования сроков сева и норм высева полевых культур

**Цель занятия** – на примере озимой пшеницы изучить и освоить методы и приемы оптимизации срока сева и нормы высева применительно к реальной погодной ситуации осеннего периода.
Количество часов – 2
Задание:

1. Изучить на примере озимой пшеницы связи модели формирования величины урожайного потенциала посева в зависимости от гидротермических условий в осенний период.
2. Дать агробиологическое обоснование целесообразности маневра сроками сева озимой пшеницы в соответствии с реальными гидротермическими условиями осеннего периода.
3. Изучить схему определения погодно-оптимального срока сева и интерфейс экспертной системы адаптирования комплекса «срок сева × норма высева» озимой пшеницы.
4. По ситуационным данным задания рассчитать динамику ожидаемой продуктивности и засорённости посева озимой пшеницы по срокам сева.
5. Провести обсуждение полученных результатов, установить оптимальный посевной период и норму высева семян.
6. Сформулировать агрономически обоснованные выводы и составить отчёт о проделанной работе.

**Форма проведения** – решение ситуационных задач

**Методика и порядок выполнения**

Изучить структурную модель формирования урожайного потенциала посева озимой пшеницы в зависимости от сроков сева и гидротермических условий осеннего периода. Охарактеризовать

число дней от даты посева до даты минимального фотопериодического цикла – 22 декабря, как один из наиболее сильнодействующих факторов, определяющих урожайный потенциал озимой пшеницы – первую ступень регулирования урожайного потенциала посева. Дать агробиологическое обоснование второй ступени ограничения урожайного потенциала посева озимой пшеницы: негативному действию засухи, проявляющемуся как через снижение полевой всхожести, так и в результате депрессии индивидуальной продуктивности растений из-за задержки появления всходов. Объяснить сущность аридно-термического показателя как индикатора напряжённости засухи в осенний период. Охарактеризовать третью ступень ограничения урожайного потенциала посева вследствие активности вредителей, включающей потери от изреживания растений и снижения их индивидуальной продуктивности.

Указать оптимальные сроки сева озимой пшеницы при среднемноголетнем температурном режиме и оптимальном увлажнении. Дать им агробиологическое обоснование. Изложить и обосновать динамику дрейфа оптимальных сроков сева озимой пшеницы в сторону поздних дат при ухудшении условий обеспеченности влагой и повышенном температурном фоне. Охарактеризовать адаптивную задержку времени сева как компромисс между депрессией продуктивности растений из-за ухудшения термофотопериодических условий с одной стороны, и сохранением их числа вследствие купирования неблагоприятных эффектов почвенной засухи и активности вредителей с другой стороны.

Изучить схему компьютеризированной системы определения погодно-оптимального срока сева озимой пшеницы на основе модели зависимости урожайного потенциала её посева в зависимости от времени сева, температурного режима и напряженности почвенной засухи в осенний период, а также с использованием моделей полевой всхожести и выживаемости всходов, засоренности посева в соответствии с теплообеспеченностью послепосевного периода и степенью подавления сорняков при различной густоте стояния культурных растений. Ознакомиться с интерфейсом компьютерной экспертной системой адаптирования комплекса «срок сева

× норма высева» озимой пшеницы: рассмотреть размещение и функцио

нальное назначение элементов управления на главной форме программы. Изучить структуру и порядок ввода данных в экспертную систему, проведения расчётов и сканирования результатов.

В соответствии с индивидуальным заданием ввести в экспертную систему стартовую дату расчётного периода и начальные запасы доступной влаги в слое почвы 0...20 см на время наступления допустимо ранних сроков сева. Для интервала, предшествующего стартовой дате, по дням поочерёдно ввести фактические значения осадков, средней суточной температуры воздуха и среднего дефицита влажности воздуха. По окончанию ввода данных перейти к расчётам. По данным сводки результатов вычислений отметить в отчёте интервал ситуационно адаптированных оптимальных сроков сева и указать соответствующие его пределам расчётные нормы высева, записать оценочные значения потенциала продуктивности посева и его ожидаемой засорённости малолетней сорной растительностью. Пошагово просканировать расчётный период и зафиксировать ежедневные значения оценок нормы высева, потенциала продуктивности и засорённости посева. Результаты представить по форме (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика нормы высева, урожайного потенциала и засорённости посева озимой пшеницы по срокам сева (по данным ситуационного моделирования)

| № | Дата | Норма высева, млн. шт./га | Урожайный потенциал, % | Засорённость посева, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.сен | | | |
| 2 | 21.сен | | | |
| 3 | 22.сен | | | |
| 4 | 23.сен | | | |
| 5 | 24.сен | | | |
| ... | ... | | | |
| 27 | 16.окт | | | |
| 28 | 17.окт | | | |
| 29 | 18.окт | | | |
| 30 | 19.окт | | | |
| 31 | 20.окт | | | |

По данным таблицы 1 в среде LO.Calc построить комплексный график динамики изучаемых зависимостей по срокам сева. Изучить полученные кривые, дать агробиологическую оценку анализируемым закономерностям, сформулировать аргументированные выводы. Составить отчет о выполненной работе.

**Материально-техническое обеспечение:**

1. Справочный информационный материал для анализа агрономических данных.
2. Учебная аудитория 1/213, АбиП; Персональные компьютеры Celeron 420 1,6GHz/512Mb/80Gb/17”LCD – 12 шт.; Windows XP Home OEM – MB4G-46QW8-8DFWD-G989W-XXVRG; Triticum 2002; LibreOffice – Mozilla Public License, v. 2.0.

**Контрольные вопросы:**

1. Составьте блок-схему модели формирования урожайного потенциала посева озимой пшеницы в осенний период.
2. Как влияет на структуру и продуктивность посева озимой пшеницы сев в различные календарные сроки?
3. В чём состоят негативные эффекты осенней засухи применительно к формированию потенциала продуктивности посева озимой пшеницы?
4. Изложите характер повреждений всходов озимой пшеницы насекомыми-вредителями в осенний период. Покажите связь степени повреждения растений с обеспеченностью теплом послепосевного периода.
5. Укажите наиболее благоприятные сроки сева озимой пшеницы при оптимальной обеспеченности влагой и среднемноголетнем температурном фоне.
6. В какую сторону следует сдвинуть срок сева, если наблюдается недостаток влаги в посевном слое и складывается повышенный температурный фон?

**Критерии оценки отчета:**

1. Умение работы со справочной литературой для теоретического обеспечения задания.

2. Навыки работы с специализированным программным инструментарием анализа данных на ЭВМ.
3. Владение методами погодной адаптации срока сева и нормы высева семян.
4. Полнота и логичность раскрытия темы задания.
5. Адекватность и агрономическая обоснованность выводов.
6. Стилистическая грамотность изложения текста и правильность оформления отчёта.

**Основная учебная литература:**

1. Адаптивное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, Н.А. Лопачев [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 356 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/102232 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2868-7. — Текст : электронный.

**Дополнительная учебная литература:**

1. Изотов А. М. Агробиологический контроль в координатных (точных) агротехнологиях озимых зерновых культур [Текст]: учеб. пособие / А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко, Д. П. Дударев. – Симферополь: «Антиква», 2016. – 73 с.
2. Изотов А.М. Оперативное управление технологией выращивания озимой пшеницы в Крыму [Текст] / А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко, А.В. Рогозенко. – Симферополь: Фактор, 2008. – 305 с.

## 1.2. Оптимизация нормы фосфора на основе оценки эффективности маргинальных доз удобрения

**Цель занятия** – освоить на примере озимой пшеницы основные подходы расчёта экономически оптимальной нормы фосфорного удобрения на основе нелинейной модели откликов и принципе маргинального анализа эффективности.
Количество часов – 2

Задание:

1. Изучить принципы оптимизации нормы удобрения на основе оценки эффективности «последней избыточной дозы».

2. Ознакомиться с результатами моделирования действия условий фосфорного питания на урожайность озимой пшеницы.
3. Освоить графо-аналитический метод исследования номограммы зависимости коэффициента урожайности от запасов подвижных фосфатов почвы и дозы фосфорного удобрения.
4. По заданным условиям выполнить оптимизацию нормы внесения фосфора на основе номограммы эффектов фосфатов и маргинального метода оценки «последней избыточной дозы».
5. Составить отчёт о проведённой работе.

**Форма проведения** – решение ситуационных задач.

**Методика и порядок выполнения**

Охарактеризовать и обосновать характер закономерности изменения урожайности полевых культур в зависимости от возрастающих доз минерального удобрения в лимитирующей части области определения как её замедленный рост. Показать следствие такого замедления роста урожайности как последовательное сокращение прибавки урожая от внесения «последней избыточной частицы» нормы удобрения, так называемой маргинальной дозы. Отметить различие сущности технической и экономической эффективности применения нормы минерального удобрения. Указать на преимущество маргинального анализа в оценке экономической эффективности вследствие возможности установить оправдывает ли прибавка урожая от «последнего» килограмма д.в. туков затраты на приобретение и внесение этого «последнего» килограмма. И в результате найти оптимальную дозу удобрения, не содержащую неэффективной, «балластной» её части, обеспечивающую наиболее высокие экономические показатели.
Изучить принципиальные подходы и результаты моделирования динамики совместного влияния обеспеченности почвы подвижными фосфатами и возрастающих доз фосфорного удобрения. Описать характер их действия, выраженного в коэффициентах урожайности, данного в виде семейства кривых по отдельным уровням содержания подвижных фосфатов в почве (рис. 1).

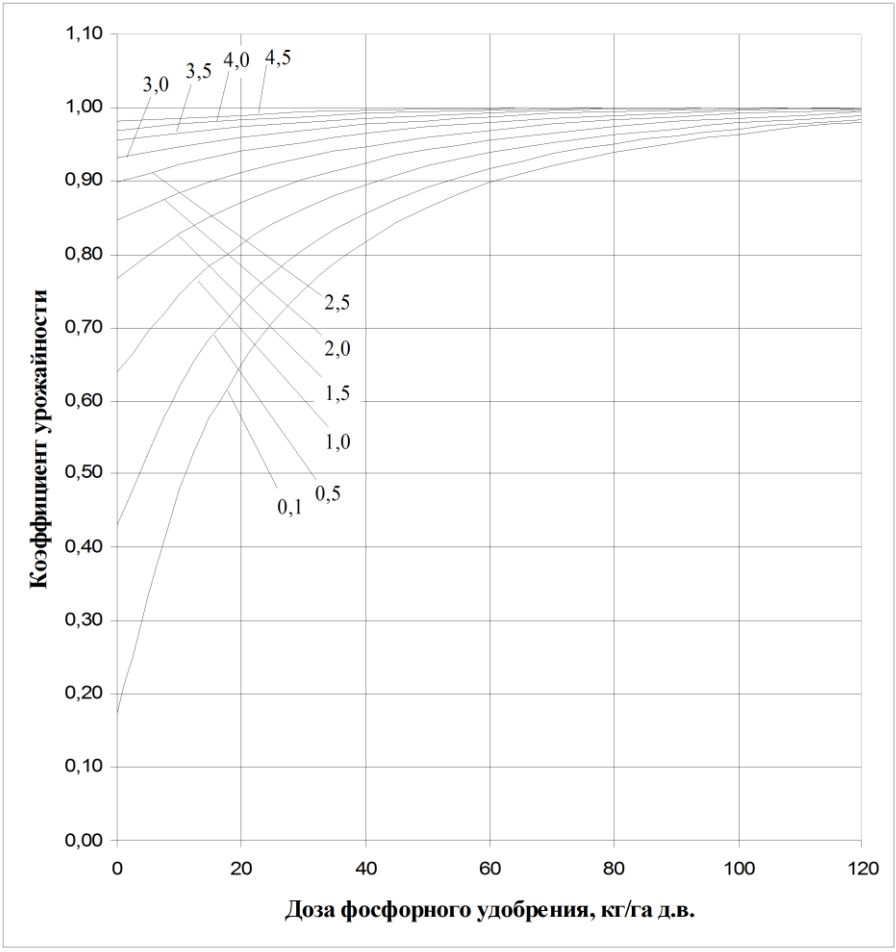


Рис. 1. Коэффициенты урожайности озимой пшеницы в зависимости от запасов подвижных фосфатов в пахотном слое почвы (мг/100 г) и дозы фосфорного удобрения

Освоить графо-аналитический метод исследования номограммы зависимости коэффициента урожайности от запасов подвижных фосфатов почвы и дозы фосфорного удобрения. Для снятия значения коэффициента урожайности озимой пшеницы по условиям фосфорного питания следует сначала выбрать кривую отклика, соответствующую заданному содержанию подвижных ос

фатов. Возле каждой из них указано соответствие содержанию доступных фосфатов в пахотном слое по Мачигину (мг $P_2O_5$ на 100 г почвы). Если реальное содержание $P_2O_5$ не совпадает со значениями в наборе кривых, то эту промежуточную величину можно получить методом интерполяции между двумя соседними кривыми (соответствующих более высокому и низкому содержанию фосфатов). Затем найти точку, где выбранная кривая пересекается с вертикальной линией сетки доз фосфорного удобрения, соответствующей количеству внесённых фосфатных туков. Из точки пересечения восстановить перпендикуляр на ось ординат графика и по ее шкале считать значение искомого коэффициента урожайности ($К_у$). И получить искомый результат – значение урожайности ($У_ф$), скорректированное на условия фосфорного питания (1).

$$У_ф = У_п \cdot К_у, \qquad (1)$$

где $У_п$ – планируемая урожайность, ц/га.

Для выполнения задания по расчёту оптимальной нормы внесения фосфора под озимую пшеницу необходимо с номограммы (рис. 1) снять значения коэффициентов урожайности ($К_у$), соответствующие значению заданной обеспеченности почвы подвижными фосфатами и сетке доз фосфорного удобрения ($P$) с шагом 20 кг д.в. от 0 до 120 кг д.в. На основе полученного набора из семи пар значений соответствия «доза фосфора – коэффициент урожайности» ($P$ – $К_у$) и заданной плановой урожайности рассчитать по формуле (1) уровни урожайности ($У_ф$), скорректированной на условия фосфорного питания и в среде LO.Calc сформировать матрицу парных соответствий ($P$ – $У_ф$). Обосновать и установить величину маргинальной дозы фосфора в пределах (1...5 кг/га). На рабочем листе LO.Calc заполнить вектор ($P_i$) возрастающих доз фосфора от $P_0$ до $P_{120}$ с шагом в размере выбранной маргинальной дозы (рис. 2). Рассчитать интерполированные значения ($У_i$) по сетке возрастающих доз ($P_i$). Для этого к табличному процессору LO.Calc следует подключить макрос – функцию сплайн-интерполяции в файле «spline.bas», листинг в приложении .

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | $P$ | $y_ф$ | | $P_i$ | $y_i$ | $\Delta y_i$ | |
| 13 | | 0 | 9,0 | | 0 | 9,0 | | |
| 14 | | 20 | 32,5 | | 5 | 15,8 | 6,8 | |
| 15 | | 40 | 41,0 | | 10 | 22,2 | 6,4 | |
| 16 | | 60 | 45,0 | | 15 | 27,9 | 5,7 | |
| 17 | | 80 | 46,8 | | 20 | 32,5 | 4,6 | |
| 18 | | 100 | 48,0 | | 25 | 35,9 | 3,4 | |
| 19 | | 120 | 48,5 | | 30 | 38,2 | 2,3 | |
| 20 | | | | | 35 | 39,8 | 1,6 | |
| 21 | | | | | 40 | 41,0 | 1,2 | |
| 22 | | | | | 45 | 42,1 | 1,1 | |
| 23 | | | | | 50 | 43,2 | 1,1 | |
| 24 | | | | | 55 | 44,2 | 1,0 | |
| 25 | | | | | 60 | 45,0 | 0,8 | |
| 26 | | | | | 65 | 45,6 | 0,6 | |
| 27 | | | | | 70 | 46,1 | 0,5 | |
| 28 | | | | | 75 | 46,4 | 0,4 | |
| 29 | | | | | 80 | 46,8 | 0,3 | |
| 30 | | | | | 85 | 47,1 | 0,3 | |
| 31 | | | | | 90 | 47,4 | 0,3 | |
| 32 | | | | | 95 | 47,7 | 0,3 | |
| 33 | | | | | 100 | 48,0 | 0,3 | |
| 34 | | | | | 105 | 48,2 | 0,2 | |
| 35 | | | | | 110 | 48,3 | 0,1 | |
| 36 | | | | | 115 | 48,4 | 0,1 | |
| 37 | | | | | 120 | 48,5 | 0,1 | |

Рис. 2. Рабочий лист LO.Calc с данными для маргинального анализа доз фосфора

С этой целью выполнить пункт главного меню «Сервис» – «Макросы» – «Управление макросами» – «LibreOffice Basic...». В диалоге [Макросы LibreOffice Basic] в списке «Макросы из» выбрать текущий документ LO.Calc. При необходимости создать программный модуль Basic, нажав кнопку <Создать>. По кнопке <Правка> войти в редактор среды программирования на встроенном языке LibreOffice Basic. Выполнить пункт главного меню редактора «Файл» – «Импорт Basic». В диалоге [Открытие] указать расположение искомого файла spline.bas и подтвердить сделанный выбор. В соответствии с рассматриваемым примером в ячейку с адресом F13 ввести формулу вызова функции |=SplineInterp( )|. В

скобках формулы указать первый аргумент, на основе которого строится сплайн: ранее созданную матрицу соответствия урожайности озимой пшеницы уровням обеспеченности фосфором, интерактивно выделив диапазон листа B13:C19 (см. рис. 2). Преобразовать полученный относительный адрес абсолютный (клавиша <F4>). Добавить второй аргумент функции – текущую дозу фосфора ($P_i$), для которой необходимо рассчитать интерполированную урожайность. При этом отделить первый аргумент вводом знака « ; » и указать на соответствующую дозу ($P_i$). В итоге в строке ввода LO.Calc должно получиться |=SplineInterp($B$13:$C$19;E13)|. Фиксировать ввод клавишей <Enter>. В ячейке F13 будет отображён искомый результат ($У_i$). Маркером заполнения содержимое ячейки F13 скопировать в диапазон области определения урожайности для маргинального анализа – F13: F37, (см. рис. 2). Рассчитать маргинальные прибавки урожайности ($\Delta\ У_i$) в интервале норм от $P_5$ до $P_{120}$, вычитая от текущей величины урожайности её предшествующее значение – диапазон примера G14:G37. На основе этих прибавок урожайности определить динамику маргинального экономического эффекта по возрастающим нормам внесения фосфатов. С этой целью необходимо рассчитать значения маргинальной выручки, умножив величины маргинальных прибавок урожайности на закупочную цену на зерно. На следующем этапе расчетов из полученных значений маргинальной выручки необходимо вычесть переменные затраты на уборку и вывоз дополнительной (маргинальной) части урожая и сумму затрат на приобретение, транспортировку и внесение маргинальной дозы фосфорных туков. Таким образом будут получены значения маргинальной прибыли для рассматриваемой серии возрастающих норм внесения фосфатов. Проанализировав их динамику, следует определить дозу фосфора, которой соответствует переход маргинальной прибыли через ноль в сторону отрицательных значений (убытков). Эта величина будет соответствовать искомой экономически оптимизированной норме внесения фосфорных туков, которая обеспечивает максимальную суммарную прибыль от внесения всей нормы удобрения. Полученным результатам дать агробиологическое обоснование, сформулировать выводы и составить отчёт.

**Материально-техническое обеспечение:**

1. Справочный информационный материал для освоения темы.
2. Учебная аудитория 1/213, АбиП; Персональные компьютеры Celeron 420 1,6GHz/512Mb/80Gb/17”LCD – 12 шт.; Windows XP Home OEM – MB4G-46QW8-8DFWD-G989W-XXVRG; LibreOffice – Mozilla Public License, v. 2.0.

**Контрольные вопросы:**

1. Опишите типичный характер динамики откликов урожайности полевых культур на возрастающие дозы удобрения.
2. Назовите основные подходы маргинального анализа эффективности возрастающих доз минеральных удобрений.
3. Раскройте агрономическую сущность модели, лежащей в основе номограммы зависимости урожайности от совместного действия фосфатов почвы и доз фосфорного удобрения.
4. Изложите порядок графо-аналитического анализа номограммы эффектов действия почвенных фосфатов и доз фосфора на урожайность озимой пшеницы.
5. Укажите статьи прямых производственных затрат, связанных с удобрением полевых культур фосфором.
6. Назовите и охарактеризуйте дополнительные затраты, обусловленные повышением урожайности зерна.
7. Дайте характеристику основным показателям экономической эффективности применения удобрений под зерновые культуры.

**Критерии оценки отчета:**

1. Умение работы со справочной литературой для теоретического обеспечения задания.
2. Навыки работы с специализированным программным инструментарием анализа данных на ЭВМ.
3. Владение методом оптимизации нормы внесения удобрений на основе оценок эффективности их маргинальных доз.
4. Полнота и логичность раскрытия темы задания.
5. Адекватность и агрономическая обоснованность выводов.
6. Стилистическая грамотность изложения текста и правильность оформления отчёта.

**Основная учебная литература:**

1. Адаптивное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, Н.А. Лопачев [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 356 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/102232 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2868-7. — Текст : электронный.

**Дополнительная учебная литература:**

1. Изотов А.М. Оперативное управление технологией выращивания озимой пшеницы в Крыму [Текст] / А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко, А.В. Рогозенко. – Симферополь: Фактор, 2008. – 305 с.
2. Наумкин, В.Н. Региональное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, А.Н. Крюков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 440 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/90064 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2300-2. — Текст : электронный.
3. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь : Агрус, 2014. – 200 с. : ил. – Режим доступа. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277409 (дата обращения: 12.09.2019). – ISBN 978-5-9596-0771-5. – Текст : электронный.

## 1.3. Метод расчёта адаптивной дозы азотного удобрения

**Цель занятия** – освоить принципы расчёта оптимальной нормы азотного удобрения на примере ранневесенней подкормки озимой пшеницы на основе метода «довнесения».

Количество часов – 2

Задание:

1. Обосновать целесообразность оперативной коррекции норм внесения азота под озимую пшеницу.
2. Изучить основы метода «довнесения» азота под полевые культуры.

3. По заданным условиям определить оптимальную норму ранневесенней азотной подкормки на основе метода «довнесения».
4. Составить отчёт о проделанной работе.

**Форма проведения** – решение ситуационных задач.

**Методика и порядок выполнения**

Ознакомиться со статистикой годовых колебаний гидротермических условий произрастания озимой пшеницы в степной зоне Крыма на основе анализа данных длительных рядов наблюдений за суммой осадков, суммой температур, средним дефицитом влажности воздуха по отдельным интервалам вегетационного периода. Изучить годовую вариабельность обеспеченности почвы азотом нитратов под посевами озимой пшеницы. Дать агрономический анализ степени варьирования урожайности озимой пшеницы по годам. Сформулировать обоснованный вывод о необходимости годовой коррекции норм внесения азота под озимую пшеницу.

Ознакомиться с основными положениями метода «довнесения» азота под полевые культуры. Рассмотреть основополагающий принцип этого метода: доведение уровня «суммарного» азота (N-[$NO_3$] почвы + N удобрений) до некоторого определенного значения путем восполнения недостающей части почвенного азота азотом удобрений. Изучить условия обеспечения равной (сопоставимой) эффективности действия на урожайность одинаковых количеств азота почвенных нитратов и азота минерального удобрения. Указать необходимость установления сроков внесения азотных туков, выявления глубины диагностического слоя почвы, определения оптимального уровня «суммарного азота» для эффективного применения метода «довнесения». Обосновать применение под озимую пшеницу полной дозы азотного удобрения или, по крайней мере, ее основной части в ранневесенний период, когда почва находится в мерзлоталом состоянии. Изложить подходы к установлению такой глубины отбора почвенных проб, которая бы обеспечивала наибольшую информативность диагностики азота нитратов. Обосновать глубину диагностического слоя азота $[NO_3]^-$ почвы 0...80 см как оптимальную для ранневесеннего срока. Рассмотреть зависимость урожайности посевов различного потенциала продуктивности от возрастающего уровня «суммарного»

азота на погодном фоне разной степени благоприятности для роста и развития

озимой пшеницы. Обосновать необходимость коррекции уровня «суммарного» азота в соответствии с предшественником, накопленной суммой осадков за осенне-зимний период, реальной густотой стояния и степенью развития растений перед возобновлением вегетации.

Для выполнения задания по расчёту оптимальной нормы внесения азота под озимую пшеницу необходимо получить набор соответствующих маргинальных прибавок урожайности (рис. 3).

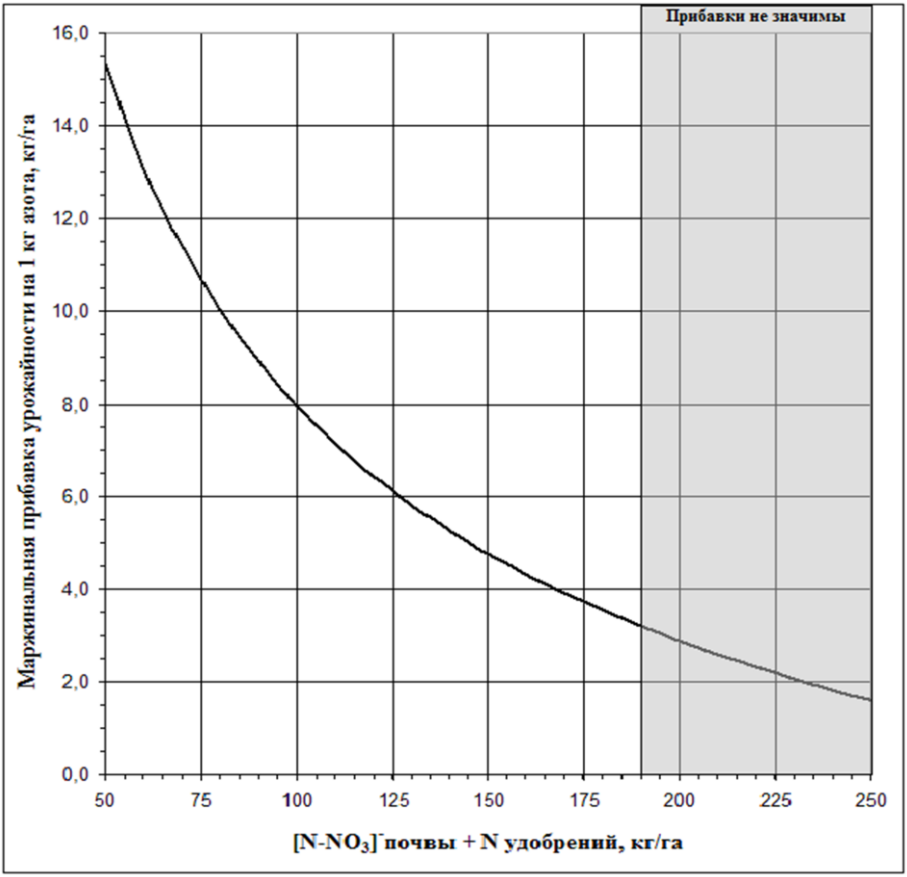


Рис. 3. Маргинальные прибавки урожайности озимой пшеницы (*У*) в зависимости от уровня «суммарного» азота в ранней весной

Для снятия базисных значений маргинальных прибавок урожайности с этой номограммы в пределах шкалы уровней «суммарного» азота от 50 до200 кг на 1 га с шагом 25 кг/га и интерполяции промежуточных значений через 5 кг/га использовать ранее освоенный графо-аналитический метод (см. стр. **Ошибка! Закладка не определена.-Ошибка! Закладка не определена.**). В соответствии с адаптивным методом расчёта оптимального уровня «суммарного» азота полученные базисные значения маргинальных прибавок – *У*, следует скорректировать на эффекты предшественника – $K_п$ (табл. ), фактической обеспеченности осадками осенне-зимнего периода – $K_о$ (табл. ), сложившейся густоты стояния растений – $K_г$ (рис. ) и срока сева с поправкой на густоту посева – $K_с$ (табл. ). Для снятия данных с номограммы (см. рис. ) использовать графо-аналитический метод. Промежуточные значения табличных данных рассчитать с помощью сплайн-интерполяции (см. стр. **Ошибка! Закладка не определена.**). Общий поправочный коэффициент (*К*) рассчитать как произведение установленных в ходе обработки условий задания частных коэффициентов отдельных эффектов (2).

$$К = К_п \cdot К_ф \cdot К_о \cdot К_г \cdot К_с \qquad (2)$$

Полученный результат применить для расчётов по формуле (3) скорректированных значений маргинальных прибавок урожая ($У_к$) в разрезе возрастающих «суммарных» уровней азотного питания с шагом 5 кг/га.

$$У_к = У \cdot К \qquad (3)$$

С учётом заданных экономических показателей (цен на зерно и азотное удобрение, переменных затрат на транспортировку, погрузку и внесение туков, уборку и вывоз дополнительного урожая), на основе полученного набора скорректированных маргинальных прибавок урожайности рассчитать соответствующие им значения

денежной выручки и определить динамику маргинальной прибыли по возрастающим дозам внесения азота по аналогии с вычислениями в рамках оптимизации нормы фосфатов (см. стр. 18). Проана

лизировать их динамику, определить дозу азота, которой соответствует переход маргинальной прибыли через ноль в сторону отрицательных значений (убытков). Эта величина будет соответствовать искомой экономически оптимизированной норме внесения азотных туков, которая обеспечивает максимальную суммарную прибыль от внесения всей нормы азотного удобрения. Полученным результатам дать агробиологическое обоснование, сформулировать выводы и составить отчёт.

**Материально-техническое обеспечение:**

1. Справочный информационный материал для освоения темы.
2. Учебная аудитория 1/213, АбиП; Персональные компьютеры Celeron 420 1,6GHz/512Mb/80Gb/17”LCD – 12 шт.; Windows XP Home OEM – MB4G-46QW8-8DFWD-G989W-XXVRG; LibreOffice – Mozilla Public License, v. 2.0.

**Контрольные вопросы:**

1. Охарактеризуйте роль годовых колебаний погодных условий в коррекции норм внесения азотных туков под озимую пшеницу.
2. Обоснуйте целесообразность почвенной диагностики нитратного азота для расчёта доз азотного удобрения.
3. Укажите сроки применения минеральных азотных удобрений под озимую пшеницу в Крыму.
4. Обоснуйте глубину отбора почвенных проб для диагностики азота нитратов перед возобновлением весенней вегетации.
5. Укажите и охарактеризуйте погодные факторы, используемые для коррекции дозы ранневесенней азотной подкормки.
6. Дайте характеристику факторам почвенного плодородия, которые учитываются в методе «довнесения» азота.
7. Изложите основные принципы расчёта доз азотного удобрения по методу «довнесения».
8. Как влияет удобрение азотом на качество зерна пшеницы?

**Критерии оценки отчета:**

1. Умение работы со справочной литературой для теоретического обеспечения задания.

2. Навыки работы с специализированным программным инструментарием анализа данных на ЭВМ.
3. Владение методом оптимизации нормы внесения удобрений на основе оценок эффективности их маргинальных доз.
4. Полнота и логичность раскрытия темы задания.
5. Адекватность и агрономическая обоснованность выводов.
6. Стилистическая грамотность изложения текста и правильность оформления отчёта.

**Основная учебная литература:**

1. Адаптивное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, Н.А. Лопачев [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 356 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/102232 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2868-7. — Текст : электронный.

**Дополнительная учебная литература:**

1. Наумкин, В.Н. Региональное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, А.Н. Крюков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 440 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/90064 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2300-2. — Текст : электронный.
2. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь : Агрус, 2014. – 200 с. : ил. – Режим доступа. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277409 (дата обращения: 12.09.2019). – ISBN 978-5-9596-0771-5. – Текст : электронный.

# 2. УПРАВЛЕНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫМИ ТОЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

## 2.1. Контроль свойств почвы и состояния растений в адаптивно-ландшафтных точных агротехнологиях

**Цель занятия** – изучить особенности аппаратного обеспечения и освоить практическую работу по вертикальному электрозондированию почв и подстилающих пород методом сопротивлений, изучить принципы компьютерной обработки и интерпретации полученных данных, освоить фотометрический метод определения площади листовой поверхности культурных растений.

Количество часов – 2

Задание 1:

1. Изучить описание и порядок работы с автоматическим измерителем электрических параметров почв LandMapper-02.
2. Изучить методику вертикального электрозондирования почв.
3. В полевых условиях выполнить измерения удельного электрического сопротивления почв по методу ВЭЗ.
4. Подготовить данные вертикального электрозондирования для камеральной обработки.

**Форма проведения** – решение ситуационных задач.

**Методика и порядок выполнения**

На сайте разработчика прибора LandMapper-02 по веб-адресам http://nemfis.ru/products/landmapper-erm-2/ и http://nemfis.ru/applications/agronomy/ ознакомиться с особенностями изделия, его назначением и направлениями использования данных электроразведки в агрономии. Изучить органы управления прибора LandMapper-02, его коммутацию с электродами питающей и измерительной линий и режим проведения измерений электрического сопротивления почв.

Рассмотреть сущность вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) – как модификацию метода сопротивлений на постоянном токе, при котором в процессе работы расстояние между питающими электродами или между питающими и приемными линиями (разносами) постепенно увеличивается, относительно их общего центра. При этом растёт глубина зондирования почв и подстилающих пород. В первом приближении глубинность установки составляет 1/3 разноса питающей линии. Изучение почв и грунтов проводится ВЭЗ с малыми разносами: от долей метра до первого десятка метров (рис. 4).

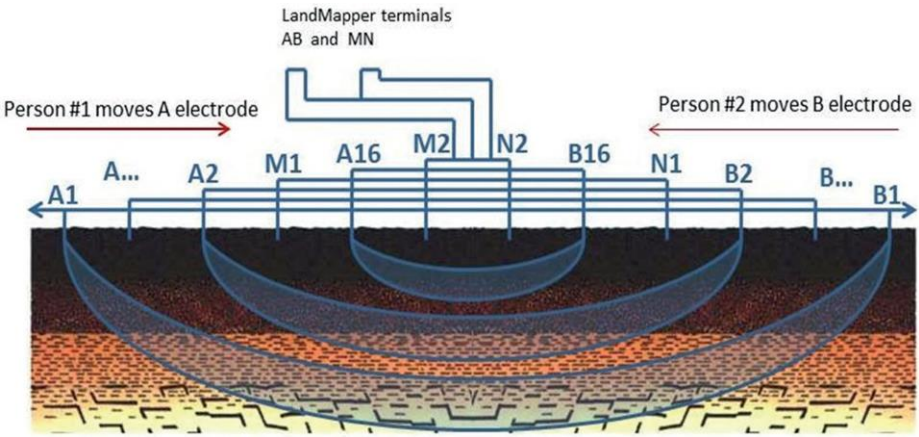


Рис. 4. Схема вертикального электрического зондирования почв (по Л.А. Головко (Поздняковой))

На исследуемой территории выбирается «точка» – центр зондирования. Обычно, при классическом проведении ВЭЗ, измерения начинают от центра установки электродов, постепенно увеличивая расстояния между электродами AB. При этом сигнал в приёмной линии MN уменьшается и с определенного расстояния уже не фиксируется измерительной аппаратурой. Для компенсации падения разности потенциалов в приёмной линии приходится увеличивать расстояние между электродами MN.

Для фиксации центра симметричной четырёхэлектродной установки Шлюмберже в точке зондажа необходимо установить специ

альное Т-образное приспособление с жестко закрепленными вспомогательными штырями и заземлить электроды MN. Жесткое закрепление центра установки обеспечивает более удобное формирование направления линий питающих электродов AB.
В процессе вертикального электрозондирования изменение разносов линий AB и MN требует адекватного пересчёта измеренных данных. С этой целью в соответствии с фактическими расстояниями между электродами *AMNB* рассчитывают геометрический коэффициент установки (*K*) по формуле (4).

$$K = \pi \frac{[AM]\cdot[AN]}{[MN]}, \tag{4}$$

где *K* – геометрический коэффициент симметричной установки;
*AM* – расстояние от электрода *A* до электрода *M*, м;
*AN* – расстояние от электрода *A* до электрода *N*, м;
*MN* – расстояние между электродами *M* и *N*, м.

В среде LO.Calc по формуле (5) проводят пересчёт исходных данных измерений электрического сопротивления почвы (*R*) в итоговые значения кажущегося удельного сопротивления (*КС*).

$$\text{КС} = K \cdot R, \tag{5}$$

где *КС* – кажущееся удельное сопротивление почвы, Ом·м;
*K* – геометрический коэффициент симметричной установки;
*R* – электрическое сопротивление, Ом.

В результате строятся графики зависимости кажущегося сопротивления от полуразноса (AB/2 м). Эти графики называются кривой электрозондирования (кривой ВЭЗ), которая характеризует изменение так называемых «кажущихся» удельных электрических сопротивлений с глубиной (рис. 5).

Полуразнос не является реальной глубиной и зависит очень сложным образом от величин электрических сопротивлений, соче

тания и мощности слоев. Как было ранее отмечено, для оценок глубин зондирования можно принять их равными 1/3 АВ.

Рис. 5. Кривая вертикального электрозондирования тёмно-каштановой почвы в зоне Восточного Присивашья

Обработка данных (их анализ и интерпретация) проводится различными методами и программами, в основе которых лежат алгоритмы с использованием решения классических уравнений электромагнетизма. Достаточную информацию можно получить при интерпретации данных ВЭЗ на основе решении задачи с распространением постоянных электрических полей в слоистом полупространстве из однородных пластов с горизонтальными границами раздела с помощью программы iVES. Результаты интерпретации трёхслойной моделью кривой рис. 5 представлены в графическом виде на рис. 6.

Верхний слой почвенно-электрического разреза по своей мощности, составляющей 35 см, в целом соответствует гумусовому горизонту А. Ниже него выделяется более электропроводный слой мощностью почти два метра (195 см), который можно отнести переходному горизонту В и в нижней части – к материнской породе. Удельные сопротивления этих двух слоев хорошо соответству

ют их типичным, по данным А.И. Позднякова, значениям для почв чернозёмного типа.

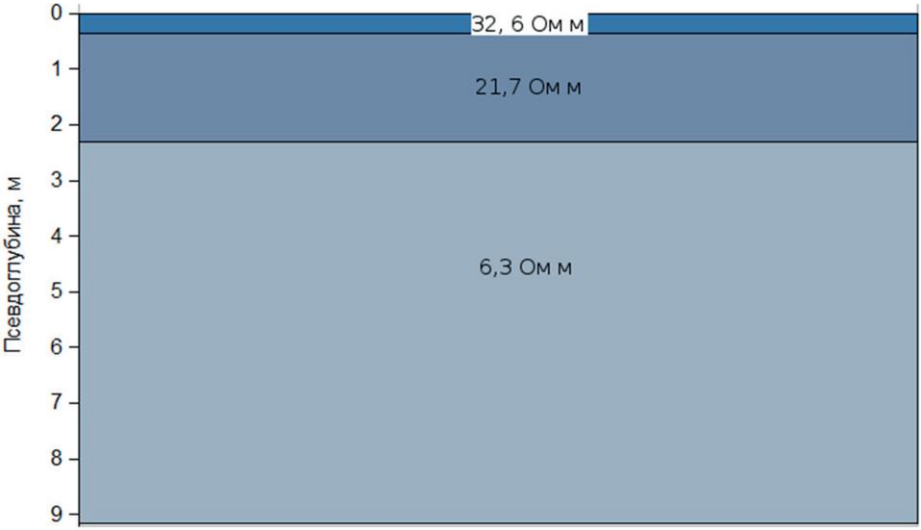


Рис. 6. Почвенно-электрический разрез по интерпретации трехслойной моделью данных ВЭЗ тёмно-каштановой почвы в зоне восточного Присивашья

В целом, строение полученного электрического профиля почвенного разреза до 2,3 м вполне объяснимо морфологическими особенностями южных чернозёмов и тёмно-каштановых почв. Вместе с тем, глубже этой границы расположен слой с аномально низким электрическим сопротивлением – в 4,2 раза ниже, чем в вышележащих горизонтах. Такое положение может быть объяснено наличием на этой глубине зеркала средне-минерализованной грунтовой воды с содержанием солей порядка 6...9 г/л.

Перед проведением практической части работ по вертикальному электрозондированию почвы подготовить табличную форму для записи и пересчёта результатов измерений (2).

В ней заполнить первые четыре поля значениями данного примера, которые представляют оптимизированные для выполнения задания разносы питающей (AB) и измерительной (MN) линий,

соответствующие им величины полуразносов (AB/2) и псевдоглубин

ны. Поле *R* заполнить полученными в ходе измерений значениями удельного сопротивления почвы, величины кажущегося сопротивления (*КС*) рассчитать по формуле (5).

Таблица 2 – Форма записи и пересчёта результатов измерений ВЭЗ

| № | Разнос, м | | AB/2, м | Псевдоглубина, м | Геометрический коэффициент *K* | *R*, Ом | *КС*, Ом·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AB | MN | | | | | |
| 1 | 28 | 2 | 14,0 | 9,33 | 306,31 | | |
| 2 | 24 | 2 | 12,0 | 8,00 | 224,62 | | |
| 3 | 20 | 2 | 10,0 | 6,67 | 155,51 | | |
| 4 | 18 | 2 | 9,0 | 6,00 | 125,66 | | |
| 5 | 16 | 2 | 8,0 | 5,33 | 98,96 | | |
| 6 | 14 | 2 | 7,0 | 4,67 | 75,40 | | |
| 7 | 12 | 2 | 6,0 | 4,00 | 54,98 | | |
| 8 | 10 | 1 | 5,0 | 3,33 | 77,75 | | |
| 9 | 9 | 1 | 4,5 | 3,00 | 62,83 | | |
| 10 | 8 | 1 | 4,0 | 2,67 | 49,48 | | |
| 11 | 7 | 1 | 3,5 | 2,33 | 37,70 | | |
| 12 | 6 | 1 | 3,0 | 2,00 | 27,49 | | |
| 13 | 5 | 1 | 2,5 | 1,67 | 18,85 | | |
| 14 | 4 | 1 | 2,0 | 1,33 | 11,78 | | |
| 15 | 3 | 1 | 1,5 | 1,00 | 6,28 | | |
| 16 | 2 | 1 | 1,0 | 0,67 | 2,36 | | |

В начале выполнения работ на местности определить положение центра измерительной установки, установить Т-образное якорное приспособление, в соответствии с пунктом №1 разнести в одну линию и заземлить электроды MN и AB. Электроды линии питания AB подключить к гнёздам A и B прибора (рис. 7).

Рис. 7. LandMapper ERM-02

Измерительные электроды MN, также заземленные в почве, подключить к гнёздам M и N прибора. Включить прибор центральной кнопкой. На индикаторе прибора кратковременно высветится название модели, затем прибор перейдёт в режим измерения. Измерение провести после нажатия кнопки «Влево» при включенном приборе. При этом на ЖКИ приблизительно на 5 с появится < **K0*R = …** >, а затем высветится измеряемое значение сопротивления. Его следует занести в таблицу измерений ВЭЗ (табл. 2) в ячейку строки **№1** поля ***R*, Ом**. Заземлить электроды установки в соответствии с условиями пункта **№2** таблицы ВЭЗ и провести измерение сопротивления с фиксацией результата в таблице. Повторить указанные действия до полного заполнения поля ***R*, Ом** таблицы ВЭЗ. После завершения работ подготовить полученные данные для камеральной обработки.

Задание 2:

1. Подготовить данные измерений удельного сопротивления почвы для интерпретации результатов вертикального электрозондирования.
2. Изучить интерфейс и порядок работы с программой одномерной интерпретации данных вертикального электрозондирования почв.
3. Провести расчёты для интерпретации данных измерений удельного электрического сопротивления почв по методу ВЭЗ.

4. По результатам интерпретации многослойной моделью данных ВЭЗ расчётов построить график почвенно-электрического разреза почвы опытного участка.
5. Дать агрономическое заключение результатам электроразведки и сформулировать обоснованный вывод.

В среде LO.Calc ввести данные табл. 2 и по формуле (5) рассчитать значения кажущегося удельного электрического сопротивления почвы (***КС***). По полученным данным построить кривую вертикального электрозондирования почвы – зависимости *КС* от псевдоглубины зондирования (см. рис. 5).

Ознакомиться с назначением и особенностями программы интерпретации результатов вертикальной электроразведки IVEZ. Изучить функциональное назначение элементов управления главного окна программы (рис. 81).

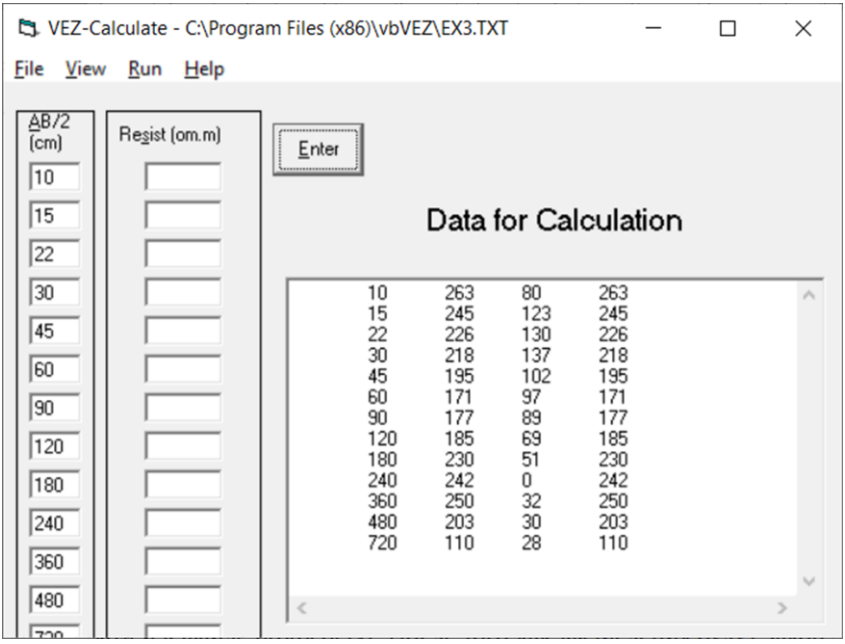


Рис. 8. Главное окно программы одномерной интерпретации данных вертикального электрозондирования почвы

Порядок работы с программой. Программа написана на языке VisualBasic расположена в директории IVEZ. Исполнимый файл – ivez.exe. Значения коеффициентов g(i) для пересчета кажущихся удельных электрических сопротивлений записаны в саму программу (о них не стоит беспокоиться). Исходные данные – полуразносы AB/2 (в сантиметрах) и кажущиеся удельные электрические сопротивления (в Ом·м округляя до целых значений или используя точку в качестве разделителя целой и дробной части) вводятся в соответствующие текстовые окошки.

В файле protokol.txt фиксируются промежуточные вычисления по программе ivez readme.txt – данный файл.

Если после ввода исходных данных вы захотите сохранить их в файле - введите соответствующее имя в диалоговое окно. В следующий раз можно воспользоваться этими данными введя их из этого файла через меню File\Open Процесс интерпретации запускается из меню Run\Start в диалоговом режиме. Результаты послойной интерпретации фиксируются в текстовом окошке рядом с графиком и в файле protocol.txt. После того как вычисления будут закончены результаты можно сохранить в файле (меню File\Save) С этим файлом в дальнейшем можно будет работать в любом текстовом редакторе.

Подготовить текстовый файл с данными вертикального электрозондирования с сигнатурой по образцу табл. . В первой строке файла первое число (в примере оно равно «13») указывает число разноглубинных измерений  в каждом пикете. За ним после запятой следует число пикетов в серии измерений. В рассматриваемом примере оно равно «3». Во второй строке через запятые следуют тринадцать блоков по четыре значения в каждом: полуразнос электродов AB в см «10», затем – данные измерений кажущегося сопротивления для этого разноса питающей линии по каждому из трёх пикетов «263», «80», «263». И далее последовательно двенадцать таких блоков.

Через главное меню «File» – «Open» открыть подготовленный текстовый файл с данными измерений. Он отобразится в многострочном редакторе главной формы (см. рис. 8). Выполнив «Run» – «Start» вызовем диалог ввода номера пикета (рис. 9).

Рис. 9. Диалог ввода номера обрабатываемого пикета во входном файле данных ВЭЗ

В рассматриваемом примере указан второй пикет набора данных ВЭЗ. После подтверждения выбора запустится выполнение анализа и появится окно с первыми промежуточными результатами (рис. 10).

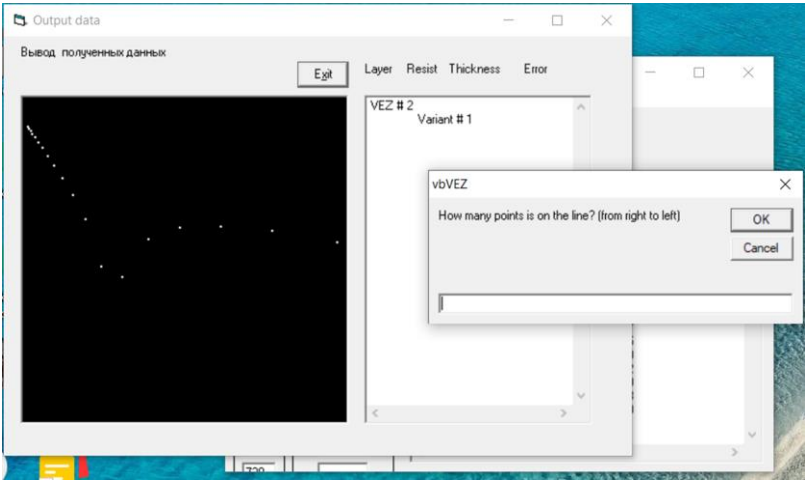


Рис. 10. Окно с промежуточными данными на первом шаге анализа данных ВЭЗ

В графической части сводки белыми точками отображаются промежуточные результаты обработки данных КС в разрезе разноглубинных измерений. Во всплывающем диалоге следует ввести число точек, лежащих на прямой, считая справа налево. Указав четыре точки получим результаты второго шага обработки данных ВЭЗ (рис. 11).

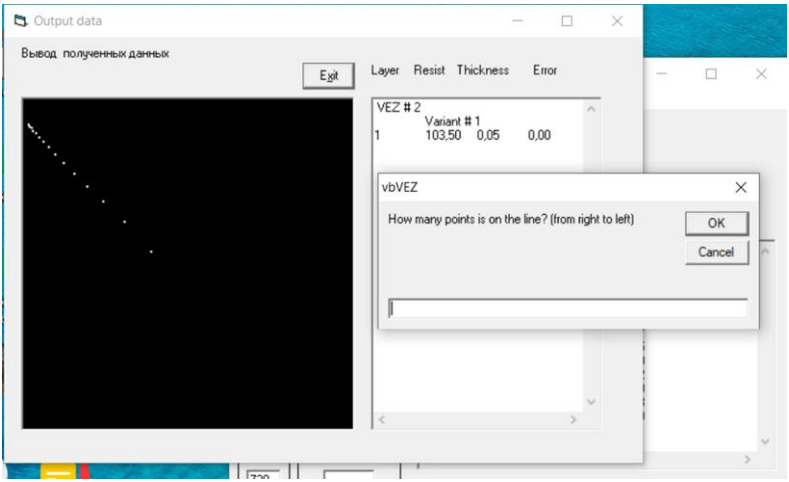


Рис. 11. Окно с промежуточными данными второго шага анализа данных ВЭЗ почвы

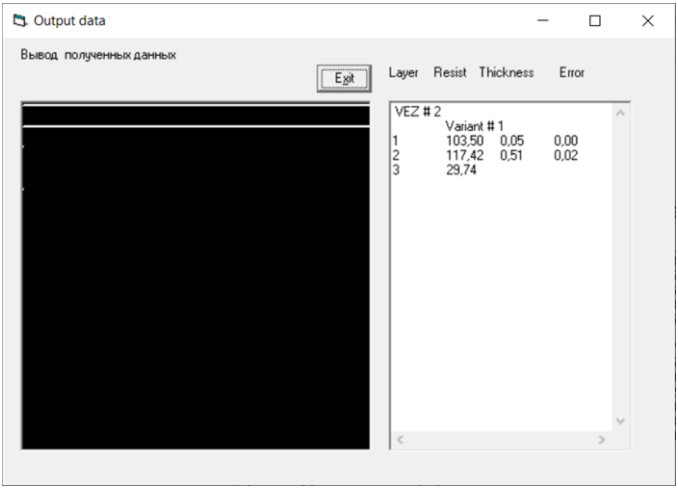


Рис. 12. Итоговая сводка интерпретации данных ВЭЗ почвы

В этом случае на прямой линии выстроились данные всего набора измерений кажущегося удельного электросопротивления

почвы, что свидетельствует о выполнении требований анализа. Для за

вершения обработки отмечаем в модальном диалоге число «13» – объем измерений для отдельного пикета. Подтвердив ввод получим итоговую сводку интерпретации данных вертикального электрозондирования почвы (рис. 12).

На ней в графической форме и табличном виде представлены результаты интерпретации данных ВЭЗ почвы. В таблице сводки указано число слоёв модели почвенно-электрического разреза, их удельное электрическое сопротивление и предполагаемая толщина.

По данным измерений удельного электрического сопротивления почв по методу ВЭЗ, проведённых в ходе предыдущего задания, выполнить расчёты на персональной ЭВМ для их интерпретации одномерной многослойной моделью. По результатам интерпретации составить таблицу и построить график почвенно-электрического разреза почвы опытного участка. С использованием таблицы удельных электрических сопротивлений грунтов (табл. ) сделать заключение по вероятному строению почвенного разреза и сформулировать агрономически обоснованный вывод о связанных с этим элементах плодородия.

Задание 3:

1. Изучить цветовые схемы компьютерной графики для анализа площади листовой поверхности полевых культур на основе электронных изображений.
2. Изучить интерфейс и порядок работы с программой анализа площади фотосинтетической поверхности по сканированным изображениям растений.
3. Подготовить растительную пробу для определения площади листовой поверхности.
4. Провести сканирование и предварительное распознавание выборки растительной пробы.
5. Выполнить подстройку цветовой схемы и провести распознавание сканированного изображения листьев.
6. Рассчитать площадь листьев в посеве культурных растений, дать агрономическое заключение полученным результатам и сформулировать обоснованный вывод.

Изучить цветовые схемы компьютерной графики RGB и HSL, охарактеризовать их особенности и целесообразность использования для выделения площадей листьев, окрашенных в оттенки зелёного цвета и участков, потерявших зелёный цвет в результате повреждений различного характера. Охарактеризовать цветовые координаты Hue, Saturation, Lightness модели HSL (тон, насыщенность и светлота) с точки зрения цветового анализа сканированного изображения пробы листьев.

Изучить интерфейс программы анализа площади фотосинтетической поверхности по сканированным изображениям пробы листьев культурных растений (рис. 13).

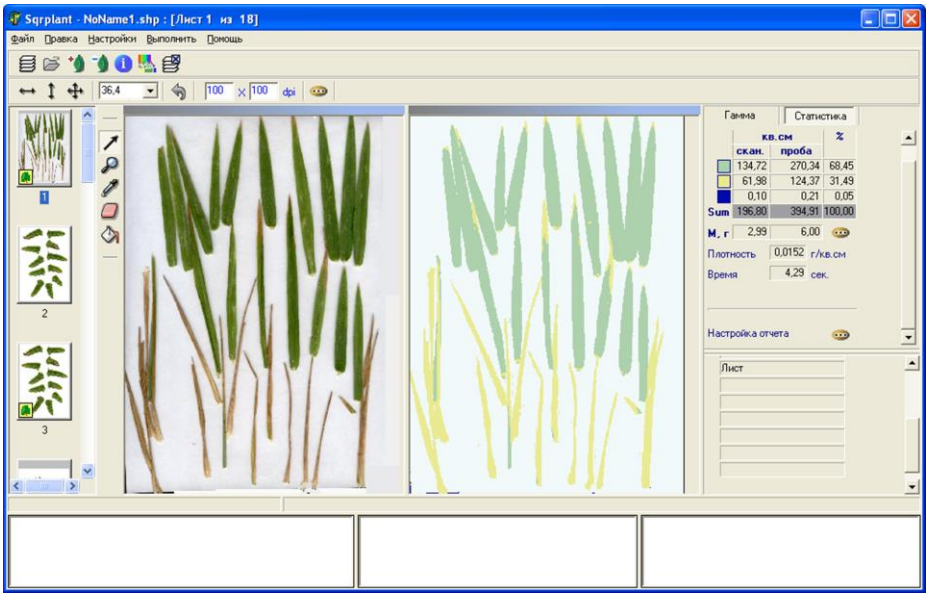


Рис. 13. Главное окно программы определения и анализа площади листовой поверхности

Освоить работу с инструментами обработки и анализа сканированных изображений проб листьев, принципы настройки системы распознавания фотосинтезирующей и повреждённой поверхности листьев полевых культур и порядок работы с программой в целом. На примере работы с растениями озимой пшеницы освоить на

практике фотометрический метод определения площади листовой поверхности. В анализируемой средней пробе подсчитать общее число растений, отделить и взвесить листья с точностью до 0,01 г, зафиксировать полученные результаты. Из листьев средней пробы для последующей обработки выделить аналитическую выборку таким образом, чтобы в ней были сохранены соотношения между здоровыми и повреждёнными, крупными и мелкими листьями. При этом аналитическая проба должна быть достаточной для покрытия планшета сканера формата А4 (см. рис. 13). В случае скручивания листовых пластинок их следует распрямить. При затруднении с этим листовые пластинки следует разрезать на отдельные фрагменты, лучше поддающиеся такой обработке. После укладки листовых пластинок или их фрагментов на предметное стекло сканера закрыть крышку планшета, установить цветной режим сканирования с глубиной цвета 24 бит, разрешение сканирования изображения 100...200 dpi и формат выходного файла BMP. Выполнить сканирование аналитической пробы листьев, выходной файл – полученное изображение сохранить в заранее выбранном каталоге. Листья или их фрагменты собрать с предметного стекла сканера, взвесить с точностью до 0,01 г и записать полученный результат.

Запустить на выполнение программу SqrPlant.exe, открыть рабочий пакет, добавить к нему отсканированное изображение аналитической пробы (Лист *x*), указав запрашиваемую атрибутивную информацию. Активировать добавленный лист, нажав его миниатюру в вертикальном списке на левой части главной формы программы. Содержащееся в нём изображение отобразится на левой графической панели главного окна. При необходимости устранить возможные технические дефекты обрабатываемого изображения с помощью набора инструментов встроенного графического редактора. Распознать активное изображение, запустив процесс командой главного меню «Выполнить» или одноимённой кнопкой основной панели инструментов. После завершения распознавания на правой графической панели обработанное изображение отобразится в условных цветах, представляющих: здоровые листья (зелё-

ный), повреждённые листья (жёлтый), фон (белый) и нераспознанные участки (синий). На вкладке <Статистика> будут выведены та

бличные данные площади в квадратных сантиметрах и в процентах по этим категориям как для аналитической пробы «Скан.», так и для всей средней пробы «Проба».

Визуально сопоставить исходное и распознанное изображения, размещённые рядом на графических панелях. В случае несоответствия результатов распознавания особенностям входного изображения, инструментом «Пипетка» поочередно отметить дефектно распознанные участки и с помощью элементов управления вкладки <Гамма> скорректировать цветовую схему или в диалоге настроек на вкладке <Цветовая гамма> подстроить границы распознавания областей «зелёный» / «жёлтый» / «фон» (рис. 14).

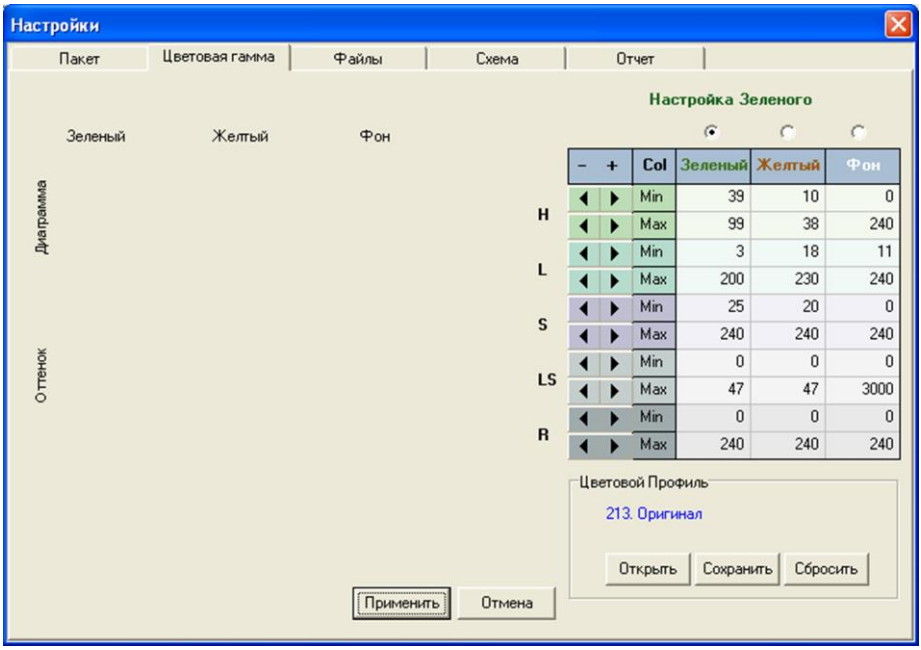


Рис. 14. Диалог настроек цветового профиля гаммы распознавания сканированного изображения листовых пластинок

Оценку качества распознавания сканированного изображения аналитической пробы листьев и корректировку схемы цветового профиля модели HSL целесообразно проводить по отдельным, предварительно масштабированным участкам (рис. 15).

При этом, для экспорта в гамму цвета неправильно распознанного участка входного изображения, необходимо на левой панели с помощью инструмента «Пипетка» выбрать этот участок. Усреднённые координаты модели HSL нераспознанного цвета отобразятся в таблице вкладки <Гамма>.

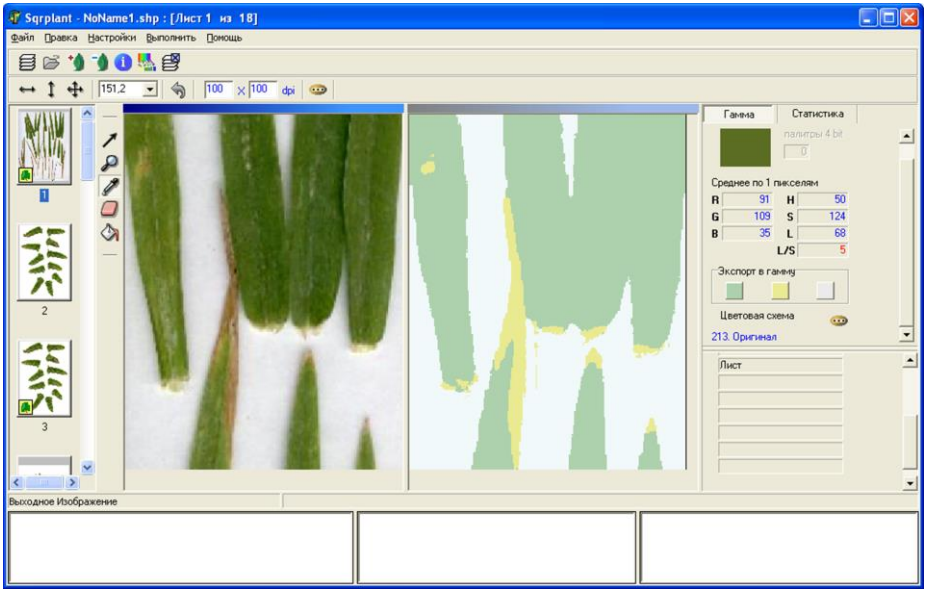


Рис. 15. Синхронное масштабирование входного и результативного изображения программы анализа листовой поверхности

Для его экспорта в цветовую схему нажать соответствующую кнопку рассматриваемой вкладки. После завершения отладки цветовой профиль целесообразно сохранить для дальнейшего использования (вкладка <Цветовая гамма> диалога <Настройки>).

Провести окончательное распознавание сканированного изображения листьев с использованием адаптированного к особенностям его оттенков цветового профиля. Рассчитать по данным вкладки <Статистика> площадь листьев в посеве культурных растений, дать агрономическое заключение полученным результатам и сформулировать обоснованный вывод.

Составить отчет о проделанной работе, описав и проиллюстрировав этапы ее выполнения, сделать соответствующие выводы.

**Материально-техническое обеспечение:**

1. Справочный информационный материал для освоения темы, проба растений озимой пшеницы.
2. Учебная аудитория 1/213, АбиП; Персональные компьютеры Celeron 420 1,6GHz/512Mb/80Gb/17”LCD – 12 шт.; Windows XP Home OEM – MB4G-46QW8-8DFWD-G989W-XXVRG;IVEZ – FreeWare; SqrPlant – FreeWare; LibreOffice – Mozilla Public License, v. 2.0.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите отличия и охарактеризуйте связанные с ними особенности применения в сельскохозяйственной малоглубинной электроразведке почв установок Веннера и Шлюмберже.
2. Изложите принципы вертикального электрозондирования почв и грунтов в рамках агрономического обеспечения адаптивно-ландшафтных агротехнологий.
3. Какие параметры симметричной четырёхэлектродной установки определяют глубинность электрического зондирования почв и грунтов?
4. В чём состоят основные проблемы интерпретации данных вертикального электрического зондирования почв?
5. Изложите порядок работы с программой интерпретации данных ВЭЗ почв и грунтов многослойной одномерной моделью.
6. В чём состоят особенности цветовой модели HSL, определяющие возможность её применения в анализе цифровых изображений фотосинтезирующих поверхностей растений?
7. Укажите принципы фотометрического выделения здоровых и повреждённых участков фотосинтезирующей поверхности растений и учёта их площади.

**Критерии оценки отчета:**

1. Умение работы со справочной литературой для теоретического обеспечения задания.
2. Навыки работы с инструментарием полевых агрономических обследований.
3. Корректная работа с прикладным программным обеспечением интерпретации полевых обследований.

4. Навыки работы с виртуальными приборами анализа состояния культурных растений.
5. Полнота и логичность выполнения заданий.
6. Самостоятельность мышления и корректность выводов.
7. Стилистическая грамотность изложения отчёта.
8. Правильность оформления отчёта.

**Основная учебная литература:**

1. Наумкин, В.Н. Региональное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, А.Н. Крюков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 440 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/90064 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2300-2. — Текст : электронный.

**Дополнительная учебная литература:**

1. Гарицкая, М.Ю. Мониторинг почв / М.Ю. Гарицкая, А.А. Шайхутдинова, Т.Ф. Тарасова. – Оренбург : ОГУ, 2017. – 139 с. : ил. – Режим доступа. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485439 (дата обращения: 12.09.2019). – Библиогр.: с. 121-122. – ISBN 978-5-7410-1805-7. – Текст : электронный.
2. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь : Агрус, 2014. – 200 с. : ил. – Режим доступа. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277409 (дата обращения: 12.09.2019). – ISBN 978-5-9596-0771-5. – Текст : электронный.

## 2.2. Разработка элементов адаптивно-ландшафтных точных технологий выращивания полевых культур

**Цель занятия** – освоить принципы проектирования элементов адаптивно-ландшафтной точной технологии выращивания полевых культур на примере озимой пшеницы применительно к условиям конкретной почвенно-климатической зоны.

Количество часов – 2

Задание:

1. Дать анализ агроландшафтных условий зоны разработки.
2. В соответствии с заданием рассчитать проектный уровень урожайности по климатически оптимальной стратегии.
3. Определить оптимизированную под заданные условия модель структуры посева озимой пшеницы и разработать пути её формирования.
4. Разработать систему адаптивного применения минеральных удобрений.
5. Подготовить план мероприятий по уходу за посевами озимой пшеницы.
6. Разработать систему агробиологического контроля продукционного процесса озимой пшеницы.
7. Разработать технологическую схему выращивания озимой пшеницы.
8. Составить отчёт о проделанной работе.

**Форма проведения** – решение ситуационных задач.

**Методика и порядок выполнения**

На примере озимой пшеницы изучить принципы проектирования элементов адаптивной ландшафтной технологии выращивания продовольственного зерна применительно к условиям конкретной почвенно-климатической зоны.

В соответствии с индивидуальным заданием провести краткий анализ гидротермических условий периодов появления всходов, осеннего роста и развития озимой пшеницы, условий перезимовки и весенне-летней вегетации. На основании проведенного анализа оценить степень благоприятности климата зоны для возделывания озимой пшеницы.

Пользуясь справочными материалами (табл. 3) рассчитать локальные различия водообеспеченности почвы для водораздела и склонов заданной крутизны и экспозиции. Результаты расчётов привести в табличной форме (табл. 4), дать агрономическое обоснование полученным результатам, сделать практические выводы

об относительной степени благоприятности локальных условий для роста и развития растений озимой пшеницы.

Таблица 3 – Коэффициент увлажнения (Кв) и суммарной радиации склоновых земель за вегетационный период (Кр) (по В.И. Кирюшину)

| Крутизна склона, град | Южные экспозиции | | Северные экспозиции | |
|---|---|---|---|---|
| | Кв | Кр | Кв | Кр |
| 0 - 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 1 - 3 | 0,81 | 1,03 | 0,97 | 0,97 |
| 3 - 5 | 0,74 | 1,05 | 0,95 | 0,92 |
| 5 - 7 | 0,72 | 1,08 | 0,92 | 0,88 |

Таблица 4 – Локальный уровень проектной урожайности озимой пшеницы по элементам рельефа поля

| Крутизна склона, град | Экспозиция | Ресурс продуктивной влаги, мм | Действительно возможная урожайность, ц/га | |
|---|---|---|---|---|
| | | | по среднему значению | по климатически оптимальной стратегии |
| | | | | |
| | | | | |

На основе условий индивидуального задания, по алгоритму, изученному ранее при освоении дисциплины «ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЯ», рассчитать проектный уровень урожайности по средним многолетним значениям (6) и по климатически оптимальной стратегии (7).

$$\text{УДВ}_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{ср}}}{K_{\text{т}}}, \quad (6)$$

$$\text{УДВ}_{\text{ко}} = \frac{W_{\text{ср}} + I^{0} \cdot \sigma}{K_{\text{т}}}, \quad (7)$$

где $УДВ_{ср}$ – средняя действительно возможная урожайность, ц/га;

$УДВ_{ср}$ – климатически оптимальная урожайность, ц/га;

$W_{ср}$ – средние многолетние ресурсы продуктивной влаги, мм;

$K_{т}$ – коэффициент водопотребления товарный, мм/ц;

$I^0$ – нормированный коэффициент;

σ – стандартное отклонение *W*, мм.

Расчёты проводить дифференцировано для локальных условий водообеспеченности по элементам рельефа проектного участка. Результаты расчётов представить в соответствующих графах таблицы 4. Провести агрономический анализ полученных значений урожайности и обосновать её локальные проектные уровни для последующих вычислений.

Разработать структурную модель посева озимой пшеницы и пути её формирования в зависимости от локальных условий задания. Результаты представить в табличной форме (табл. 5).

Таблица 5 – Структурная модель посевов озимой пшеницы в соответствии с локальными условиями отдельных участков поля

| Показатель | Участок поля | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Проектная урожайность, ц/га | | | |
| Масса зерна колоса, г | | | |
| Масса 1000 зёрен, г | | | |
| Число зёрен в колосе, шт. | | | |
| Густота продуктивных стеблей, шт./м$^2$ | | | |
| Коэффициент продуктивной кустистости | | | |
| Густота стояния растений к уборке, шт./м$^2$ | | | |
| Выживаемость растений в летний период,% | | | |
| Число перезимовавших растений, шт./м$^2$ | | | |
| Выживаемость растений в зимний период % | | | |
| Число растений перед уходом в зиму, шт./м$^2$ | | | |
| Выживаемость растений в осенний период % | | | |
| Густота всходов, шт./м$^2$ | | | |
| Полевая всхожесть, % | | | |
| Норма высева, млн.шт./га | | | |

Обосновать модель посева значениями элементов структуры урожая. Разработать на основании данных научных учреждений систему агротехнических мероприятий для обеспечения её формирования: оптимизировать сроки сева, норму, способ посева и глубину заделки семян.

Разработать систему применения удобрений под озимую пшеницу в соответствии с заданной обеспеченностью почв участков поля доступными формами элементов минерального питания и уровнями их проектной урожайности. Расчёт доз основного внесения минеральных удобрений проводить по нормативно-расчетному методу (8), рекомендованному А.А. Гапиенко с соавторами в системе земледелия Республики Крым [1].

$$Д = (У \cdot Б) \cdot П, \qquad (8)$$

где *Д* – искомая доза N, P или K-удобрения, кг/га д.в.;
*У* – планируемая урожайность, ц/га;
*Б* – норматив для N, P или K-удобрения, кг д.в./ц;
*П* – корректирующий множитель по обеспеченности почвы подвижными фосфатами или обменным калием[2].

Входные данные и результаты расчётов доз основного внесения фосфорных, калийных и азотных удобрений представить в табличной форме (табл. 6-7) соответственно.

Таблица 6 – Расчёт доз основного внесения фосфорного удобрения под озимую пшеницу

| Участок поля | Проектная урожайность, ц/га | Содержание подвижного фосфора, мг $P_2O_5$ на 100 г почвы | Корректирующий П-множитель | Доза фосфорных туков, кг/га д.в. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| ... | | | | |
| n | | | | |

1 Гапиенко А.А. Система применения удобрений / А.А. Гапиенко, Н.К. Колянда, М.Е. Сычевский, А.В. Кискачи // Научно обоснованная система земледелия Республики Крым: Редотдел Крымского комитета по печати, 1994. – С. 93-109.

2 Для азотного удобрения *П*-множитель равен единице

Расчёт доз ранневесенней азотной подкормки проводить по методу «довнесения» на основе данных почвенной диагностики азота нитратов слоя почвы (0-80 см), определение целесообразности и

дозы поздней некорневой азотной подкормки – графоаналитическим методом по данным листовой диагностики содержания общего азота[3].

Таблица 7 – Расчёт доз основного внесения калийного удобрения под озимую пшеницу

| Участок поля | Проектная урожайность, ц/га | Содержание обменного калия, мг $K_2O$ на 100 г почвы | Корректирующий П-множитель | Доза калийных туков, кг/га д.в. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Таблица 8 – Расчёт доз основного внесения азотного удобрения под озимую пшеницу

| Участок поля | Проектная урожайность, ц/га | Доза азотных туков, кг/га д.в. |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| ... | | |

Входные данные задания и результаты определения доз ранневесенней азотной подкормки по таломерзлой почве и поздней некорневой подкормки раствором карбамида в фазу колошения озимой пшеницы представить в табличной форме (табл. 9).

Таблица 9 – Дозы азотных подкормок озимой пшеницы

| Участок поля | Ранневесенний период | | Фаза колошения пшеницы | |
|---|---|---|---|---|
| | содержание азота $[NO_3]^-$ в слое почвы 0...80 см, кг/га | доза азотной подкормки, кг/га д.в. | содержание общего азота в листьях, % | доза некорневой азотной подкормки, кг/га д.в. |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

3 Изотов А.М. Оперативное управление технологией выращивания озимой пшеницы в Крыму / А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко, А.В. Рогозенко – Симферополь: Фактор, 2008. – 305 с.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ... | | | | |

По результатам расчётов доз минеральных удобрений обосновать агрономическое заключение.

В соответствии с заданием подготовить план мероприятий по уходу за посевами озимой пшеницы, определив наиболее эффективные мероприятия по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями в посевах этой культуры. Привести названия разрешенных к применению на территории Российской Федерации химических средств защиты растений с указанием доз внесения препаратов. Особое внимание уделить агротехнические приёмам, снижающим вредоносное действие неблагоприятных условий вегетации. Результаты планирования представить в табличной форме (табл. 10).

Таблица 10 – План послепосевного ухода за посевами озимой пшеницы

| № п/п | Наименование работ в порядке их проведения | Срок проведения работ | | Фаза вегетации растений |
|---|---|---|---|---|
| | | начало | окончание | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Дать агрономическое обоснование планируемой системе мероприятий по уходу за посевами озимой пшеницы.

Разработать систему агробиологического контроля продукционного процесса озимой пшеницы. Установить комплекс мероприятий определения состояния посевов озимой пшеницы в осенний период, оценки её перезимовки и контроля во время весенне-летней вегетации. Особое внимание уделить оценке обеспеченности посевов озимой пшеницы влагой и азотным питанием, оценке засоренности посевов, пораженности растений болезнями и повреждённости вредителями. План системы агробиологического контроля представить в табличной форме (табл. 11).

Таблица 11 – План системы мероприятий агробиологического контроля состояния посевов озимой пшеницы

| № п/п | Наименование мероприятия агробиологического контроля | Срок проведения | | Фаза вегетации растений |
|---|---|---|---|---|
| | | начало | окончание | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Дать агрономическое обоснование планируемой системе мероприятий агробиологического контроля состояния посевов озимой пшеницы.

Разработать технологическую схему выращивания озимой пшеницы. Схема должна соответствовать мероприятиям, обоснование которых дано при выполнении предыдущих заданий (табл. 12).

Таблица 12 – Технологическая схема адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы

| № п/п | Наименование работ в порядке поведения | Агротехнические требования | Срок проведения | | Состав агрегата | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | начало | окончание | марка трактора | марка с.-х. машины |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| n | | | | | | |

Обосновать разработку адаптивной технологии выращивания озимой пшеницы и сформулировать агрономически обоснованное заключение.

В среде LO Writer составить отчет о проделанной работе, описав и проиллюстрировав этапы ее выполнения, сделать соответствующие выводы.

**Материально-техническое обеспечение:**

1. Справочный информационный материал для анализа агрономических данных.
2. Учебная аудитория 1/213, АбиП; Персональные компьютеры Celeron 420 1,6GHz/512Mb/80Gb/17”LCD – 12 шт.; Windows XP Home OEM – MB4G-46QW8-8DFWD-G989W-XXVRG; LibreOffice – Mozilla Public License, v. 2.0.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие гидротермические условия осеннего периода благоприятны для появления всходов, роста и развития растений озимой пшеницы.

2. Что такое суммарное водопотребление? Укажите его составляющие и методы их определения.
3. В чём сущность климатически оптимальной стратегии расчёта действительно возможной урожайности?
4. Дайте определение коэффициента продуктивной кустистости и охарактеризуйте его значение в формировании высокой урожайности озимой пшеницы в условиях степной зоны.
5. Охарактеризуйте назначение П-множителя в формуле нормативного метода расчёта доз минеральных удобрений.
6. Назовите виды азотных удобрений и дайте им сравнительную характеристику на основе различий форм азота и содержания действующего вещества.
7. Какие насекомые-вредители наиболее вредоносны на посевах озимой пшеницы в осенний период? Опишите меры борьбы.
8. Назовите протравители семян озимой пшеницы и регламент их применения.
9. Какие средства индивидуальной защиты необходимы при обработке посевов озимой пшеницы гербицидами.
10. Охарактеризуйте методы растительной диагностики обеспеченности посевов озимой пшеницы азотом.
11. Опишите методы определения развития и распространения листостебельных болезней в посевах озимой пшеницы.

**Критерии оценки отчета:**

1. Умение работы со справочной литературой для теоретического обеспечения задания.
2. Навыки проведения ситуационной оценки агроэкологических условий.
3. Умение работы с программным инструментарием выполнения агрономических расчётов на ЭВМ.
4. Владение методами проектирования элементов адаптивных координатных технологий.
5. Полнота и логичность раскрытия темы задания.
6. Адекватность и агрономическая обоснованность выводов.
7. Стилистическая грамотность изложения текста и правильность оформления отчёта.

**Основная учебная литература:**

1. Адаптивное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, Н.А. Лопачев [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 356 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/102232 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2868-7. — Текст : электронный.
2. Труфляк, Е.В. Точное земледелие : учебное пособие / Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 376 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/122186 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-4580-6. — Текст : электронный.

**Дополнительная учебная литература:**

1. Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия / В.В. Агеев, Л.С. Горбатко, А.И. Подколзин, О.Ю. Лобанкова. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2012. – 352 с. – Режим доступа: – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138769 (дата обращения: 12.09.2019). – ISBN 978-5-9596-0793-7. – Текст : электронный.
2. Кирюшин, В.И. Агротехнологии : учебник / В.И. Кирюшин, С.В. Кирюшин. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 464 с. — Режим доступа: — URL: https://e.lanbook.com/book/64331 (дата обращения: 12.09.2019) — ISBN 978-5-8114-1889-3. — Текст : электронный.
3. Защита растений / Л.Г. Коготько, Е.В. Стрелкова, П.А. Саскевич, Ю.А. Миренков. – Минск : РИПО, 2016. – 340 с. : ил. – Режим доступа – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463346 (дата обращения: 12.09.2019). – Библиогр.: с. 317-320. – ISBN 978-985-503-583-2. – Текст : электронный.
4. Наумкин, В.Н. Региональное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, А.Н. Крюков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 440 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/90064 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2300-2. — Текст : электронный.

5. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь : Агрус, 2014. – 200 с. : ил. – Режим доступа. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277409 (дата обращения: 12.09.2019). – ISBN 978-5-9596-0771-5. – Текст : электронный.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ


1. Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия / В.В. Агеев, Л.С. Горбатко, А.И. Подколзин, О.Ю. Лобанкова. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2012. – 352 с. – Режим доступа: – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138769 (дата обращения: 12.09.2019). – ISBN 978-5-9596-0793-7. – Текст : электронный.
2. Гапиенко А.А. Система применения удобрений / А.А. Гапиенко, Н.К. Колянда, М.Е. Сычевский, А.В. Кискачи // Научно обоснованная система земледелия Республики Крым: Редотдел Крымского комитета по печати, 1994. – С. 93-109.
3. Гарицкая, М.Ю. Мониторинг почв / М.Ю. Гарицкая, А.А. Шайхутдинова, Т.Ф. Тарасова. – Оренбург : ОГУ, 2017. – 139 с. : ил. – Режим доступа. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485439 (дата обращения: 12.09.2019). – Библиогр.: с. 121-122. – ISBN 978-5-7410-1805-7. – Текст : электронный.
4. Кирюшин, В.И. Агротехнологии : учебник / В.И. Кирюшин, С.В. Кирюшин. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 464 с. — Режим доступа: — URL: https://e.lanbook.com/book/64331 (дата обращения: 12.09.2019) — ISBN 978-5-8114-1889-3. — Текст : электронный.
5. Кирюшин, В.И. Классификация почв и агроэкологическая типология земель : учебное пособие / В.И. Кирюшин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 288 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/71751 (дата обращения: 12.09.2019) — ISBN 978-5-8114-1097-2. — Текст : электронный.
6. Наумкин, В.Н. Региональное растениеводство : учебное пособие / В.Н. Наумкин, А.С. Ступин, А.Н. Крюков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 440 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/90064 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2300-2. — Текст : электронный.

7. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь : Агрус, 2014. – 200 с. : ил. – Режим доступа. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277409 (дата обращения: 12.09.2019). – ISBN 978-5-9596-0771-5. – Текст : электронный.
8. Практикум по точному земледелию : учебное пособие / А.И. Завражнов, М.М. Константинов, А.П. Ловчиков, А.А. Завражнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 224 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/65047 (дата обращения: 12.09.2019) — ISBN 978-5-8114-1843-5. — Текст : электронный.
9. Труфляк, Е.В. Техническое обеспечение точного земледелия. Лабораторный практикум / Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 172 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/92956 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-2633-1. — Текст : электронный.
10. Труфляк, Е.В. Точное земледелие : учебное пособие / Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 376 с. — Режим доступа. — URL: https://e.lanbook.com/book/122186 (дата обращения: 12.09.2019). — ISBN 978-5-8114-4580-6. — Текст : электронный.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

# ПРИЛОЖЕНИЕ А.
# ЛИСТИНГ ФУНКЦИИ СПЛАЙН-ИНТЕРПОЛЯЦИИ

```
REM  *****  BASIC  *****

Option explicit

'Сплайн-интерполяция'
Function SplineInterp(InpTable As Variant, Xi As Double)
As double

      Dim NS As string
      Dim N As Integer
      Dim i As Integer
      Dim k As Integer
      Dim j As Integer

      Dim D As Double
      Dim E As Double
      Dim H As Double
      Dim F As Double
      Dim P As Double
      'Dim Xi As Double
      Dim Yi As Double
      dim Ri As Double

      Dim X() As Double
      Dim Y() As Double
      Dim L() As Double
      Dim M() As Double
      Dim R() As Double
      Dim S() As Double

      'Подготовка

      N = Ubound(InpTable, 1)
      ReDim X(N) As Double
      ReDim Y(N) As Double
      ReDim L(N) As Double
      ReDim M(N) As Double
      ReDim R(N) As Double
      ReDim S(N) As Double
```

```
For i = 1 To N
      X(i)=InpTable(i,1)
      Y(i)=InpTable(i,2)
Next i

'Расчеты
D=X(2)-X(1)
E=(Y(2)-Y(1))/D

For k=2 To N - 1
      H=D
      D=X(k+1)-X(k)
      F=E
      E = (Y(k+1)-Y(k))/D
      L(k)=D/(D+H)
      R(k)=1-L(k)
      S(k)=6*(E-F)/(H+D)
Next k

For k=2 To N - 1
      P=1/(R(k)*L(k-1)+2)
      L(k)=-L(k)*P
      S(k)=(S(k)-R(k)*S(k-1))*P
Next k

M(N)=0
L(N-1)=S(N-1)
M(N-1)=L(N-1)

For k=N-2 To 1 Step -1
      L(k)=L(k)*L(k+1)+S(k)
      M(k)=L(k)
Next k

i=0
If Xi>X(N) Then
      D=X(N)-X(N-1)
      Yi=D*M(N-1)/6+(Y(N)-Y(N-1))/D
      Yi=Yi*(Xi-X(N))+Y(N)
ElseIf Xi <= X(1) Then
      D=X(2)-X(1)
      Yi=-D*M(2)/6+(Y(2)-Y(1))/D
      Yi=Yi*(Xi-X(1))+Y(1)
```

```
    Else
        Do
            i=i+1
            If Not (Xi>X(i)) Then Exit Do
        Loop
        j = i-1
        D=X(i)-X(j)
        H = Xi-X(j)
        Ri=X(i)-Xi
        P=D*D/6
        Yi=(M(j)*Ri^3+M(i)*H^3)/6/D
        Yi=Yi+((Y(j)-M(j)*P)*Ri+(Y(i)-M(i)*P)*H)/D
    End If

    SplineInterp = Yi

End Function
```

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б.
# ПОПРАВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ К МАРГИНАЛЬНЫМ ПРИБАВКАМ УРОЖАЙНОСТИ ОТ ВОЗРАСТАЮЩИХ УРОВНЕЙ СУММАРНОГО АЗОТА

Таблица Б.1 – Коэффициенты маргинальных прибавок урожайности от «доз суммарного» азота в зависимости от предшественника

| Предшественник | Коэффициент маргинальной прибавки урожайности ($K_П$) |
|---|---|
| Чистый пар | 1,00 |
| Занятый пар[4] | 0,83 |
| Кукуруза на силос | 0,68 |
| Подсолнечник | 0,63 |
| Стерня озимой пшеницы | 0,62 |

Таблица Б.2 – Коэффициенты маргинальных прибавок урожайности от «доз суммарного» азота в зависимости от суммы осадков за холодное время года

| Сумма осадков с ноября по февраль, мм | Коэффициент ($K_О$) |
|---|---|
| 20 | 0,55 |
| 40 | 0,62 |
| 60 | 0,69 |
| 80 | 0,75 |
| 100 | 0,82 |
| 120 | 0,89 |
| 140 | 0,96 |
| 160 | 1,03 |
| 180 | 1,10 |
| 200 | 1,16 |
| 220 | 1,23 |
| 240 | 1,30 |
| 260 | 1,37 |
| 280 | 1,44 |
| 300 | 1,51 |

4 Озимая вико-пшеничная смесь на зеленый корм

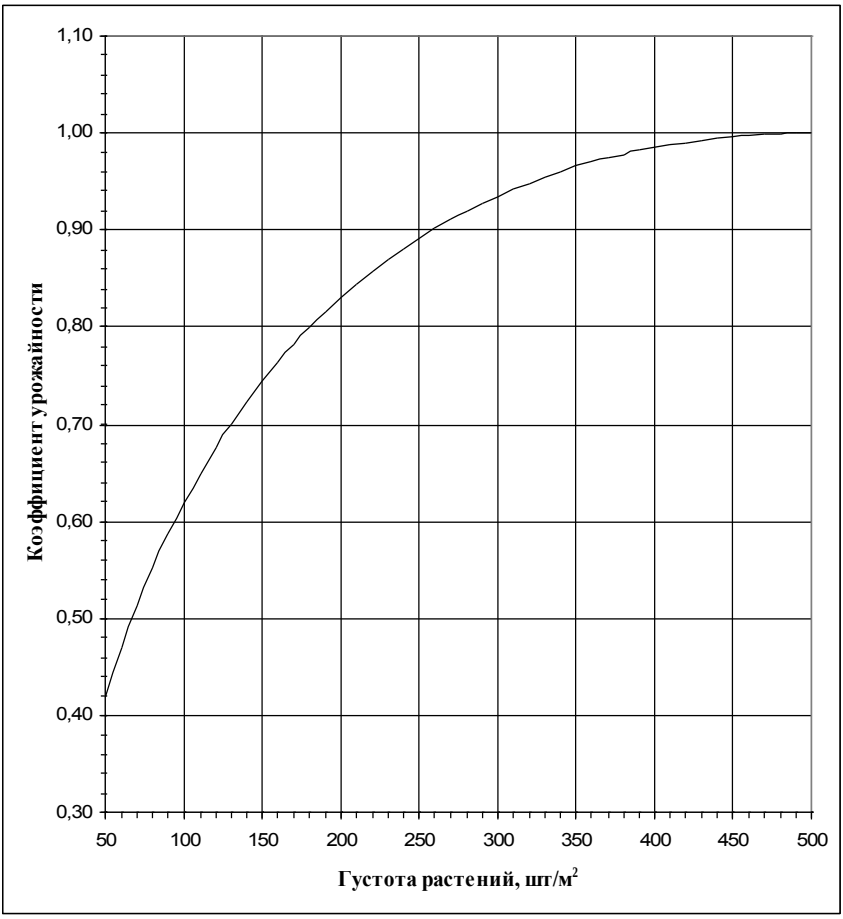


Рис. Б.1. Коэффициенты маргинальных прибавок урожайности ($K_Г$) в зависимости густоты растений озимой пшеницы

Таблица Б.3 – Коэффициенты ($K_c$) маргинальных прибавок урожайности посевов различной густоты в зависимости от срока сева

| Срок сева | Посев озимой пшеницы | | |
|---|---|---|---|
| | редкий 20% | изреженный 50% | оптимальный 100% |
| Допустимо ранний | 1,12 | 1,09 | 1,10 |
| Оптимальный | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Допустимо поздний | 0,83 | 0,87 | 0,88 |
| Поздний | 0,62 | 0,72 | 0,74 |

# ПРИЛОЖЕНИЕ В. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИЯ ПОЧВ

Таблица В.1 – Пример сигнатуры входного файла с данными для интерпретации данных ВЭЗ почв

| |
|---|
| 13,3<br>10,263,80,263,15,245,123,245,22,226,130,226,30,218,137,218,45,195,102,195,60,171,97,171,90,177,89,177,120,185,69,185,180,230,51,230,240,242,0,242,360,250,32,250,480,203,30,203,720,110,28,110, |

Таблица В.2 – Среднее удельное электрическое сопротивления грунтов

| Грунт | Удельное сопротив-ление, (Ом*м) |
|---|---|
| Вода грунтовая | 15 |
| Глина влажная | 25 |
| Солончак | 20 |
| Ил | 30 |
| Песок, сильно увлажненный грунтовыми водами | 35 |
| Суглинок, сильно увлажненный грунтовыми водами | 35 |
| Вода прудовая | 40 |
| Зола | 40 |
| Вода равнинной реки | 50 |
| Мергель глинистый (50 — 75% глинистых частиц) | 50 |
| Глина полутвёрдая | 60 |
| Песок, умеренно увлажненный | 95 |
| Суглинок полутвердый, лессовидный | 100 |
| Мергель обычный | 150 |
| Супесь | 150 |
| Лёсс (желтозем) | 250 |
| Песок влажный | 270 |
| Гравий глинистый, неоднородный | 300 |
| Гравий однородный | 800 |
| Песок слегка влажный | 950 |
| Известняк (поверхность) | 1000 |
| Песчаник | 1000 |
| Песок сухой | 1500 |
| Базальт | 2000 |

Знаков: 87272
Графика: 1426,6 см$^2$
Усл. авт. лист: Вставить формулу 87272/40000+1426,6/3000