

**ПРИОРИТЕТНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОБРАЗОВАНИЕ»
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ**

**И.И.ВАСЕНЕВ
Е.Н. ПАКИНА**

**СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В
ОПТИМИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ И
ОРГАНИЗАЦИИ УСТОЙЧИВЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ**

Учебное пособие

**Москва
2008**

Рецензент:
профессор, доктор биологических наук Макаров О.А.

*Инновационная образовательная программа
Российского университета дружбы народов*

**"Создание комплекса инновационных образовательных программ
и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих эффективно
реализовывать государственные интересы РФ
через систему экспорта образовательных услуг"**

Васенев И.И., Панкина Е.Н.

Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем. - М., 2008. - 105 с.

В данном учебном пособии кратко изложены основные вопросы оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем с применением современных геоинформационных и информационно-аналитических систем.

Раскрываются основные положения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия, базовые алгоритмы и технологии агроэкологической оценки земель, агроэкологического моделирования, рамочных систем агроэкологической оптимизации земледелия. Рассматриваются ключевые задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия.

Учебное пособие разрабатывалось как основной учебно-методический комплекс для курса повышения квалификации "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем" и может быть использовано в системе дополнительного профессионального образования.

Учебное пособие выполнено в рамках инновационной образовательной программы Российского университета дружбы народов, направление "Создание учебника (или учебного пособия или текстов лекций) курсов дополнительной профессиональной подготовки в области энергетики и энергосбережения, рационального природопользования и безопасности", и входит в состав учебно-методического комплекса, включающего описание курса, программу и электронный учебник.

© Васенев И.И., Панкина Е.Н., 2008

Предисловие

В основе устойчивого развития сельских территорий лежат агроэкологическая оптимизация агроландшафта и адаптивно-ландшафтное землепользование. Они базируются на агроэкологической оценке и типизации земель, проводимых с учетом агроэкологических требований основных сельскохозяйственных культур и агротехнологий, с активным использованием агроэкологических моделей и современных информационных технологий.

В данном учебном пособии кратко изложены основные вопросы оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем с применением современных геоинформационных и информационно-аналитических систем.

Раскрываются основные положения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия, базовые алгоритмы и технологии агроэкологической оценки земель, агроэкологического моделирования, рамочных систем агроэкологической оптимизации земледелия. Рассматриваются ключевые задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия.

Учебное пособие имеет в своём составе перечень контрольных вопросов по темам, а так же учебную программу по курсу дополнительного профессионального образования "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Учебное пособие разрабатывалось как основной учебно-методический комплекс для курса повышения квалификации "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем" и может быть использовано в системе дополнительного профессионального образования.

Цели и задачи курса

Цель курса - повышение квалификации специалистов-агрономов (агроэкологов, почвоведов и агрохимиков) в области агроэкологической оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем, с использованием инновационных технологий адаптивно-ландшафтного, прецизионного земледелия и соответствующих средств их геоинформационно-агроэкологического обеспечения.

В соответствие с данной целью решаются следующие **задачи**:

1. Формирование у слушателей базовых знаний структурно-функциональной организации агроландшафта, основных условий и критериев устойчивого функционирования агроэкосистем, системного анализа проблемных агроэкологических ситуаций, агроэкологического моделирования и прогнозирования, ключевых элементов информационно-аналитических модулей и нормативной базы специализированного программного обеспечения, приоритетных задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения инновационных технологий оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.
2. Системный анализ со слушателями современного этапа развития адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия, их агроэкологических требований, технологического и информационно-методического обеспечения, базовых элементов (структура землепользования, севооборотов, системы обработки, применения удобрений и т.д.) и региональной специфики, перспектив развития и применения в конкретных условиях сельского хозяйства различных регионов и стран.
3. Развитие у слушателей навыков практической работы со специализированным программным обеспечением и экспертными информационно-аналитическими системами по агроэкологической оценке земель, анализу и моделированию проблемных агроэкологических ситуаций, оптимизации агроландшафта и базовых элементов адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.
4. Решение со слушателями оценочно-аналитических и экспертно-технологических задач по агроэкологической оценке конкретных земельных участков, анализу лимитирующих факторов их использования, выбору рациональных решений по агроэкологической оптимизации нарезки полей, возделываемой культуры, уровня применяемой технологии и доз удобрений - с учетом агроэкологического паспорта поля, возможных экологических рисков, ожидаемых погодных условий, рентабельности и складывающейся структуры затрат.
5. Формирование у слушателей готовности к постоянной самостоятельной работе по повышению своей профессиональной квалификации в области агроэкологии и оптимизации агроландшафтов с использованием инновационных технологий.

Инновационность курса

Инновационность курса обусловлена актуальностью его содержания и решаемых слушателями задач, инновационным характером применяемых методических подходов и анализируемых технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия, инновационными элементами информационно-методического обеспечения приоритетных задач агроэкологической оптимизации агроландшафта и повышения устойчивости функционирования агроэкосистем.

Сельское хозяйство России и сопредельных стран находится на стадии глубоких технологических преобразований, реализуемых в условиях повышенной открытости региональных рынков, быстро растущей конкуренции за традиционные и новые рынки сбыта, повышенной нестабильности цен и ускоренного развития агротехнологий.

Быстро меняющиеся условия производства определяют необходимость оперативного анализа больших массивов разноплановой информации для принятия рациональных управляющих решений, снижения экономических и экологических рисков производства.

В рамках данного курса слушатели приобретают минимально необходимый набор базовых знаний о современном этапе развития адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия, перспективах и условиях применения этих инновационных технологий, информационно-методическом агроэкологическом обеспечении разноплановых задач их успешного внедрения. Теоретические занятия сопровождаются лабораторными работами, в ходе которых развиваются навыки практического решения проблемных агроэкологических ситуаций и оптимизационно-технологических задач - с использованием современного программного обеспечения и информационно-аналитических систем.

При создании курса использованы новейшие достижения в области адаптивно-ландшафтного и прецизионного (точного) земледелия, полученные как в России, так и за рубежом. Большое внимание уделяется вопросам современного технологического и информационно-аналитического обеспечению всех рассматриваемых элементов земледелия.

Предусмотрено использование новых учебно-методических материалов, возможностей современных информационно-коммуникационных технологий, мультимедийных средств обучения и специализированного (в том числе, и авторского) программного обеспечения.

Высокая насыщенность курса практическими лабораторными работами с профильными компьютерными программами, неформальное активное обсуждение на семинарах наиболее привлекательных инновационных технологий, узнаваемых проблемных ситуаций на реальных объектах, актуальных проблем развития сельскохозяйственного производства в регионах и хозяйствах слушателей - повышает их текущую заинтересованность и эффективность усвоения представленного материала.

Дифференцированная система промежуточного и итогового контроля с использованием тестов, групповым обсуждением рефератов и результатов компьютерного моделирования обеспечивают равномерно активную работу слушателей в течение всего курса. Необходимые в рамках курса консультации могут осуществляться при очных встречах с преподавателями, в интерактивном режиме по справочникам используемых информационно-аналитических систем и по электронной почте - в процессе самостоятельной работы слушателей над рефератами и учебными задачами.

Содержание курса

Современная парадигма и приоритетные прикладные задачи агроэкологии. Современный этап развития земледелия и научно обоснованная организация сельскохозяйственного землепользования. Основные понятия и определения адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Агроэкологическое обоснование систем земледелия. Применение элементов системного анализа и агроэкологического моделирования. Основные виды и систематизация агроэкологических моделей.

Агроэкологическая оценка, типизация, районирование и зонирование земель. Критерии выделения агроэкологических типов и групп земель. Агроэкологические функции почв и земель; факторы и основные диагностические параметры агроэкологической оценки земель. Частные, функционально-групповые и интегральные алгоритмы оценки. Регионально-типологические нормативы оценки. Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель, перспективы применения.

Информационно-методическое обеспечение агроэкологической оптимизации земледелия и агроландшафта. Адаптивно-ландшафтная организация территории. Экологическая регламентация сельскохозяйственного производства. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур, агротехнологий и технологических операций. Инновационные технологии агроэкологической оптимизации и оперативной корректировки базовых элементов систем земледелия. Рамочные информационно-аналитические системы агроэкологической оптимизации земледелия, проблемы их региональной и локальной адаптации к природно-хозяйственным условиям конкретного региона, хозяйства, агроландшафта, поля и участка. Геоинформационные системы для оптимизации агроландшафта.

Прецизионные (точные) системы земледелия. Актуальные задачи и реальные возможности дифференцированного проведения основных технологических операций в пределах одного рабочего участка (поля). Анализ регулируемых и нерегулируемых факторов внутривольного варьирования урожайности. Агроэкологическая и агротехнологическая оптимизация нарезки полей. Анализ экологических и экономических издержек и рисков разных уровней пространственной дифференциации сельскохозяйственного землепользования. Технические средства оперативного получения и обработки информации. Инновационные технические решения для реализации технологий точного земледелия.

Приоритетные задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия. Анализ регионально-типологических форм элементарных структур почвенного покрова. Геостатистический анализ разноуровневого пространственного варьирования урожайности и агроэкологического состояния почв. Инновационные технологии использование региональных и локальных геоинформационных систем для организации устойчивых агроэкосистем.

Естественнонаучные, информационно-методические, материально-технические и организационно-кадровые проблемы массового освоения инновационных технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия. Региональная природно-хозяйственная специфика. Перспективы и условия применения по различным типам стран.

Требования к уровню усвоению содержания курса (знания, умения, навыки)

- После изучения данного курса, **слушатель должен знать:**
 - Основные понятия и инновационные технологии адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия и организации агроландшафта;
 - Основные виды агроэкологических моделей, геоинформационных и экспертных информационно-аналитических систем;
 - Критерии выделения агроэкологических типов и групп земель в системах адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия;
 - Частные, функционально-групповые и интегральные алгоритмы агроэкологической оценки земель и устойчивости агроэкосистем;

- Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур, инновационных агротехнологий и технологических операций;
- Актуальные задачи и возможности агроэкологической оптимизации структуры землепользования и дифференцированного проведения технологических операций в пределах одного поля и рабочего участка;
- Приоритетные задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения инновационных технологий оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.
- После изучения данного курса, слушатель должен уметь:
 - Проводить агроэкологическую оценку земель с использованием автоматизированных систем оценки;
 - Строить картограммы частной агроэкологической оценки земель с использованием геостатистических программ;
 - Определять площади земельных контуров и участков произвольной формы с использованием геоинформационных систем;
 - Давать оценку потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур в условиях конкретного рабочего участка - с использованием экспертных информационно-аналитических систем;
 - Оптимизировать дозы применения основных элементов питания и форм удобрений - с учетом агроэкологических особенностей земель;
 - Рассчитывать затраты на производство продукции растениеводства планируемой урожайности выбранной культуры в условиях конкретного рабочего участка и года возделывания;
 - Разрабатывать практические рекомендации для агроэкологической оптимизации организации агроландшафта, основных элементов земледелия, повышения устойчивости функционирования агроэкосистем;
 - Выполнять задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения инновационных технологий оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.

Глава 1. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: основные понятия, агроэкологическое обоснование

За время освоения человеком сельскохозяйственного производства земледелие видоизменялось в соответствии с развитием знаний о природе и техническим прогрессом. Подсечно-огневая, лесопольная, залежная системы земледелия с течением времени сменялись паровой и плодосменной, затем - зернопропашной, травопольной, зерно-травопропашной, а на современном этапе - биологической, интегральной, альтернативной, органической и др.

Новым этапом в развитии стал адаптивно-ландшафтный подход, учитывающий особенности не только ландшафта, но и потребности рынка сельскохозяйственной продукции, степень интенсификации производства, хозяйственный уклад и многое другое ("Агроэкологическая оценка...", 2005).

Определение адаптивно-ландшафтной системы земледелия учитывает такие факторы, как агроэкологические требования культур и их средообразующее влияние, природно-ресурсный потенциал, рыночные потребности, производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации, качество продукции, экологические ограничения.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия - это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с потребностями рынка, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.

Термин "ландшафтная" означает, что такая система разрабатывается применительно к конкретной категории агроландшафта, т.е. определенной агроэкологической группе земель. Звенья систем земледелия формируются в пределах агроэкологических типов земель (участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями). Элементы (приемы обработки почвы, способы посева и т.п.) дифференцированы в соответствии с ареалами агроландшафта, а организация территории осуществляется с учетом структуры ландшафта и условий его функционирования. Термин "адаптивная" означает приспособленность системы земледелия ко всему комплексу названных факторов.

Системы земледелия разделяются на ряд уровней, начиная с экстенсивного земледелия, рассчитанного на использование естественного плодородия земли. Этот путь регрессивный, однако в настоящее время он преобладает в России, нанося значительный ущерб как плодородию почв, так и экономике хозяйств.

Нормальные системы земледелия характеризуются обеспечением их достаточным количеством минеральных и органических удобрений, восполняющих дефицит питательных веществ, проведением необходимых почвозащитных и мелиоративных мероприятий и достижением удовлетворительного качества продукции.

Интенсивные системы земледелия означают использование качественно новых сортов растений, программированное применение удобрений и других агрохимикатов, регулирование продукционного процесса различными биологическими, агротехническими и агрохимическими средствами.

КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ландшафт - природно-территориальный комплекс, представляющий собой участок земной поверхности, имеющий общий геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат и характеризующийся генетическим единством и тесной взаимосвязью его компонентов.

Агроландшафт - часть природного ландшафта, выделенная по ведущим агроэкологическим факторам и предназначенная для организации производства сельскохозяйственных культур и удовлетворения потребностей сельскохозяйственных животных и человека.

Устойчивость агроландшафта - его способность поддерживать за счёт управления параметрами и режимами заданные производительные и социальные функции при одновременном сохранении биосферного значения.

Самоорганизация ландшафта - процесс, в ходе которого создаётся, развивается и воспроизводится или восстанавливается структура ландшафта.

Экологическая ёмкость ландшафта - способность агроландшафта принять и трансформировать определённое количество вещества и энергии при сохранении устойчивости его функционирования в заданном режиме.

Допустимая антропогенная нагрузка на ландшафт - предельные антропогенные воздействия, вызывающие изменения отдельных свойств компонентов ландшафта, которые могут привести к нарушению выполнения ландшафтом заданных ему социально-экономических функций.

Агроэкосистема - антропогенно преобразованная экосистема, характеризующаяся не только условиями природной среды обрамляющего геокомплекса соответствующего уровня, но и агроприродными особенностями ведения в ней сельскохозяйственного производства.

Устойчивость агроэкосистемы - свойство сохранять при возмущающих воздействиях стабильный состав и баланс биогеохимических потоков и биохимических циклов между отдельными структурными компонентами системы.

Буферность агроэкосистемы - способность к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающих воздействий.

Интенсификация земледелия - последовательно возрастающее вложение средств производства и труда на единицу площади при одновременном росте их эффективности за счёт применения достижений науки и передового опыта, улучшения методов ведения хозяйства и технологий.

Адаптивная интенсификация (обладающая приспособляемостью в дополнение к преимущественно технотехнической) - это биологизированная, экологизированная, ресурсосберегающая, природоохранная, наукоёмкая интенсификация, с повышенной отдачей от применяемых техногенных средств.

Главным при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия является сохранение единства природных и хозяйственных компонентов ландшафта и закономерностей его функционирования. Важно, чтобы каждый земельный массив, включенный в проект, в результате реализации намеченной системы земледелия развивался, росли его плодородие, продуктивность и экологическая безопасность.

Схема формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для сельскохозяйственного предприятия в рамках сложившейся системы ведения хозяйства представляется следующим образом:

I. Агроэкологические условия

1. природно-сельскохозяйственная зона

- Средне-таёжная
- Южно-таёжная
- Лесостепная
- Степная
- Сухостепная

2. провинция

- Средне-русская
- Южно-русская
- Заволжская

- Предуральская
- Западно-сибирская

3. агроэкологическая группа земель

- плакорные
- эрозионные
- дефляционные
- переувлажненные
- засоленные
- солонцоватые
- литогенные
- мерзлотные

II. Основные направления растениеводства

- зерновая
- кормовая
- технических культур
- лугово-пастбищная

III. Уровень интенсификации

- экстенсивная
- нормальная
- интенсивная
- высокоинтенсивная (точная)

IV. Форма использования земли и воспроизводства плодородия почвы

- паровая
- плодосменная
- мелиоративная
- контурно-мелиоративная
- гребне-рядовая

Этапы формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия сводится к следующим мероприятиям:

- исходному проектному мониторингу и функциональной оценке основных компонентов ландшафта;
- построению специализированных математических моделей;
- разработке программы производства основных видов растениеводческой продукции в необходимых объёмах;
- собственно проектированию.

Агроэкологический мониторинг представляет собой систему специальных исследований режимов агроландшафтов с использованием наземных, авиационных и космических средств наблюдения, выполняемых с целью получения достаточной для анализа агроландшафтного потенциала и принятия решений по рациональному использованию информации. Немаловажной задачей мониторинга является сбор информации о взаимодействии основных элементов агроландшафтов и агроэкосистем для последующего построения математических моделей, используемых при проектировании землеустройства территории.

Проектирование включает в себя комплекс мероприятий по разработке проектов землеустройства территории на основании природно-климатических характеристик, в том числе жесткого и мягкого ландшафтного каркаса, оптимального подбора культур, севооборотов, технологий, обеспечивающих заданный уровень продуктивности и качества при условии сохранения устойчивости агроландшафтов и агроэкосистем.

Элементы разрабатываемой системы земледелия включают в себя:

1. Проектирование адаптивно-ландшафтного землеустройства территории хозяйства. Это, в свою очередь, предусматривает типизацию земель по:

- уровню плодородия почвы
- теплообеспеченности
- влагообеспеченности
- функционально-целевому назначению самих угодий
- выбору оптимальных соотношений между угодьями в агроландшафтах
- разработку природоохранных мер
- специализацию предприятия

Для выполнения этой задачи необходимо:

- осуществить анализ и, если требуется, провести дополнительное обследование земельных угодий с использованием планово-картографических материалов; уточнить площади и границы контуров
- на топографических планах данной территории выделить элементарные водосборы, в пределах которых установить фактическое состояние земельных угодий и перспективу их возможной трансформации
- в пределах выделенных водосборов провести группировку агроландшафтных массивов по почвенным параметрам, форме, крутизне склонов, длине, экспозиции и другим показателям, т.е. осуществить агроэкологическую группировку земель, предусматривающую способ использования с экономически оправданной и экологически допустимой интенсивностью в соответствующих севооборотах
- выявить земли, требующие проведения мелиоративных и культуртехнических работ.

По результатам оформляется землеустроительное дело, состоящее из картографических материалов, таблиц и пояснений.

В результате все земли хозяйства должны быть оценены по двум аспектам:

- 1 - по экологической ёмкости и допустимой антропогенной нагрузке, что определяет экологически допустимый вид использования угодий (пашня, луг, лес) и уровень возможной интенсивности земледелия
- 2 - по степени благоприятности для возделывания различных сельскохозяйственных культур, что определяет адекватную почвенно-климатическим условиям структуру посевов и программируемый уровень урожайности

2. Проектирование структуры посевных площадей в севооборотах.

Оптимальное устройство севооборотов является тем резервом системы землеустройства, который без дополнительных затрат чрезвычайно эффективно может повлиять на продуктивность земельных угодий.

При построении схем севооборотов необходимо соблюдать следующие принципы: специализацию, плодосмен, совместимость, уплотненность, экономическую и биологическую целесообразность.

Исходной информационной базой для решения задачи оптимального размещения культур являются материалы почвенно-агрохимического картирования по генетическим признакам почв, их обеспеченности питательными веществами, кислотности, влаго- и теплообеспеченности, а также сведения о наиболее перспективных районированных сортах сельскохозяйственных культур.

При составлении эколого-климатических паспортов территории складывающиеся погодные условия учитываются по четырём уровням:

- макроклиматический уровень - позволяет оценить фоновые агроклиматическое районирование
- мезоклиматический уровень - характеризует региональный агроклимат
- микроклиматический уровень - подразумевает детальное агроклиматическое районирование ограниченных территорий с выраженной неоднородностью поверхности
- наноклиматический уровень - отражает вариации агроклиматических характеристик, возникающих под влиянием неоднородности рельефа и физических свойств почв в пределах конкретного сельскохозяйственного поля.

3. Система применения удобрений.

Это один из самых значимых управляющих факторов при формировании урожаев сельскохозяйственных культур, поэтому в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия ему уделяется особое внимание.

Эффективность удобрений будет гораздо выше, если в рамках адаптивно-ландшафтного подхода факторы интенсификации будут задействованы максимально комплексно. Неоспоримо влияние азота, фосфора и калия (NPK) на урожай и его качество, но нельзя понимать оптимизацию минерального питания лишь как систему удобрений той или иной сельскохозяйственной культуры макроэлементами. Необходим переход от культа макроэлементов к реальной оптимизации многоэлементного питания растений, для чего потребуются более углубленные исследования влияния многих других элементов, биохимическое и физиологическое действие которых на растения мало изучены или вообще неизвестны.

Важную роль при проектировании той или иной системы земледелия следует отводить органическим удобрениям. В число мероприятий, повышающих уровень содержания органического вещества в почве, следует включать обязательное оставление в поле растительных остатков.

В настоящее время, когда количество применяемых удобрений лимитировано как из-за всё более жестких требований экологической безопасности, так и из-за их дороговизны, система применения удобрений претерпевает серьезные изменения. В современной земледелии остро стоит вопрос дифференцированного внесения удобрений. В то же время незыблемым остаётся принцип опережающего и комплексного внесения удобрений: их нужно вносить как можно меньше, однако столько, сколько нужно. В связи с этим важно соблюдать безупречную точность почвенных и агрохимических обследований пашни, т.е. необходим своевременный и качественный мониторинг почвенно-агрохимических свойств пашни.

4. Система защиты растений.

Наряду с оптимизацией режима питания растений проект должен предусматривать оптимизацию фитосанитарного состояния посевов на основе постоянного контроля их засоренности, заселенности вредителями и распространения болезней. Посевы, хорошо защищенные от сорной растительности, вредных насекомых и возбудителей болезней, при этом не лежащие могут в максимальной степени использовать питательные вещества удобрений и почвы и в результате сформировать высокий урожай хорошего качества.

В большинстве случаев необходимо отказаться от проведения жестких систем защиты, отдавая предпочтение профилактическим обработкам, основанных на прогнозах появления вредящей энтомофауны и возбудителей болезней, с учётом экономических порогов вредоносности. Необходимо более широко использовать так называемые "ловчие посевы", на которых предпочитают размещаться многие вредители, где их уничтожение бывает высоко эффективным при минимальных затратах пестицидов.

5. Система обработки почвы.

Это основная технологическая операция в земледелии. Она представляет собой систему приёмов оптимизации физических и биологических условий в пахотном слое почвы для физиологически нормального роста и развития посевов. Региональные различия почвенно-климатических условий влекут за собой и особенности в способах и приёмах обработки почвы под районированные сельскохозяйственные культуры (табл. 1.1).

<p>Таблица 1.1. Факторы для выбора оптимального способа обработки почв под озимую пшеницу и сахарную свеклу [Васенев и др., 2002].</p>

Фактор	Число градаций
<i>Озимая пшеница</i>	
1. Предшественник	3
2. Время от уборки предшественника до замерзания почвы	2
3. Глубина обработки почвы под предшественник	2
4. Мощность гумусового горизонта	2
5. Гранулометрический состав	3
6. Плотность почвы	3
7. Внесение органических удобрений	2
8. Засоренность корневищными и корнеотпрысковыми сорняками	2
9. Засоренность однолетними сорняками	2
10. Проявление ветровой эрозии	2
<i>Сахарная свекла</i>	
1. Предшественник	5
2. Способ обработки почвы под предшественник	6
3. Срок от уборки предшественника до посева озимых (дней)	2
4. Гранулометрический состав	3
5. Плотность почвы	3
6. Содержание продуктивной влаги в пахотном слое	2
7. Засоренность корневищными и корнеотпрысковыми сорняками	2
8. Наличие растительных остатков	2
9. Проявление эрозии	2

Агробиологическая обработка почвы реализует способность почвы образовывать комковатую структуру, обеспечивающую эффективное плодородие, водопрочность, пористость, механическую прочность, плотность, биологическую активность, водоудерживающую способность, тепловой и газовый режимы. Помимо улучшения физических и физико-химических, биологических свойств, система обработки почвы обеспечивает очищение полей от сорняков, вредителей и возбудителей болезней. Она также является элементом почвозащитных систем охраны почв от ветровой и водной эрозии.

Для достижения эффективности системы обработки при планировании адаптивно-ландшафтной системы земледелия следует в максимально возможной степени уйти с плугом с эрозионно-опасных почв (с уклоном более 1-3 градусов).

6. Семена и сорта культур.

Семена и сорта культур - важнейшее условие получения устойчивых урожаев. Посев необходимо проводить только семенами отличного и хорошего качества, сухими, здоровыми, с высокой энергией прорастания, выращенными в оптимальных почвенно-климатических условиях, обязательно протравленными и обработанными микроэлементами. Одним из эффективных способов оценки семенного материала является метод рентгеновской интроскопии.

7. Проектирование технологий.

Проектирование технологической основы систем земледелия на ландшафтной основе во многом определяется выбором оптимальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Ведение систем земледелия на ландшафтной основе подразумевает комплекс землеустроительных, культуртехнических, технологических и других мероприятий по реализации

спроектированной системы. Методологической базой ведения является оперативный агроэкологический мониторинг, посредством которого осуществляется контроль исполнения всех проектных решений, а также оперативный анализ результативности всей проектной стадии. На основании оперативного анализа режима функционирования агроландшафта производится корректировка проектных решений и технологической базы.

Контрольные вопросы

1. Что в себя включает система земледелия?
2. Принципиальные особенности адаптивно-ландшафтных систем земледелия?
3. Основные отличия агроландшафта от ландшафта, агроэкосистемы от экосистемы?
4. Ключевые элементы агроэкологического обоснования адаптивно-ландшафтных систем земледелия?
5. Основные уровни интенсификации систем земледелия и их агроэкологические требования?
6. Чем определяется экологическая емкость ландшафта и допустимый уровень антропогенной нагрузки на него?
7. Назовите основные агроэкологические группы земель и экологические ограничения на их использование?
8. Из каких принципиальных этапов состоит процедура проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия?
9. Что собой представляет агроэкологический мониторинг?
10. Основное содержание этапа проектирования адаптивно-ландшафтного землеустройства территории хозяйства?
11. Агроэкологические основы проектирования севооборотов и структуры посевных площадей?
12. Основные принципы агроэкологической оптимизации систем применения удобрений и защиты растений?
13. Агроэкологическое обоснование системы обработки почв?
14. Агроэкологические основы проектирования агротехнологий в системе адаптивно-ландшафтного земледелия?
15. Информационно-методическое обеспечение проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия?

Глава 2. Агроэкологическое моделирование: основные виды и систематизация агроэкологических моделей

Понятие о модели как о некоторой абстрактной характеристике той или иной изучаемой системы, как в реальных, так и в вероятностных ситуациях появилось очень давно, но широкое применение во всех областях знаний модели получили лишь с развитием компьютерной техники.

Существует множество различных по сложности и классификации моделей различных процессов. Под моделью понимается некий объект-заместитель, который в определенных условиях заменяет изучаемый объект-оригинал, воспроизводя при этом наиболее существенные его свойства. Модель физического или технического объекта, процесса или системы - это упрощенное их представление, сохраняющее с определенной точностью те их свойства, характеристики и параметры, которые задает исследователь.

Следует отметить, что не существует общепризнанной единой классификации моделей. Модели можно классифицировать многими способами, однако ни один из них не является полностью удовлетворительным и всеобъемлющим.

Модели можно разделить на две большие группы: математические и физические.

Физические модели включают в себя:

1. Макет
2. Тренажер
3. Опытный образец

Математические модели подразделяются на:

1. Аналитические
2. Имитационные
3. Поведенческие
4. Структурные
5. Базовые
6. Точные
7. Статистические
8. Динамические
9. Линейные
10. Нелинейные
11. Непрерывные
12. Дискретные
13. Информационные
14. Смешанные

Модель позволяет заранее, т.е. до практической реализации того или иного действия, спрогнозировать возможные последствия этого действия. Таким образом, модели встраиваются непосредственно в технологию принятия решений при управлении сложными системами.

Применение математических моделей в растениеводстве и земледелии имеет определенную специфику, они являются инструментом информационного обеспечения задач прогнозирования и управления. Особенность этих задач связана с естественной сезонной цикличностью сельскохозяйственного производства, что позволяет выделить три временных уровня принятия решений:

1. Многолетние перспективные и проектные решения, последствия которых сказываются на протяжении нескольких лет.
2. Технологическая подготовка к текущему сезону вегетации (задачи на предстоящий год).
3. Оперативное управление ростом, развитием растений и формированием урожая.

Существование трёх взаимосвязанных временных уровней является характерной чертой земледелия и мелиорации и отражает тот факт, что процессы в агроэкосистеме носят непрерывный характер, а воздействия на агроэкосистему осуществляются в дискретные моменты времени. При этом к первому уровню относятся решения о мелиорации земель, системах земледелия, ведении севооборотов и т.д.

Для лучшей ориентации во всем множестве разрабатываемых агроэкологических моделей процессов, оценки почв и земель были предложены их рабочие систематики - с координацией по уровням организации агроэкосистем и основным диагностическим признакам их анализа (рис. 2.1, табл. 2.1 и 2.2).

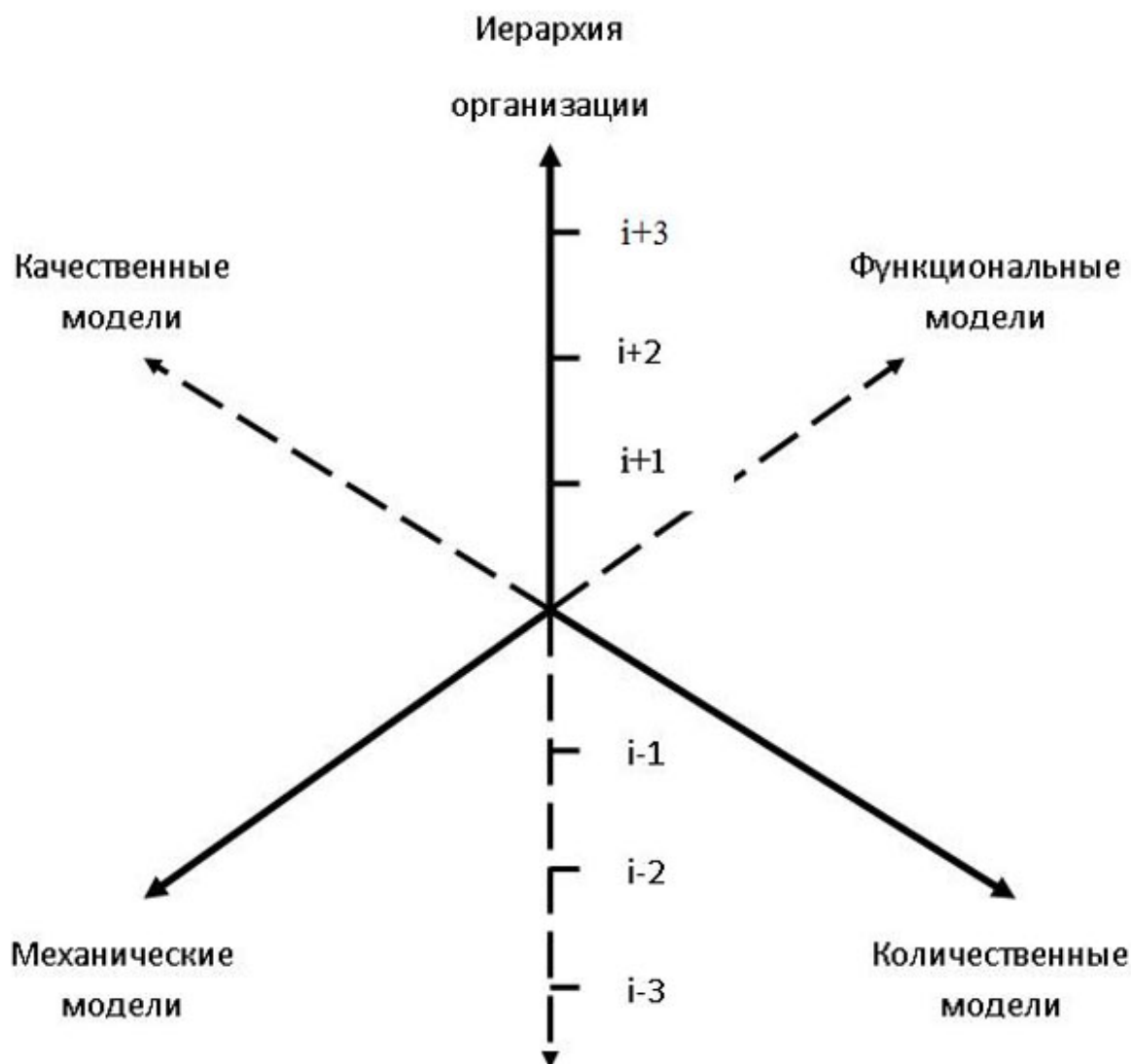


Рис. 2.1. Многомерная координация моделей (по [Hoosbeek, Bryant, 1992] - из [Васенев, 2004]).

Вопросы обоснования плановых технологий на текущий сезон вегетации относятся ко второму уровню. Эти решения, как правило, не реализуются непосредственно, а лишь служат обоснованием для распределения по полям доз удобрений, планирования урожайности, определения необходимого состава машинно-тракторного парка для своевременного проведения всех сельскохозяйственных работ.

Реализация всех агротехнических мероприятий осуществляется на стадии оперативного управления (т.е. на третьем уровне). Здесь производится корректировка плановых решений с учётом складывающейся в данном сезоне метеорологической, экономической и производственной обстановки.

Таблица 2.1. Систематизация методов моделирования агроэкологических процессов по иерархическим уровням организации агроэкосистем (на основе [Wagenet, 1994; "Агроэкология...", 2004] - из [Васенев, 2004]).

i	Система	Преобладающие модели	Методы анализа
i+4	Область, регион	Статистические, картографические и концептуальные модели основных процессов	Массовые анализы, космосъёмка, ГИС*
i+3	Район, округ, группа агроландшафтов	То же + гидрологические и балансовые модели (статистические, функциональные) регионально-типологические формы процессов и режимов функционирования, развития и использования агроэкосистем	То же+ гидрологические методы, геостатистика, хроно- и агроряды, вложенные ключевые участки агроэкосистем
i+2	Агроландшафт, хозяйство	Детерминистские и стохастические модели изменения агроэкосистем и агроэкологических функций почв и земель, геостатистические и гидрологические модели	То же + морфогенетический и биогеохимический мониторинг, детальный анализ СПП*
i+1	Поле, рабочий участок	2-D, 3-D -модели, функциональные модели боковых потоков, модели посевов, доминирующих процессов и режимов	То же + агрохимический мониторинг, балансовые расчеты, TDR, GPR*
i	Элементарный ареал агроэкосис.	Модели продукционного процесса, движения и трансформации веществ - на основе моделей уровня (i-1) и анализа внутривольного варьирования агроэкосистем	Морфогенетический анализ профиля почв, структуры ареала, режимные наблюдения in situ, TDR
i-1	Элементарный ареал агроэкосис.	Модели продукционного процесса, движения и трансформации веществ - на основе моделей уровня (i-1) и анализа внутривольного варьирования агроэкосистем	Морфогенетический анализ профиля почв, структуры ареала, режимные наблюдения in situ, TDR
i-2	Пед, корешок, ...	Механические и описательные модели движения и трансформации растворов и веществ в растении и почве, движение растворов по макропорам и сосудам	Компьютерная томография, микроморфология, микрохимия, микровегетационные опыты
i-3	Микроагрегат, микроорганизм ...	Механические и описательные модели движения и трансформации веществ во внутривольной массе почвы, в растении и микроорганизме, на их границах	Ядерный магнитный резонанс, микроморфология, микрохимия, микро-биологические опыты...
i-4	Пора/грануломет. частица, клетка ...	Электрохимические и биохимические модели (детерминистские/механические)	Субмикроскопическая техника, химия растворов методы физхимии, биохимии, биологии клетки

* ГИС - геоинформационные системы, СПП - структуры почвенного покрова, TDR - динамический рефлектометр, GPR - радар для анализа проницаемости почв.

Таблица 2.2. Рабочая систематика агроэкологических моделей оценки земель и землепользования (согласно [Hoosbeek, Bryant, 1992] и [Rossiter, 1996] - из [Васенев, 2004])

Критерии (оси координации)	Характер ранжирования	Число рангов
1. Пространственное варьирование объектов анализа (оценки)	существенно - не существенно (для данной оценки)	2
2. Основная концепция временной организации базы данных исходных характеристик почв	статическая - динамическая (база данных)	2
3. Базовая временная концепция оценки пригодности земель	статическая - динамическая (оценка)	2
4. Принципиальный алгоритм оценки (использование частных оценок функционального качества земель)	использование - не использование (частных оценок функционального качества земель)	2
5. Определение пригодности земель варианту использования	классы пригодности (согласно физическим и экономическим критериям оценки)	до 6
6. Степень однородности объекта анализа (земельного участка)	однородный - сложный (земельный участок)	2
7. Масштаб объекта оценки	крупный - мелкий (масштаб)	непр.*
8. Число объектов оценки	один - несколько (объектов оценки)	2
9. Детальность расчетов	качественные - количественные (оценки)	непр.*
10. Детальность описания	механистические - функциональные (модели анализа)	непр.*
11. Структурно-функциональная иерархия объекта оценки	педон - регион	непр.*

* - непрерывный (континуальный) ряд параметров координации по данной оси.

На уровне проектных решений модели дают возможность прогнозирования отдалённых последствий мелиорации земель: оценка вероятности их засоления и заболачивания, повышения уровня грунтовых вод, других негативных явлений; возможность прогнозирования изменения плодородия почв, анализа экономической и экологической ситуации в хозяйстве (или в агроландшафте) при соблюдении принятой многолетней стратегии.

Роль моделей на стадии технологической подготовки производства принципиально иная. Здесь модельной обоснование необходимо для оценки того уровня урожая на каждом поле, на который следует ориентировать всю технологию. Уровень урожая, который можно достигнуть на данном поле при существующих сортах и агротехнике, определяется климатическими и погодными условиями, их вариабельностью, существующим плодородием почв.

Модель даёт вероятностную оценку урожайности, оценку влияния на урожайность тех или иных агротехнических мероприятий и их параметров, а также влияние величины урожая на его себестоимость и экономику хозяйства. Так, например, для получения оптимального урожая по критериям "урожайность" и "рентабельность" требуется одна доза удобрений, а при оценке дозы удобрений по критерию "экологическая безопасность" эта доза может оказаться неприемлемой.

При оперативном управлении ростом растений и формированием урожая представляют интерес модели, прогнозирующие наступление той или иной фазы развития растений, исходя из складывающегося агрометеорологического состояния посевов. Это позволяет рационально и своевременно менять сроки и параметры агротехнических операций, запланированных на текущий год, а также добавлять или отменять те или иные операции.

Особенно важной является необходимость учёта временной и пространственной неоднородности агроландшафта. Временная неоднородность связана с межсезонной и внутрисезонной изменчивостью погодных условий в местах выращивания растений. Пространственная неоднородность также зависит от агроклиматических и почвенных ресурсов каждой конкретной территории.

Фактические данные неопровержимо свидетельствуют, что мезоклиматические различия ландшафтов в рамках отдельного региона могут превышать, а иногда очень значительно, макроклиматические различия соседних климатических зон и регионов. Точно также микроклиматические различия в конкретном ландшафте могут превышать мезоклиматические различия между ландшафтными регионами.

Современные подходы к реализации методик оценки агроклиматических ресурсов и варьирования продуктивности по территориям предусматривает использование математических моделей в виде комплексов компьютерных программ. Весьма полезны прикладные регрессионные модели, полученные в конкретных почвенно-климатических условиях и позволяющие определить дозы внесения удобрений, нормы высева, дозы препаратов для борьбы с сорняками, вредителями и возбудителями болезней растений. Если при традиционной технологии специалист может рассчитать дозу удобрений однократно на всё поле, то при использовании компьютерных моделей дозы удобрений и пестицидов рассчитываются дифференцированно.

Оценка климатической продуктивности крайне необходима для планирования сельскохозяйственного производства как в отдельных хозяйствах, так и в масштабах регионов. При построении компьютерной системы агрометеорологического обеспечения и оценки продуктивности агроландшафтов необходимы следующие показатели:

- Обработка архивных данных месячной климатической и срочной агрометеорологической информации
- Расчёт показателей агроклиматических ресурсов и продуктивности агроландшафтов
- Анализ динамики показателей агроклиматических ресурсов продуктивности агроландшафтов для различных сценариев изменения климата
- Построение компьютерных карт продуктивности агроландшафтов

Для расчёта агроклиматических ресурсов и продуктивности агроландшафтов необходимы следующие показатели:

Средняя годовая температура. Характеризует температурные условия всего года; необходима для сравнения климатических условий различных районов или анализа колебаний погоды от года к году.

Максимальная температура из среднемесячных значений. Это температура самого теплого месяца года; характеризует термические условия лета.

Минимальная температура из среднемесячных значений. Это температура самого холодного месяца года; характеризует условия перезимовки озимых или многолетних садовых культур.

Годовая амплитуда температуры. Разность между максимальной и минимальной температурами; характеризует степень континентальности климата.

Сумма осадков за год. Интегральный показатель увлажнения. Необходим для сравнения климатических условий различных районов или анализа колебаний погоды от года к году.

Максимальная месячная сумма осадков. Характеризует условия самого влажного месяца года. Наряду с минимальной суммой осадков характеризует равномерность выпадения осадков и увлажнения территории.

Минимальная месячная сумма осадков. Характеризует условия самого сухого месяца года. Наряду с максимальной суммой осадков характеризует равномерность выпадения осадков и увлажнения территории.

Дата устойчивого перехода через заданный температурный порог весной. Характеризует начало периода вегетации сельскохозяйственных культур. В зависимости от конкретной культуры вегетация может начинаться при переходе температуры через 5 градусов С (растения умеренного пояса), 10 градусов С (теплолюбивые растения) и 15 градусов С (субтропические и тропические культуры). Этот показатель необходим для определения оптимальных сроков сева. Устойчивый переход через 0 градусов характеризует момент оттаивания почвы и примерные сроки начала весенних сельскохозяйственных работ.

Дата устойчивого перехода через заданный температурный порог осенью. Аналогичен предыдущему показателю. Характеризует срок конца вегетации сельскохозяйственных культур. Необходим для определения оптимальных сроков сева озимых культур.

Продолжительность периода между переходами температуры через порог весной и осенью. Характеризует продолжительность периода вегетации сельскохозяйственных культур.

Сумма активных температур за период между переходами через порог. Характеризует термические условия периода вегетации сельскохозяйственных культур. Для регионов с недостатком тепла может служить косвенным показателем климатически обеспеченной продуктивности, т.к. для таких

Сумма осадков за период между переходами через порог. Характеризует влагообеспеченность растений в период вегетации. Для регионов недостаточного увлажнения установлена связь сумм осадков за период вегетации с продуктивностью.

Дата последнего весеннего и первого осеннего заморозков. Характеризуют время начала и окончания периода без ночных понижений температуры ниже нуля градусов, что существенно для характеристики условий роста и развития теплолюбивых полевых культур.

Продолжительность безморозного периода. Характеризует длительность в днях периода без ночных заморозков, что важно для характеристики условий произрастания многих культур и может использоваться для районирования сортов и культур.

Минимальные из средних месячных, декадных и суточных температур. Характеризуют условия самого холодного месяца, декады и суток года соответственно. Эти показатели важны для исследования условий перезимовки озимых и многолетних садовых культур.

Абсолютный годовой минимум температуры. Это минимальная наблюдавшаяся за год температура воздуха. Необходима для характеристики условий перезимовки озимых и многолетних садовых культур и для районирования культур и сортов.

Продолжительность периода с температурой ниже заданного порога. Многие растения могут переносить кратковременные понижения температуры, но не переносят длительных холодов. Данный показатель характеризует длительность периода устойчивых морозов. Необходим для районирования культур и сортов.

Количества бездождевых периодов - количество периодов свыше 19 дней без дождя.

Суммарная продолжительность бездождевых периодов - общая продолжительность всех бездождевых периодов в днях.

Продолжительность самого длинного бездождевого периода в днях.

Количество суховеев - количество сроков наблюдений, в которые наблюдались суховеи.

Суховеи в днях - количество дней, для которых хотя бы в один срок наблюдались условия суховея.

Продолжительность суховеев - самый продолжительный период, в течение которого каждые сутки наблюдались условия суховея.

Кроме того, следует учитывать уже наступившие и прогнозируемые изменения климата на продуктивность агроландшафтов. Из факторов продуктивности сельскохозяйственных культур, подверженных предстоящим изменениям климата, выделяют три главные:

- повышение концентрации углекислого газа
- повышение температуры
- изменение количества и режима выпадения осадков

С учётом этого выбирается сценарий изменения климата и моделируется его влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур.

При построении современных агроландшафтов существенную роль играет применение математических методов, предназначенных для описания ряда процессов и явлений в агроэкосистемах. Существуют методы моделирования процессов фотосинтеза, транспирации и почвенного испарения,

взаимодействия углерода, азота и других элементов в продукционном процессе сельскохозяйственных растений, а также процессов, протекающих в почве, растительном покрове и приземном воздухе. На основе этих методов создано семейство математических моделей, которое способно оценивать состояние агроэкосистем и прогнозировать влияние управляющих воздействий на ход продукционного процесса растений.

Система имитационного моделирования даёт возможность:

- Прогнозировать ход вегетации. Начальные условия и фактические данные о погоде и режимах полива на орошаемых полях вводятся до начала прогноза. В результате получают информацию о ходе вегетационного процесса до даты прогноза, а также данные о прогнозе даты наступления очередной фазы и о величине ожидаемого урожая.
- Управлять режимами орошения. Модель даёт возможность назначать норму и срок проведения очередного полива по одному из возможных критериев с оценкой результатов эффективности орошения.
- Управлять распределением минеральных удобрений и азотным режимом. Имитационная модель позволяет осуществлять расчёт доз основных минеральных удобрений и азотных подкормок. На уровне планирования для выполнения подобных расчётов требуется сгенерировать и ввести в модель сценарий погоды предстоящего сезона вегетации и рассчитать уровень ожидаемого урожая. Важной является возможность более точного вычисления сроков и норм азотных подкормок в оперативном режиме, т.к. в этом случае в модели используются уже известные погодные данные до даты расчёта и уровень ожидаемого урожая, предварительно определенный на тот момент.
- Рассчитать агрофизические показатели для создания на их основе почвенной базы для точного земледелия.

Агроэкологический мониторинг как программный комплекс состоит из следующих подсистем:

- агрометеорологической информации;
- имитационного моделирования продукционного процесса сельскохозяйственных растений;
- автоматизированного мониторинга, включающего в себя графическую базу данных хозяйств;
- комплекса программ прогнозных расчётов, средств отображения и выдачи результатов расчёта.

В основе мониторинга лежит модель продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Модель описывает продукционный процесс, начиная с момента сева и вплоть до полного созревания. Она имеет блочную структуру и включает в себя описание следующих процессов, происходящих в системе "почва - растительный покров - приземный слой воздуха":

- радиационный режим посева
- турбулентный режим
- фотосинтез и дыхание растений
- развитие растений
- рост растений и формирование урожая зерна или клубней
- транспирация растений и испарение влаги с поверхности почвы
- баланс влаги в слое почвы 0-100 см
- прогнозирование темпов развития растений
- выбор норм и сроков орошения в поливном земледелии

Контрольные вопросы

1. Основные понятия и группы моделей?
2. Особенности и предназначение физических и математических моделей, естественные ограничения на их использование?
3. Различные виды математических моделей и их особенности?
4. Возможности использования моделей для принятия рациональных решений при управлении сложными системами?
5. Три временных уровня принятия решений при управлении сельскохозяйственным производством?
6. В чем состоит особенность дискретно-непрерывного характера развития и функционирования агроэкосистем?

7. Почему неизбежен вероятностный характер основных агроэкологических моделей и оптимизационных решений?
8. Какие критерии обычно используются для вероятностной оценки урожайности?
9. Какие метеорологические данные лежат в основе агроэкологических моделей продуктивности?
10. Уровень достижимой в России и Западной Европе точности прогнозирования урожайности основных сельскохозяйственных культур?
11. Сравнительная оценка значимости макро-, мезо- и микроклиматической изменчивости агроландшафта для урожайности культур?
12. Современные подходы к реализации методик оценки агроклиматических ресурсов и варьирования продуктивности земель?
13. Основное содержание компьютерной системы агрометеорологического обеспечения и оценки продуктивности агроландшафтов?
14. Базовые показатели агроклиматической оценки земель и продуктивности агроландшафтов?
15. Структура сопряженных систем агроэкологического мониторинга и имитационного моделирования?

Глава 3. Перспективы и условия применения инновационных технологий для организации устойчивых агроэкосистем

Задачи сегодняшнего дня с быстро растущей дифференциацией применяемых систем земледелия и агротехнологий, ускоренным развитием разнообразных деграционных процессов - обуславливают высокую актуальность разработки и использования региональных автоматизированных

систем комплексного агроэкологического анализа земель и локальных информационно-справочных систем по оптимизации земледелия и землепользования, также опирающихся на данные по агроэкологической оценке земель (рис. 3.1).

Начинается разработка ключевых элементов областных агрогеоинформационных систем (АгроГИС - ["Агроэкологическая оценка...", 2005]), которые включают:

- электронные картосхемы землепользования сельских хозяйств;
- информационно-справочные базы почвенно-агроэкологических и экономических данных по хозяйствам-сельхозтоваропроизводителям;
- базы данных с агроэкологическими требованиями культур и технологий;
- электронные атласы агроэкологического состояния земель;
- программы и модели аналитического блока обработки и визуализации информации, экспертной оценки агроэкологического состояния земель.

Формирование областных электронных картосхем землепользователей-сельхозтоваропроизводителей и отладка надежной связи их со специализированными базами данных и информационно-аналитическими модулями (ИАМ) значительно облегчает проведение широкого спектра исследовательских и информационно-технологических операций.

Созданные на основе оцифрованных картосхем землепользования и сопряженных с ними баз почвенно-агроэкологических данных электронные атласы агроэкологического состояния земель позволяют в полуавтоматизированном режиме визуализировать и анализировать разнообразную информацию по современному состоянию почвенного покрова, основным факторам функционирования земель и агрогенной трансформации их качества, включая средневзвешенные показатели агроэкологической оценки почв и их параметров [Васенёв и др., 2002; Рожков, Васенёв, 2003; Хахулин, Васенёв, 2003].

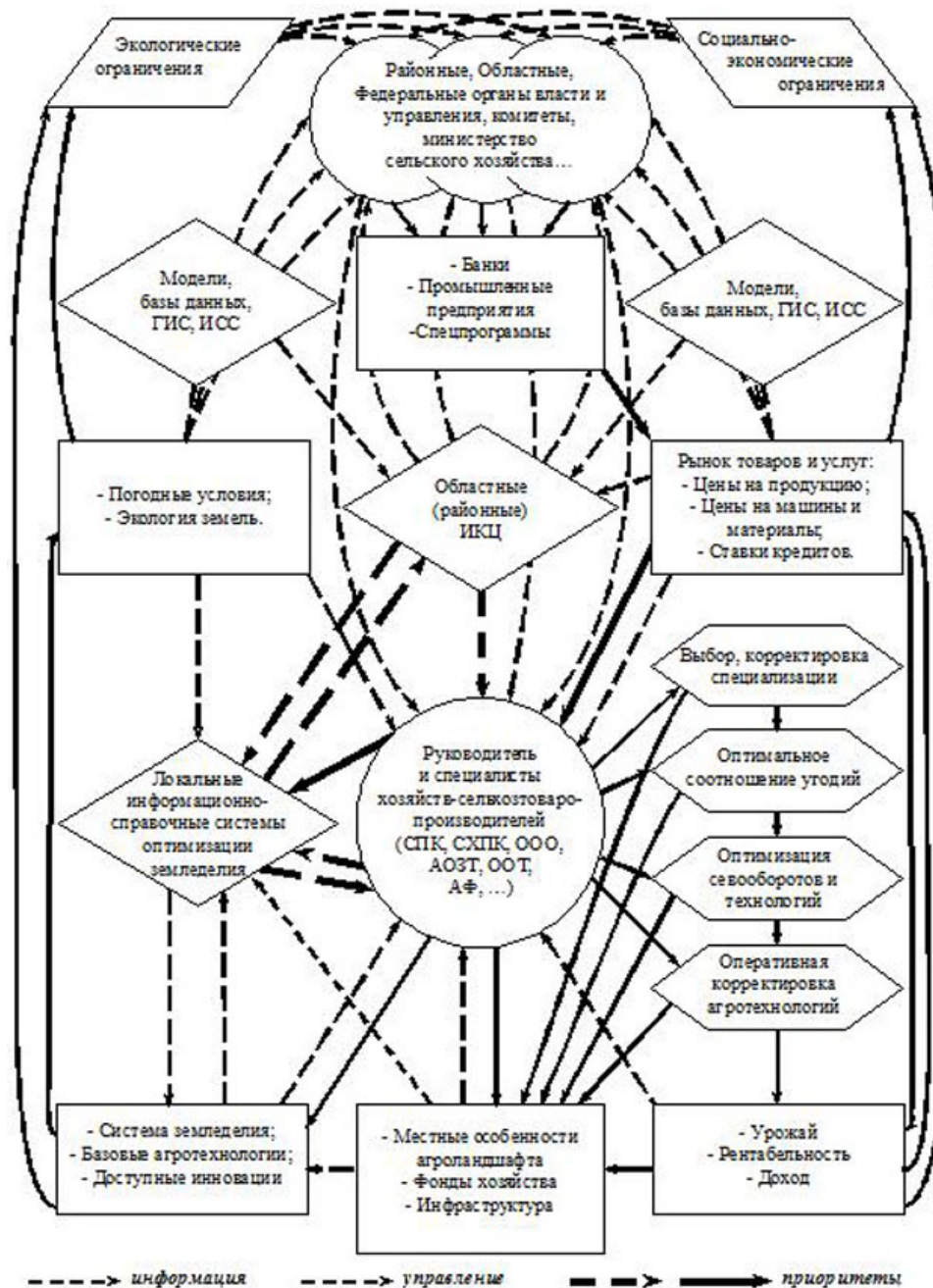


Рис. 3.1. Принципиальная блок-схема информационно-справочного обеспечения управленческих решений по ведению экологически безопасного и экономически эффективного землепользования [Васенев и др., 2002].

На основе областных АгроГИС может успешно решаться целый спектр задач информационно-справочного обеспечения земледелия и землепользования [Кирюшин, 2000; Рожков, 2002; Васенев и др., 2002]:

- агроэкологической паспортизации земель, накопления, обобщения и визуализации данных по основным агроэкологическим параметрам хозяйств;
- частной и интегральной агроэкологической оценки земель;
- выявления, анализа, моделирования и прогнозирования развития проблемных агроэкологических ситуаций на территории районов и области;

- информационного и картографического обеспечения локальных информационно-справочных систем для оптимизации земледелия (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Блок-схема областной геоинформационной системы для оптимизации земледелия и землепользования (АгроГИС) [Васенев и др., 2002].

Разработка, адаптация и районирование локальных информационно-справочных систем для информационного обеспечения оперативного управления (*оптимального выбора, корректировки*) земледельческими агротехнологиями на уровне конкретного хозяйства или поля и проектирования-корректировки базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия является одним из важнейших направлений информатизации сельского хозяйства России, возрождая повышенный интерес к современному состоянию и агрогенной динамике почвенного покрова. Подобные системы призваны решать задачи по выбору оптимальных для условий конкретного поля набора культур (*сортов*) и агротехнологических приемов (*различные варианты обработки, применения удобрений и т.п.*) - с учетом агроэкологических особенностей почвенного покрова и земель каждого рабочего участка.

Применение локальных информационно-справочных систем агроэкологической оптимизации земледелия (ЛИССОЗ) позволяет оперативно использовать текущую информацию по агрогенному изменению наиболее агроэкологически значимых почвенных характеристик при решении широкого круга оптимизационных задач в условиях конкретного поля - тем самым значительно повышая точность предлагаемых оценок и прогнозов.

Особый интерес у пользователей вызывают информационно-аналитический модули ЛИССОЗ по расчету затрат на выращивание планируемой культуры по выбранной технологии в условиях конкретного поля. Они доводят комплексный анализ агроэкологического состояния земель поля до достаточно точных и оперативных расчетов рентабельности конкретных агротехнологий, позволяя прогнозировать основные эколого-экономические риски землепользования и планировать меры по их снижению (рис. 3.3).

Информационно-аналитические модули ЛИССОЗ часто комплексированы с локальными ГИС, содержащими тематические слои рельефа, почвенного покрова, производственной инфраструктуры хозяйства, системы севооборотов, основных показателей текущего агроэкологического состояния земель.

При этом, может учитываться и внутривидовая пестрота почвенного покрова (элемент прецизионного, или точного, земледелия).

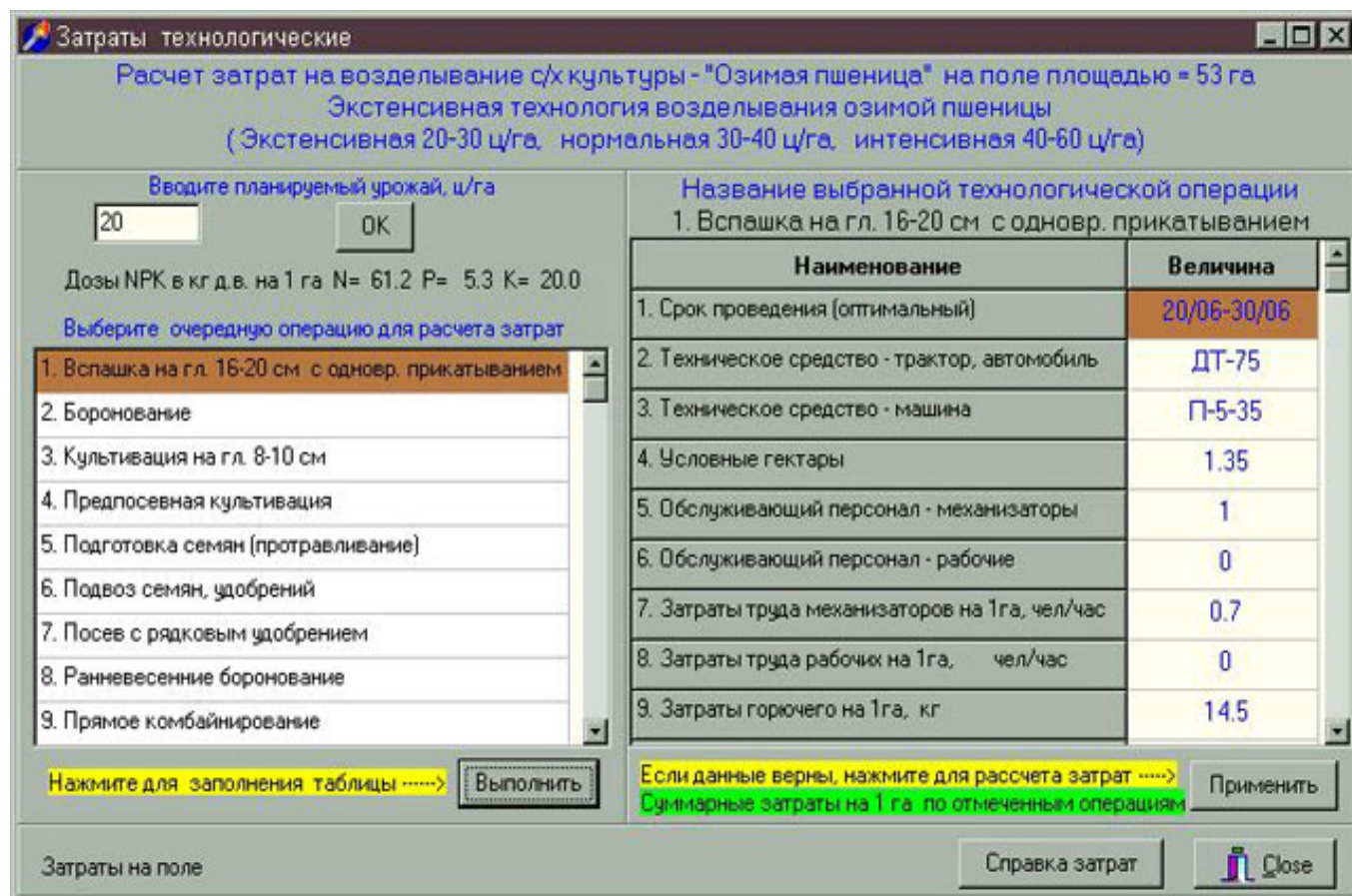


Рис. 3.3. Стандартное окно описания и корректировки агротехнологии в программе ЛИССОЗ [Васенев и др., 2004].

Применение на практике информационно-справочных систем по оптимизации земледелия, адаптированных к местным особенностям агроландшафта и реальному перечню востребованных задач, позволит:

- снизить зависимость доходов землепользователя от вероятных экологических и экономических рисков сельскохозяйственного производства;
- повысить экономическую эффективность земледелия за счет рационального выбора культуры и оперативной корректировки агротехнологий;
- снизить опасность загрязнения и деградации окружающей среды;
- повысить качество планирования и анализа результатов земледелия и производственной деятельности хозяйств в целом.

Необходимым условием эффективного применения инновационных технологий для организации устойчивых агроэкосистем является организация автоматизированного планирования и учета на уровне хозяйства, которая предусматривает:

- системную регламентацию и компьютеризацию внутривидового документооборота;

- выделение и функционально-диагностическую группировку основных показателей работы предприятия, необходимых для анализа и планирования его текущей и перспективной деятельности;
- организацию функциональных подсистем информационной системы:
 - агроэкологической паспортизации полей и рабочих участков;
 - оптимизации размещения культур и сортов;
 - планирования распределения агрегатов по полям и рабочим участкам;
 - оценки эффективности производства и продаж готовой продукции;
 - годового планирования сельскохозяйственного производства;
 - оперативного планирования, учета и анализа сельскохозяйственных работ;
 - оперативного учета и контроля ремонтов и запчастей;
 - бухгалтерского и налогового учета деятельности.

Подсистема агроэкологической паспортизации полей и рабочих участков обеспечивает введение, автоматизированную систематизацию и территориально-функциональную организацию информации, ее стандартную обработку и предоставление для решения заложенных в систему оценочных, прогнозных, оптимизационных задач, подготовки текущих справок (согласно формализованным запросам) и периодических отчетов.

Подсистема оптимизации размещения культур и сортов предусматривает системный анализ (в регулируемом рабочем цикле) агроэкологических ограничений по размещению культур (и в перспективе - сортов) на выделенных для анализа рабочих участках хозяйства, оценку их потенциальной урожайности и основных производственных затрат в условиях конкретных участков - с последующим выбором оптимальных вариантов.

Подсистема планирования распределения агрегатов по полям и рабочим участкам обеспечивает выбор наиболее производительного агрегата по виду работ, группировку полей по видам и срокам текущих работ, дифференцированный расчет требуемой численности рабочих, формирование плана работ агрегата и перечня работ, неохваченных имеющейся техникой.

Подсистема оперативного планирования, учета и анализа сельскохозяйственных работ отвечает за формирование рабочих планов-графиков работ и их системный анализ в разрезе культур, полей, видов работ, а также учет плановых и неплановых расходов, ремонтов, простоев - за произвольный период времени и в произвольном разрезе анализа.

Подсистема годового планирования сельскохозяйственного производства включает планирование структуры посевных площадей, разработку технологических карт, системное планирование работ, ремонтов, расходов и зарплаты, включая структуру затрат по культурам, план деятельности и баланс продукции растениеводства, прогноз финансовых результатов года.

Подсистемы оценки эффективности продаж сельскохозяйственной продукции и **бухгалтерского учета**, соответственно, отвечают за выбор предприятия-переработчика и покупателя, расчет объемов готовой продукции, оптимальной цены на нее, потребности в транспорте и эффективности продаж (*подсистема оценки*), и учет основных средств и амортизации, товарно-материальных ценностей и готовой продукции, финансовых операций и взаиморасчетов, ведение налогового учета, формирование отчетов по бухгалтерскому и управленческому учету (*подсистема учета*).

Примером комплексной программной реализации автоматизированного планирования и учета в хозяйствах с адаптивно-ландшафтными системами земледелия является информационная система "Управление агробизнесом", сформированная на платформе 1С.

Контрольные вопросы

1. Что обуславливает высокую актуальность разработки автоматизированных систем комплексного агроэкологического анализа земель и оптимизации земледелия?
2. Что в себя включают агрогеоинформационные системы (АгроГИС)?
3. Какие задачи информационно-справочного обеспечения земледелия и землепользования можно успешно решать на основе областных АгроГИС?
4. Что составляет геоинформационную основу АгроГИС?
5. Задачи, которые могут решать на практике адаптированные к местным особенностям агроландшафта информационно-справочные системы по агроэкологической оптимизации земледелия?
6. Основные функции и возможности локальных информационно-справочных систем агроэкологической оптимизации земледелия (ЛИССОЗ)?
7. Какими тематические слои локальных ГИС используются информационно-аналитическими модулями ЛИССОЗ?
8. Необходимое условие эффективного применения инновационных технологий для организации устойчивых агроэкосистем?
9. Решение каких задач обеспечивает подсистема агроэкологической паспортизации полей и рабочих участков?
10. Основные критерии агроэкологической оптимизации размещения культур и сортов?
11. Ключевые задачи подсистемы планирования распределения агрегатов по полям и рабочим участкам?
12. Какие задачи решает подсистема оперативного планирования?
13. Основные задачи подсистемы годового планирования производства?
14. Агроэкологические аспекты подсистем финансового контроля и учета?
15. Перспективы развития агроэкологических подсистем локальных АгроГИС и информационных систем поддержки управляющих решений?

Глава 4. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур, агротехнологий и технологических операций

Базовая процедура выбора оптимальной для условий рабочего участка культуры (в перспективе - сорта) сводится к выбору (в системе самораскрывающихся меню) хозяйства, поля, рабочего участка, звена ранее выращиваемых культур (в виде "предшественника-предшественника") и последующего выбора оптимальной для данного участка культуры (сорта) - с учетом известных пользователю рыночных приоритетов и заложенных в программу почвенно-агроэкологических ограничений. Окончательный выбор остается за пользователем ИСС, но он получает полную информацию о наличии агроэкологических ограничений, степени их серьезности и эколого-экономических последствиях принимаемого варианта решения (недобор урожая, дополнительные затраты, последующие ограничения и возрастание рисков сельскохозяйственного землепользования, экологический ущерб и т.д.).

Анализ по предшественнику (звену предшественников) проводится при их выборе из раскрывающегося списка. Реагируя на сделанный выбор, программа представляет пользователю для информации 3 списка с перечнями культур (раскрывающиеся в порядке их приоритета):

- наиболее целесообразных для выращивания - по предшественнику;
- допустимых для выращивания - с учетом предшественника;
- недопустимых для выращивания - с учетом предшественника.

Проверка на соответствие требованиям культуры (сорта) и технологий ее возделывания занесенной в агроэкологический паспорт поля (рабочего участка) информации о его почвенно-геоморфологических и агрохимических условиях включается автоматически - после выбора культуры с учетом предшественника. При анализе последовательно сопоставляется информация о наличии общих или особых требований (ограничений) выбранной культуры с данными соответствующих разделов агроэкологического паспорта.

Таблица базы данных открыта для заполнения
Комплексные задачи Просмотр поля Справки Автономные задачи

Все задачи выполняются только для полей и культур выбранного хозяйства региона

Авторское право выбора культуры
Выберите нчжнцю кльтурц

Выполняется задача выбора культуры по предшественникам
Выбрано поле - "Поле № 36(2 бригада)"
и севооборот "Озимая пшеница - Кукуруза на зел.корм"

Культуры определены выбранным севооборотом как:

оптимальные	допустимые	недопустимые
Подсолнечник Сахарная свекла Кукуруза на силос Кукуруза на зел.корм Гречиха Горох Люцерна Конопля	Соя Ячмень Яровая пшеница Озимая рожь	нет

Справочные данные для информации!
Пользователю предоставляется право самостоятельного окончательного выбора

Выполняется задача выбора культуры по предшественникам

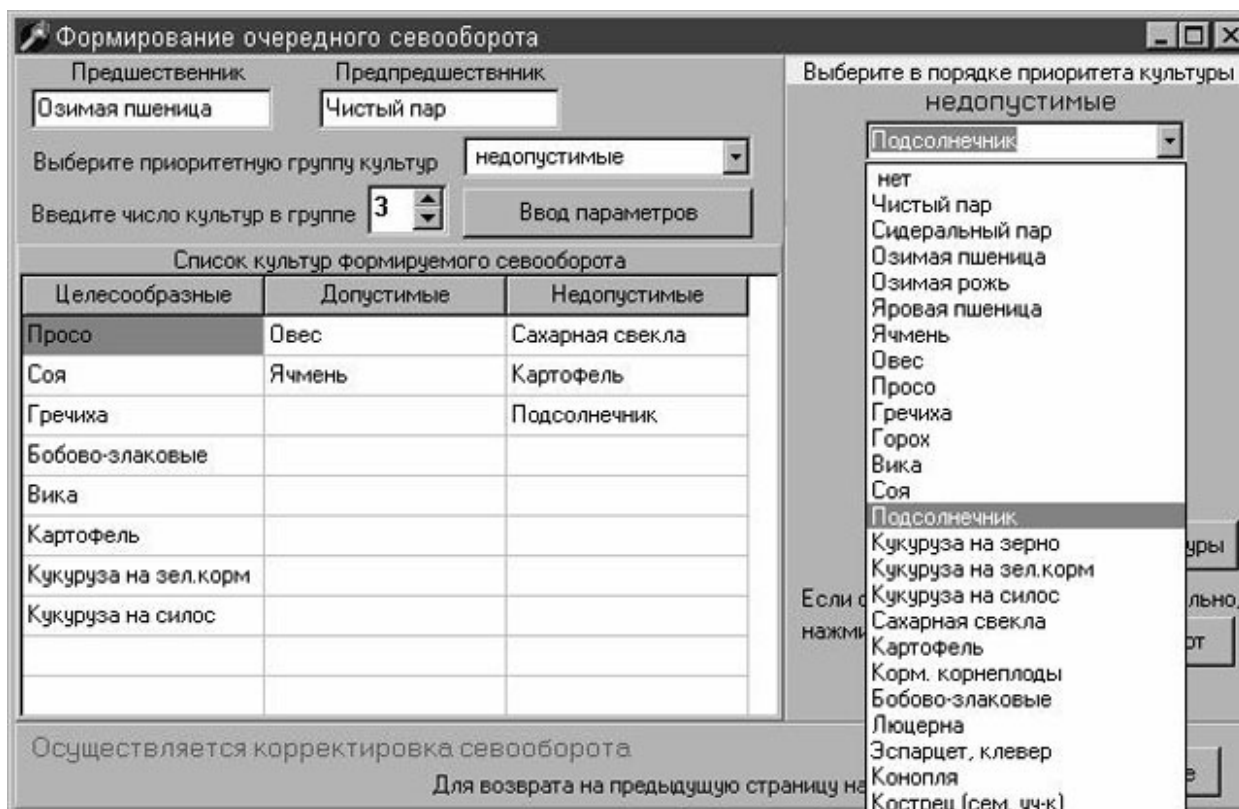


Рис. 4.1. Формы анализа-оптимизация выбора культуры по предшественнику в программе ЛИССОЗ [Васенев и др., 2002]

Автоматизированный анализ на соответствие агроэкологическим и технологическим требованиям выбранной культуры и агротехнологии ее возделывания **размера и почвенного покрова рабочего участка** выполняется последовательно - по трем основным элементам оценки:

- Анализ на соответствие требованиям культуры и технологии возделывания площади и формы рабочего участка - по адаптированной шкале нормативно-справочной базы данных (НСБД);
- Анализ на соответствие требованиям культуры и агротехнологии состава почвенного покрова рабочего участка - согласно формализованным по системе встроенных меню записям агроэкологической БД о преобладающих и неосновных почвах участка и занимаемой ими площади (*модуль заполнения агроэкологической БД предусматривает последовательный выбор (по системе вложенных таксонов) сложных названий почв старой (1977) и новой (1997) классификаций - для однозначного соответствия почв участка принятой для них системе агроэкологических ограничений*) - (табл. 4.1-4.4);
- Анализ на соответствие требованиям культуры и агротехнологии структуры почвенного покрова (СПП) рабочего участка - согласно формализованным по системе встроенных меню определениям степени контрастности и сложности почвенного покрова, преобладающим классам комбинаций СПП и зафиксированным в НСБД или выявляемым при опросе требованиям культуры (сорта) и агротехнологий к ним (Кирюшин, 1996).

Таблица 4.1. Усредненные коэффициенты снижения урожайности на почвах разной степени солонцеватости и засоления ("Методика ...", 1990; Кирюшин, 1996; "Методическое пособие ...", 2001)

Лимитирующий фак-тор	Степень проявления:			Без уточнения степени проявления
	слабая	средняя	сильная	
Солонцеватость	Слабо	Средне	Сильно	солонцеватые

$K_{сли}$	0,90	0,75	0,60	0,85
Солонцы	Глубокие	Средние	Мелкие	Корковые
$K_{сли}$	0,40	0,25	0,16	0,10
Засоление	Слабо	Средне	Сильно	засоленные
$K_{сли}$	0,85	0,70	0,40	0,80

Таблица 4.2. Усредненные коэффициенты снижения урожайности на почвах разной эродированности ("Методическое пособие ...", 2001)

Культура	Коэффициенты снижения урожайности по степени эродированности почв		
	слабая	средняя	сильная
Озимая пшеница	0.875	0.550	0.325
Яровая пшеница	0.750	0.450	0.175
Ячмень	0.825	0.475	0.350
Просо	0.825	0.575	0.375
Гречиха	0.825	0.575	0.375
Овес	0.825	0.575	0.375
Горох, вика	0.900	0.650	0.550
Кукуруза	0.825	0.650	0.200
Сахарная свекла	0.8505	0.350	0.12
Картофель	0.850	0.350	0.125
Подсолнечник	0.750	0.450	0.250
Однолетние травы	0.875	0.675	0.375
Многолетние травы	0.925	0.875	0.675

Таблица 4.3. Усредненные коэффициенты снижения урожайности на почвах различной степени оглеения и заболачивания ("Методика и технология...", 1990; "Методическое пособие ...", 2001)

Зональные почвы	Гранулометрический состав	Степень гидроморфизма (гидроморфные почвы)		
		Тяжелые суглинки и глины	Средние и легкие суглинки	Супеси
Серые лесные почвы	глееватые	0,90	0,95	1,00
	глеевые	0,75	0,85	0,90
Черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные	Пойменные заболоченные	0,80	0,85	0,90
	Лугово-болотные	0,80	0,85	0,90
	Болотные	0,60	0,65	0,70
Черноземы обыкновенные и южные	Пойменные заболоченные	0,85	0,90	0,95
	Лугово-болотные	0,85	0,90	0,95
	Болотные	0,75	0,80	0,85

Таблица 4.4. Усредненные коэффициенты изменения урожайности на почвах различной степени подкисления ("Методика и технология...", 1990; "Методическое пособие ...", 2001)

Почвы	Реакция почвы				
	кислая			близкая к нейтральной	нейтральная
	сильно-	средне-	слабо-		
Светло-серые лесные П.	0,89	0,95	1,00	1,05	1,10
Серые лесные почвы (П.)	0,89	0,95	1,00	1,05	1,10
Темно-серые лесные П.	0,85	0,91	0,96	1,00	1,04
Оподзоленные чернозе-мы	0,83	0,89	0,95	1,00	1,03
Выщелоченные чернозем	0,83	0,89	0,95	1,00	1,03
Типичные черноземы	-	0,85	0,91	0,960	1,0
Обыкновенные чернозем	-	-	0,89	0,95	1,00

Автоматизированный анализ почвенных **лимитирующих факторов** и агроэкологических ограничений для данной культуры (сорта) по рельефу и микроклиматическим особенностям участка - включает:

- Системный анализ на соответствие требованиям культуры почвенных лимитирующих факторов рабочего участка (*глубина подстилки, мощности горизонтов, степени подкисления, засоления, ...*) - проводится по заведенным в систему меню иерархического опроса, согласно базовым шкалам оценки (стандартные НСБД) или их частным вариантам - адаптированным к требованиям конкретных культур (сортов) и агротехнологий;
- Системный анализ на соответствие требованиям культуры и агротехнологии основных характеристик рельефа рабочего участка: формы, крутизны, экспозиции - проводится согласно заведенным в систему меню опроса базовым шкалам оценки, по средневзвешенным для участка показателям и с дополнительным анализом контрастных элементарных участков (на наличие ограничений по крутизне склона, условиям увлажнения/освещения)

Сравнительный анализ агроклиматически и почвенно-агроэкологически обеспеченной (в условиях данного участка) **урожайности** основных культур (и сортов), выращиваемых в хозяйстве - с ранжированной оценкой результатов относительно принятых в хозяйстве и/или регионе нормативов или шкал относительной оценки.

Сравнительный анализ удельных **затрат** и планируемой **рентабельности** при выращивании в условиях данного участка основных культур (и сортов), возделываемых в хозяйстве (при сопоставимых и варьирующих уровнях их урожайности и интенсивности применяемых агротехнологий) - с ранжированной оценкой результатов относительно принятых в хозяйстве и/или регионе нормативов и шкал относительной оценки.

Затраты технологические

Расчет затрат на возделывание с/х культуры - "Озимая пшеница" на поле площадью = 46.1 га
Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы
(Экстенсивная 20-29 ц/га, нормальная 30-39 ц/га, интенсивная 40-60 ц/га)

Вводите планируемый урожай, ц/га
50 OK Расчет стандартной технологии

Дозы NPK в кг д.в. на 1 га N= 94.2 P= 37.4 K= 51.5

Выберите очередную операцию для расчета затрат

Наименование	Величина
1. Срок проведения (оптимальный)	20/08-30/08
2. Техническое средство - трактор, автомобиль	ДТ-75
3. Техническое средство - машина	ЗКН-2,8
4. Условные гектары	0.17
5. Обслуживающий персонал - механизаторы	1
6. Обслуживающий персонал - рабочие	0
7. Затраты труда механизаторов на 1га, чел/час	0.13
8. Затраты труда рабочих на 1га, чел/час	0
9. Затраты горючего на 1га, кг	1.2

Нажмите для заполнения таблицы -----> Выполнить

Затраты на операцию составили 26.9руб.
Суммарные затраты на 1 га: 3119.2руб.

Применить

Затраты на поле (тыс.руб.): суммарные 143.8 на операцию 1.2

Справка затрат Close

Рис. 4.2. Основная форма ИАМ программы ЛИССОЗ по оценке затрат на выращивание сельскохозяйственной культуры по выбранной технологии в условиях конкретного поля.

Модули оптимизации выбора и модификации агротехнологии. Принципиальный алгоритм автоматизированного выбора оптимальной для выращивания выбранной культуры (в условиях заданного рабочего участка) агротехнологии предусматривает последовательное решение частных задач выбора наиболее соответствующей исходным условиям базовой технологии и ее настройки к агроэкологическим условиям участка и технологическим условиям хозяйства - с учетом результатов параллельно выполняемого анализа производственных затрат на проведение включенных в агротехнологию технологических операций.

Экспресс-анализ основных технологических затрат по гибкой агротехнологии выращивания выбранной культуры решается на основе сведенных в специализированную БД технологических карт по выращиванию сельскохозяйственных культур (с учетом их предшественника). Он учитывает ограниченный набор основных видов удельных затрат (горючего, рабочего времени и, желательного, удобрений и средств защиты растений) на проведение всех обязательных и факультативных технологических операций и дает возможность пользователю комбинировать различные сочетания последних - для повышения планируемого уровня рентабельности производства.

Детальная настройка и анализ базовых агротехнологий разного уровня интенсификации производства предусматривает использование детально дифференцированных технологических карт (в случае сахарной свеклы могут включать до 38 технологических операций), с детальным формализованным описанием и анализом основных параметров их технологических операций (до 20 параметров) и детализированным расчетом определяемых ими производственных затрат. Сопоставление расчетных (сводных) затрат с прогнозируемой выручкой от продажи выращенной продукции позволяет выбирать оптимальную технологию выращивания культуры и адаптировать ее к условиям

конкретного поля. Быстрый анализ операционных затрат помогает выявлять возможности их текущей и перспективной минимизации - с целью повышения общей рентабельности применяемой агротехнологии.

Информационно-аналитические модули по расчету затрат на возделывание культур оснащаются специализированными справочными базами данных (БД) по типовым (базовым) технологическим картам их выращивания и сложившейся в хозяйстве системе удельных затрат. Для занесения и корректировки в БД большого количества разноплановой информации разрабатываются специальные программы по работе с ними широкого круга пользователей разного уровня подготовленности.

Компьютеризированные технологические карты включают детальный перечень всех технологических операций по подготовке почвы, посеву, удобрению, защите растений и уборке урожая с усредненными данными для 3 уровней интенсивности технологий (*экстенсивная, нормальная, интенсивная*). По каждой технологической операции содержится формализованная запись с информацией по всем составляющим основным затрат на ее проведение (трудозатраты, техника, горючее, амортизация, семена, удобрения, средства защиты ...).

Детальные расчеты затрат проводятся на основе одного из трех (наиболее близкого по планируемой урожайности) базового уровня интенсивности применяемых технологий: экстенсивные, нормальные, интенсивные. В расчетах используются типовые технологические карты выращивания сельскохозяйственных культур, с поправками на реальный уровень планируемой урожайности, внесенные поправки в перечень и содержание технологических операций, марки применяемой техники и принятые в хозяйстве нормативы удельных затрат. Разработанные программы предусматривают возможность детальных модификаций базовых технологических карт - проводимых прямо в процессе расчета, с учетом местных особенностей хозяйства, анализируемого поля и прогнозируемых условий роста культуры.

Адаптируемая база данных удельных затрат содержит информацию по сложившимся на момент расчета: нормам зарплаты механизаторов и рабочих, начислению на зарплату, стоимости семян, горючего, автомасел и электроэнергии, удобрений и средств защиты растений, отчислениям на амортизацию и ремонт, нормативам прочих, общепроизводственных и общехозяйственных расходов. Система управления БД удельных затрат предусматривает возможность ее оперативной корректировки - для оптимизации планируемой в хозяйстве структуры производственных затрат.

Сопоставление сводных затрат с прогнозируемой выручкой от продажи выращенной продукции позволяет не только выбирать и адаптировать к условиям участка оптимальную технологию выращивания культуры, но и анализировать экономическую целесообразность принятых в хозяйстве нормативов затрат, формируя предложения по их оптимизации.

Обобщение региональных данных или данных по представительным в агроэкологическом и экономическом отношении хозяйствам региона позволяет проводить региональное оптимизационное моделирование структуры затрат, с расчетом оптимальных нормативов отчислений и ставок кредита, стимулирующих устойчивое сельскохозяйственное производство.

Быстрый анализ операционных затрат и оперативное обновление на экране компьютера (в процессе заполнения и корректировки технологической карты) текущей информации о расчете планируемых затрат на выполнение выбранной технологической операции и агротехнологии (*возделывания заданной культуры в условиях рабочего участка*) в целом - позволяет оперативно выявлять возможности их текущей и перспективной минимизации - с целью повышения общей рентабельности агротехнологии.

Контрольные вопросы

1. Содержание процедуры выбора оптимальной для условий рабочего участка культуры?
2. Основные варианты решений при анализе по предшественнику?
3. Основные критерии проверки на соответствие агроэкологическим требованиям культуры?

4. Основное содержание автоматизированного анализа на соответствие агроэкологическим и технологическим требованиям выбранной культуры и агротехнологии возделывания размера и почвенного покрова рабочего участка?
5. Наиболее распространенные лимитирующие факторы и агроэкологические ограничения для выращивания основных культур?
6. С какой целью проводится сравнительный анализ агроклиматически и почвенно-агроэкологически обеспеченной урожайности культур в хозяйстве?
7. Как оценивается планируемая рентабельность выращиваемых культур?
8. Как проводится экспресс-анализ основных технологических затрат?
9. Чем отличается детальная настройка и анализ базовых агротехнологий?
10. Как формируются информационно-аналитические модули по расчету затрат на возделывание культур в условиях конкретного участка?
11. Какие поправки вносятся в типовые технологические карты выращивания сельскохозяйственных культур?
12. Что позволяет оперативно выявлять возможности текущей и перспективной минимизации затрат?
13. Что определяет качество проводимых расчетов и прогнозов?

Глава 5. Методологические основы и инновационные технологии прецизионных (точных) систем земледелия

Анализ существующих тенденций развития мирового сельского хозяйства показывает активное распространение агроэкологических компьютерных моделей, высоких (особенно - прецизионных) технологий и специализированного геоинформационного обеспечения для решения разноплановых задач агроэкологической оптимизации земледелия. Ведущую роль на мировом рынке продовольствия и сельскохозяйственного сырья играют страны, где в повседневную практику земледелия активно внедряются оптимизационные модели, высокоточные агротехнологии и информационно-справочные системы - нацеленные на устойчивое повышение рентабельности производства и сведение к минимуму его экономических и экологических рисков.

Широкое распространение и быстро растущее многообразие высокоточных технологий земледелия предъявляют жесткие требования к рациональному выбору и соблюдению необходимых и достаточных почвенно-агроэкологических условий их эффективного применения. Строгое соблюдение этих условий на практике осложняется повышенной агрогенной дифференциацией почвенного покрова, значительной неопределенностью погодно-климатических прогнозов, высокой динамикой цен и агроэкологических проблемных ситуаций, резко выраженным дефицитом финансовых средств.

Одним из основных элементов **технологии прецизионного земледелия** является внесение обоснованно дифференцированных доз удобрений и средств защиты растений - в соответствии с внутривидовой пестротой почвенного покрова, текущим состоянием посевов и лимитирующих факторов плодородия земель (рис. 5.1). Наблюдаемое в результате снижение непроизводительных затрат в растениеводстве значительно повышает его рентабельность. Дифференцированная дозировка удобрений, гербицидов и пестицидов способствует значительному оздоровлению окружающей среды, улучшению экологического состояния земель и водоемов. Повышение рентабельности растениеводства улучшает социально-экономическое состояние хозяйств.

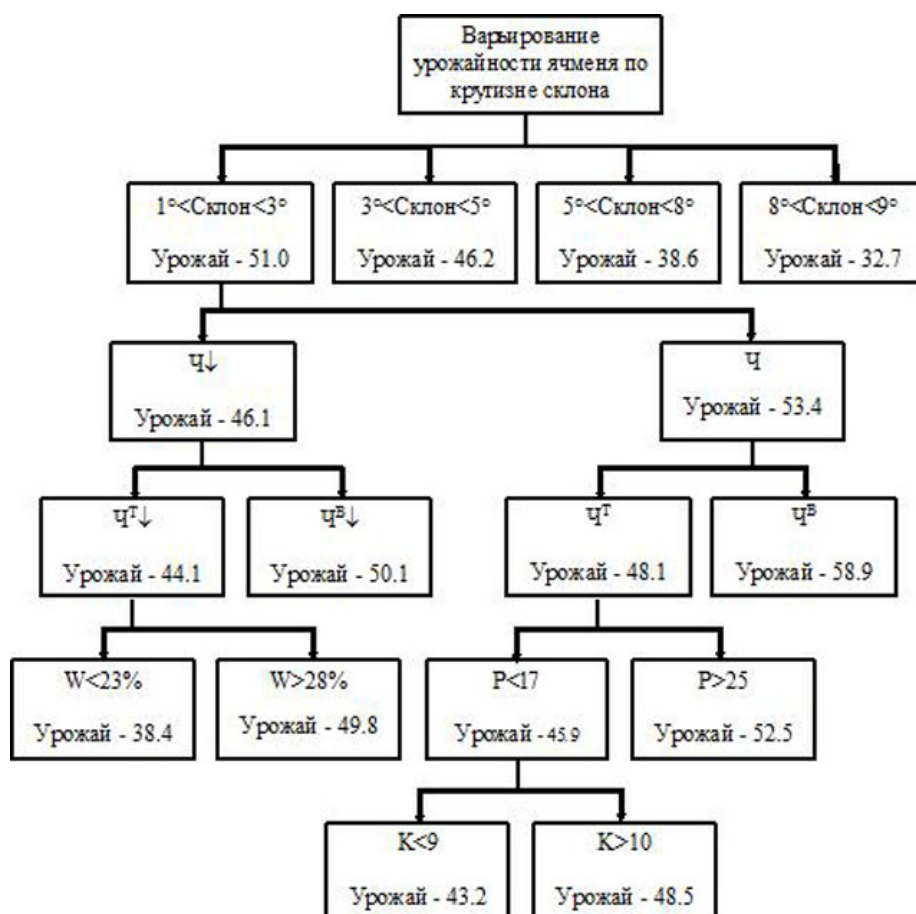


Рис. 5.1. Анализ иерархии лимитирующих факторов урожайности на склоновом участке с построением дерева корреляций [Васенев и др., 2002].

А. Уровень 1: Варьирование по крутизне склона.

Б. Уровни 2-4: Варьирование по степени эродированности черноземов, подтипу эродированного чернозема влажности почв.

В. Уровни 3-5: Варьирование по подтипу чернозема и содержанию в почве доступных форм питательных веществ.

Россия в технологических вопросах прецизионного земледелия значительно отстала от экономически развитых стран - не смотря на свою богатую историю детальных исследований структур почвенного покрова (СПП) и варьирования плодородия. Между тем, открытые условия современного технологического и продовольственного рынка, преобладание крупных сельскохозяйственных производителей и традиционная унификация производства, жесткий дефицит материально-технических средств и необходимость обновления машинного парка - создают хорошие предпосылки для ускоренного развития и внедрения этих перспективных технологий в России.

Информационно-методическое обеспечение почвенно-агроэкологических вопросов прецизионного земледелия включает в себя:

- анализ основных закономерностей реальной пестроты урожайности в пределах поля - *в различных почвенно-агроэкологических условиях;*
- исследование труднорегулируемых факторов пестроты урожайности (*почвенный покров, геоморфологические и погодные условия, семена*);
- исследование регулируемых факторов пестроты урожайности (*рост и развитие растений, их стрессовые состояния, вредители и болезни*);
- геоинформационное моделирование внутривольного варьирования урожайности и основных агроэкологических факторов ее формирования;
- формирование детальных агроэкологических требований основных зональных культур (*в перспективе, сортов*) - *на основных фазах их развития;*
- разработку алгоритмов и нормативов агроэкологической оценки земель - *для формирования дифференцированных агротехнологических карт;*
- разработку рационально дифференцированных приемов (норм, доз ...) применения агротехнологий - *для снижения варьирования урожайности, непроизводительных потерь и экологического ущерба агроландшафта.*

Важно отметить выявленное разными авторами [*Березин, 1973; Денисова, 1976; Васенёва и др., 2000*] сильное **варьирование урожайности** зерновых культур **на черноземах**, и существенный вклад в это эрозионных процессов. При этом, черноземная зона РФ традиционно относилась к регионам с наименее контрастными структурами почвенного покрова и благоприятными условиями для применения однородных зональных технологий на больших, недифференцированных в агропроизводственном отношении полях.

Агрогенно активизированные процессы эрозии, другие виды деградационных процессов значительно усложнили структуру почвенного покрова, повысили его контрастность и способствовали формированию существенной внутривольной дифференциации основных параметров плодородия, агротехнических и агроэкологических свойств почв [*"Агроэкологическое состояние...", 1996; "Антропогенная эволюция черноземов", 2000; "Эрозия почв", 2001*]. Это привело к значительному снижению эффективности недифференцированно (*однородно в пределах всего поля*) применяемых технологий, повышенному загрязнению почвенно-грунтовых вод и водоемов.

Таблица 5.1. Связь продуктивности сельскохозяйственных культур с факторами дифференциации почвенного покрова (ПП)

Тип почвы	Регион	Фактор дифференциации ПП	Культура	Варьиру-вание уро-жайности, %	Автор
Подзоли-стая почва	Московская область	Оглеение	Картофель	25	<i>Воронина, 1977</i>
Дерново-подзолистая почва			Ячмень	35 - 60	<i>Прохорова, Сорокина, 1978</i>
	Могилев-ская обл.	Эрозия-↓↓	Травы пастбищ	56	<i>Нестеровски, Яцухно, 1983</i>
Бурая лес-ная почва	Западная Германия	Микрорельеф	Пшеница озимая	50	<i>Шрёдер, 1997</i>
Чернозем типичный	Курская область	Эрозия -↓	Ячмень	17	<i>Васенёва и др., 2000</i>
Чернозем выщелоченный				52	
Чернозем обыкновенный	Среднее Поволжье	Эрозия-↓↓	Пшеница озимая	38	<i>Денисова, 1976</i>
				Камни	
		Зоотурбации	Пшеница яровая	45	
				Просо	
Чернозем южный	Омская обл.	Солонцева-тость	Пшеница яровая	55	
				61	<i>Березин, 1973</i>

Проведенные **детальные исследования структуры почвенного покрова** (СПП) представительных ключевых участков старопахотных черноземов выявили высокую пестроту и повышенную контрастность почвенного покрова и плодородия почв - особенно на склонах, где появляются смытые почвы, и возрастает удельный вес карбонатных черноземов [*Васенёва и др., 2000*].

Одновременно существенно увеличивается **внутрипольное варьирования урожайности**. По данным восьмилетних исследований [*Васенёв и др., 2001; 2002; 2004*], урожайность культур на представительных ключевых участках и полях опытно-производственного хозяйства ВНИИЗиЗПЭ (Медвенский район Курской области) характеризуется высоким пространственным варьированием в различные по климатическим условиям годы:

- урожайность ячменя на 8-гектарном ключевом участке в условиях 1996 г. и поле площадью 63 га в условиях 2000 г. изменялась более чем в 4 раза - с 14-15 до 61-64 ц га⁻¹;
- урожайность озимой пшеницы на 4-гектарном ключевом участке в условиях 1998 г. изменялась более чем в 3 раза - с 18 до 60 ц га⁻¹;
- урожайность сахарной свеклы на полях площадью 63 и 56 га варьировала в 2-3 раза: со 110 до 242 ц га⁻¹ - по данным предварительного учета в 1999 г. и с 200 до 590 ц га⁻¹ - в 2002 г.;
- урожайность ячменя на том же поле в условиях 2000 г. варьировала в 2,5 раза - с 21 до 50 ц га⁻¹;
- урожайность зеленой массы гороха на склоновом поле площадью 63 га в условиях 2001 г. варьировала в 3 раза - со 100 до 300 ц га⁻¹;

- даже в условиях семенного участка с повышенным уровнем плодородия почв и культуры земледелия урожайность озимой пшеницы, гороха (на зерно) и ячменя варьирует более чем в 1.5 раза.

Среди основных факторов внутривоспольного варьирования урожайности доминируют: крутизна склона (0 - 8), степень эродированности и выщелоченности черноземов, запасы продуктивной влаги в фазе цветения (от 88 до 148 мм м⁻¹), содержание доступных форм фосфора и калия, степень засоренности посевов. Важно отметить доминирующую роль агроэкологических типов земель, выявляемую посредством построения дерева корреляций.

Применение метода дерева корреляций позволяет проводить иерархическое структурирование факторов внутривоспольного варьирования урожайности в условиях конкретного года [Anderson e.a., 1999; Васенёв и др., 2002]. Проведенный для склонового участка анализ [Васенёва и др., 2000] позволил на первом уровне выделить 4 варианта земель по крутизне склона, которые заметно отличались по средней урожайности ячменя.

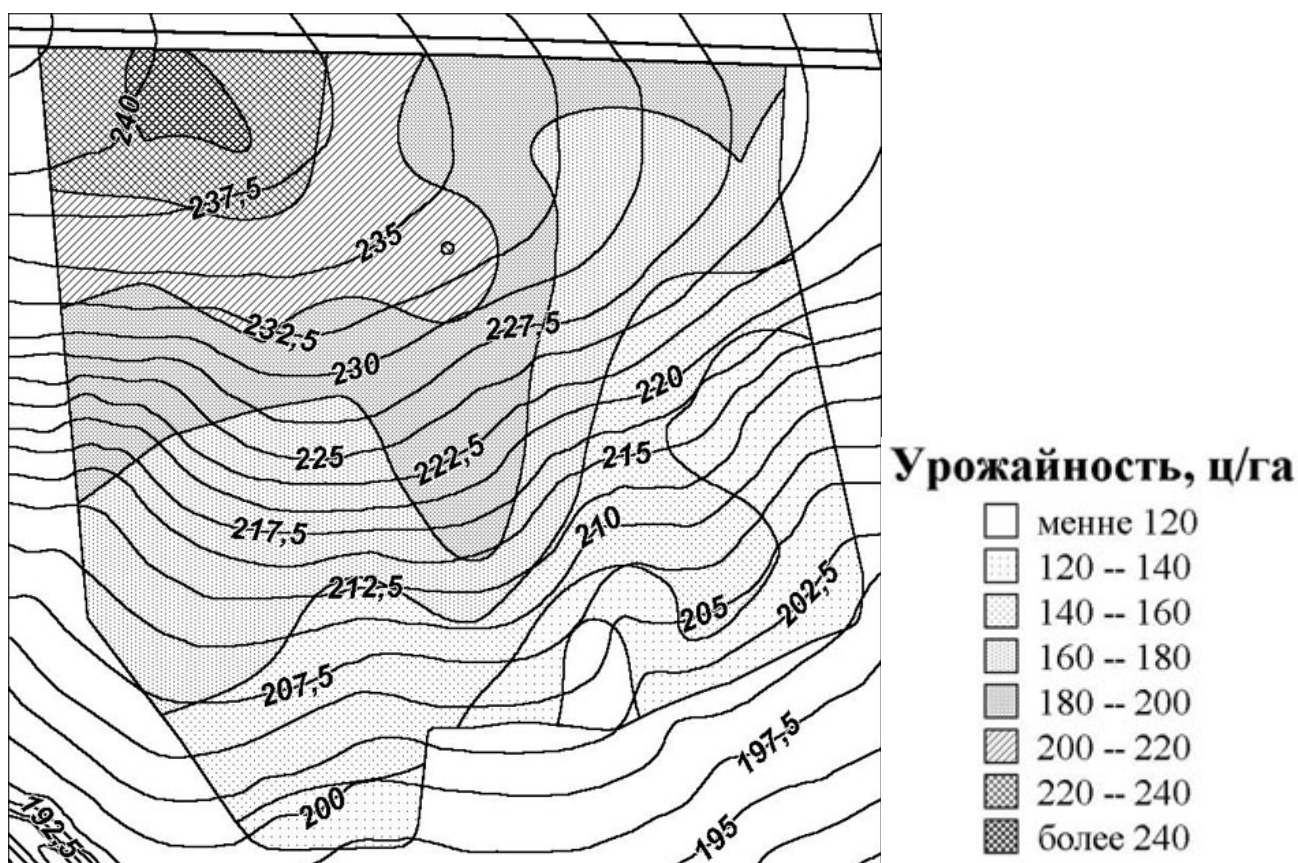


Рис. 5.2. Внутривоспольная пестрота урожайности сахарной свеклы на склоновом участке с мощными черноземами и неконтрастным почвенным покровом (по предварительному учету) [Васенев и др., 2002].

При анализе участков склона крутизной от 1 до 3° на первое место вышло влияние эрозии: разделяются эродированные и неэродированные черноземы. Разница в средней урожайности между ними составляет 7 ц/га. При анализе урожайности эродированных черноземов, важную роль играет их генетический подтип: разница между средней урожайностью слабосмытых типичных и слабосмытых выщелоченных черноземов - 6 ц/га.

Урожайность среди слабосмытых типичных черноземов зависит от уровня их влагообеспечения (*здесь он условно характеризуется влажностью почв на момент уборки*). Среди полнопрофильных черноземов склонового участка крутизной 1 - 3° наиболее сильное влияние на урожайность ячменя оказал также подтип почв. Разница в средней урожайности ячменя между контурами типичных и выщелоченных черноземов превысила 10 ц/га.

Следующие уровни варьирования урожая среди несмытых типичных черноземов определялись различиями в уровне их обеспечения доступными формами фосфора и калия. Максимальная разница в урожайности при этом составила около 10 ц/га, что свидетельствует в пользу высказанного ранее предположения о хороших перспективах применения в черноземной зоне технологий дифференцированного по площади внесения удобрений.

Влияние рельефа на урожайность четко проявляется и при детальном анализе (*в масштабе 1:5000*) внутривоспольного варьирования урожайности на полях со склонами значительного размера. В нижней части длинных склонов урожайность сахарной свеклы может быть, в среднем, в 2 раза ниже, чем в припашкорной части поля (см. рис. 5.2). Таким образом, рентабельность растениеводства на таких полях сильно зависит от того, какая часть их используется.

Прецизионное земледелие нуждается в серьезных информационно-методических исследованиях: точности определения текущей урожайности, работы системы в различных условиях, уровня затрат и экономической эффективности технологии. Важное значение имеют оценка допустимого варьирования данных, перевод стандартных карт урожайности в локальные ГИС и информационно-аналитическое обеспечение расчетных операций.

Удачным примером рамочных систем расчета является разработанная и апробированная при поддержке РФФИ, фондов Фулбрайта и МакАртуров **Региональная автоматизированная система комплексной агроэкологической оценки земель (РАСКАЗ** - регистрационный № 2005610897). В соответствии с конкретными задачами, она проводит автоматизированный анализ земель по 1-7 их основным качествам - факторам землепользования:

- A. агроклиматическому состоянию земель;
- B. агрохимическому фактору продуктивности культур;
- C. агрофизическому фактору продуктивности культур и условий для обработки земель;
- D. фактору пространственной неоднородности поля;
- E. фактору устойчивости плодородия почв и потребности их в мелиорации;
- F. санитарно-экологической буферности почв;
- G. санитарно-экологическому состоянию земель.

Полученные результаты агроэкологической оценки ранжируются, с выявлением лимитирующих факторов и параметров землепользования (Васенёв и др., 2002; 2005). При включении информационно-аналитического модуля РАСКАЗ в функциональную структуру локальной ГИС формируются электронные атласы агроэкологического состояния земель с оперативно обновляемым содержанием тематических картосхем.

Подобные системы очень полезны для информационно-справочного обеспечения прецизионных и адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Они помогают быстро проводить агроэкологическую паспортизацию земель, экологическую и экономическую экспертизу проблемных ситуаций и проектов землепользования на уровне поля и хозяйства ("Методика...", 2004).

Для агроэкологической оптимизации агротехнологий земледелия в пределах хозяйства и отдельного поля разработана **Локальная информационно-справочная система по оптимизации земледелия (ЛИССОЗ** - регистрационный № 2005610898). С ее помощью проводится паспортизация и ведение книги истории полей, рациональный выбор и размещение культур, прогноз и программирование урожая, оптимизация технологических операций - с оценкой их прогнозируемой эффективности (Васенёв и др., 2002а; 2004; 2006; Руднев и др., 2003; Панкин и др., 2004).

Функциональная блок-схема информационно-справочной системы состоит из групп информационно-расчетных и информационно-справочных модулей. Основные информационно-расчетные модули обеспечивают:

- рациональный выбор культуры (с учетом поля и предшественника);
- оценка потенциального (расчетного) урожая по совокупности прогнозируемых микроклиматических условий;
- уточнение расчетного урожая с учетом основных почвенно-мелиоративных, агротехнических и общих организационных ограничений;
- расчет потенциального выноса NPK с программируемым урожаем;
- корректировка расчетного урожая и основных статей баланса NPK - с учетом почвенно-агрохимических ограничений и прогнозируемой рентабельности применения удобрений на данном поле;
- поливариантный анализ затрат на выращивание культур;
- корректировка технологий по результатам текущего мониторинга и интегральная справочная система по защите растений.

Открытый для квалифицированного пользователя характер РАСКАЗ и ЛИССОЗ позволяет их настраивать - с учетом особенностей конкретного агроландшафта, хозяйства и года использования, облегчая решение широкого круга информационно-справочных, расчетных, прогнозных и оптимизационных задач - в том числе, и с учетом возможных вариаций погодных и ценовых условий (Васенёв и др., 2004; Васенёв, 2005).

Первоочередное значение для успешного распространения в России технологий прецизионного земледелия имеет подготовка качественных специалистов и специализированного информационно-справочного обеспечения (рис. 5.3), адаптированного к местным условиям основных природно-сельскохозяйственных регионов страны. Высокое провинциально-генетическое и агроэкологическое разнообразие агроландшафтов обуславливают устойчивый приоритет за разработкой рамочных ("framework") систем агроэкологической оценки земель и оптимизации землепользования - с последующей их адаптацией и районированием к условиям конкретных районов и хозяйств.



Рис. 5.3. Схема информационно-методического обеспечения прецизионных систем земледелия [Васенев и др., 2002].

Наиболее перспективным для стартового развития и внедрения технологий прецизионного земледелия в России является Центральное Черноземье. Здесь преобладают самые плодородные почвы. Здесь распространена высокая внутрипольная пестрота плодородия почв. Прецизионное дифференцирование агротехнологий способно дать здесь наиболее быстрый и значимый эффект - для существенного снижения экономических и экологических рисков производства, значительного повышения его рентабельности.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются прецизионные (точные) системы земледелия?
2. В чем состоит основной экологический и экономический эффект от применения технологий прецизионного земледелия?
3. Почему часто бывает целесообразно применять дифференцированные дозы удобрений и средств защиты растений?
4. Что составляет хорошие предпосылки для ускоренного развития и внедрения технологий прецизионного земледелия в России?
5. Что включает в себя информационно-методическое обеспечение почвенно-агроэкологических вопросов прецизионного земледелия?
6. Какие факторы определяют сильное внутрипольное варьирование урожайности зерновых культур?
7. Что определяет рисунок и контрастность детальных структур почвенного покрова?
8. Насколько сильно может варьировать урожайность основных сельскохозяйственных культур в пределах одного поля в условиях России?
9. Возможности применения метода дерева корреляций при анализе внутрипольной пестроты урожайности?
10. Какие факторы обычно анализируются при агроэкологической оценке земель?
11. Выполнение каких задач обеспечивают информационно-расчетные модули информационно-справочных систем по оптимизации земледелия?
12. Что обеспечивает открытый для квалифицированного пользователя характер компьютерных агроэкологических моделей?
13. Почему Центральное Черноземье является наиболее перспективным для развития и внедрения технологий прецизионного земледелия в России?
14. Что обуславливает высокую популярность рамочных ("framework") систем агроэкологической оценки земель и оптимизации землепользования?
15. Что собой представляет адаптация агроэкологических моделей и систем к условиям конкретного агроландшафта?

Глава 6. Агроэкологическая оценка, типизация, районирование и зонирование земель

Актуальность проблемы. Определение и оценка качества почв и земель всегда привлекали самое пристальное внимание исследователей и практиков почвоведения и землепользования самого широкого плана. Последние десятилетия XX века характеризовались последовательным усилением агроэкологической составляющей почвенных исследований и активным внедрением в них информационно-компьютерных технологий [*"Global soil change", 1990; Козловский, 1991; 2003; "Handbook...", 2000; Булгаков, 2002*].

Быстрое развитие технологий земледелия и обострение экологических проблем землепользования вызвали значительное расширение традиционных задач оценки земель. Быстрое развитие компьютерной техники и приборно-аналитической базы стало причиной настоящей информационно-технологической революции в науках о Земле. Новые возможности и задачи актуализировали новый виток обсуждения методологических вопросов определения и оценки качества почв и земель, их соответствия современным и перспективным запросам общества, уровню развития аналитического обеспечения науки и технологических возможностей практики [*"Теоретические основы...", 1991; "Defining soil quality...", 1994; Кирюшин, 1996; 1997; 2000; "Soil quality...", 1997; и др.*].

Активизированные в последние годы работы по созданию и внедрению в практику адаптивно-ландшафтных систем земледелия потребовали дальнейшего совершенствования теоретических основ, формализованных критериев и методических подходов для адаптированной к условиям различных типов агроландшафта комплексной оценки агроэкологического качества земель и совершенствования их использования в земледелии [*Кирюшин, 1995; 1997; 2003; Сорокина, 1995; 2003; "Методическое пособие...", 2001; Васенёв и др., 2002*].

Определение и оценка качества земель. В условиях быстрого нарастания информатизации и глобализации общества ясно выражена общая мировая тенденция к повышению уровня методологической универсализации, технологической унификации и функциональной детализации создаваемого информационно-аналитического обеспечения - в том числе, для широкого класса почвенно-аналитических и земельно-оценочных задач [*Козловский, 1991; 2003; Bouma, 2000*].

Вследствие высокого пространственно-временного варьирования почвенного покрова, агроэкологического качества земель и задач землепользования, она способствовала формированию современных концепций оценки почв и земель рамочного (*framework*) типа: с последовательной детализацией алгоритмов, нормативной базы и технологии оценки - при конкретизации ее задач и объектов [*FAO, 1976; 1993; "Land evaluation", 1991; 1992; Rossiter, 1996; "Soil quality...", 1997; "Методическое руководство...", 2004*].

Безусловно, почва является базовым структурно-функциональным компонентом общего понятия земли и землепользования, поэтому рамочные определения "качества почв" и "качества земель" очень близки друг другу. Обычно под ними понимается "комплексная характеристика земли (почвы), которая определенным образом влияет на возможность (и уровень) выполнения ею (землей, почвой) конкретной функции ее использования" [*FAO, 1976; "Land evaluation", 1991; Rossiter, 1996; Singer, Ewing, 2000*].

Агроэкологические функции почв и земель. Перечень даже наиболее часто рассматриваемых почвенных агроэкологических функций довольно велик и включает в себя функции различной степени детализации. С одной стороны, в него входят наиболее комплексные функции общего агроэкологического качества земель, их плодородия-продуктивности [*"Методика и технология...", 1990; Rossiter, 1996; "Методика агроэкологической типизации...", 2004*]. С другой стороны - очень широкий спектр отдельных агрофизических (*спелость для обработки, условия проходимости*), гидрофизических (*влагопроводимость, формирование верховодки*) и санитарно-экологических функций (*связывания или разложения конкретного загрязнителя*) [*Van Lanen, 1992; Ильин, 1995; Глазовская, 1997; Wagenet, Hutson, 1997; Ананьева, 2001; и др.*]. При их анализе используются различные методический инструментарий и, в

различной мере, специализированные тематические или районированные стандарты данных (*частных почвенных или земельных характеристик и их оценок*).

По мере детализации оцениваемых функций все большее значение приобретают провинциально-генетическое разнообразие почв, своеобразие конкретного агроландшафта, эколого-географическое положение и эколого-функциональное состояние земель - степень отклонения их устойчивых и лабильных характеристик от оптимальных (*контрольных, или целинных*) значений для рассматриваемой функции. С внедрением в общественное сознание концепций устойчивого развития и адаптивно-ландшафтного землепользования, оценки почв и земель приобретают все более ясно выраженную функционально-экологическую направленность.

Современные задачи агроэкологической оценки почв и земель. Современная система агроэкологических (по смыслу - функционально-экологических) оценок почв, земель и землепользования находится в стадии активного предложения и верификации различных вариантов и технологий, в разной степени принимающих во внимание те или иные функции и качества почв и адресованных широкому кругу потенциальных пользователей. Это обусловлено как широким спектром прикладных задач, так и высокой сложностью объекта оценки - что подразумевает практически неограниченное число различных функционально-экологических (*ресурсно-агроэкологических, биогеохимических, санитарно-экологических, и т.п.*) моделей оценки разной специализации и детализации [*Полуэктов, 1991; Wagenet, e.a., 1994; Arnold, 2001; и др.*].

Основная часть из них нацелена на решение конкретных экологических проблем - с количественной оценкой проблемных ситуаций. Другая - на оценку эффективности применения почвозащитных или реабилитационных технологий улучшения функционально-экологического качества почв. Третья - на информационное обеспечение технологических и управленческих решений в области рационального землепользования (*по снижению его экологических рисков и повышению экономической эффективности*) [*Rossiter, 1996; "Методическое пособие...", 2001; "Методическое руководство...", 2004*].

Наилучшие условия для практического использования результатов оценки качества земель экспертами и специалистами исполнительных, законодательных органов власти и различных структур землепользования достигаются при доведении ее до состояния экспертной информационной системы, обладающей возможностями нормативного прогнозирования [*Antle, Wagenet, 1995; Bouma, 1997; Petersen e.a., 2000; Васенёв и др., 2002*].

Рамочные системы агроэкологической оценки земель. Комбинированная оценка количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования - обычно строится на основе "рамочных рекомендаций" ФАО [*FAO, 1976; 1993; "Land evaluation", 1991; Rossiter, 1995; Singer, Ewing, 2000; "Методическое руководство...", 2004*].

Информационную основу такой оценки составляют:

1. агроэкологические требования районированных культур и сортов;
2. методические разработки по количественному анализу влияния основных лимитирующих факторов на продукционный процесс и урожайность;
3. районированные технологические карты по основным сельскохозяйственным культурам - с выделением обязательных и факультативных операций, ранжированием гибких элементов технологии;
4. рациональная (минимально-достаточная) система цен на готовую продукцию и основных элементов производственных затрат.

Основные алгоритмы агроэкологической оценки земель. В систему анализа агроэкологического качества почв и земель частично или полностью входят следующие информационно-аналитические процедуры:

- проверка на абсолютные ограничения - возможность или невозможность применения рассматриваемого варианта землепользования в условиях конкретного участка;
- качественная или количественная оценка прямых и косвенных, положительных и отрицательных результатов землепользования - например, урожай и затраты на последующую реабилитацию, соответственно;
- прогноз вероятного недобора урожая или недостаточного уровня выполнения другой анализируемой функции - согласно применяемому набору критериев и алгоритмов оценки;
- расчет, с различным уровнем детальности, планируемых технологических затрат - прямых, косвенных, стабильных, варьирующих, регулируемых;
- сравнительный анализ показателей экономической эффективности разных вариантов землепользования - с учетом или без учета кредитной ставки.

При оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту землепользования обычно применяются алгоритмы дерева решений, мультипликативной оценки и/или жесткого ограничения [Козловский, 1987; "Методика и технология...", 1990; Rossiter, 1995; Singer, Ewing, 2000; Васенёв и др., 2002]. Поэтапный количественный анализ завершается ранговым отнесением земельного участка к одному из трех-пяти классов соответствия данному варианту землепользования или сравнительным анализом эффективности использования одного (нескольких) участков под несколько (один) вариантов использования [Rossiter, 1996; "Методическое руководство...", 2004].

При агроэкологической типизации структур почвенного покрова и функционально-целевом зонировании землепользования особое внимание уделяется степени внутривидового варьирования почвенного плодородия, тепловому и влажностному режимам почв - в зависимости от экспозиции и крутизны склона, преобладающих форм микрорельефа [Кауричев и др., 1992; Сорокина, 1993; 1995; 2003; Карманов, Булгаков, 1995; Кирюшин, 1996; Воита, 2000; Васенев, 2008].

Контрольные вопросы

1. Почему оценка качества почв и земель всегда привлекали самое пристальное внимание исследователей и практиков землепользования?
2. Основные тенденции в развитии информационно-аналитического обеспечения для почвенно-аналитических и земельно-оценочных задач?
3. Что составляет особенность современных концепций оценки почв и земель рамочного (*framework*) типа?
4. Что входит в рамочные определения "качества почв" и "качества земель"?
5. Что входит в перечень основных агроэкологических функций почв и земель?
6. В чем состоит функционально-экологическая направленность современных систем оценки качества почв и земель?
7. Каким образом достигаются наилучшие условия для практического использования результатов оценки качества земель экспертами и специалистами органов власти и различных структур землепользования?
8. На основе каких рекомендаций обычно строится комбинированная оценка количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования?
9. Что составляет информационную основу агроэкологической оценки земель?
10. Какие информационно-аналитические процедуры обычно полностью или частично входят в систему анализа агроэкологического качества земель?
11. Как выполняется оценка прямых и косвенных, положительных и отрицательных результатов землепользования?

12. Каким образом проводится сравнительный анализ показателей экономической эффективности разных вариантов землепользования?
13. Какие алгоритмы обычно применяются при оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту землепользования?
14. Каким показателям уделяется особое внимание при агроэкологической типизации структур почвенного покрова и зонировании землепользования?
15. Как используются информационные технологии в современных системах агроэкологической оценки, типизации и зонирования земель?

Глава 7. Рамочные информационно-аналитические системы агроэкологической оптимизации земледелия

7.1. Краткое описание Локальной информационно-справочной системы для оптимизации земледелия (ЛИССОЗ)

7.2. Информационно-аналитические модули по оценке потенциальной урожайности культуры на рабочем участке

7.3. Информационно-аналитические модули по расчету рациональных доз удобрений на рабочем участке

7.1. Краткое описание Локальной информационно-справочной системы для оптимизации земледелия (ЛИССОЗ)

Типовая локальная информационно-справочная система для оптимизации базовых элементов земледелия (ЛИССОЗ - *рис. 3.1.1*) предназначена для использования в условиях конкретного хозяйства заданного региона и ориентирована на информационное обеспечение управляющих решений 2-х типов:

- оптимизации размещения культур и сортов - *с учетом комплексной агроэкологической характеристики земель, материально-технических возможностей хозяйства, климатического и ценового прогноза на год;*
- оптимизации (*выбор, корректировка*) приемов и способов обработки почв, доз и сроков внесения удобрений и средств защиты растений - *при возделывании основных культур в различных условиях конкретных участков.*

Специализированной информационной основой для решения оптимизационных задач земледелия являются **нормативно-справочные базы данных** (БД). Наиболее важными среди них являются следующие:

- БД по характеристике полей (участков) хозяйства (*заполняется на месте*);
- БД по требованиям культур к предшественникам (*и пред-предшественникам*), влаге, теплу и почве (*создается для условий конкретной области*);
- БД по среднесуточным значениям основных агроклиматических параметров хозяйств области;
- БД с типовыми технологиями выращивания основных культур (сортов);
- БД с нормативами для расчета затрат на выращивание основных культур;
- БД с нормативами экономического эффекта от выполнения ключевых технологических операций и экологического ущерба от нарушения агротехнологий и регламентов экологически безопасного земледелия.

Основные информационно-аналитические модули ЛИССОЗ нацелены на информационное обеспечение ключевых задач земледелия (*рис. 7.1.2*):

Локальная информационно-справочная система по оптимизации земледелия (ЛИССОЗ)

Чтение из базы данных параметров выбранного поля - 01-2-5-3 и характеристик возделываемой сельскохозяйственной культуры - *Озимая пшеница*

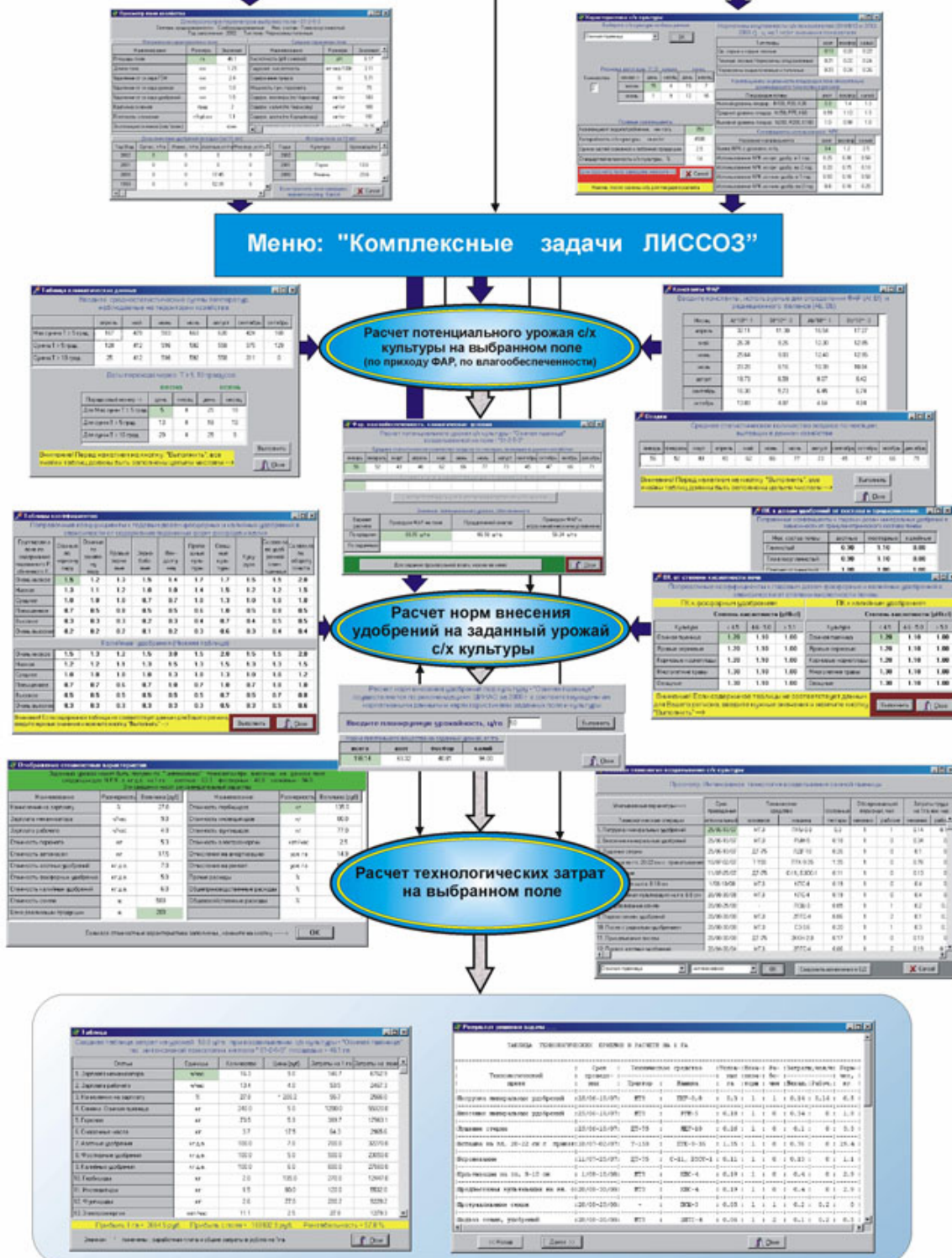


Рис. 7.1.1. Принципиальная блок-схема локальной информационно-справочной системы для проектирования и оперативной оптимизации агротехнологий земледелия (ЛИССОЗ) [Васенев и др., 2004].

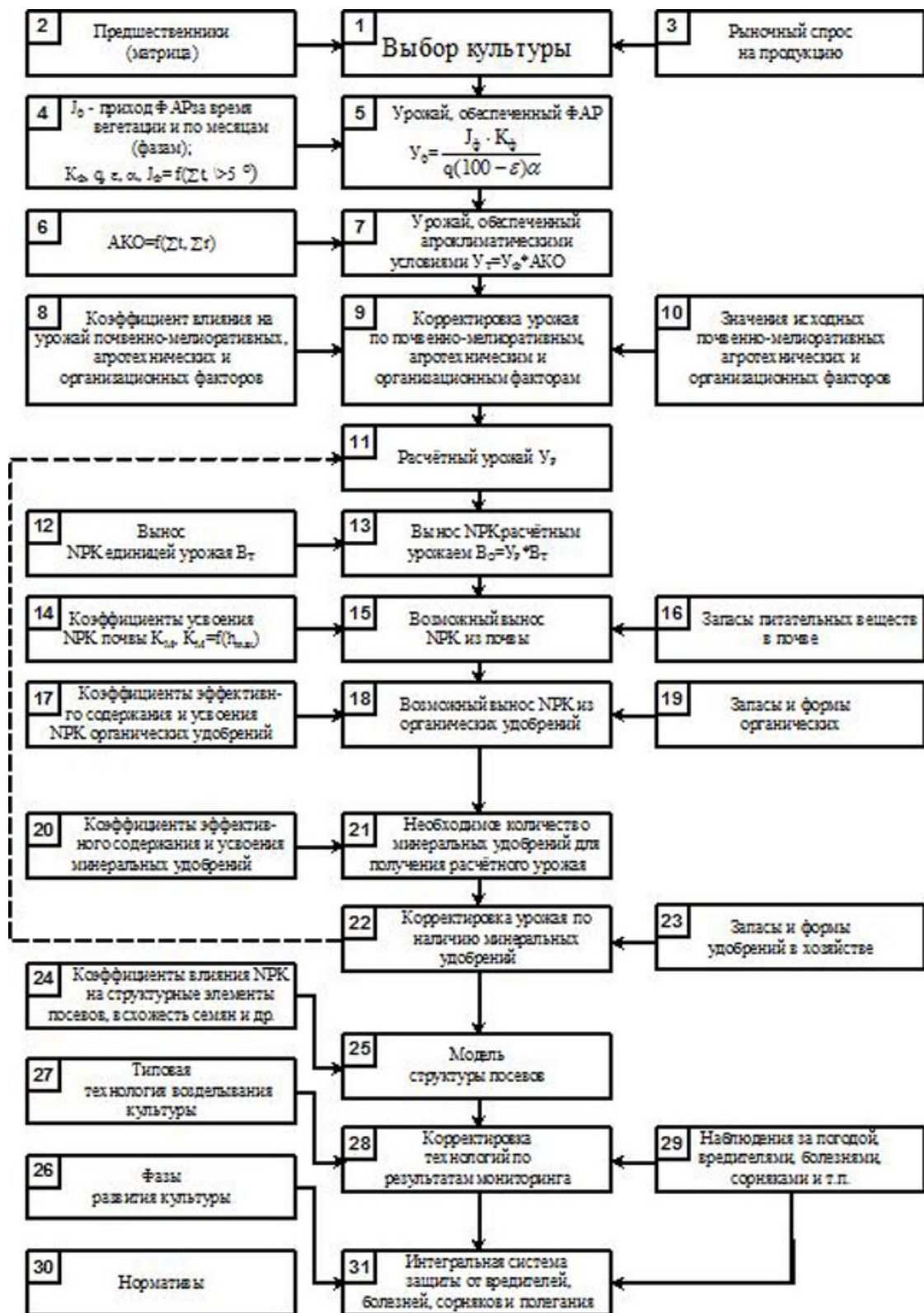


Рис. 7.1.2. Сводная функциональная блок-схема ЛИССОЗ.

- выбор культуры, оптимальной для условий конкретного участка;
- оценку расчетной потенциальной урожайности культуры по совокупности прогнозируемых микроклиматических условий данного участка;
- уточнение расчетной потенциальной урожайности с учетом почвенных, агротехнических и организационно-технологических ограничений;

- расчет потенциального выноса NPK с расчетным урожаем;
- корректировку расчетного урожая и баланса NPK- с учетом почвенно-агротехнических ограничений и расчетной рентабельности технологии;
- выбор и адаптацию базовой агротехнологии к условиям участка;
- оперативную корректировку выбранной агротехнологии в ходе сезона.

Справочная база данных по характеристике полей и рабочих участков хозяйства включает в себя следующие разделы:

- общей характеристики земель (*площади полей и рабочих участков, рельеф, привязки к объектам производственной инфраструктуры,...*);
- состав почвенного покрова полей и участков (*основные и неосновные почвы, почвенные комбинации, их контрастность и сложность границ*);
- средние значения основных параметров плодородия почв (*заполняются согласно табличной или картографической информацией по полю*);
- сведения по предшественникам и их урожайности;
- данные по применению удобрений и мелиорантов за последние 3 года (*для расчета удобрений*) и 10-20 лет (*для ведения книги истории полей*).

В группу метрических характеристик входят: площадь поля, длина гона, удаление от склада ГСМ, удаление от места переработки или хранения выращенной продукции ("склада урожая"), удаление от склада удобрений, крутизна склонов, экспозиция склонов (рис. 7.1.3).

Основная форма ведения паспортных данных по полю включает группу средних значений почвенных параметров (рис. 7.1.4). В нее входят:

- кислотность обменная (*pH солевой*) и гидролитическая;
- содержание гумуса и мощность гумусового горизонта;
- содержание доступных форм фосфора, калия и азота (*подсказка высвечивает справочные таблицы корреляций для разных вытяжек*);
- сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями;
- бонитировочная оценка пашни.

Начало ввода данных для поля - № 35 (бригада 2)

Вводите паспортные данные для поля - № 35 (бригада 2)

Метрические характеристики поля			Вводите сведения о типах почв поля		
Наименования	Размерн.	Значения	Задайте число типов почв {1,3} 2		
Площадь поля	га	53	Выберите последовательно тип почвы и вводите ее площадь Для этого: - установите курсор на пересечении "Тип почвы - Выбор типа №"; - активизируйте эту ячейку нажав левую кнопку мышки; - нажмите на кнопку со стрелкой и в появившемся списке типов почв выберите нужный тип - активизируйте ячейку, соответствующую площади, и наберите величину площади, занимаемую выбранным типом почв.		
Длина гона	км	1.2			
Удаление от склада ГСМ	км	3.5			
Удаление от склада урожая	км	2.0			
Удаление от склада удобрений	км	0.5			
Крутизна склонов	град	3.0			
Развитие овражной эрозии	км/км	0			
Экспозиция склонов (сев. \южн.)	-	южн.			
Площади эродированных почв					
Слабоэродированные	га	2			
Среднеэродированные	га	0			
Сильноэродированные	га	0			

№	Выбор типа №1	Выбор типа №2
Тип почвы	Черн. типичные	Черн. выщелоченные
Площадь (га)	34	19

Если все типы почв заполнены, нажмите кнопку "OK"

Если все характеристики поля на этой странице заполнены, нажмите эту кнопку **Продолжение**

Рис. 7.1.3. Начальная форма ввода паспортных данных по полю в про-грамме ЛИССОЗ [Васенев и др., 2002].

Начало ввода данных для поля - Поле № 35 (2 бригада)

Метрические характеристики поля			Средние параметры почв		
Наименования	Размерн.	Значения	Наименования	Размерн.	Значения
Площадь поля	га	53	Кислотность (рН солевой)	рН	6,2
Длина гона	км	1,2	Гидролит. кислотность	мг-экв/100г	2,52
Удаление от склада ГСМ	км	3,5	Содержание гумуса	%	5,79
Удаление от склада урожая	км	2	Мощность гум. горизонта	см	120
Удаление от склада удобрений	км	0,5	Содерж. фосфора (по Чирикову)	мг/100г	22,0
Крутизна склонов	град	3	Содерж. калия (по Чирикову)	мг/100г	13,9
Плотность сложения	г/куб.см	1,12	Содерж. азота (по Корндфильду)	мг/100г	16,2
Экспозиция склонов (сев. \южн.)	-	южн.	Сумма поглощенных оснований	мг-экв/100г	29,6
Тип (подтип) почв: Черноземы типичные Степень эрозии почв: незродированные Мех. состав почвы ----> Тяжелосуглинистый			Насыщенность основаниями	%	93
			Бонитировочная оценка пашни	балл	73

Вводите паспортные данные для поля - Поле № 35 (2 бригада) **Продолжение**

Рис. 7.1.4. Основная форма ввода паспортных данных по полю в программе ЛИССОЗ [Васенев и др., 2002].

Нормативно-справочная база данных по возделываемым в хозяйстве культурам включает:

- название культуры,
- ее период вегетации и фазы развития (даты: начало - конец);
- калорийность культур, коэффициенты водопотребления;
- сумма частей в отношении основной продукции к побочной;

- дифференцированные нормативы выноса и окупаемости НРК;
- коэффициенты снижения урожайности на эродированных почвах;
- стандартная влажность культуры по ГОСТу...

Общий информационный модуль по хозяйству содержит данные, общие для хозяйства. В него входят параметры, которые описывают:

- экономическую составляющую хозяйства;
- энергообеспеченность - средние суммы температур больше 5 и 10 °С;
- среднее количество осадков по месяцам и декадам в течение года;
- константы, используемые для определения ФАР и радиационного баланса в зависимости от суммы температур больше 5 °С с апреля по ноябрь.

Информационно-справочные базы данных насыщаются большим количеством вспомогательной справочной информации и подсказок, что сводит к минимуму число возможных ошибок при работе с ними непрофессионалов или специалистов с минимальным опытом работы на компьютере. Работа пользователя с любой из специализированных баз данных начинается с выбора ее наименования из главного меню баз данных. Затем раскрывается меню выбранной базы, и пользователь выбирает один из режимов работы с ней. В зависимости от выбранного режима работы программа предоставляет пользователю соответствующую форму для просмотра или заполнения. Повышенная лояльность к ошибкам в действиях пользователя достигается встроенной системой внутреннего контроля и значительно упрощает практическое использование информационно-справочных систем (ИСС).

Картографическое геоинформационное обеспечение ЛИССОЗ включает электронные (цифровые, оцифрованные) карты (тематические слои) рельефа, почв, микроклимата, структуры землепользования, гидрографической сети, транспортной сети, производственной инфраструктуры, населенных пунктов и материалов аэрофотосъемки. На основе оцифрованной карты горизонталей формируются тематические слои крутизны и экспозиции склонов. На их основе - создаются карты внутрихозяйственного варьирования суммы активных температур, условий увлажнения и проблемных агроклиматических ситуаций. В результате совместного наложения и анализа генерализованных контуров почвенной карты, основных тематических слоев рельефа и климата создается карта агроэкологических типов и видов земель.

Карта агроэкологической типизации земель является основой для уточнения структуры землепользования, нарезки полей и рабочих участков, обновления природоохранной инфраструктуры хозяйства (системы лесополос и дифференцированных режимов землепользования), транспортной сети временного пользования и производственной инфраструктуры хозяйства.

При совмещении карты рабочих участков с базой данных по участкам формируются тематические карты агроэкологического состояния почв и земель (содержания доступных форм питательных элементов, кислотности, осолонцевания, эродированности, засоренности и т.п.). На их основе, при планировании хозяйственной деятельности, формируются агротехнологические карты и картосхемы мелиоративного улучшения, и, при необходимости, уточняется нарезка рабочих участков и режимы их текущего использования.

Для особенно сложных или важных в хозяйственном отношении участков формируются более детальные картосхемы, отражающие внутривольное варьирование основных факторов земледелия и плодородия почв.

Основное назначение информационно-аналитического модуля ЛИССОЗ - предоставить возможность агроному-практику (или исследователю) быстро и эффективно решать, с использованием

вычислительных возможностей компьютера, различные расчетные и прогнозные задачи, связанные с земледелием и сельскохозяйственным производством - на основе текущей информации об агроэкологическом состоянии земель хозяйства и справочно-нормативной информации, содержащейся в специализированных базах данных. Часто приходится решать задачи по оптимизации выбора культуры (рис. 7.1.5) или расчету вероятного урожая. Обычно они разбиваются на более простые подзадачи, например:

- расчет урожайности культур в зависимости от ФАР и запасов влаги;
- расчет урожая с рентабельным применением удобрений.

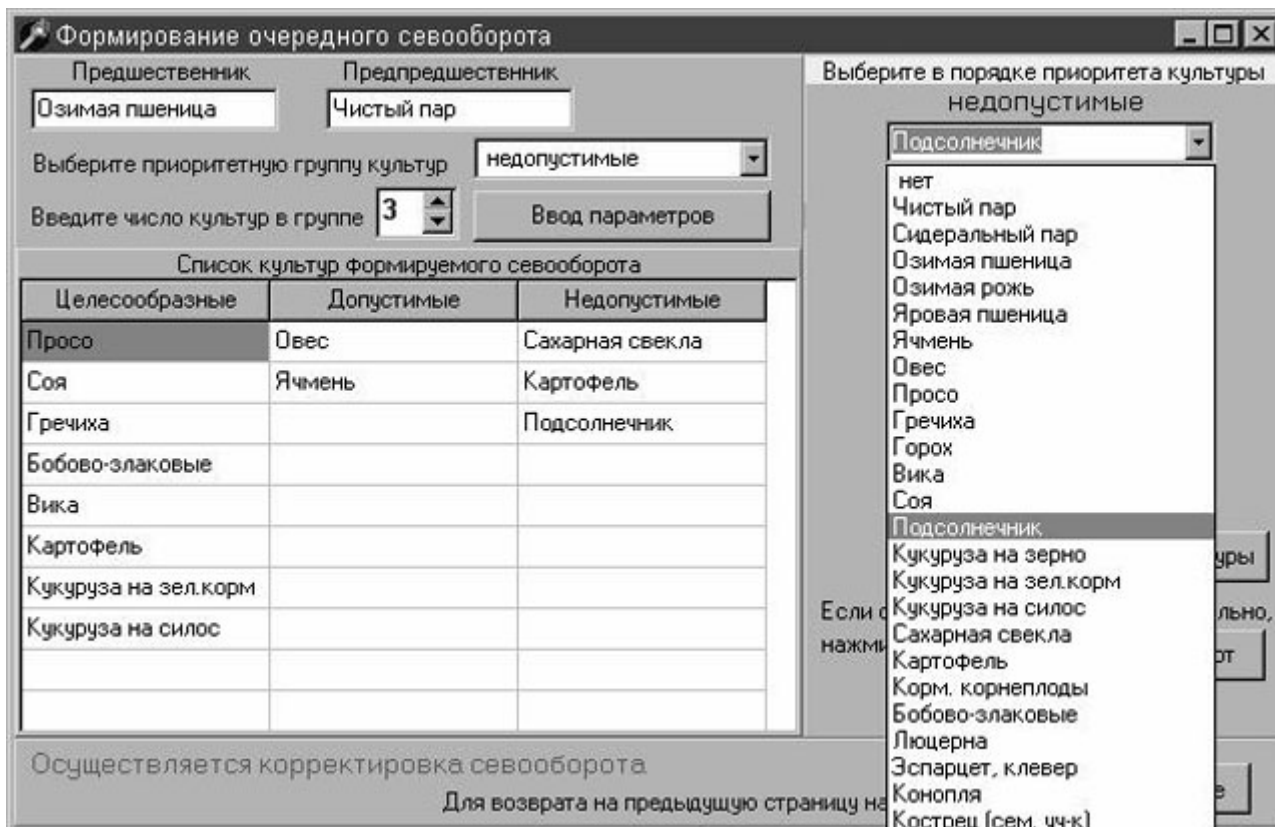


Рис. 7.1.5. Форма задачи выбора культуры по предшественнику в про-грамме ЛИССОЗ [Васенев и др., 2002].

7.2. Информационно-аналитические модули по оценке потенциальной урожайности культуры на рабочем участке

Расчет потенциальной урожайности по 1-му лимиту плодородия земель (от прихода ФАР) выполняется по алгоритму (7.2.1 - Васенёв, Руднев, 2004).

$$Y_j = 10^6 * (F_i * d_i) * K_f / (Q_j * L_j (100 - E_j)), \quad (7.2.1)$$

$$\text{где: } F_i = a_{Fi} + b_{Fi} * y * (S_{t>5}^{\circ C}) - \text{приход ФАР за } i\text{-й месяц, ккал/га;} \quad (7.2.1a)$$

a_{Fi} , b_{Fi} - константы, берутся из базы данных;

$$y = 1 + 0.010 * b - \text{для южной экспозиции;} \quad (7.2.16)$$

$y = 1 - 0.014 * b$ - для северной экспозиции;

$y = 1.0$ - для восточной или западной экспозиции;

b - крутизна склона, град.;

d_i - отношение числа дней i -го месяца, входящих в период вегетации культуры, к общему числу дней в месяце;

K_f - коэффициент использования ФАР посевом, % (принят = 2.5)

Q_j - калорийность урожая j -й культуры, ккал/кг;

L_j - сумма частей в отношении основной продукции к побочной;

E_j - стандартная влажность культуры j по ГОСТу, %; j - номер культуры;

$S_{t>5}^{\circ C}$ - сумма температур больше $5^{\circ C}$ за i -й месяц; $i = \{4, 10\}$ - номер месяца

Расчет потенциальной урожайности по 2-му лимиту (влагообеспеченности культуры) выполняется согласно алгоритмам (7.2.2):

1. Расчет динамики продуктивной влаги по месяцам в слое почвы 1 м (мм):

Апрель	$W_4 = 0.65 * W_0 + 0.85 * S_{4r} - E_4$ (7.2.2)
Май	$W_5 = W_4 + 0.85 * S_{5r} - 0.90 * E_5$
Июнь	$W_6 = W_5 + 0.85 * S_{6r} - 0.70 * E_6$
Июль	$W_7 = W_6 + 0.85 * S_{7r} - 0.55 * E_7$
Август	$W_8 = W_7 + 0.85 * S_{8r} - 0.45 * E_8$
Сентябрь	$W_9 = W_8 + 0.85 * S_{9r} - 0.70 * E_9$
Октябрь	$W_{10} = W_9 + 0.85 * S_{10r} - E_{10}$

где: W_0 - сумма осадков за ноябрь - март, мм;

W_i - продуктивная влага в i -ом месяце, мм;

S_{ir} - сумма осадков в i -ом месяце, мм;

$E_i = 10000 * B_i / 586$ - испаряемость влаги в i -ом месяце, мм; (7.2.2a)

$B_i = a_{Bi} + b_{Bi} * \gamma * (S_{it} > 5^{\circ C})$ - радиационный баланс в i -м месяце, ккал/см²; (7.2.26)

a_{Bi} , b_{Bi} - константы, берутся из базы данных.

2. Расчет продуктивной влаги для культур за период вегетации, мм:

$$W_j = (S_{wi} * d_i) \quad (7.2.2b)$$

3. Расчет возможного урожая сельскохозяйственной культуры по влагообеспеченности посевов, ц/га:

$$Y_{jw} = 10^5 * W_j / (K_j * L_j * (100 - E_j)), \quad (7.2.2g)$$

где K_j - коэффициент водопотребления, мм га /ц.

Расчет урожайности с учетом влагообеспеченности культуры, бонитета почв и лимитирующих почвенных условий (3-й и 4-й лимиты плодородия земель) выполняется согласно алгоритму (7.2.3):

$$Y_{jr} = Y_{jw} * (B_s / 100) * K_{сб} * K_{сл} \quad (7.2.3)$$

где B_s - обобщенный балл бонитета s -ого типа (подтипа, рода) почвы;

$K_{сб}$ - поправочный коэффициент на базовые свойства почв (см. алгоритм 7.2.3а, 3б);

$K_{сл}$ - коэффициент снижения урожайности за счет лимитирующих факторов почв (эрозии, подкисления, засоления и т.п. - см. алгоритм 7.2.3в).

Результат решения задачи - 3 значения потенциальной урожайности сельскохозяйственной культуры, обеспеченной расчетными уровнями фотосинтетически активной радиации (ФАР - 1-е) и запасами продуктивной влаги (2-е) в условиях конкретного поля (рабочего участка) за период вегетации культуры и ограниченной лимитирующими факторами агроэкологического состояния почв на данном участке (3-е).

Расчет поправочного коэффициента на базовые свойства почв проводится по формуле среднегармонического значения (7.2.4) из частных оценок каждого из рассматриваемых свойств ($K_{сбi}$ - 7.2.4а):

$$K_{сб} = m \Pi(K_{сбi}) / (\Pi(K_{сбi}) / K_{сбi}) \quad (7.2.4)$$

где m - число проанализированных i -ых параметров;

$$K_{сбi} = 1 + (B_{ср} / B_{срi}) * (P_{стi} - P_{срi}) / P_{ср} \quad (7.2.4a)$$

где Ббср и Ббср - среднерегиональный интервал варьирования и среднерегиональное значение бонитета s-ой почвы; Pscr, Psti и Pscpi - среднерегиональный интервал варьирования, текущее и среднерегиональное значение i-ого параметров s-ой почвы.

Примечание: при отсутствии необходимой исходной или нормативной информации Kсб принимается за 1.

Коэффициент снижения урожайности за счет лимитирующих факторов почв (эрозии, солонцеватости, засоления, оглеения, подкисления, и т.п.) Kсл принимается равным минимальному значению (7.2.5) из проанализированных частных оценок каждого из рассматриваемых параметров (Kсли):

$$K_{сл} = \min (K_{сли}) \quad (7.2.5)$$

где Kсли для проанализированных i-ых параметров s-ой почвы получаются в результате сопоставления данных по объекту с нормативами соответствующих таблиц (7.2.6 - 9).

Примечание: при отсутствии необходимой исходной или нормативной информации Kсл принимается за 1. В перспективе возможно формирование дополнительных таблиц лимитирующих факторов почв и земель по их параметрам, включенным в агроэкологический паспорт поля, и дальнейшая детализация-районирование нормативных значений - на основе получения новых знаний.

7.3. Информационно-аналитические модули по расчету рациональных доз удобрений на рабочем участке

Комбинированный алгоритм расчета рациональной дозы применения минеральных удобрений (7.3.1 - Васенёв, Руднев, 2004) учитывает вынос рассчитываемого элемента с планируемым урожаем, частичную компенсацию выноса за счет базового плодородия почв (без применения удобрений), применения органических удобрений в этом году и последствий удобрений предыдущего года, а также коэффициент использования минеральных удобрений в текущем году и рекомендуемые поправочные коэффициенты к расчетным дозам минеральных удобрений с учетом агрохимических и агроэкологических особенностей почв конкретного участка:

$$D = ((R - C_s - C_o - C_p) / U_m) * K_f, \quad (7.3.1)$$

где: D - доза минер-х удобрений на планируемую урожайность, кг/га д.в.;

R - вынос анализируемого элемента с плановым урожаем, кг/га д.в.;

C_s - частичная компенсация выноса за счет плодородия почв, кг/га д.в.;

C_s - част-я компенсация выноса за счет последствий предыдущего года, кг/га д.в.;

U_m - коэффициент использования минеральных удобрений в текущем году;

K_f - поправочный коэффициент к расчетным дозам удобрений с учетом агрохимических и агроэкологических особенностей конкретного участка.

$$R = Y * R_n \quad (7.3.2)$$

Y - урожайность, ц/га,

R_n - удельный вынос, кг/ц основной продукции с учетом побочной

$$C_s = S_n * N_p * K_{ep} \quad (7.3.3)$$

S_n - содержание подвижной формы элемента питания в почве, мг/кг;

N_p - норматив "окупаемости" содержания подвижной формы элемента питания урожаем культуры, ц на 1 мг/кг;

K_{ep} - коэффициент пересчета содержания подвижной формы элемента питания на стандартный метод Чирикова;

$$C_o = D_o * O_n * U_o \quad (7.3.4)$$

D_o - доза применения органических удобрений (ОУ), т/га;

O_n - содержание элемента питания в ОУ, кг/т;

U_o - коэффициент использования из ОУ в первый год;

$$C_p = D_{op} * O_{np} * U_{op} + D_{mp} * U_{mp} \quad (7.3.5)$$

D_{op} - доза применения органических удобрений (ОУ) в предыдущий год, т/га;

O_{np} - содержание элемента питания в ОУ предыдущего года, кг/т;

$U_{ор}$ - коэффициент использования из ОУ во 2-ой год;
 $D_{пр}$ - доза применения минер-х удобрений (МУ) в предыдущий год, кг/га д.в.;
 $U_{пр}$ - коэффициент использования из МУ во 2-ой год;
 $K_f = K_t * K_e * K_a * K_c * \dots$ (K_i - в перспективе) (7.3.6)
 K_t - поправочный коэффициент к дозам МУ в зависимости от гранулометрического состава почвы поля;
 K_e - поправочный коэффициент к дозам МУ в зависимости от степени эродированности почвы поля;
 K_a - поправочный коэффициент к дозам МУ в зависимости от степени кислотности почвы поля;
 K_c - поправочный коэффициент к дозам МУ в зависимости от уровня технологической культуры земледелия на поле;
 K_i - возможные в будущем дополнительные поправочные коэффициенты к дозам МУ в зависимости от свойств поля и хозяйства.

Нормативные данные автоматически считываются программой из специализированных баз данных. Предварительный расчет максимально возможной урожайности выбранной культуры на конкретном поле, при учете всех лимитирующих факторов, позволяет более обоснованно задавать величину планируемого урожая (рис. 7.3.1).

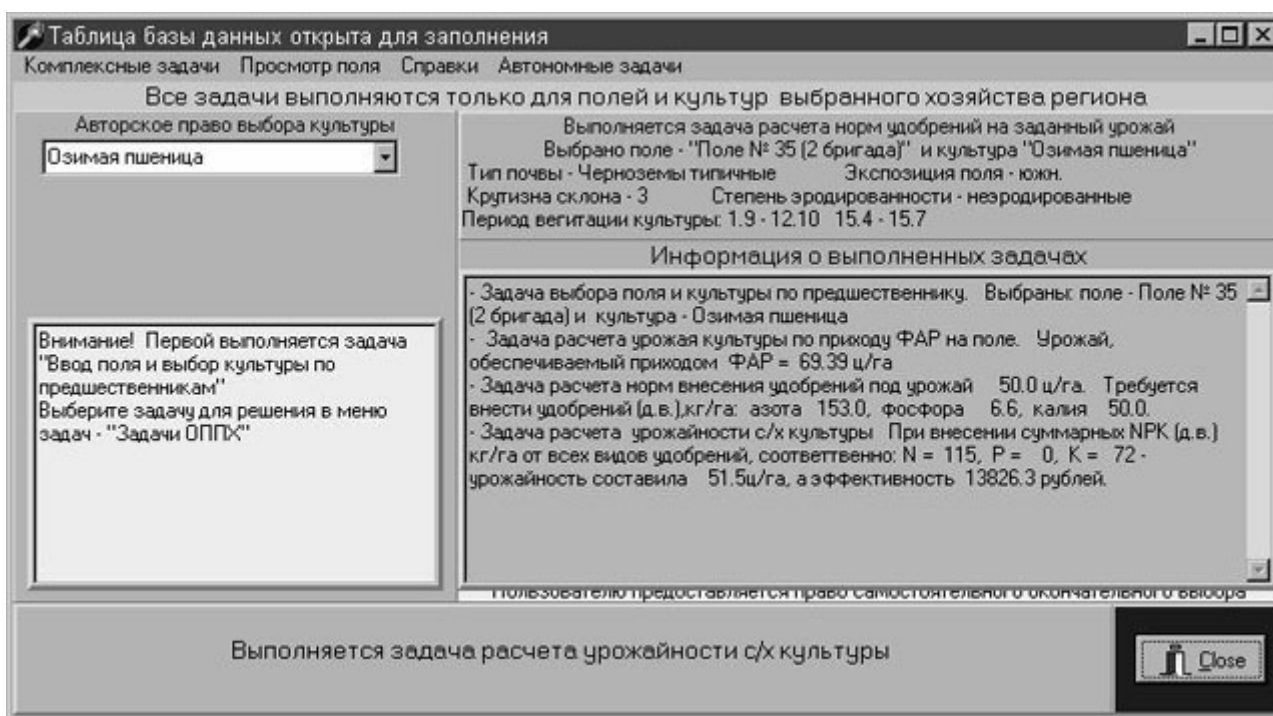


Рис. 7.3.1. Протокол решения задач для заданного участка в программе ЛИССОЗ [Васнев и др., 2002].

После решения задачи, рекомендуемые нормы минеральных удобрений на заданный урожай выводятся на экран (рис. 7.3.2) и могут использоваться для последующей корректировки размера планируемого урожая - с учетом выводимых на экран лимитирующих факторов урожайности.

Выполняется задача расчета урожайности с/х культуры - Озимая пшеница
в зависимости от плодородия почвы и вносимых доз минерал. и органич. удобрений

При расчете норм внесения удобрений под урожай - 50.0 ц/га с учетом внесения органических удобрений (т/га), а также мин. и орг. удобрений под предшественник, получены следующие нормы внесения минеральных удобрений: азотных - 153 фосфорных - 7 калийных - 50 кг д. в. на гектар.

Для расчета урожайности заполните таблицы (доза, цена) по планируемым к внесению удобрениям под рассматриваемую культуру.

Сложные удобрения (N,P,K), доза - кг, цена - руб./кг

Внимание! Во всех заполняемых таблицах в скобках после названия удобрения занесено содержание действующего вещества в процентах

Нитрофоска, марка В(11.5,11.5,11.5 %)		
Нитрофоска, марка Б(13, 9, 13 %)		
Нитрофоска, марка А(16.5,16.5,16.5 %)		
Нитроаммофоска (16, 16, 16 %)		
Аммофос (12, 39.5, 0 %)		
Нитрофос (20, 14.4, 0 %)		

Внесено NPK кг д. в.: с навозом = 0 - 0 - 0, с мин. удобр. = 92 - 0 - 72
Урожай Озимая пшеница = 50.4 ц/га в том числе:

Урожайность обеспеченная за счет:	всего	азот	фосфор	калий
- плодородия почвы, ц/га	39.63	36.80	52.80	33.80
- плодор. почвы и органич. удобрений, ц/га	39.63	36.80	52.80	33.80
- плодор. почвы, орг. и мин. удобрений, ц/га	50.37	50.33	52.80	48.20

Экономический эффект "Урожай - Удобрения" составит:
15112.0 - 1360.0 = 13752.0 рублей

Органические удобрения в эквиваленте подстильного навоза, т/га: 0.0
Стоимость внесения навоза, руб/т: 0.0

Простые азотные удобрения, доза - кг, цена - руб./кг

Сульфат аммония (20.5%)		
Амиачная селитра (34.9%)		
Мочевина (46.0%)	200	5
Водный аммиак (18.0%)		
Безводный аммиак (82.0%)		

Простые фосфорные удобрения, доза - кг, цена - руб./кг

Суперфосфат простой гранулир.(19.5%)		
Суперфосфат двойной гранулир.(45.8%)		
Фосфоритная мука (20.5%)		

Простые калийные удобрения, доза - кг, цена - руб./кг

Хлористый калий (60.0%)	120	3
Сернокислый калий (52.0%)		
Калимагнезия (27.0%)		
Калийная соль (40.0%)		

Выполнить Сброс Close

Рис. 7.3.2. Форма расчета урожая, обеспеченного агроклиматическими и почвенно-агрохимическими условиями в программе ЛИССОЗ [Васенев и др., 2002].

Контрольные вопросы

1. На информационное обеспечение каких управляющих решений ориентирована типовая локальная информационно-справочная система для оптимизации базовых элементов земледелия в условиях хозяйства?
2. Какие нормативно-справочные базы данных используются для решения оптимизационных задач земледелия?
3. На решение каких задач нацелены основные информационно-аналитические модули модели ЛИССОЗ?
4. Какие разделы включает в себя справочная база данных по характеристике полей и рабочих участков хозяйства?
5. Какие электронные карты включает в себя картографическое геоинформационное обеспечение ЛИССОЗ?
6. Что является основой для уточнения структуры землепользования, нарезки полей и рабочих участков, природоохранной инфраструктуры хозяйства?
7. Как формируются тематические карты агроэкологического состояния почв?
8. Как рассчитывается потенциальной урожайности по 1-му и 2-му лимиту плодородия земель?
9. Основные алгоритмы расчета потенциальной урожайности по 3-му и 4-му лимиту плодородия земель?
10. В чем состоит комбинированный алгоритм расчета рациональной дозы применения минеральных удобрений?

Глава 8. Приоритетные задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия

Оптимизация размещения сельскохозяйственных культур и, быстро растущих в своем числе, их сортов и гибридов требует детального количественного учета агроэкологических требований культур (сортов) и соответствующих им агроэкологических качеств предполагаемых земельных участков.

Статический анализ агроэкологического качества земель предполагает системное исследование, свертывание и интерпретацию разноплановой информации по структуре почвенного покрова, базовым морфогенетическим, гидрофизическим, агрофизическим, физико-химическим, агрохимическим, биохимическим характеристикам почв, типу и форме макро-, мезо- и микрорельефа, почвообразующих пород, грунтовых вод, структуре земельных угодий и севооборота, применяемым агротехнологиям и истории полей.

Динамический анализ агроэкологического качества земель требует развития агроэкологических моделей продукционного процесса, педодинамических моделей миграции и трансформации почвенных растворов питательных элементов и поллютантов по профилю почвы и за его пределами, трансферных функций преобразования доступной информации в основные диагностические параметры качества почв и земель.

Выбор оптимальной культуры(сорта) для условий текущего года и конкретного участка предусматривает множественное решение оптимизационных задач при анализе пред- и предпредшественников, текущего и прогнозируемого агроэкологического состояния земель, сравнительной эффективности применения разноуровневых агротехнологий - на фоне значительной погодной, ценовой и организационно-технологической неопределенности.

Созданные за последние десятилетия учение о структуре почвенного покрова (Фридланд, 1972), системы почвенно-географического и природно-сельскохозяйственного районирования (Добровольский, Урусевская, 1984; 2004), зональные системы земледелия и региональные регистры агротехнологий, методология агроэкологической оценки земель (Козловский, 2003) и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия ("Агроэкологическая оценка земель, проектирование...", 2005) - сформировали методологическую основу агроэкологической оптимизации землепользования.

Первоочередными задачами становятся агроэкологическая типизация элементарных структур почвенного покрова, формирование районированной системы агроэкологических нормативов оценки почв и земель (желательно, с дифференциацией по основным сельскохозяйственным культурам и группам сортов), разработка, верификация и локализация основных алгоритмов и моделей оценки, создание экспертных информационно-аналитических систем агроэкологической оценки земель и оптимизации землепользования рамочного типа - с легко реализуемой возможностью их поэтапной детализации-модификации.

Повышенная актуальность разработки и районирования базовых элементов информационно-аналитических систем по агроэкологической оптимизации землепользования обусловлена необходимостью оперативного решения комплексных задач проектирования и корректировки ключевых технологических операций. Одной из ключевых задач является автоматизация расчета агроэкологически оптимальных доз удобрений - обеспечивающих оптимальную рентабельность и минимальные риски сельскохозяйственного производства с учетом реального разнообразия почвенного покрова и агроэкологического состояния почв конкретного региона, хозяйства и поля.

Ее реализация в программе ЛИССОЗ (Локальная информационно-справочная система по оптимизации земледелия в хозяйстве) основана на использовании известных методических подходов и рекомендаций по оценке ресурсных и лимитирующих факторов плодородия [Козловский, 1991; Кирюшин, 1996; "Агроэкологическая оценка...", 2005; Сорокина, 2006], расчету рациональных доз удобрений ["Методические указания...", 2000; "Методическое пособие...", 2001; и др.] и автоматизированной оценке земель и землепользования [Rossiter, van Wambeke, 1995; Bouma, 2000; Васнев и др., 2004].

Рамочный характер модели обуславливает наличие удобного инструментария для ее адаптации к условиям конкретного региона и хозяйства - посредством детализации нормативной базы и модификации расчетных алгоритмов. Для этого используются материалы многолетних исследований на опытах, региональные модели структур почвенного покрова и плодородия почв, результаты ретроспективного анализа урожайности и агроэкологической информации по хозяйству. Модульная структура модели создает благоприятные условия для совершенствования и адаптации отдельных тематических модулей - применительно к решению задач конкретного проекта.

Функционально-целевая и региональная адаптация рамочных моделей и ИСС происходит посредством:

- свободного или автоматизированного выбора одного частного алгоритма анализа из нескольких возможных вариантов;
- регулирования рабочего набора реально используемых в расчетах алгоритмов, функционально-диагностических групп или отдельных параметров;
- заполнения региональных баз данных районированной нормативно-справочной информации (*административно-землеустроительной, географической, почвенно-ландшафтной, климатической, технологической и т.д.* - (рис. 8.1 - 8.4);
- оцифровки и/или адаптации к условиям решаемых задач базовых и тематических карт и картосхем, необходимых для их решения, с последующей их систематизацией, согласованием границ и связыванием с соответствующими информационными ячейками атрибутивных баз данных (рис. 8.5 - 8.8);
- верификации и, при необходимости, уточнения основных применяемых аналитических алгоритмов (*с учетом алгоритмов, ранее апробированных для решения аналогичных задач в заданном регионе*);
- оптимизации структуры используемых в ИСС нормативно-справочных, исходных, рабочих и выходных информационных форм и баз данных - на основе результатов адаптации аналитических алгоритмов, нормативов, перечня анализируемых объектов и параметров и форм справок.

Задание условий и параметров для выборки хозяйств

Подтип почв

PD CHB
 L1 LCH
 L2 CHL
 L3 AL
 CHO AVL
 CHV ALB
 CHv PS
 CHT OBZ
 CHk *

Учет региона

Номер 1 Сброс Готово Close

Условия выборки

Географические условия
 Сельхоз. условия
 Затраты
 Почвенные характеристики
 Почвенные оценки
 Экономические результаты
 Урожайность

Параметры

Коэф. эродир. почвы
 pH
 Физическая глина
 Сумма обмен. оснований
 Гумус в А1/Апах
 Мощность гумуса гор.

Условие выборки - Почвенные характеристики Гумус в А1/Апах

Диапазон значений параметра 1 2 3

Гумус в А1/Апах min 2 4 6 max 4 6 8 OK

Рис. 8.1. Форма выбора параметров для выделения производных подмассивов информации в программе КАСКАД [Васенев и др., 2002].

Локальная адаптация моделей и ИСС к условиям конкретного хозяйства происходит посредством:

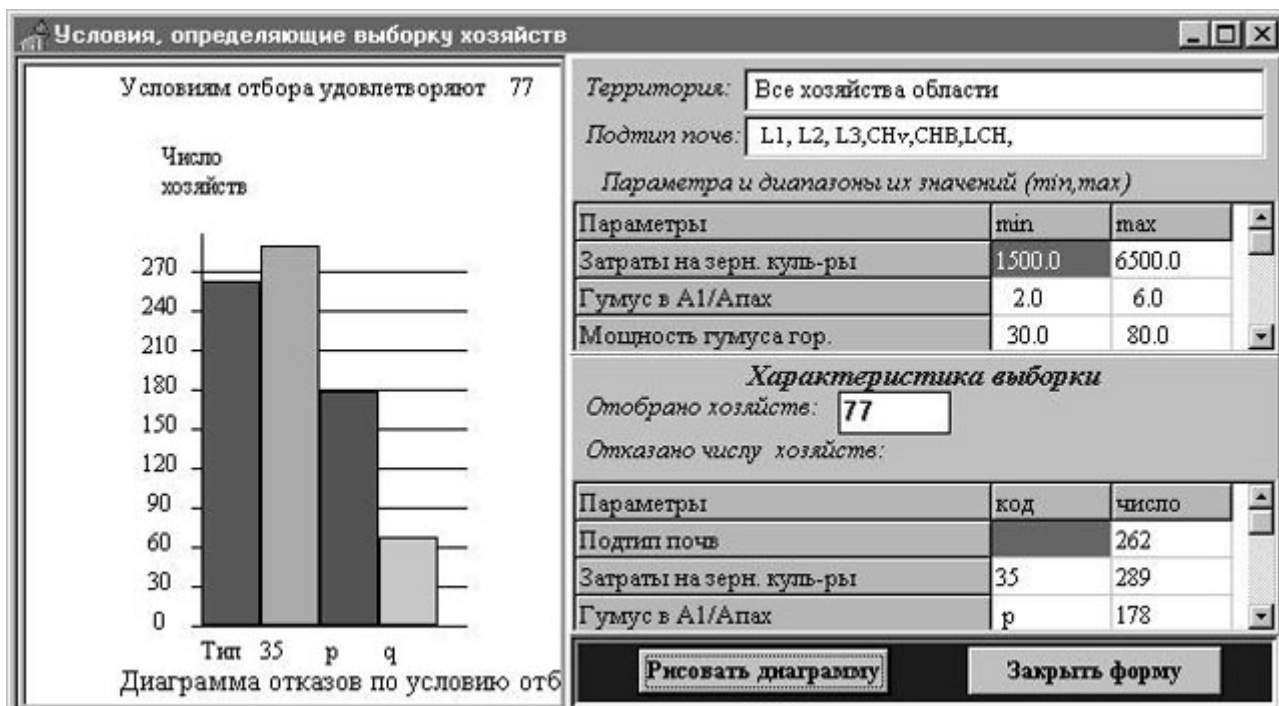


Рис. 8.2. Форма выделения производных подмассивов информации в программе КАСКАД [Васенев и др., 2002].

Задание параметров для статистической обработки

Внимание! Число задаваемых для обработки параметров не должно превышать 10!

Группа условий обработки	Параметры обработки	Число параметров = 7
<input checked="" type="checkbox"/> Географические условия	<input type="checkbox"/> Коэф. эродир. почвы	Климатический параметр
<input type="checkbox"/> Сельхоз. условия	<input type="checkbox"/> pH	Агроэкологическая оценка
<input type="checkbox"/> Затраты	<input type="checkbox"/> Физическая глина	Дефицит T/R, %
<input checked="" type="checkbox"/> Почвенные характеристики	<input type="checkbox"/> Сумма обмен. оснований	Гумус в A1/Aпах
<input type="checkbox"/> Почвенные оценки	<input checked="" type="checkbox"/> Гумус в A1/Aпах	Мощность гумуса гор.
<input checked="" type="checkbox"/> Экономические результаты	<input checked="" type="checkbox"/> Мощность гумуса гор.	Рентабельность зерновых
<input type="checkbox"/> Урожайность		Рентаб-ть по сах. свекле

Если набор условий и параметров завершен, то нажмите кнопку "Готово" !

Сброс Готово Выход

Рис. 8.3. Форма выбора параметров для статистического анализа производных подмассивов информации в программе КАСКАД [Васенев и др., 2002].



Рис. 8.4. Результаты статистического анализа производных подмассивов информации в программе КАСКАД [Васенев и др., 2002].



Рис. 8.5. ГИС-картосхема распределения суммы активных температур по территории Курской области [Васенев и др., 2002].





Рис. 8.6. ГИС-картосхема распределения осадков по территории Курской области [Васенев и др., 2002].



Рис. 8.7. ГИС-картосхема агроэкологической оценки эродированности пашни на территории Курской области [Васенев и др., 2002].

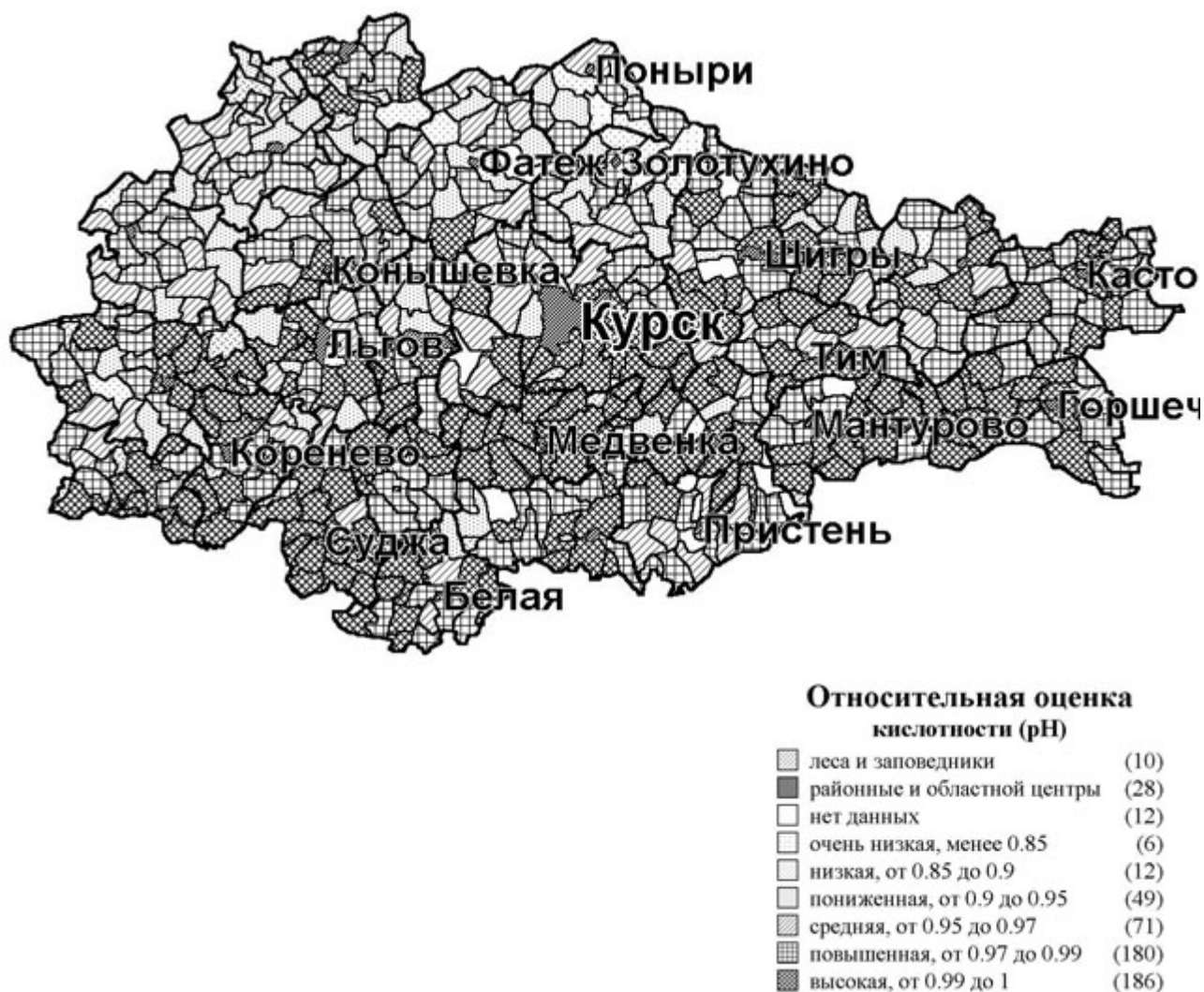


Рис. 8.8. ГИС-картосхема агроэкологической оценки кислотности пахотных почв на территории Курской области [Васенев и др., 2002].

Локальная адаптация моделей и ИСС к условиям конкретного хозяйства происходит посредством:

- дальнейшей детализации используемых алгоритмов анализа информации;
- уточнения рабочих наборов и условий использования алгоритмов, функционально-диагностических групп и отдельных параметров;
- заполнения локальных баз данных (*паспортов полей и рабочих участков, книги истории полей, БД по материально-техническим ресурсам и инфраструктуре хозяйства, выращиваемым культурам и принятым севооборотам, технике и исполнителям, удельным нормативам и затратам*);
- оцифровки, уточнения и согласования базовой картографической основы и доступных картографических материалов;
- верификации и, при необходимости, уточнения ключевой информации и нормативов из областных (региональных) баз данных (*по климату и почвам, агрохимическим нормативам и базовым коэффициентам расчетов, удельным затратам и ценам, технике и технологическим операциям, ...*);
- настройки и согласования с руководителями и специалистами хозяйства основных форм ввода, вывода и анализа систематизированной текущей, справочной и отчетной информации;
- оперативной настройки ИСС к меняющейся структуре и условиям функционирования хозяйства при поэтапном освоении в нем базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия, обновлении материально-технической базы хозяйства и изменении общей

организации его работы (*смена собственника, изменение организационной структуры, норм централизованных отчислений, системы реализации продукции, ...*);

▪ оперативной настройки геоинформационного обеспечения ИСС к меняющимся размерам и структуре хозяйства и землепользования (*присоединение новых и вывод старых земель, изменения режима их использования, нарезки полей и рабочих участков, реорганизация их между бригадами или севооборотами, качественные изменения состояния земель*).

Одним из базовых информационно-справочных модулей агроэкологической базы банных является Автоматизированная книга истории полей по полям и рабочим участкам хозяйства. Она содержит периодически обновляемую информацию о выращиваемой культуре (и сорте), погодных условиях ее вегетации, запланированной и полученной урожайности, дозах, формах и сроках применения органических, минеральных удобрений и мелиорантов, дозах, видах и сроках применения средств защиты растений. Детальные книги истории полей с включают информацию обо всех выполняемых на участке работах, их исполнителях и используемой технике, текущих затратах и качестве выполненных операций - при возможности оперативной систематизации информации по любому из заложенных в систему анализа первичных и расчетных показателей (на уровне рабочего участка, поля, хозяйства, отделения, бригады, участка).

Начальное **заполнение** автоматизированной книги истории полей происходит на основе рукописных книг истории полей и дневников агронома. В дальнейшем она заполняется по ходу ведения текущих работ и наблюдений. Создаются и заполняются стандартные формы введения, корректировки и обновления данных. Под задачи текущего хозяйства разрабатывается новая или модифицируется базовая СУБД, обеспечивающая автоматизированное формирование и подачу на печать и экран стандартных и редактируемых справок по материалам текущей и систематизированной информации.

Формы заполнения и представления информации модифицируются по запросам руководителей и специалистов хозяйств, с учетом их потребности ведения, анализа и представления текущей и отчетной информации в разрезе участков, полей, бригад, культур, исполнителей и затрат. Длительность ведения установленных форм книги истории полей практически не ограничена: исходно установленные временные рамки сохранения и различных режимов обработки информации могут уточняться в процессе работы программы, не приводя к потере накопленной информации.

Спрос на подобные экспертные системы с каждым годом растет. Постепенно оживающее сельскохозяйственное производство России требует периодической корректировки применяемых систем земледелия и агротехнологий в каждом эффективно работающем агрохолдинге - на уровне каждого конкретного поля (рабочего участка). Современные интенсивные агротехнологии предусматривают высокий уровень агротехники и применяемых доз удобрений, регуляторов роста и средств защиты растений. В результате значительно возрастает не только плановая рентабельность производства, но и "цена" возможных ошибок в интерпретации текущих почвенно-агроэкологических условий конкретного рабочего участка. Это обуславливает быстро растущие требования к точности первичной почвенно-агрохимической информации и качеству ее агроэкологической интерпретации.

Контрольные вопросы

1. Что входит в геоинформационно-агроэкологическое обеспечение адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия?
2. Что предполагает статический анализ агроэкологического качества земель?
3. На чем основан динамический анализ агроэкологического качества земель?
4. Что относится к первоочередным задачам геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия?

5. Как происходит функционально-целевая и региональная адаптация рамочных моделей и ИСС агроэкологической оценки и типизации земель?
6. Как происходит локальная адаптация моделей и ИСС к условиям конкретного хозяйства?
7. Какую информацию содержит автоматизированная книга истории полей по полям и рабочим участкам хозяйства?
8. Как проводится адаптация и детализация нормативной базы оценки с модификацией расчетных алгоритмов?
9. Какие задачи решает агроэкологическая оптимизация доз удобрений?
10. Особенности геоинформационно-агроэкологического обеспечения прецизионных систем земледелия?
11. Основные проблемы геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия?

Глава 9. Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель: анализ, моделирование и нормативное прогнозирование проблемных агроэкологических ситуаций

9.1. Основные задачи автоматизированных систем агроэкологической оценки земель (АСАОЗ)

9.2. Базовые элементы и принципы построения автоматизированных систем агроэкологической оценки земель

9.3. Однозначная идентификация объекта анализа в АСАОЗ

9.4. Стандартные формы, верификация нормативов и алгоритмов оценки

9.1. Основные задачи автоматизированных систем агроэкологической оценки земель (АСАОЗ).

Основные задачи автоматизированных систем агроэкологической оценки земель (АСАОЗ) определяются:

- рассмотренными ранее принципами построения агроэкологической оценки земель,
- предложенным набором основных диагностических параметров оценки (ОДПО),
- базовыми критериями, шкалами и алгоритмами частной и функционально-факторной агроэкологической оценки (по каждому из включенных в систему ОДПО и обобщающих функциональных факторов оценки - ОФФО),
- принятыми в системе правилами фильтрации, обобщения и интерпретации информации,
- заданным уровнем жесткости-гибкости структурирования и описания анализируемых объектов, решаемых аналитических и экспертных задач,
- степенью подготовленности и правами доступа к базовым элементам системы повседневно работающих с ней специалистов и их требованиями к сервисным возможностям, наглядности работы и получаемых результатов.

В соответствии с заданными требованиями количественной идентификации, сопоставления, агроэкологического анализа и интерпретации агрономически наиболее значимых параметров произвольно выбираемых участков и групп участков земель (в соответствии с агроэкологическими требованиями основных сельскохозяйственных культур и агротехнологий) - в созданных для решения конкретных оценочных задач и/или настроенных на условия конкретного региона и района или хозяйства АСАОЗ последовательно решаются следующие основные задачи (рис. 9.1.1):

Региональная автоматизированная система комплексной агроэкологической оценки земель (РАСКАЗ)

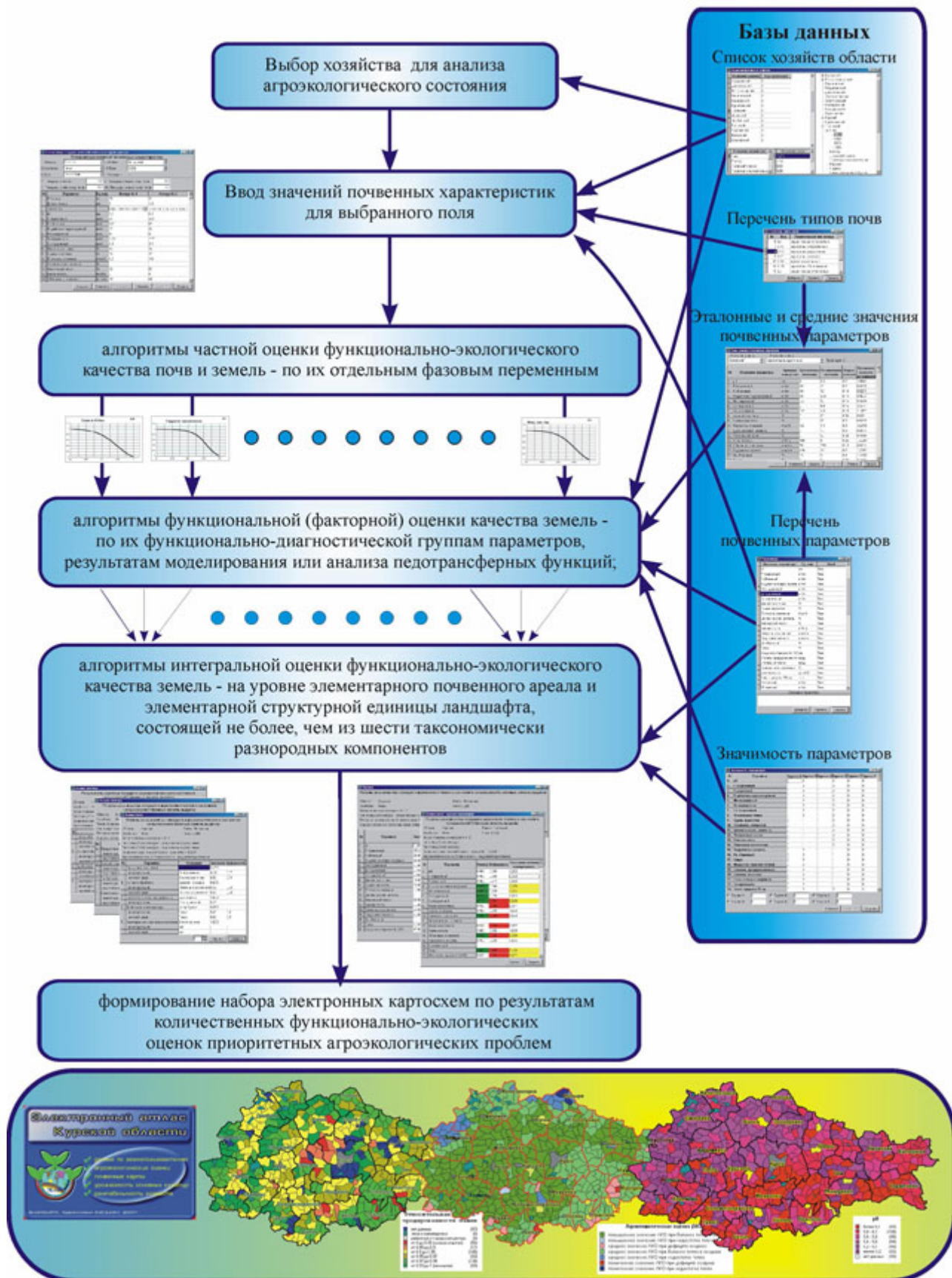


Рис. 9.1.1. Принципиальная блок-схема Региональной автоматизированной системы комплексного агроэкологического анализа земель (РАСКАЗ) [васенев и др., 2004]

1. Однозначная идентификация объекта(ов) анализа в принятой в данной АСАОЗ системе адресной и функционально-аналитической координации;
2. Ввод (вручную или из готовой базы данных) исходной информации;
3. Последовательное решение выбранных для анализа оценочных задач - с уточнением (или выбором), по мере необходимости, набора оптимальных для данной сессии анализа диагностических параметров, шкал, эталонов и/или алгоритмов их анализа ([см. рис. 8.1 - 8.3](#));
4. Визуализация (на экране монитора или в виде распечатки) табличных и/или графических результатов анализа ([см. рис. 8.4 - 8.8](#));
5. Стирание, сохранение, редакция, обобщение, экспорт или дальнейшая обработка полученных материалов.

По мере детализации агроэкологической оценки земель и повышения эффективности разрабатываемых на ее основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия все большее значение приобретает адекватный поставленным задачам оценки анализ своеобразия конкретного агроландшафта, провинциально-генетических особенностей его основных почв, агроэкологических качеств рельефа, микроклимата, фитосанитарного состояния и функционально-экологического состояния земель.

9.2. Базовые элементы и принципы построения автоматизированных систем агроэкологической оценки земель.

Все автоматизированные системы оценки земель включают в себя:

- A. специализированные базы данных (БД) текущей (оцениваемой) и нормативно-справочной информации (используемой в процессе оценки или интерпретации ее результатов) - (рис. 9.2.1);
- B. базы знаний (БЗ), представляющие собой совокупность в различной степени формализованных правил, процедур и алгоритмов анализа, трансформации и интерпретации исходной информации по объекту анализа;
- C. систему управления базами данных (СУБД), обеспечивающую ввод, экспорт, импорт, выбор по запросу, визуализацию и обработку информации - согласно заданной в БЗ системе правил, процедур и алгоритмов анализа.

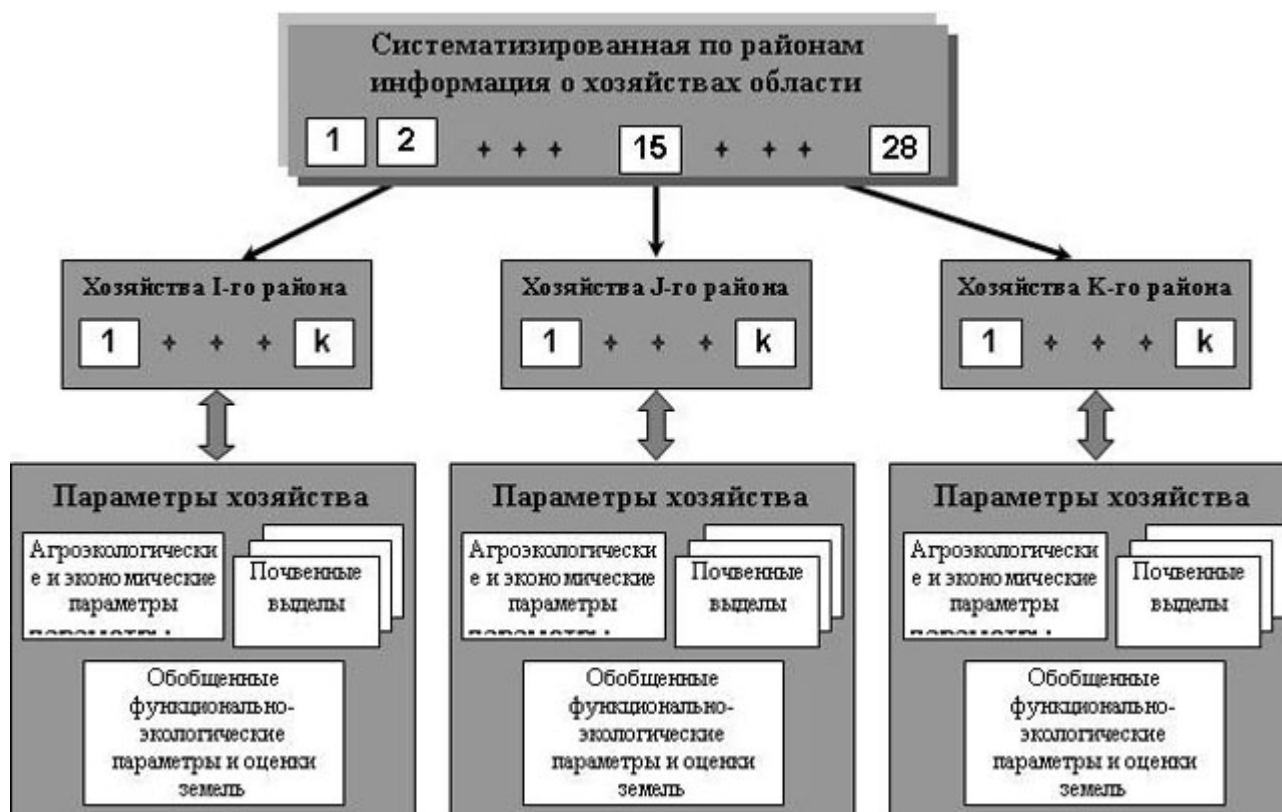


Рис. 9.2.1. Структурно-иерархическая схема построения областной информационно-справочной базы почвенно-агроэкологических и экономических данных на хозяйства [Васенев и др., 2002].

Для построения современных автоматизированных систем агроэкологической оценки земель (АСАОЗ), как правило, применяются универсальные программные платформы создания производных структурированных баз данных и специализированных СУБД (MAMPS, Delphi, 1С). Их использование значительно упрощает и ускоряет процесс формирования АСАОЗ, облегчает широкое использование в них современных средств визуализации данных и процедур анализа, позволяет создавать интерактивные системы с интерфейсом, максимально понятным и удобным для широкого круга пользователей без специальной подготовки по информатике и оценке земель.

Автоматизированные системы агроэкологической оценки количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования обычно строятся на основе "рамочных" (framework) рекомендаций ФАО (FAO, 1976; 1993; "Land evaluation", 1991; Rossiter, 1995; Singer, Ewing, 2000).

Они предусматривают 3-этапную процедуру оценки:

1. формирование перечня основных диагностических показателей оценки - ОДПО;
2. системный анализ агроэкологических требований основных выращиваемых культур (подразумевая и условия их возделывания);
3. приведение в соответствие шкал, нормативов и алгоритмов оценки ОДПО агроэкологическим требованиям выращиваемых культур и агротехнологий.

Типичная структура такой оценки состоит из следующих основных процедур:

- a. выбор объекта оценки;

- b. ввод значений первичных характеристик выбранного участка земли (элементарный ареал агроландшафта, элементарный рабочий участок);
- c. частная и функционально-факторная оценки первичных характеристик с переходом от них к оценке основных составляющих функционального качества земель (плодородие, условия обработки, уровень загрязнения и т.п.).

9.3. Однозначная идентификация объекта анализа в АСАОЗ.

Первая задача, с которой сталкивается любой разработчик и пользователь АСАОЗ, состоит в однозначной идентификации объекта(ов) анализа в системе их координации, принятой в данной АСАОЗ. Как правило, она включает в себя четыре принципиальные составляющие:

- a. почвенно- и/или ландшафтно-географическая координация объектов;
- b. административно-хозяйственная организация территории (район, хозяйство, отделение и/или бригада);
- c. структурно-иерархическая организация объекта (простой, сложный, состав и краткая характеристика базовых элементов);
- d. функциональная дифференциация решаемых оценочных задач (определение перечня включенных в конкретный анализ оценочных задач).

Почвенно- и/или ландшафтно-географическая координация объектов оценки обеспечивает корректное сопоставление текущих данных по объекту оценки с соответствующими нормативными данными и шкалами оценки. Последние, как показано в предыдущих разделах, имеют очевидную провинциально-генетическую, литолого-геоморфологическую и агрогенно-хозяйственную дифференциацию и, в идеале, должны быть районированы в соответствии с системой агроэкологического районирования соответствующего природного или административного региона.

Точная идентификация объекта анализа в подсистеме административно-хозяйственной организации территории позволяет автоматически воспроизводить его точную административно-хозяйственную привязку на всех выходных формах анализа и формировать соответствующие записи в агроэкологических паспортах и специализированных базах данных (если они были заведены).

Кроме того, часто она является наиболее удобным "ключом" к определению точного почвенно- и ландшафтно-географического адреса объекта - при формировании в базе знаний редактируемой системы правил соответствия административно-хозяйственных территориальных единиц элементарным выделам агроэкологического районирования.

В таком случае, выбор произвольного объекта анализа в настроенной на конкретный регион АСАОЗ предусматривает автоматическое определение его основных агроэкологических (почвенно-географических, ландшафтных, агроклиматических и т.п.) координат.

Идентификация структурно-иерархической организации объекта анализа автоматически выбирает или сужает исходную базу выбора используемого при его анализе набора алгоритмов. Окончательное определение набора включенных в конкретный анализ алгоритмов оценки происходит при выборе в системе раскрывающихся меню перечня решаемых (комплексных или автономных) оценочных задач, включенных в их решение факторов оценки и основных диагностических показателей оценки этих факторов.

9.4. Стандартные формы, верификация нормативов и алгоритмов оценки

Создание основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации - основывается на запросах потенциальных пользователей АСАОЗ, анализе организационных и агроэкологических особенностей анализируемого объекта, перечне прогнозируемых агроэкологических

проблем и технологических решений. Оно рационально увязывается со структурой хозяйства (система деления на отделения, бригады, поля, участки ...) и технологией автоматизированного формирования и обновления содержания форм.

Используемые в АСАОЗ нормативные базы данных шкал и эталонных значений основных диагностических показателей оценки включают компоненты федерального, регионального и локального заполнения. Как правило, все они имеют редактируемый характер, с разным уровнем доступа пользователей к редакции. Использование методов динамического моделирования и анализа педотрансферных функций перспективно, но в настоящий момент ограничено сравнительно небольшим набором гидро- и агрофизических функций, модели которых верифицированы для условий определенного типа земель. Возможные области их применения ограничены информационной базой анализа (набором численных решений моделей и трансферных функций).

Федеральные компоненты включают базовый перечень анализируемых функциональных факторов оценки и ОДПО, алгоритмов их анализа и основных правил рамочной базы знаний для экспертной оценки данных.

Региональные компоненты включают компьютерный агроклиматический справочник, региональные БД агроэкологических требований культур, районированных агрохимических, агрофизических, экономических и экологических нормативов и коэффициентов, используемых в алгоритмах оценки (рис. 9.4.1).

Локальные компоненты формируются посредством уточнения-редакции региональных нормативов и шкал оценки, уточнения набора выращиваемых культур и агроэкологических особенностей анализируемых земель. Агрономически подготовленные пользователи могут использовать для их заполнения и редакции результаты местных полевых опытов и экспериментов и/или результаты сравнительного анализа доступного набора нормативного материала, полученного в близких агроландшафтных условиях.

Верификация и настройка базовых расчетных алгоритмов проводится агрономически и информационно подготовленными пользователями - по согласованию с разработчиками АСАОЗ и с учетом агроэкологических особенностей земель региона и района анализа, основного набора выращиваемых культур, их агроэкологических требований и технологий выращивания.

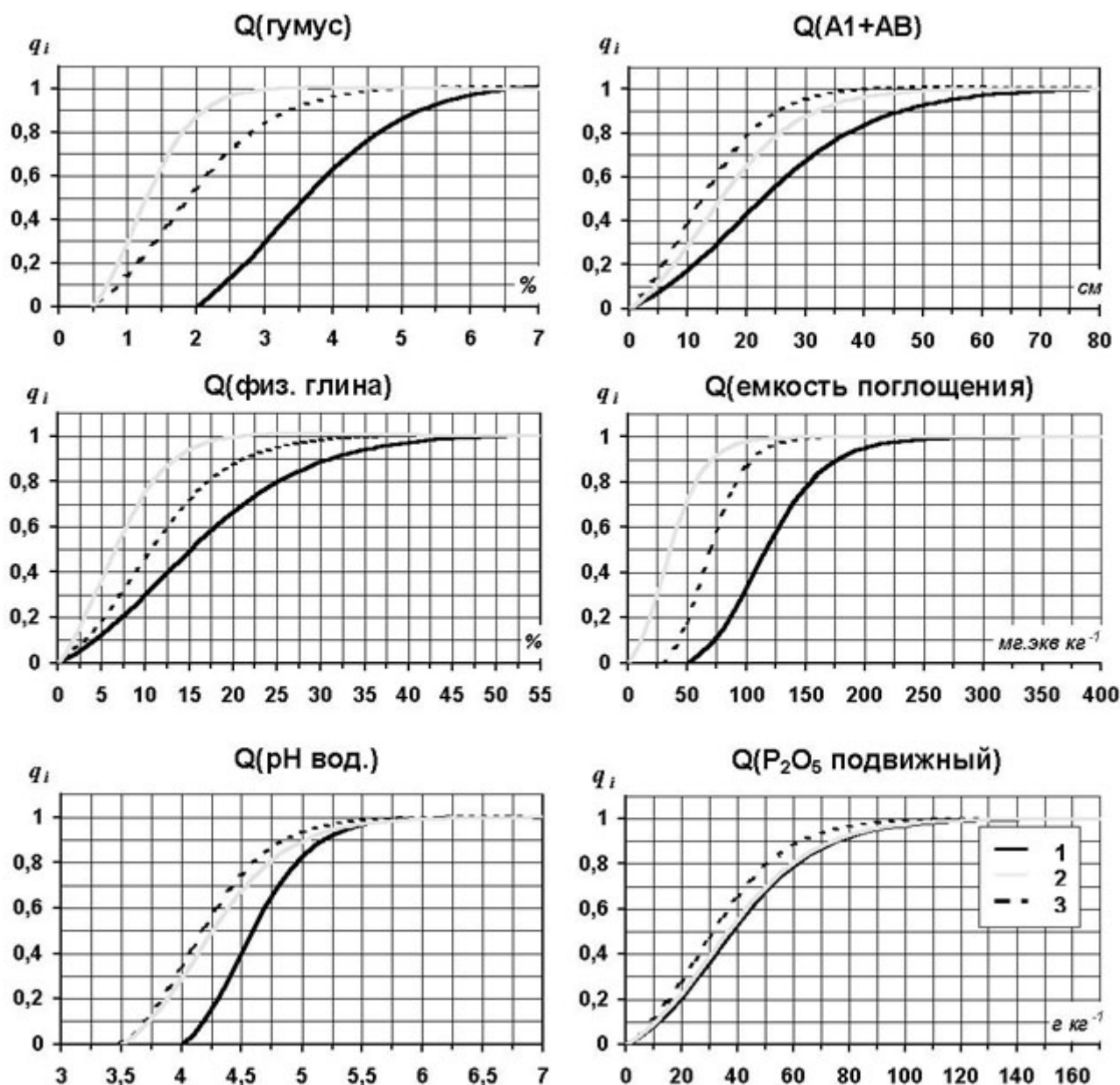


Рис. 9.4.1. Графики частной оценки агроэкологического качества земель для выщелочных тяжелосуглинистых черноземов (1), серых лесных суглинистых (2) и супесчаных почв (3), адаптированные для условий Центрально-Черноземного региона России [Васенев и др., 2002].

Адаптация к условиям и задачам хозяйства основных форм ввода и вывода информации, местных нормативов и коэффициентов проводится на основе стандартных форм рамочной структуры АСАОЗ, (рис. 9.4.2 - 9.4.6), нормативно-справочных БД с районированной системой нормативов, опроса специалистов, местных особенностей хозяйства и ретроспективного решения основных расчетно-аналитических задач.

Банк данных эталонных значений

Название района: Название почвы:

№	Название параметра:	Критич. значение:	Оптим. значение:	Индекс влияния:	Криз.скор.деград.:
1.	РН,ед.		6,5	0,2	1,0841
2.	P подвижный,мг/кг	0	160	0,2	0,0169
3.	K обменный,мг/кг	0	121	0,15	0,0271
4.	N-NO3 мг/кг	0	60	0,13	0,0604
5.	Mn подвижный,мг/кг	0	10	0,15	0,3278
6.	Zn подвижный,мг/кг	0	1	0,15	3,2777
7.	Si подвижный,мг/кг	0	1,5	0,15	2,1852
8.	Физическая глина, %	0	45	0,36	0,0433
9.	Сумма агрегатов, %	0	60	0,3	0,0357
10.	Плотность сложения,г/см³	1,6	1,05	0,3	-3,8877
11.	Целлюлозолит. актив-ть, %	60	160	0,3	0,0214
12.	Физический песок, %	0	55	0,02	0,3142

Рис. 9.4.2. Форма заполнения банка эталонных значений в программе РАСКАЗ [Васенев и др., 2002].

Административные районы

Название района	Код провинции
Кореневский	J
Курчатовский	J
▶ Львовский	J
Обоянский	J
Октябрьский	J

Название хозяйства	Название поля
▶ Нива	▶ 1
Восход	
Львовский совхоз	
Львовская опытная станц	

Рис. 9.4.3. Форма провинциальной координации районов области в программе РАСКАЗ [Васенев и др., 2002].

№	Код почвы	Генетический тип почвы	Подтипы
6	L?	серые лесные суглинистые	J,K
7	CHO	черноземы оподзоленные	J,K
8	CHV	черноземы выщелочные	J,K
9	CHT	черноземы типичные	J,K
10	LCH	лугово-черноземные	J,K
11	CHB	черноземы обыкновенные	J,K
40	L?	серые лесные супесчаные	-

Рис. 9.4.4. Форма с перечнем анализируемых типов-подтипов почв в программе РАСКАЗ [Васенев и др., 2002].

Название параметра	Ед. изм.	Учитывать
pH	ед.	True
P подвижный	мг/кг	True
K обменный	мг/кг	True
N-NO3	мг/кг	True
Mn подвижный	мг/кг	True
Zn подвижный	мг/кг	True
Si подвижный	мг/кг	True
Физическая глина	%	True

Описание параметра:

Рис. 9.4.5. Форма с перечнем анализируемых параметров в программе РАСКАЗ [Васенев и др., 2002].

Бланк ввода текущих значений почвенных характеристик

Бланк ввода значений почвенных характеристик

1. Область: Курская 2. Район: Львовский
 3. Хозяйство: Нива 4. Поле: 1
 5. Дата: 15.08.1996 6. Контуров: 2

7. Площадь участка: 1,5
 8. Площадь слабо эрод. почв: 0,1
 9. Площадь средне эрод. почв: 0,3
 10. Площадь сильно эрод. почв: 1,1

№	Параметр:	Контур № 1	Контур № 2
	Площадь:	0,7	0,8
	Длина границ:	8	4,2
	Тип почвы:	серые лесные супесчаные	серые лесные супесчаные
1.	pH	4,7	6,2
2.	P подвижный	84	263
3.	K обменный	41	66
4.	N-NO ₃	87	56
5.	Mn подвижный	47	6

Изменить Сохранить Отмена Закрыть

Рис. 9.4.6. Основная форма "Банка почвенных характеристик" в программе РАСКАЗ [Васенев и др., 2002].

Контрольные вопросы

1. Чем определяются основные задачи автоматизированных систем агроэкологической оценки земель (АСАОЗ)?
2. Какие основные задачи последовательно решаются в рамках автоматизированных систем агроэкологической оценки земель?
3. Что составляет базовые элементы автоматизированных систем агроэкологической оценки земель?
4. Основные принципы построения автоматизированных систем агроэкологической оценки земель?
5. Какие универсальные программные платформы применяются для построения автоматизированных систем агроэкологической оценки земель?
6. Какие 3 этапа оценки почв и земель предусматривают "рамочные" (framework) рекомендации ФАО?
7. Как достигается однозначная идентификация объекта анализа в АСАОЗ?
8. На чем основывается создание основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации в АСАОЗ?
9. Принципиальные составляющие системы координации объектов анализа в автоматизированных системах агроэкологической оценки земель?
10. Как формируются и заполняются нормативные базы данных шкал и эталонных значений основных диагностических показателей оценки?
11. Что в себя включают федеральные компоненты нормативных баз данных?
12. Что относится к региональным компонентам нормативных баз данных?
13. Как формируются локальные компоненты нормативных баз данных?
14. Как проводится верификация и настройка базовых расчетных алгоритмов?
15. Как проводится адаптация к условиям и задачам хозяйства основных форм ввода и вывода информации, местных нормативов и коэффициентов оценки?

Глава 10. Применение геоинформационных и информационно-аналитических систем для агроэкологической оптимизации агроландшафта

- 10.1. Базовые задачи и определения геоинформационного обеспечения
- 10.2. Базовые определения геоинформационных систем (ГИС)
- 10.3. Формирование региональных систем геоинформационного обеспечения
- 10.4. Формирование локальных систем геоинформационного обеспечения
- 10.5. Базовое программное обеспечение
- 10.6. Региональные базы данных и ГИС для агроэкологического районирования земель
- 10.7. Автоматизированные системы агроэкологической оценки и типизации земель

10.1. Базовые задачи и определения геоинформационного обеспечения.

Повышенная актуальность информационно-методических вопросов ускоренной разработки, региональной апробации и широкого освоения базовых элементов геоинформационного обеспечения для адаптивно-ландшафтных систем земледелия разного уровня (рис. 10.1.1) обусловлена насущной необходимостью оперативного решения сложных задач системного анализа и картографической визуализации географически привязанной и тематически разноплановой информации - при проектировании и текущей корректировке ключевых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, агротехнологических карт и агротехнологий, обеспечивающих оптимальную рентабельность и минимальные риски производства в хозяйстве.

Массовое эффективное решение подобных задач возможно лишь при использовании современных информационных технологий автоматизированной обработки, организации и визуализации детально дифференцированной информации - в рамках специализированных геоинформационных и информационно-справочных систем (ГИС, ИСС), настроенных на формирование поливариантных прогнозов и оперативно обновляемых карт в почвенно-агроэкологических и технологических условиях конкретного региона и хозяйства.

Специализированное региональное геоинформационное обеспечение для проектирования и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия ориентировано на решение проектных и оперативных оптимизационных задач земледелия в рамках определенного административного (или природно-хозяйственного) региона, включает рационально запрограммированные алгоритмы оптимизационных решений (учитывающие местную специфику хозяйств и рабочих участков региона) и содержит всю необходимую нормативно-справочную информацию для эффективного решения проектных и оптимизационных задач в условиях конкретных хозяйств региона и/или инструментарий для ее оперативной корректировки и занесения.

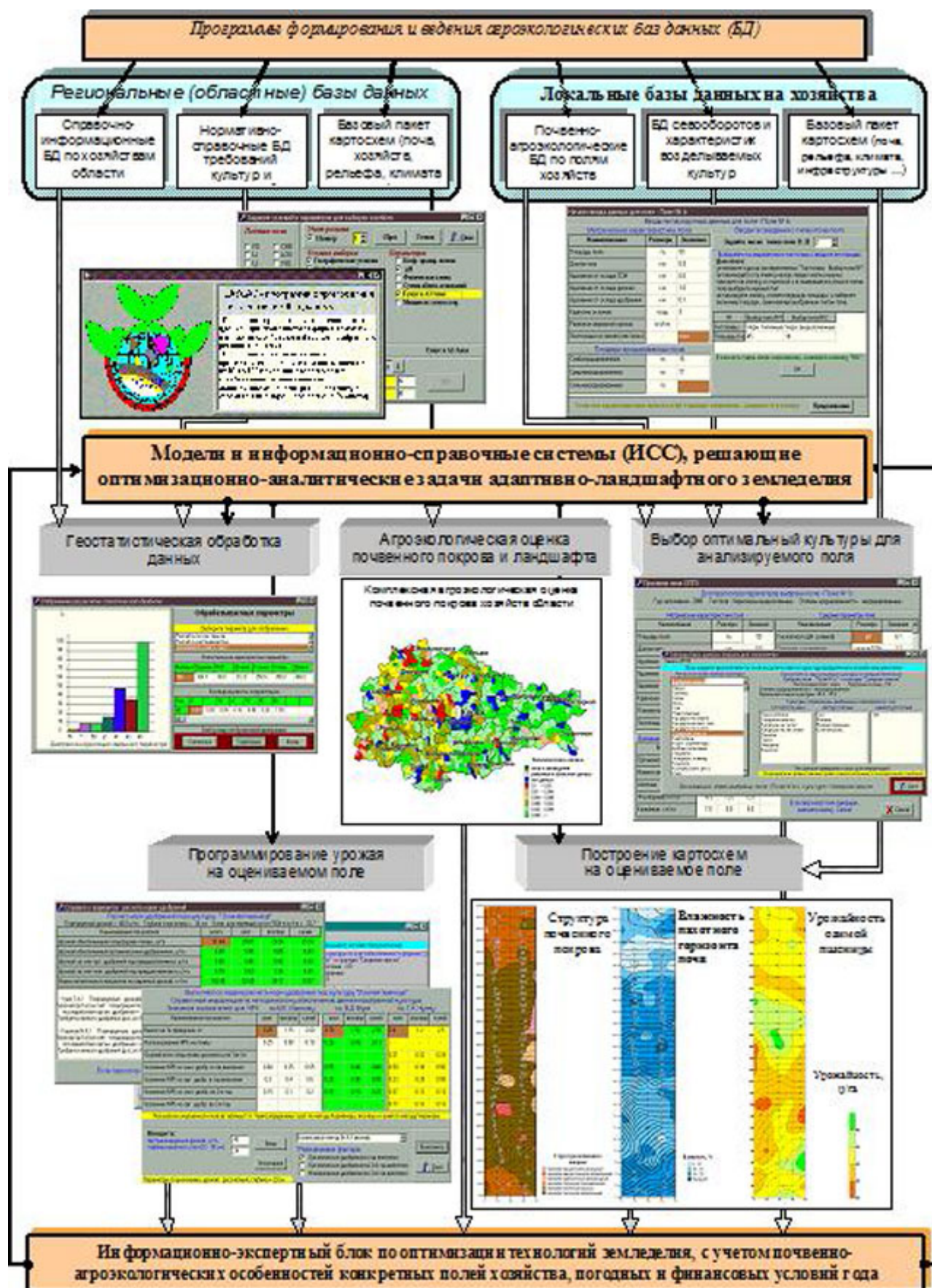


Рис. 10.1.1. Базовые элементы геоинформационного обеспечения для адаптивно-ландшафтных систем земледелия разного уровня [Васнев, 2004].

Геоинформационное обеспечение задач проектирования и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия на уровне хозяйства включает: (а) базовый пакет оцифрованных картосхем землеустройства, почвенного покрова (и ландшафта), рельефа, агроклимата и производственной инфраструктуры хозяйства; (б) базу данных почвенно-агроэкологической информации по полям (рабочим участкам, агроландшафтным выделам) хозяйства, отраженным на его карте землеустройства и почвенно-ландшафтной карте; (в) информационно-аналитические модули автоматизированного решения проектных и оперативных задач адаптивно-ландшафтного земледелия; (г) базовые модули общей системы управления базами данных, обеспечивающие оперативную запись, корректировку, обмен, считывание, выборку, представление, распечатку и визуализацию информации.

10.2. Базовые определения геоинформационных систем (ГИС).

Базовое определение геоинформационной системы (ГИС) подразумевает аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий систематизацию, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Для работы более удобно операционное определение ГИС: совмещение электронной карты и привязанной к ее выделам или координатам компьютерной базы данных, система управления которой предусматривает возможности специализированной обработки и импорта-экспорта информации.

Среди всего разнообразия геоинформационных систем (ссылки на основные Интернет-источники справочной информации см. в табл. 10.2.1) выделяются растровые и векторные виды ГИС - отличающиеся принятой в них системой координат и типом цифрового представления (оцифровки) информации. Оба вида ГИС активно применяются в геоинформационном обеспечении адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Таблица 10.2.1. Перечень основных Интернет-ресурсов по вопросам ГИС (обобщение Д. Козлова)

http://www.gisa.ru/wbuch.html	Словари картографической терминологии (ГИС, ЦМР, оверлей, и др.)
http://www.gis.report.ru	Аннотированные ссылки на сайты ГИС-тематики
http://www.gis-lab.info	Сайт для профессионалов и любителей в области Геоинформационных систем (ГИС) и Дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).
http://www.esti-map.ru/	Эсти-Мар - официальный российский представитель MapInfo (описания всего семейства продуктов MapInfo, последние новости, цены и др.)
http://www.dataplus.ru/	Дата+ - официальный дистрибьютор компаний ESRI, LEICA Geosystem. Информация и руководства по ArcView, ArcGIS, ERDAS Imagine. Литература, статьи, форумы.
http://gisa.ru/assoc.html	Гис-Ассоциация. Последние новости в мире геоинформационных технологий, конференции, библиотека, статьи, и даже предложение/поиск работы
http://www.geocomm.com/	Единое хранилище географических программ и данных

Растровые ГИС основаны на одноименной системе координат - положенной на карту сплошной сетке (grid) со стандартным шагом опробования, каждая ячейка (пиксель) которой имеет две уникальные (в данной комбинации свойственные только ей) координаты (x и y). Как правило, эти ячейки имеют квадратную или прямоугольную форму и являются элементарным пространственным объектом, которому в однозначное соответствие поставлены определенные для него данные специализированной базы данных ГИС.

Растровые ГИС активно используются для геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия на уровне от региона до хозяйства и поля, поскольку они позволяют: (а) легко визуализировать на картах табличную информацию из связанных с ними баз данных; (б) проводить логические (*если ..., то ...*) и алгебраические действия (*сложение, вычитание, ...*) различных тематических слоев карт (*например, почв и крутизны склона*), часто имеющих различную пространственную организацию

(*несовпадение границ исходных картографических выделов*) - с формированием новых тематических слоев оценочной или технологической информации.

Векторные ГИС основаны на точечном (*а не сеточном*) представлении информации. В виде ее элементарных пространственных носителей выступают точки, линии и полигоны (или участки). Каждая точка обладает "точными" координатами (*их точность определяется качеством исходной карты и компьютера*). Точки объединяются в линии. Замкнутые линии образуют полигоны. В результате легко и с большой точностью определяется площадные и линейные измерения, что активно используется в векторных пакетах геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия - для уточнения реальных площадей полей (рабочих участков и севооборотов), планируемых объемов применения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений, валового сбора урожая, общих и дифференцированных затрат на его получение, рационального размещения лесополос, полевой дорожной сети и объектов производственной инфраструктуры хозяйства.

10.3. Формирование региональных систем геоинформационного обеспечения.

Формирование региональных систем геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия подразумевает последовательное решение следующих научно-исследовательских и проектных задач.

Подбор и оцифровка базового картографического материала охватывает среднемасштабные (от 1:200 000 до 1: 500 000) карты землепользования, рельефа, почвенного покрова и существующих схем районирования. При наличии доступных оцифрованных карт проводится их проверка, корректировка и уточнение. Наряду с этим, создаются отдельные слои точечных объектов (*в частности - станций и пунктов метеонаблюдений*).

Формирование агроэкологических баз данных (БД) по хозяйствам области (*региона*) предусматривает уточнение стандартной (рамочной) структуры БД и ее заполнение - по картам землепользования, архивным материалам Земкадастра (Земпроекта), статистической отчетности, генерализованным почвенным и агрохимическим картам, региональным обзорам.

Верификация базовых расчетных алгоритмов и структуры нормативно-справочных БД - с учетом агроэкологических особенностей земель региона, основного набора выращиваемых культур, их агроэкологических требований и технологий их выращивания.

Формирование нормативных баз данных включает компьютерный агроклиматический справочник, региональные БД агроэкологических требований культур (рис. 10.3.1), районированных агрохимических, агрофизических, экономических и экологических нормативов и коэффициентов, используемых в аналитических алгоритмах геоинформационного обеспечения.

Характеристики с/х культуры

Выберите из списка название с/х культуры

Определите эту культуру к какой либо группе -->

Внимание! Если в списке нет нужной Вам культуры, наберите новое название, нажмите кнопку "OK", затем повторите выбор из списка

Прочтите для информации названия с/х культур, содержащиеся в базе. Имя уникально!!!

Нормативы окупаемости с/х показателей (ВНИИЗ и ЗПЭ, 2000 г). ц на 1 мг/кг значения показателя

Тип почвы	азот	фосфор	калий
Св. серые и серые лесные	0.19	0.20	0.22
Темные лесные, Черноземы оподзоленные	0.21	0.22	0.24
Черноземы выщелоченные и типичные	0.23	0.24	0.26

Смотрите и коррект. параметры СХК -Озимая пшеница

Периоды вегетации {1,2} начало конец

количество	номер-->	начало		конец	
		день	месяц	день	месяц
2	весна	15	4	15	7
	осень	1	9	12	10

Полевые коэффициенты

Коэффициент водопотребления, мм га/ц	350
Калорийность с/х культуры, ккал/кг	4500
Сумма частей основной и побочной продукции	2.5
Стандартная влажность с/х культуры, %	14

Коэффициенты использования NPK

Название коэффициента	азот	фосфор	калий
Вынос NPK с урожаем, кг/ц	3.4	1.2	2.5
Использование NPK из орг. удобр. в 1 год	0.25	0.30	0.50
Использование NPK из орг. удобр. во 2 год	0.20	0.15	0.10
Использование NPK из мин. удобр. в 1 год	0.50	0.18	0.50
Использование NPK из мин. удобр. во 2 год	0.0	0.10	0.20

Внимание! Разделителем при заполнении является "точка"

Рис. 10.3.1. Форма характеристики сельскохозяйственных культур из региональной БД агроэкологических требований культур.

Формирование производных агроэкологических карт, прогнозов, оценок, систем районирования территории и нормативов, используемых в информационно-аналитических модулях регионального и локального геоинформационного обеспечения АЛСЗ. При формировании новых карт активно используются логические и алгебраические операции с тематическими слоями базового картографического материала и сопряженными данными агроэкологических БД - в системах растровых ГИС-приложений.

Создание основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации - основывается на содержании анализируемой информации, основном перечне прогнозируемых агроэкологических проблем и технологических решений, рационально увязывается со структурой хозяйства (система деления на отделения, бригады, поля, участки ...), историей полей (рис. 10.3.2) и технологией автоматизированного формирования и обновления их содержания.

Дозы внесения удобрений по годам (за 10 лет)						История поля за 10 лет		
Год\Вид	Орган., т/га	Извес., т/га	Азотные, кг/га	Фосфор., кг/га	Калийн., кг/га	Годы	Культура	Урожай, ц/га
2002	0	0	0	0	0	2002		
2001	0	0	0	0	0	2001	Горох	13.0
2000	0	0	17.45	0	0	2000	Ячмень	23.6
1999	0	0	52.35	0	0	1999	Сахарная свекла	230
1998	0	0	0	0	0	1998		
1997	0	0	0	0	0	1997		
1996	0	0	0	0	0	1996		
1995	0	0	0	0	0	1995		
1994	0	0	0	0	0	1994		
1993	0	0	0	0	0	1993		

Шелчок по этой кнопке дает сдвиг в таблице удобрений на один год (влево)

Если все данные на этой странице заполнены, нажмите кнопку "Завершение"

Выполняются действия по просмотру/корректировке поля

Рис. 10.3.2. Форма истории поля в программе ЛИССОЗ.

Решение технологических вопросов автоматизированного обновления табличной и картографической информации, обмена информацией с сопряженными системами регионального и локального уровня.

10.4. Формирование локальных систем геоинформационного обеспечения.

Формирование локальных систем геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия подразумевает последовательное выполнение следующих научно-исследовательских и проектных операций.

Подбор и оцифровка базового картографического материала включает крупномасштабные (от 1:10 000 до 1: 25 000) карты землеустройства, рельефа (изолинии на топографической или землеустроительной карте), почвенного покрова (почвенная или почвенно-ландшафтная карта), дорожной сети и производственной инфраструктуры (с топографической и землеустроительной карты), разномасштабные материалы аэрофотосъемки. При необходимости, проводится инструментальное уточнение координат основных точек и границ - с помощью спутникового навигатора. На их основе, в рамках локальной ГИС, выполняется согласование (расчетная корректировка) основных границ и привязок исходно разнородного картографического материала.

Создание производных карт агроэкологических условий:

- крутизны, экспозиции и формы склонов - по изолиниям рельефа;
- агроклимата - на основе карт рельефа и региональной БД по климату.

Формирование первичной агроэкологических базы данных (БД) по полям и рабочим участкам хозяйства (агрландшафтным выделам на его территории). Уточнение стандартной (рамочной) структуры БД и ее заполнение - по материалам специальных полевых обследований, существующих почвенных, агрохимических карт, предыдущих землеустроительных и мелиоративных проектов, планов освоения и ведения систем земледелия, агротехнологических карт, книг истории полей и опроса специалистов, расчета урожайности основных сельскохозяйственных культур (рис. 10.4.1).

Верификация и уточнение (с учетом особенностей хозяйства) расчетных алгоритмов и нормативно-справочных БД для агроэкологической типизации земель и адаптивно-ландшафтного землеустройства;

Создание проектных агроэкологических карт:

- агроэкологической типизации земель - на основе карт рельефа, климата, почв (почвенно-ландшафтной карты), аэрофотоснимков и полевых обследований (первичного, основного и проблемных ситуаций), алгоритмов расчета и первичной агроэкологической БД по полям и участкам хозяйства;
- нового землеустройства, с выделением полей и рабочих участков - на основе карты агроэкологической типизации земель, уточненной специализации хозяйства, требований выращиваемых в хозяйстве культур, регламентов земледелия и консультаций со специалистами и руководителями хозяйства.



Рис. 10.4.1. Вывод на экран результатов расчета потенциального урожая, обеспеченного приходом ФАР, запасами продуктивной влаги и комплексом агроклиматических условий в программе ЛИССОЗ.

Уточнение структуры и заполнение-корректировка проектной агроэкологической БД - по новой системе полей и рабочих участков хозяйства (на основе новых карт проектного землеустройства, агроэкологической типизации земель, структуры и материалов первичной агроэкологической БД, материалов полевых обследований и специальных расчетов).

Создание оценочных агроэкологических карт:

- агрохимического состояния земель (содержания гумуса, подвижных форм NPK и, по показаниям, лимитирующих микроэлементов, основных диагностических показателей почвенного поглощающего комплекса (ППК) - кислотности или щелочности, солонцеватости, ...) - на основе карты землеустройства, табличных материалов почвенно-агрохимического обследования;
- фитосанитарного состояния земель (общего уровня и основных видов засоренности, текущего и/или потенциального распространения вредителей и болезней) - на основе карты землеустройства, табличных материалов фитосанитарного обследования, специальных расчетов и текущих наблюдений.

Адаптация к условиям и задачам хозяйства основных форм ввода и вывода информации, местных нормативов и коэффициентов - на основе стандартных форм рамочной структуры локальных систем геоинформационного обеспечения АЛСЗ, нормативно-справочных БД с районированной системой нормативов, опроса специалистов, местных особенностей хозяйства и ретроспективного решения основных расчетно-аналитических задач.

Формирование компьютерной книги истории полей и участков - на основе первичной агроэкологической базы данных (БД) по полям и рабочим участкам хозяйства, в соответствии с

новой системой полей и рабочих участков, и с привлечением профильных специалистов хозяйства, существующих агрохимических паспортов и рукописных книг истории полей (см. рис. 10.3.2).

Отработка технологии автоматизированного проектирования базового размещения **севооборотов** по полям и рабочим участкам хозяйства и их оперативной корректировки (в системе земледелия) - на основе проектной агроэкологической БД по полям и рабочим участкам хозяйства, компьютерной книги истории полей и системного алгоритма оптимизации выбора севооборота и культуры для условий конкретного рабочего участка, обеспеченного нормативным и расчетным материалом нормативно-справочных БД и аналитических модулей урожайности, применения удобрений, выбора и адаптации агротехнологий и расчета технологических затрат.

Отработка технологии автоматизированного подбора и адаптации к условиям рабочих участков **базовых агротехнологий** - на основе БД агроэкологических требований культур, проектной агроэкологической БД по полям и рабочим участкам хозяйства, БД базовых агротехнологий, аналитических модулей урожайности, применения удобрений, выбора и адаптации агротехнологий и расчета технологических затрат.

Отработка технологии автоматизированного проектирования и оперативной оптимизации систем применения удобрений (рис. 10.4.2), обработки почв (рис. 10.4.3-10.4.5), применения средств защиты растений (с учетом особенностей участка) - на основе рассмотренных ранее агроэкологических баз данных и алгоритмов их анализа, с дополнением частных информационно-аналитических модулей оперативной оптимизации систем обработки почв и применения средств защиты растений, и данных компьютерной книги истории полей.

Расчет норм внесения удобрений под культуру - "Озимая пшеница" осуществляется по рекомендациям ЦИНАО за 2000 г с соответствующими им нормативными данными и характеристиками заданных поля и культуры

Вводите планируемую урожайность, ц/га

Норма питательного вещества на заданный урожай, кг/га

всего	азот	фосфор	калий
230.14	117.81	55.29	57.04

Таблица базы данных открыта для заполнения

Комплексные задачи | Просмотр поля/культуры | Справки | Автономные задачи | Результат решения

Все задачи выполняются только для полей и культур выбранного хозяйства региона

Авторское право выбора культуры

Выполняется задача расчета норм удобрений на заданный урожай
 Выбрано поле - "01-2-5-3" и культура "Озимая пшеница"
 Тип почвы - Черноземы типичные Экспозиция поля - южн.
 Крутизна склона - 2 Степень эродированности - Слабоэродированные
 Период вегетации культуры: 1.9 - 12.10 15.4 - 15.7

Информация о выполненных задачах

- Задача выбора поля и культуры по предшественнику. Выбрано поле - 01-2-5-3 и культура - Озимая пшеница
 - Задача расчета потенциального урожая. Урожай в ц/га, обеспечиваемый приходом ФАР = 68.95, продуктивной влагой = 66.58, приходом ФАР и агроклиматическими условиями = 56.34
 - Задача расчета норм внесения удобрений под урожай 50.0 ц/га. Требуется внести удобрений (д.в.) кг/га: азота 94.2, фосфора 35.4, калия 51.5
 - Задача расчета урожайности с/х культуры. При внесении суммарных NPK (д.в.) кг/га от всех видов удобрений, соответственно: N = 79, P = 38, K = 53 - урожайность составила 50.8 ц/га, а эффективность 6087.8 рублей.

Внимание! Первой выполняется задача "Ввод поля и выбор культуры по предшественникам". Выберите задачу для решения в меню задач - "Комплексные задачи"

Выполняется задача расчета урожайности с/х культуры

Рис. 10.4.2. Вывод результатов расчета норм удобрений на заданный урожай и протокола решения задач на данном поле в рамках программы ЛИССОЗ.

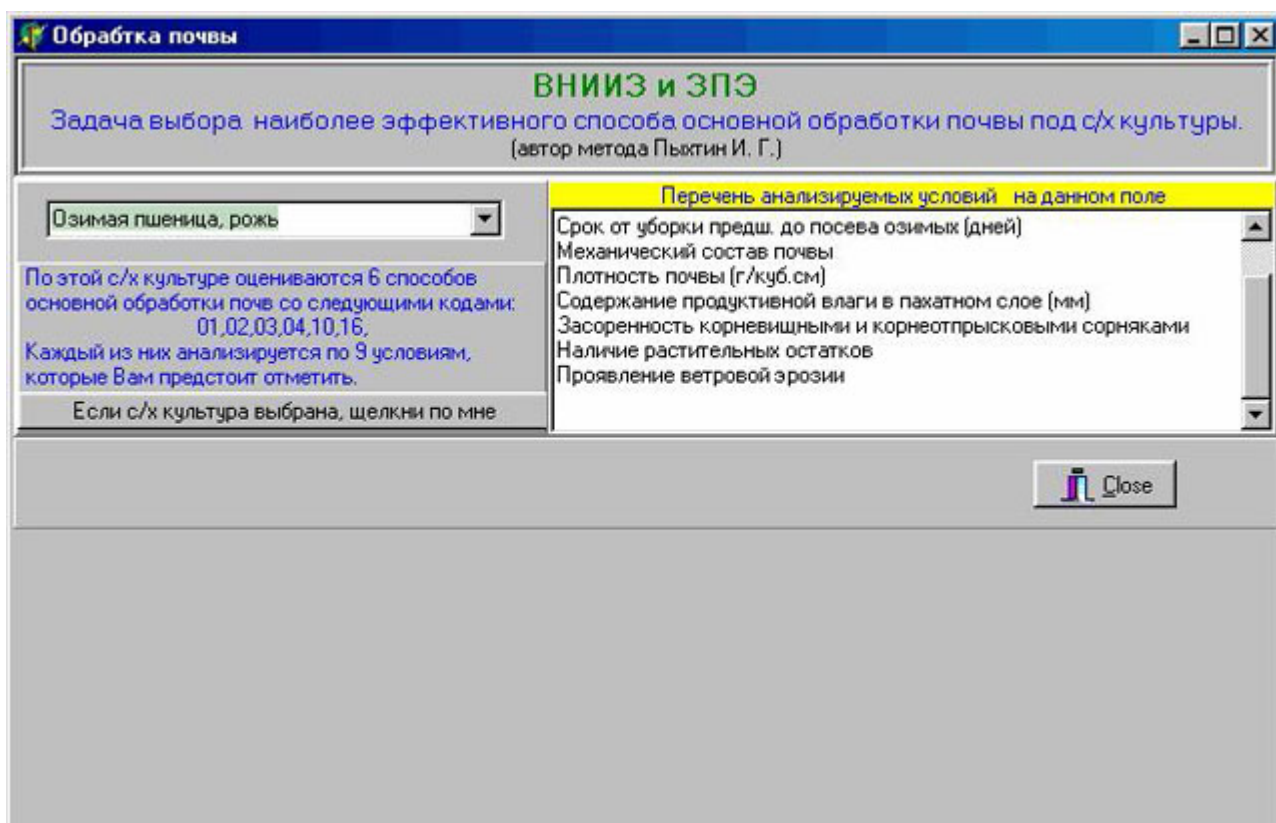


Рис. 10.4.3. Основная форма анализа условий при выборе оптимальной системы обработки почв в программе ЛИССОЗ.

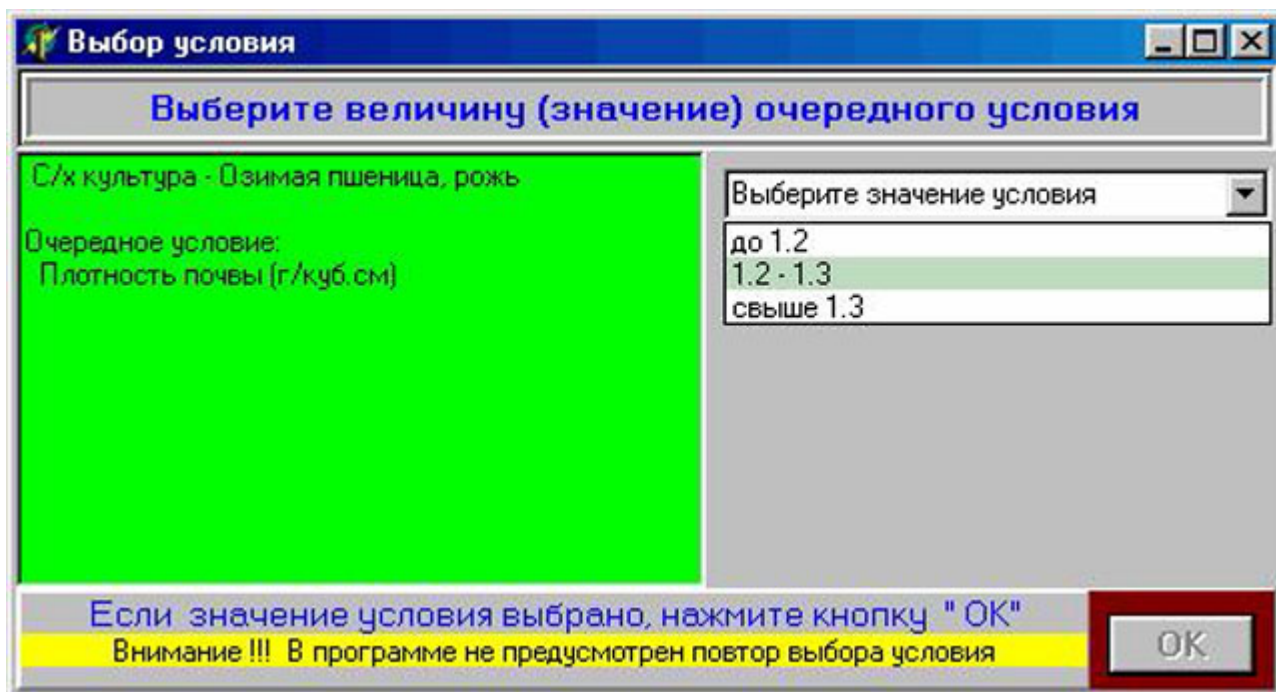


Рис. 10.4.4. Форма выбора условий при решении задачи по выбору оптимальной системы обработки почв в программе ЛИССОЗ.

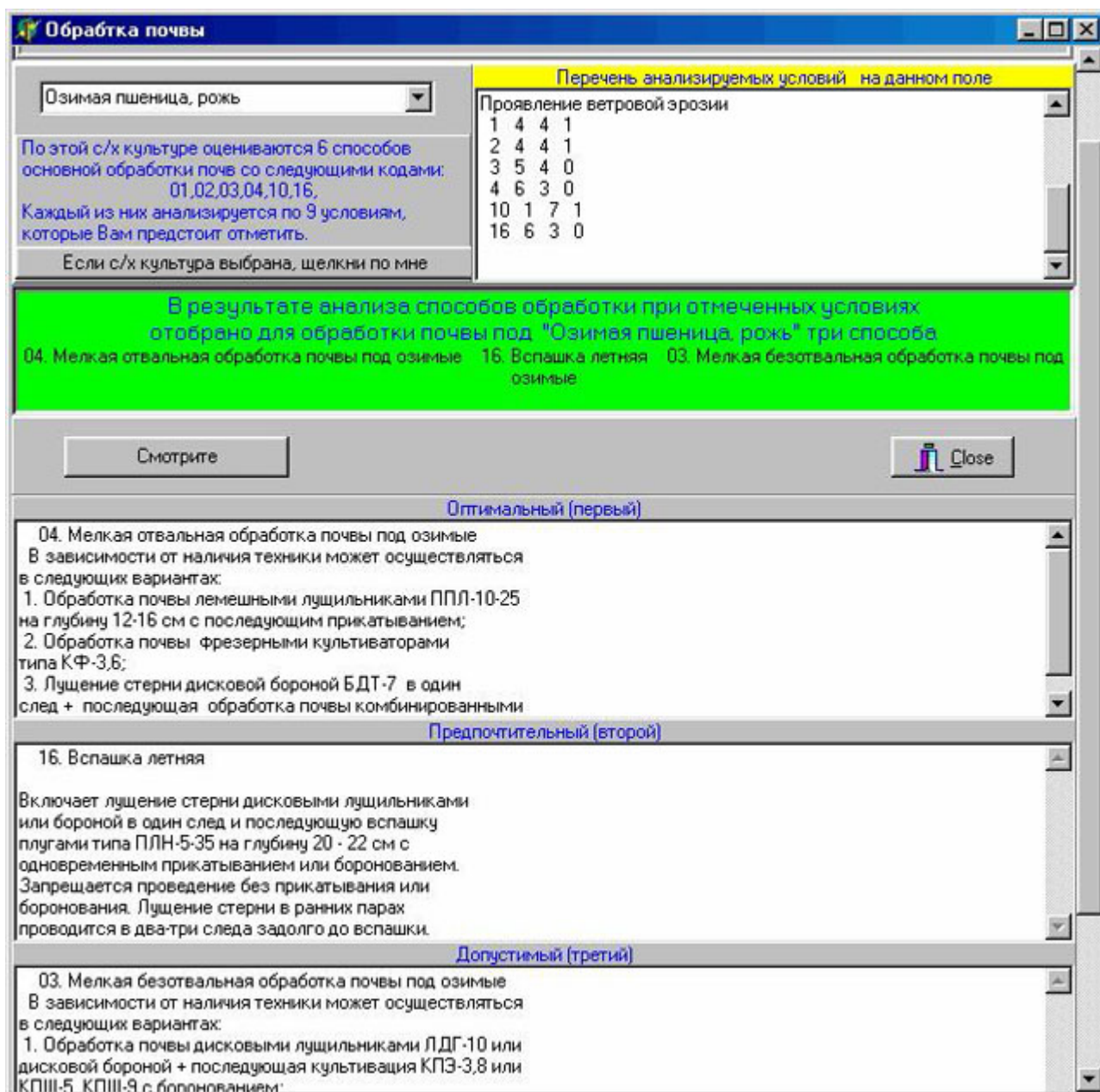


Рис. 10.4.5. Иллюстрация работы программы по выбору оптимальной системы обработки почв в рамках программы ЛИССОЗ.

Создание проектных агротехнологических карт:

- структуры севооборотов - на основе карты землеустройства, проектной агроэкологической БД и автоматизированного проектирования базового размещения севооборотов по полям и рабочим участкам;
- мелиорации земель - на основе карты землеустройства, проектной агроэкологической БД и алгоритмов анализа проблемных ситуаций;
- ежегодного размещения культур - на основе структуры севооборотов и алгоритмов их оперативной корректировки - выбора культуры;
- базовых агротехнологий - на основе карты размещения культур, проектной БД и алгоритмов автоматизированного подбора и адаптации к условиям рабочих участков базовых агротехнологий;
- применения удобрений - на основе карты севооборотов, проектной БД и алгоритмов оперативной оптимизации применения удобрений (рис. 10.4.6);
- планового и оперативного применения средств защиты растений - на основе карты размещения культур, проектной БД и алгоритмов автоматизированного проектирования и оперативной оптимизации применения средств защиты растений в условиях конкретного участка;
- планируемой и реальной урожайности и валового сбора культур - на основе карты культур, проектной БД и книги истории полей;

- планируемых и реальных затрат и рентабельности производства - на основе карты культур, проектной БД, алгоритмов автоматизированного проектирования-анализа агротехнологий, книги истории полей.

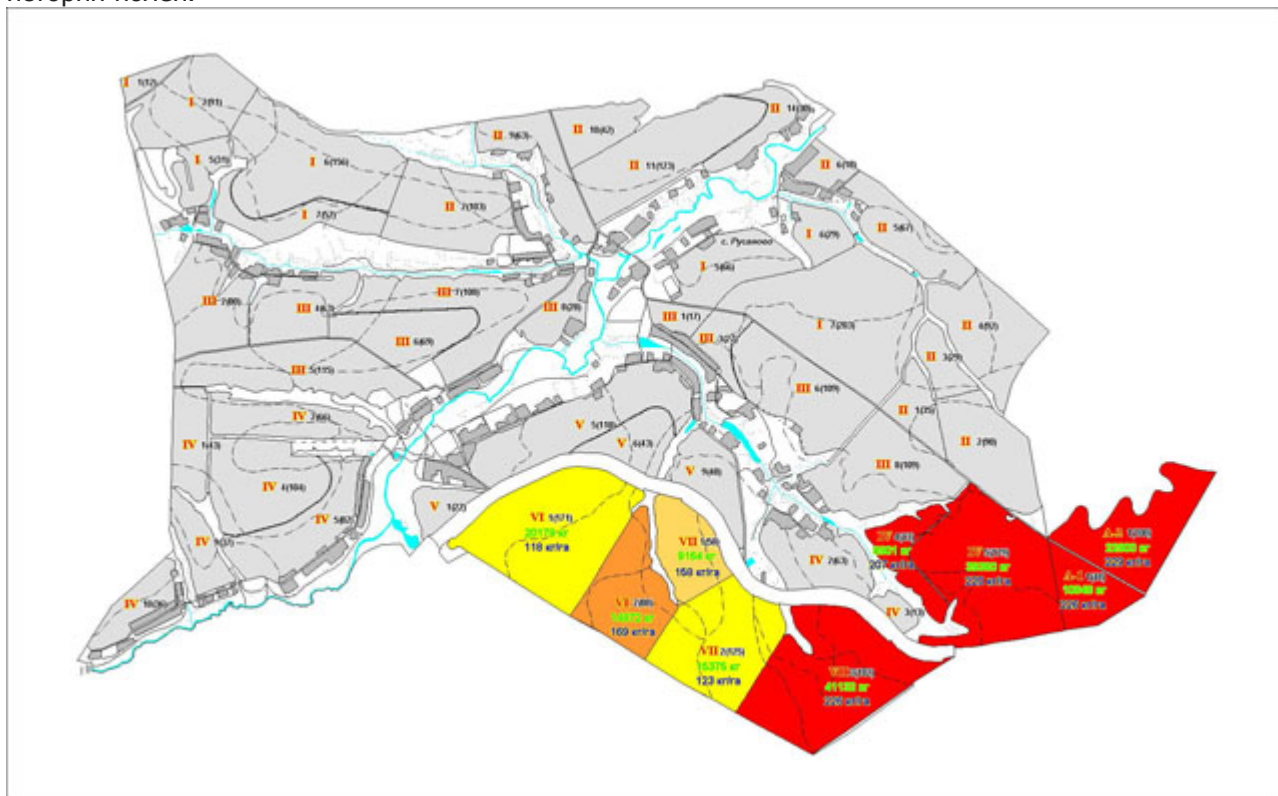


Рис. 10.4.6. Распечатка электронной картосхемы известкования почв на полях, выделенных под сахарную свеклу в 2003 г. в СХПК "Комсомолец" (Курская область)

Отработка технологии системного автоматизированного анализа рентабельности производства на полях и рабочих участках хозяйства - с учетом агроэкологических особенностей полей и участков, выращиваемых на них культур и сортов, применяемых агротехнологий, погодных условий года, выявленных технологических нарушений и текущей системы цен - на основе данных предыдущих этапов анализа.

Согласование процедуры обновления и обмена информацией с сопряженными информационно-справочными системами и программами (бухучета, статучета, специализированными системами текущего учета, оценки и планирования сельскохозяйственной деятельности).

10.5. Базовое программное обеспечение.

Базовой программной основой ("оболочкой") для формирования специализированного геоинформационного обеспечения задач проектирования и оперативной корректировки адаптивно-ландшафтных систем земледелия служат базовые ГИС-приложения и технологические платформы программирования, обеспечивающие удобную визуальную среду для формирования специализированных баз данных, геоинформационных и информационно-справочных систем. В свободном доступе на рынке программ имеется большая группа универсальных и специализированных базовых ГИС-приложений, широко используемых для решения различных инвентаризационных и проектных задач землепользования: ArcInfo, MapInfo, IDRISI, ILWIS, LORIS. Наибольшим спросом пользуются сравнительно недорогие ГИС, обеспечивающие работу в обеих системах координат и удобную конвертацию данных (табл. 10.5.1).

Оптимальным вариантом базовой оболочки ГИС для решения средне- и крупномасштабных землеоценочных, проектных и текущих оптимизационных задач земледелия является программа MapInfo. Она характеризуется наилучшим соотношением стоимости базового

ГИС-обеспечения, уровня требований, предъявляемых им и к нему - с учетом доступного качества исходных и требуемого качества выходных картографических материалов, реального кадрового и финансового обеспечения работ в современных условиях России.

Таблица 10.5.1. Ведущие разработчики программного обеспечения для работы с пространственными данными (обобщение Д. Козлова)

Название компании	Название продукта	Сайт компании-поставщика
AutoDesk	AutoDesk CAD Overlay	http://usa.autodesk.com/
BAE Systems	Socet Set	http://www.vitec.com/products/socetset/
Bentley Systems	MicrostationGeoGraphics	http://www.bentley.com/en-us/
Blue Marble Geographics	Geo	http://www.bluemarblegeo.com/index.php
RSI	ENVI	http://www.rsinc.com/
Leica GeoSystems	ERDAS	http://gis.leica-geosystems.com/
ErMapper	ErMapper	http://www.ermapper.com/
ESRI	ArcInfo, ArcGIS	http://www.esri.com/
Clark Labs	IDRISI 32	http://www.clarklabs.org
Intergraph	GeoMedia Professional	http://imgs.intergraph.com/
Manifold	Manifold® System	http://www.manifold.net/
Mapinfo	Mapinfo Professional	http://www.mapinfo.com/
MicroImages	TNTmips	http://www.microimages.com/
Paragon Imaging	ELT	http://www.paragon.com/
PCI geomatics	Geomatica 9	http://www.pcigeomatics.com/
RACURS	PHOTOMOD	http://www.racurs.ru/

MapInfo хорошо совместима с другими ГИС-приложениями и обеспечивает нормальные условия работы в растровой и векторной системах координат. Она удачно русифицирована и относится к недорогим ГИС-приложениям: базовые версии в пределах 60-70 тыс. руб. Имеет широкую сеть дилеров и технического сопровождения в России, специализированные приложения для решения основных геоинформационных задач, удобные версии для лицензированного распространения производных продуктов.

Удобным средством формирования специализированных баз данных и информационно-справочных систем (ИСС) для автоматизированного проектирования и оперативной корректировки адаптивно-ландшафтных систем земледелия является технологическая платформа Delphi - визуальная среда программирования в Windows на языке Object Pascal. Delphi широко распространена в России, обеспечивает дружелюбный интерфейс и удобную систему справок разрабатываемых в ее оболочке программных продуктов. Это делает их легко доступными для эффективного использования профильными специалистами, слабо подготовленными для работы на компьютере. Кроме того, она имеет версии со специальными решениями для лицензированного распространения разработанных на ее платформе продуктов.

В последнее время очень активно развивается перспективная технологическая платформа 1С. В ее рамках уже создаются специальные технологические решения по оптимизации отдельных базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия (ИС "Управление агробизнесом", 2004). Значительным плюсом этой платформы 1С является широкое распространение ее приложений по бухгалтерскому и налоговому учету деятельности. Возможно, со временем она получит самое широкое распространение и в области информационного обеспечения инвентаризационно-оценочных задач и технологических решений сельскохозяйственного производства.

10.6. Региональные базы данных и ГИС для агроэкологического районирования земель.

Региональные базы данных для агроэкологического районирования земель обеспечивают систематизированную запись, хранение, геостатистическую обработку, импорт-экспорт, печать и визуализацию разноплановой информации в разрезе хозяйств, которая необходима для функционально-целевого анализа агроэкологического состояния земель на уровне области и района. Они содержат информацию по всем основным сельским хозяйствам-землепользователям области, структурированным согласно ее административному делению. Исходные записи хозяйств структурируются по факторам агроэкологической оценки земель и основным диагностическим показателям генерализованных почвенных выделов (охватывают не менее 70-80 % территории хозяйства). Они трансформируются в рабочие записи, содержащие не только первичную, но и оценочную информацию.

Основными атрибутами хозяйств в рабочей записи региональной агроэкологической базы данных являются:

- географические координаты, землеустроительная характеристика хозяйств;
- основные показатели рельефа, эрозии (*сельскохозяйственных земель/пашни*);
- средне многолетние данные урожайности и экономики растениеводства;
- средневзвешенные агроэкологические параметры и оценки земель;
- основные диагностические показатели генерализованных выделов почв.

Тематические подмассивы региональной базы данных формируются посредством генерализации, логической и математической обработки первичных статистических, архивных и картографических материалов. Почвенно-агрохимический подмассив - посредством генерализации архивных материалов областных станций агрохимического обслуживания и бюро Земкадастра (ЗемПроекта). Подмассивы данных по общей характеристике земель и экономическим параметрам хозяйств создаются с использованием официальных форм статистической отчетности. Географические координаты хозяйств определяются по электронным или печатным картам среднего масштаба.

Для характеристики климата используются усредненные многолетние данные климатических справочников по метеостанциям и метеопунктам, расположенным на территории области и в непосредственной близости от ее границ, с последующей интерполяцией данных на территорию всех хозяйств области по методу крикинга в геостатистических программных пакетах типа Surfer. Для характеристики урожайности (среднеарифметические, минимумы, максимумы и 80%-ой обеспеченности) используются статистические данные за последние 10-20 лет. Агроэкологическая оценка почв рассчитывается с использованием автоматизированных программ оценки (РАСКАЗ, ALES, ...), адаптированных к условиям региона.

Региональная ГИС агроэкологического районирования земель является ядром региональной системы геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и формируется при систематизации серии базовых электронных карт и сопряженной с ними агроэкологической базы данных по хозяйствам региона. Создаваемые на их основе производные оценочные и прогнозныe карты формируют картографическую основу агроэкологического районирования в виде электронного атласа агроэкологического состояния земель области (региона). Отдельные тематические слои атласа используются для информационно-нормативного обеспечения локальных информационно-справочных систем по оптимизации земледелия в хозяйстве.

10.7. Автоматизированные системы агроэкологической оценки и типизации земель.

Региональные автоматизированные системы агроэкологической оценки земель используют районированные (*например, к зонально- и провинциально-генетическим подтипам почв*) и адаптируемые к местным условиям агроландшафта шкалы и алгоритмы

количественной оценки. Это позволяет оперативно анализировать и сопоставлять между собой информацию, несопоставимую или слабо сопоставимую в исходном виде. Использование гибких аналитических модулей и детально дифференцированной нормативной базы позволяет оперативно настраивать рамочную программу оценки к решению конкретных вопросов агроэкологической типизации и районирования земель той или иной территории и специализации использования.

Принципиальный алгоритм автоматизированной системы агроэкологической оценки земель включает алгоритмы трех уровней оценки:

- алгоритмы частной оценки агроэкологического качества почв и земель - *по их отдельным характеристикам (фазовым переменным);*
- алгоритмы функциональной (факторной) оценки качества земель - *по их функционально-диагностической группам параметров, результатам моделирования или анализа педотрансферных функций;*
- алгоритмы интегральной оценки агроэкологического качества земель - *для однородного ареала земель и неоднородного земельного участка.*

Частные оценки агроэкологического качества земель в системах геоинформационного обеспечения АЛСЗ удобно определять по легко настраиваемым к условиям конкретного типа агроландшафта районированным логистическим уравнениям, аппроксимированным для интервалов "критических - оптимальных" значений параметров. Логистический алгоритм частной оценки отражает известную нелинейность поведения основных агроэкологических функций земель. Он рамочно запрограммирован в программе РАСКАЗ, где хорошо адаптируется к особенностям конкретного региона.

Численное решение алгоритмов частной оценки агроэкологического качества земель выполняется с использованием районированной матрицы эталонов (нормативов), которая состоит из оптимальных и критических значений основных диагностических показателей (ОДП) их агроэкологического состояния и индексов влияния ОДП, которые отражают специфику нелинейного поведения агроэкологической функции в конкретных условиях. Матрица формируется на основе ГОСТов, методических руководств и инструкций, моделей, статистических сборников, публикаций и экспериментов.

Основной алгоритм функциональной автоматизированной оценки агроэкологического качества земель состоит в его мультипликативной оценке как среднегармонического частных оценок по соответствующей функционально-диагностической группе параметров. Он максимально учитывает влияние лимитирующих параметров, с поправками на другие.

Использование методов динамического моделирования и анализа педотрансферных функций перспективно, но в настоящий момент ограничено сравнительно небольшим набором гидро- и агрофизических функций, модели которых верифицированы для условий определенного типа земель. Возможности расширения области их применения ограничены информационной базой анализа (набором численных решений моделей и трансферных функций).

Интегральная оценка качества земель агроэкологически однородного участка рассчитывается как среднегеометрическое включенных в анализ функциональных оценок, отвечающих задачам агроэкологической типизации земель в условиях конкретного хозяйства и агроландшафта. Интегральная оценка качества земель агроэкологически неоднородного участка рассчитывается как средневзвешенная величина интегральной оценки однородных контуров, с поправкой на относительное значение коэффициента неоднородности земель, отражающего степень их агроэкологической контрастности и сложности. Применение средств геоинформационного обеспечения позволяет оперативно анализировать детальную информацию по организации почвенного покрова и почвенно-агроэкологической характеристике земель.

Применение региональных автоматизированных систем комплексного агроэкологического анализа земель (типа РАСКАЗ) в геоинформационном обеспечении агроэкологического районирования и проектирования АЛСЗ позволяет быстро обрабатывать большие и сложно организованные массивы первичных агроэкологических данных, трансформируя их в хорошо упорядоченную и логично интерпретируемую систему сопоставимых агроэкологических оценок.

На основе их легко выявляются и количественно ранжируются проблемные агроэкологические ситуации и лимитирующие параметры земель - формируя гибкую информационную основу детального агроэкологического районирования и микрозонирования. Повышенная открытость рамочной системы оценки предусматривает ее оперативную настройку для работы с новым регионом или технологией земледелия.

Контрольные вопросы

1. Что включает в себя специализированное региональное геоинформационное обеспечение для проектирования и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия?
2. Что предусматривает геоинформационное обеспечение задач проектирования и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия на уровне хозяйства?
3. Базовое и операционное определение геоинформационной системы (ГИС)?
4. Чем отличаются растровые и векторные ГИС?
5. Что определяет качество векторной ГИС?
6. Как формируются агроэкологические базы данных (БД) по хозяйствам области (региона)?
7. Как формируются производные агроэкологические карты?
8. Как происходит подбор и оцифровка базового картографического материала в локальных системах геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия?
9. Что в себя включают проектные агроэкологические карты агроэкологической типизации земель и адаптивно-ландшафтного землеустройства?
10. Как составляются оценочные агроэкологические карты?
11. На основе чего составляются проектные агротехнологические карты?
12. Что составляет базовое программное обеспечение?
13. Как формируются тематические подмассивы региональной базы данных?
14. Основные атрибуты хозяйств в рабочей записи региональной агроэкологической базы данных?
15. Как рассчитывается интегральная оценка качества земель агроэкологически однородного и разнородного участка?

Краткая программа курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Общее описание курса

Курс дополнительной профессиональной подготовки в области агрономии и рационального природопользования.

Целевая аудитория

Отличительной особенностью современных систем земледелия является адаптивно-ландшафтный подход к их разработке, модификации и оперативной корректировке их базовых элементов. Центральным звеном при формировании научно-обоснованных агроландшафтов являются агроэкологическая оценка земель и информационно-аналитические модули поливариантного проектирования основных элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, создание и функционирование которых возможно только при наличии высококвалифицированных специалистов.

Предлагаемый учебный курс предназначен для специалистов аграрного направления как дополнительный образовательный проект, может быть курсом по выбору по специальностям "Агрономия", "Агроэкология", "Почвоведение и агрохимия".

По своему содержанию и целевому назначению этот курс состоит из базовой теоретической части, позволяющей слушателям ознакомиться с принципами системного подхода к организации устойчивых агроэкосистем (с учетом последних достижений в этой области), и практических лабораторных занятий, способствующих формированию у слушателей первичных навыков самостоятельной работы со специализированным программным обеспечением и информационно-аналитическими системами по агроэкологической и геостатистической оценке земель, агроэкологической оптимизации агроландшафта и повышению технологической устойчивости агроэкосистем.

Содержание курса

Современная парадигма и приоритетные прикладные задачи агроэкологии. Современный этап развития земледелия и научно обоснованная организация сельскохозяйственного землепользования. Основные понятия и определения адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Агроэкологическое обоснование систем земледелия. Применение элементов системного анализа и агроэкологического моделирования. Основные виды и систематизация агроэкологических моделей.

Агроэкологическая оценка, типизация, районирование и зонирование земель. Критерии выделения агроэкологических типов и групп земель. Агроэкологические функции почв и земель; факторы и основные диагностические параметры агроэкологической оценки земель. Частные, функционально-групповые и интегральные алгоритмы оценки. Регионально-типологические нормативы оценки. Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель, перспективы применения.

Информационно-методическое обеспечение агроэкологической оптимизации земледелия и агроландшафта. Адаптивно-ландшафтная организация территории. Экологическая регламентация сельскохозяйственного производства. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур, агротехнологий и технологических операций. Инновационные технологии агроэкологической оптимизации и оперативной корректировки базовых элементов систем земледелия. Рамочные информационно-аналитические системы агроэкологической оптимизации земледелия, проблемы их региональной и локальной адаптации к природно-хозяйственным условиям конкретного региона, хозяйства, агроландшафта, поля и участка. Геоинформационные системы для оптимизации агроландшафта.

Прецизионные (точные) системы земледелия. Актуальные задачи и реальные возможности дифференцированного проведения основных технологических операций в пределах одного рабочего участка (поля). Анализ регулируемых и нерегулируемых факторов внутривольного варьирования урожайности. Агроэкологическая и агротехнологическая оптимизация нарезки полей. Анализ экологических

и экономических издержек и рисков разных уровней пространственной дифференциации сельскохозяйственного землепользования. Технические средства оперативного получения и обработки информации. Инновационные технические решения для реализации технологий точного земледелия.

Приоритетные задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия. Анализ регионально-типологических форм элементарных структур почвенного покрова. Геостатистический анализ разноуровневого пространственного варьирования урожайности и агроэкологического состояния почв. Инновационные технологии использование региональных и локальных геоинформационных систем для организации устойчивых агроэкосистем.

Естественнонаучные, информационно-методические, материально-технические и организационно-кадровые проблемы массового освоения инновационных технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия. Региональная природно-хозяйственная специфика. Перспективы и условия применения по различным типам стран.

Требования к уровню усвоению содержания курса (знания, умения, навыки)

- После изучения данного курса, **слушатель должен знать:**
 - Основные понятия и инновационные технологии адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия и организации агроландшафта;
 - Основные виды агроэкологических моделей, геоинформационных и экспертных информационно-аналитических систем;
 - Критерии выделения агроэкологических типов и групп земель в системах адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия;
 - Частные, функционально-групповые и интегральные алгоритмы агроэкологической оценки земель и устойчивости агроэкосистем;
 - Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур, инновационных агротехнологий и технологических операций;
 - Актуальные задачи и возможности агроэкологической оптимизации структуры землепользования и дифференцированного проведения технологических операций в пределах одного поля и рабочего участка;
 - Приоритетные задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения инновационных технологий оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.
- После изучения данного курса, слушатель должен уметь:
 - Проводить агроэкологическую оценку земель с использованием автоматизированных систем оценки;
 - Строить картограммы частной агроэкологической оценки земель с использованием геостатистических программ;
 - Определять площади земельных контуров и участков произвольной формы с использованием геоинформационных систем;
 - Давать оценку потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур в условиях конкретного рабочего участка - с использованием экспертных информационно-аналитических систем;
 - Оптимизировать дозы применения основных элементов питания и форм удобрений - с учетом агроэкологических особенностей земель;
 - Рассчитывать затраты на производство продукции растениеводства планируемой урожайности выбранной культуры в условиях конкретного рабочего участка и года возделывания;

- Разрабатывать практические рекомендации для агроэкологической оптимизации организации агроландшафта, основных элементов земледелия, повышения устойчивости функционирования агроэкосистем;
- Выполнять задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения инновационных технологий оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.

Цели и задачи курса

Цель курса - повышение квалификации специалистов-агрономов (агроэкологов, почвоведов и агрохимиков) в области агроэкологической оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем, с использованием инновационных технологий адаптивно-ландшафтного, прецизионного земледелия и соответствующих средств их геоинформационно-агроэкологического обеспечения.

В соответствие с данной целью решаются следующие **задачи**:

1. Формирование у слушателей базовых знаний структурно-функциональной организации агроландшафта, основных условий и критериев устойчивого функционирования агроэкосистем, системного анализа проблемных агроэкологических ситуаций, агроэкологического моделирования и прогнозирования, ключевых элементов информационно-аналитических модулей и нормативной базы специализированного программного обеспечения, приоритетных задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения инновационных технологий оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.
2. Системный анализ со слушателями современного этапа развития адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия, их агроэкологических требований, технологического и информационно-методического обеспечения, базовых элементов (структура землепользования, севооборотов, системы обработки, применения удобрений и т.д.) и региональной специфики, перспектив развития и применения в конкретных условиях сельского хозяйства различных регионов и стран.
3. Развитие у слушателей навыков практической работы со специализированным программным обеспечением и экспертными информационно-аналитическими системами по агроэкологической оценке земель, анализу и моделированию проблемных агроэкологических ситуаций, оптимизации агроландшафта и базовых элементов адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.
4. Решение со слушателями оценочно-аналитических и экспертно-технологических задач по агроэкологической оценке конкретных земельных участков, анализу лимитирующих факторов их использования, выбору рациональных решений по агроэкологической оптимизации нарезки полей, возделываемой культуры, уровня применяемой технологии и доз удобрений - с учетом агроэкологического паспорта поля, возможных экологических рисков, ожидаемых погодных условий, рентабельности и складывающейся структуры затрат.
5. Формирование у слушателей готовности к постоянной самостоятельной работе по повышению своей профессиональной квалификации в области агроэкологии и оптимизации агроландшафтов с использованием инновационных технологий.

Инновационность курса

Инновационность курса обусловлена актуальностью его содержания и решаемых слушателями задач, инновационным характером применяемых методических подходов и анализируемых технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия, инновационными элементами информационно-методического обеспечения приоритетных задач агроэкологической оптимизации агроландшафта и повышения устойчивости функционирования агроэкосистем.

Сельское хозяйство России и сопредельных стран находится на стадии глубоких технологических преобразований, реализуемых в условиях повышенной открытости региональных рынков,

быстро растущей конкуренции за традиционные и новые рынки сбыта, повышенной нестабильности цен и ускоренного развития агротехнологий.

Быстро меняющиеся условия производства определяют необходимость оперативного анализа больших массивов разноплановой информации для принятия рациональных управляющих решений, снижения экономических и экологических рисков производства.

В рамках данного курса слушатели приобретают минимально необходимый набор базовых знаний о современном этапе развития адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия, перспективах и условиях применения этих инновационных технологий, информационно-методическом агроэкологическом обеспечении разноплановых задач их успешного внедрения. Теоретические занятия сопровождаются лабораторными работами, в ходе которых развиваются навыки практического решения проблемных агроэкологических ситуаций и оптимизационно-технологических задач - с использованием современного программного обеспечения и информационно-аналитических систем.

При создании курса использованы новейшие достижения в области адаптивно-ландшафтного и прецизионного (точного) земледелия, полученные как в России, так и за рубежом. Большое внимание уделяется вопросам современного технологического и информационно-аналитического обеспечению всех рассматриваемых элементов земледелия.

Предусмотрено использование новых учебно-методических материалов, возможностей современных информационно-коммуникационных технологий, мультимедийных средств обучения и специализированного (в том числе, и авторского) программного обеспечения.

Высокая насыщенность курса практическими лабораторными работами с профильными компьютерными программами, неформальное активное обсуждение на семинарах наиболее привлекательных инновационных технологий, узнаваемых проблемных ситуаций на реальных объектах, актуальных проблем развития сельскохозяйственного производства в регионах и хозяйствах слушателей - повышает их текущую заинтересованность и эффективность усвоения представленного материала.

Дифференцированная система промежуточного и итогового контроля с использованием тестов, групповым обсуждением рефератов и результатов компьютерного моделирования обеспечивают равномерно активную работу слушателей в течение всего курса. Необходимые в рамках курса консультации могут осуществляться при очных встречах с преподавателями, в интерактивном режиме по справочникам используемых информационно-аналитических систем и по электронной почте - в процессе самостоятельной работы слушателей над рефератами и учебными задачами.

Структура курса

Продолжительность программы обучения составляет 72 час. На изучение отводится:

- 20 часов лекционных занятий;
- 16 часов семинарских занятий;
- 16 часов лабораторных практических занятий;
- 16 часов самостоятельной работы;
- 4 часа итогового контроля.

Организационно-методическое построение курса

Лекционный курс предусматривает системное изучение общетеоретических и специальных вопросов дисциплины: основные понятия адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия; основные виды агроэкологических моделей; агроэкологическая оценка, типизация и зонирование земель; информационно-методическое обеспечение агроэкологической оптимизации земледелия и агроландшафта; инновационные технологии использование региональных и локальных геоинформационных систем для организации устойчивых агроэкосистем.

Семинарские занятия включают в себя углубленный анализ и активное обсуждение: наиболее типичных проблемных агроэкологических ситуаций; ключевых элементов инновационных технологий агроэкологической оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия; базовых компонентов и алгоритмов их информационно-агроэкологического обеспечения; естественнонаучных, информационно-методических, материально-технических и организационных проблем массового освоения инновационных технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.

Каждое второе семинарское занятие начинается с теста промежуточного контроля знаний по материалам предыдущих занятий. В ходе занятий обсуждаются профильные реферативные работы слушателей. Под руководством преподавателя проводится групповая работа с коллективным обсуждением задач по оптимизации проблемных агроэкологических ситуаций и эскизной проработкой поливариантных сценариев их решения.

Лабораторные занятия предусматривают последовательно организованные работы слушателей на ПК с решением информационно-аналитических задач по количественному анализу проблемных агроэкологических ситуаций, построению электронных агроэкологических картосхем, агроэкологической оценке земель, потенциальной урожайности и оптимизации ключевых элементов агротехнологий и систем земледелия.

Самостоятельная работа слушателей состоит из регулярной подготовки к семинарским занятиям, написания реферата по одной из обсуждаемых на них тем, самостоятельного анализа результатов лабораторных работ, подготовке к контрольному итоговому занятию.

Итоговое занятие. Курс завершается выполнением итогового контрольного задания, защитой реферативной работы, заключительным обсуждением результатов лабораторных работ и коллективным анализом итогов с информационно-методическими выступлениями слушателей.

Темы лекций

Тема 1.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: основные понятия, агроэкологическое обоснование (2 часа).

Тема 2.

Агроэкологическое моделирование: основные виды и систематизация агроэкологических моделей (2 часа)

Тема 3.

Перспективы и условия применения инновационных технологий для организации устойчивых агроэкосистем (2 часа)

Тема 4.

Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур, агротехнологий и технологических операций (2 часа)

Тема 5.

Методологические основы и инновационные технологии прецизионных (точных) систем земледелия (2 часа)

Тема 6.

Агроэкологическая оценка, типизация, районирование и зонирование земель (2 часа)

Тема 7.

Рамочные информационно-аналитические системы агроэкологической оптимизации земледелия (2 часа)

Тема 8.

Приоритетные задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия (2 часа)

Тема 9.

Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель: анализ, моделирование и нормативное прогнозирование проблемных агроэкологических ситуаций (2 часа)

Тема 10.

Применение геоинформационных и информационно-аналитических систем для агроэкологической оптимизации агроландшафта (2 часа)

Темы семинарских занятий

Занятие 1.

Инновационные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия и агроэкологически обоснованной организации агроландшафта (2 часа)

Занятие 2.

Приоритетные задачи, методологические основы и технологическое обеспечение агроэкологического мониторинга и моделирования (2 часа)

Занятие 3.

Критерии и нормативная база выделения агроэкологических типов и групп земель в системах адаптивно-ландшафтного земледелия (2 часа)

Занятие 4.

Основные алгоритмы агроэкологической оценки земель и устойчивости агроэкосистем (2 часа)

Занятие 5.

Инновационные технологии агроэкологической оптимизации и оперативной корректировки базовых элементов систем земледелия (2 часа)

Занятие 6.

Актуальные задачи и возможности агроэкологической оптимизации структуры землепользования и дифференцированного проведения технологических операций в пределах одного поля и рабочего участка (2 часа)

Занятие 7.

Инновационные технические решения для реализации технологий точного земледелия (2 часа)

Занятие 8.

Естественнонаучные и информационно-методические проблемы массового освоения инновационных технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия (2 часа)

Темы лабораторных занятий

Занятие 1.

Анализ проблемных агроэкологических ситуаций с использованием расчетных возможностей стандартного пакета Excel (2 часа)

Занятие 2.

Построение и анализ картограмм частной агроэкологической оценки земель с использованием геостатистической программы Surfer (2 часа)

Занятие 3.

Определение площади земельных контуров и проблемных агроэкологических участков произвольной формы с использованием программы MapInfo (2 часа)

Занятие 4.

Агроэкологическая оценка земель с использованием автоматизированной системы оценки РАСКАЗ (2 часа)

Занятие 5.

Оценка потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур в условиях конкретного рабочего участка - с использованием экспертной информационно-аналитической системы ЛИССОЗ (2 часа)

Занятие 6.

Оптимизация дозы применения основных элементов питания и форм удобрений, с учетом агроэкологических особенностей земель, в рамках программы ЛИССОЗ (2 часа)

Занятие 7.

Расчет и оптимизация затрат на получение планируемого урожая в условиях конкретного рабочего участка и года возделывания (2 часа)

Занятие 8.

Разработка и защита эскизных практических рекомендаций для агроэкологической оптимизации агроландшафта и технологий земледелия - по результатам лабораторных работ 1-7 (2 часа)

Итоговая аттестация

Итоговое контрольное задание, защита рефератов, коллективное обсуждение результатов лабораторных работ и итогов курса (2 часа)

Система контроля знаний

Условия и критерии контроля знаний

От слушателей требуется посещение лекций и семинарских занятий, обязательное выполнение контрольно-тестовых работ. Особо ценится активная работа на семинарских занятиях, что предполагает прочтение накануне занятия указанной преподавателем литературы.

Самостоятельная работа студентов включает изучение дополнительного материала и образовательных Интернет-ресурсов, активное использование контрольных вопросов для систематической самопроверки, подготовку реферативных работ, самостоятельный анализ результатов лабораторных работ, подготовку к итоговому контрольному занятию.

Обязательным является подготовка, написание и успешная защита итогового задания.

Бальная структура оценки

Посещение занятий - 1 балл (лекционные и семинарские занятия в сумме дают 18 баллов)

Оценка активности участия слушателей в семинарских занятиях - до 7 баллов в сумме

Контрольные тесты на 4 семинарских занятиях - по 2-4 балла за каждый (всего до 16 баллов)

Результаты лабораторных работ - по 3 балла за каждую (всего 24 балла)

Реферат и его презентация (от 5 до 15 баллов)

Итоговое контрольное задание - 20 баллов

Всего - 100 баллов

Шкала оценок:

A (5+) - 95 - 100 баллов;

B (5) - 90 - 94;

C (4) - 76 - 89;

D (3+) - 60 - 75;

E (3) - 56 - 59;

FX (2+) - 33 - 55;

F (2) - менее 33.

Показатель		Неудовлетворительно		Удовлетворительно		Хорошо		Отлично	
Кредит	Сумма баллов	F	FX	E	D	C	B	A	
		2	2+	3	3+	4	5	5+	
2	100	< 33	33-55	56-59	60-75	76-89	90-94	95-100	

Пояснение оценок:

A - выдающийся результат

B - очень хороший результат

C - хороший результат

D - достаточно удовлетворительный результат

E - отвечает минимальным требованиям удовлетворительного результата

FX - означает, что слушатель может набрать баллы только до минимального удовлетворительного результата

F - неудовлетворительный результата (либо повтор курса в установленном порядке, либо основание для отчисления).

Аннотированное содержание курса

Содержание лекционного курса (лекции 1-10) соответствует содержанию глав 1-10.

Содержание [семинарских занятий](#)

Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 1. Инновационные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия и агроэкологически обоснованной организации агроландшафта

Новым направлением в агрономической науке является сформировавшаяся в 90-х годах прошлого столетия методология точного земледелия. Появление этого направления было обусловлено прогрессом в области компьютерной техники и информационных технологий, развитием средств космической связи, появлением сельскохозяйственных машин, способных осуществлять дифференцированное управление технологическими операциями.

Очевидно, что увеличение, часто необоснованное норм минеральных удобрений не обеспечивает ожидаемого прироста урожая. Резко возрастают затраты невозполнимой энергии (нефти, газа, угля) на производство единицы продукции, в катастрофических размерах увеличивается загрязнение окружающей среды. В этих условиях вполне естественным было желание учёных как-то уменьшить негативное воздействие на природную среду.

В связи с этим делались попытки ответить на многочисленные вопросы:

- какой оптимальный урожай может быть получен в конкретных почвенно-климатических условиях
- какие для этого следует привлечь ресурсы
- как эффективно управлять формированием урожая
- какие изменения могут происходить с почвой при применении той или иной технологии

Ответы на эти вопросы представляются возможными только при использовании качественно нового подхода, основанного на возможности выбора оптимального решения в результате системного анализа имеющегося агроэкологического комплекса.

Прогресс в области информационных технологий и техники позволил передовым странам быстро перейти на управление производством сельскохозяйственной продукции с помощью компьютерной техники, геоинформационных технологий и использования современных систем связи.

В современном мире выделяются три технологических уровня земледелия:

- первый - обычная практика земледелия, не использующая информационных технологий
- второй - в хозяйстве используются компьютер и программное обеспечение, способное решать экономические задачи, например, рассчитать срок окупаемости инвестиций
- третий уровень считается центральным и подразумевает рациональное принятие технологических решений на основе моделей и разнообразной информации

На третьем уровне возрастает степень автоматизации производства, широко применяются компьютеры и контроллеры. Технологии этого уровня основаны на всестороннем применении информационных технологий в управлении с помощью информационно-управляющих систем. Источники информации делятся на две группы: "on-farm" (карты урожая, почвенные карты, данные от метеопоста и т.д.) и "off-farm" (цены на рынке, модели предсказания вспышек популяций вредителей, экспертные советы и т.д.). Оба эти источника должны быть интегрированы в единую информационную систему, что обеспечивает управляющему лёгкий доступ к данным в момент принятия решений.

Новая ситуация в науке сформировалась благодаря появлению таких программно-аппаратных средств, как глобальная система определения координат со спутников (ГСП) и геоинформационные системы (ГИС), а также появление сельскохозяйственных машин, способных проводить дифференцированную обработку поля. Главное обстоятельство, обусловившее качественный скачок в информационном обеспечении агротехнологий, связано с теми новыми возможностями, которые предоставляют новейшие средства вычислительной и измерительной техники.

Термин "точное земледелие" представляет собой естественное понятие устойчивого земледелия. Процесс получения растениеводческой продукции распределён во времени и пространстве, т.е. осуществляется на некоторой территории и на определённой глубине почвенного покрова. Эта территория не является однородной даже в пределах одного поля или его части. По этой причине технологические операции, производимые на поле, должны быть дифференцированы не только во времени (с учётом изменчивости погодных условий) и по полям севооборота, но варьироваться также и в пределах одного поля.

Принципиальное отличие новой концепции заключается в том, что технология точного земледелия рассматривает каждое сельскохозяйственное поле как неоднородное. Оно разделяется на некоторое количество новых единиц управления, которые являются однородными участками. Суть состоит в том, что для получения с данного поля максимального количества качественной продукции для всех растений этого массива создаются оптимальные условия произрастания с учётом выявленной неоднородности участка.

Концепция повышения эффективности сельскохозяйственного производства на основе учёта пространственной и временной изменчивости параметров плодородия почв и состояния растений лежит в основе ресурсосберегающего и экологически безопасного производства и является перспективным направлением в агрономии. Появление новой технологии было обусловлено возросшими требованиями экологической безопасности земледелия и экономии удобрений и средств защиты растений, а также невозобновляемых ресурсов - горюче-смазочных материалов.

Приложение 2. Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 2. Приоритетные задачи, методологические основы и технологическое обеспечение агроэкологического мониторинга и моделирования

Выбор цели и критериев проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия определяется общей стратегией ведения сельскохозяйственной деятельности в хозяйстве с учётом региональных ориентиров по объёму производства растениеводческой продукции и приоритетов по её видам. Разработано большое количество рекомендаций по системному управлению продуктивностью агроценозов, и важнейшим из способов достижения цели является программирование урожаев. Стратегия программирования урожаев направлена на максимально полное использование разного рода информации для выработки решений на различных временных уровнях и установление порядка целенаправленного вмешательства в формирование агроэкосистемы.

Процесс разработки адаптивно-ландшафтной системы земледелия включает в себя комплекс взаимосвязанных проектных мероприятий:

- работы по типизации земель по плодородию, а также влагообеспеченности и теплообеспеченности
- дифференциация земель по функционально-целевому назначению
- выбор оптимальных соотношений посевных площадей в агроландшафте
- оптимальный выбор культур
- оптимальный выбор севооборотов
- построение адаптивных агротехнологий.

При этом должен быть обеспечен уровень производства растениеводческой продукции и требуемые показатели качества продукции с сохранением устойчивости агроэкосистем.

Центральным и наиболее трудоёмким мероприятием при разработке адаптивно-ландшафтной системы земледелия является выбор из множества возможных сценариев оптимальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Решение этой задачи не только обеспечивает конечный результат, но, по сути, и является тем управлением режимами агроландшафтов, где компромисс между продуктивностью и устойчивостью получает своё окончательное решение.

Планирование сельхозпроизводства подразумевает комплекс задач:

- управление номенклатурой производимой продукции - планируется оптимальная номенклатура и объём производимой продукции на предстоящий годовой период, исходя из текущей и прогнозируемой конъюнктуры рынка и принятой стратегии развития хозяйства
- производство основных видов продукции, её хранение, переработка и реализация
- оптимальное размещение объектов производства заданной номенклатуры на технологических участках - полях, фермах, складах и пунктах переработки продукции
- выбор оптимальных технологий производства, ранения и переработки на технологических объектах
- оптимальное управление параметрами технологических операций

Применение информационной технологии на практике требует наличия двух взаимосвязанных составляющих:

- физико-технического базиса
- программно-математического аппарата

Необходима современная сельскохозяйственная техника, управляемая бортовой ЭВМ и способная дифференцированно проводить агротехнические операции. Нужны приборы точного позиционирования на местности (GPS-приемники), технические системы, помогающие выявить неоднородность поля: автоматические пробоотборники, различные сенсоры и измерительные комплексы, уборочные машины, оборудованные для автоматического учёта урожая, приборы

дистанционного зондирования и другие атрибуты технического базиса информационного обеспечения и реализации агротехнических приемов. Кроме того, все современные компоненты физико-технического базиса для своей работы требуют наличия специализированного программного обеспечения по их эксплуатации.

Последние достижения информатики в области телекоммуникаций, систем, основанных на знаниях компьютерных методов поддержки объективно способствуют созданию принципиально новых программных комплексов, которые могут интегрировать знания и опыт многих специалистов в области агрономии, биологии, сельского хозяйства, и других смежных областях деятельности. Существующий информационно-технический потенциал позволяет разработать и создать компьютерную систему по выработке максимально эффективной и, вместе с тем экологически безопасной адаптивной агротехнологии для каждого поля с учётом вариабельности природных условий и экономических ограничений.

Построению адаптивной технологии предшествует этап расчёта прогнозируемой урожайности на конкретном участке для каждой культуры. Существует пять основных категорий урожая:

- потенциальная
- климатически обеспеченная
- действительно возможная
- программируемая
- производственная

Потенциальный урожай - это продуктивность посева, которая теоретически могла бы быть достигнута при соблюдении всех элементов агротехнологии в идеальных почвенных и метеорологических условиях. Лимитирующим фактором являются биолого-генетические возможности выращиваемой культуры и приход ФАР (фотосинтетическая активная радиация).

Климатически обеспеченный урожай представляет собой ту продуктивность, которая теоретически могла бы быть достигнута при строгом выполнении агротехнологии на идеальной почве при реально складывающихся метеорологических условиях. Уровень климатически обеспеченного урожая лимитируется тепло- и влагообеспеченностью посева.

Действительно возможный урожай характеризует продуктивность посева, которая может быть достигнута при соблюдении агротехнологии в складывающихся метеорологических условиях на конкретном поле. Уровень действительно возможного урожая лимитируется факторами, определяющими плодородие почвы.

Программируемый урожай - категория, служащая для определения такого уровня продуктивности, для которого планируются основные агротехнические мероприятия (нормы удобрений и полива, обработка почвы, применение средств защиты растений и т.п.). Хозяйственный урожай - реально полученная продукция на определенном поле. Расчёты по программированию урожайности состоят из нескольких этапов.

На первом этапе обычно устанавливаются пределы урожайности, ограничиваемые приходом ФАР, тепла и влаги. На втором этапе рассчитывается потенциальный урожай, который может получить хозяйство, если будет рационально использовать имеющиеся ресурсы.

Третий этап прогноза - распределение средней урожайности по полям. Поскольку внутри поля варьирующими признаками являются агрохимические и агрофизические почвенные характеристики, то основной базой для построения этого прогноза становятся данные о плодородии почв, которые необходимо ежегодно обновлять.

Методология проектирования агротехнологий заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции. Количество их зависит от сложности экологической обстановки и уровня планируемой урожайности. Тем самым в значительной мере определяется степень интенсивности агротехнологии.

Экстенсивные технологии предполагают ориентацию на естественное плодородие почв без применения удобрений и других химических средств или с весьма ограниченным их использованием.

Нормальные технологии рассчитаны на такой уровень химических средств, который позволяет осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранять дефицит элементов минерального питания и давать продукцию удовлетворительного качества.

Интенсивные технологии используются для получения действительно возможного урожая высокого качества в складывающихся метеорологических условиях на определенном поле. Для получения такого урожая предполагается непрерывное управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур, обеспечивающее оптимальное минеральное питание растений и защиту от вредных организмов и полегания.

Высокоинтенсивные технологии предназначены для достижения климатически обусловленной урожайности культуры, близкой к её биологическому потенциалу, с заданным качеством продукции. При реализации высокоинтенсивной технологии обеспечивается максимальная интеграция агроприёмов и оптимальное использование необходимых ресурсов техники. Чем выше уровень интенсивности агротехнологий, тем выше требования к информационному сопровождению.

Приложение 2. Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 3. Критерии и нормативная база выделения агроэкологических типов и групп земель в системах адаптивно-ландшафтного земледелия

Процесс автоматизированного проектирования и последующей реализации адаптивно-ландшафтной системы земледелия требует создания крупномасштабной нормативной базы, посредством которой принимаются решения о функциональном использовании различного типа земель. Такая нормативная база до сих пор не создана. Требуют серьёзного уточнения и обоснования критерии и показатели устойчивости агроландшафтов и агроэкосистем, а также эффективные модели управления всеми видами рисков сельскохозяйственного производства.

Удобной формой представления информации о пространственном распределении агроклиматических ресурсов отдельного хозяйства или региона являются мезо- и микроклиматические карты соответствующих территорий. В частности, микроклиматическая карта позволяет:

- знать распределение ресурсов тепла и влаги по отдельным полям
- производить оценки потенциальной и климатически обеспеченной продукции для отдельных сельскохозяйственных полей по различным культурам
- на основании таких оценок проводить научно обоснованное распределение участков под сельскохозяйственные культуры
- основывать применение дифференцированных агротехнологий
- использовать имеющуюся информацию для управления продуктивностью сельскохозяйственных полей.

Для построения микроклиматических карт необходимо иметь следующую базовую информацию:

- общую географическую привязку: контуры хозяйства, гидрографию, дороги, населенные пункты
- рельеф, представленный в карте контуров, однородных по экспозиции и ориентации склонов
- контура типов почв
- полигоны полей хозяйства (карта полей)

- полигоны агрохимических контуров

Кроме того, в качестве базовой информации выступают таблицы микроклиматического фона территории:

- микроклиматическая карта распределения ФАР
- карты потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур
- микроклиматические карты характеристик теплообеспеченности
- микроклиматические карты характеристик влагообеспеченности
- карты климатических особенностей продуктивности различных сельскохозяйственных культур
- карты действительно возможной продуктивности культур
- карты морозоопасности (абсолютные годовые минимумы температуры и вероятности их наступления)
- карты поздних весенних заморозков (даты и вероятности наступления)
- карты ранних осенних заморозков (даты и вероятности наступления)
- карты скрытых весенних радиационных заморозков (даты самого позднего и вероятность наступления)
- карты скрытых осенних радиационных заморозков (даты самого раннего и вероятность наступления).

Традиционные подходы к разработке методики обследования сельскохозяйственных полей учитывают, прежде всего, следующие два фактора:

- предметную область
- геоинформационное сопровождение

Первый фактор является определяющим. Например, если предметной областью является агрометеорология, то мы имеем дело с методикой агрометеорологического обследования. Если предметной областью является гидрология, то разрабатывается методика гидрологического обследования.

Второй фактор обычно играет вспомогательную роль. Его задача заключается в том, чтобы зафиксировать местоположение точки или области, где берутся пробы или проводятся наблюдения. Обычно это сводится к формированию схемы взятия проб и районированию территории по определенным в ходе исследования показателям.

Методы агрохимического обследования, например, предусматривают определенный порядок поля на элементарные участки, характеризующиеся одной объединенной почвенной пробой. Рекомендуется, предварительно изучив историю угодья, разбить его на участки в зависимости от количества применяемых удобрений. Полевые работы проводятся при температуре не ниже плюс пяти градусов. На полях, где интенсивно применяются пестициды, отбор пробы проводится через 1,5-2 месяца после обработки. Зараженные радионуклидами территории обследуются до посева сельскохозяйственных культур или во время уборки.

Наряду с точным фиксированием координат каждой взятой пробы на обследуемой территории автоматически создается электронная карта-схема обследования с заданными размерами элементарного участка. Электронная карта определяет структуру будущей геоинформационной базы данных.

В автоматическом режиме создаётся электронная карта поля (контура), привязанная к координатам с точностью до 0,5 м. При этом автоматически рассчитывается площадь контура, что позволяет уточнить реальную площадь обследуемого поля. Также, при необходимости, на карту наносятся особенности поля: опоры линии электропередач, деревья, неиспользуемые участки земли и т.п.

Затем на полученный контур накладывается сетка, ячейкой которой является элементарный участок поля. Размер элементарного участка и его геометрическая форма задаются путем ввода конкретных значений сторон участка - в метрах, или площади участка - в гектарах. Сетка накладывается произвольно и программа позволяет перемещать её относительно контура поля. После этого сетка записывается в память компьютера. Элементарным участкам (ячейкам

сетки) автоматически присваиваются порядковые номера. При взятии проб с каждого элементарного участка образцу присваивается порядковый номер участка.

При отборе проб с помощью мобильного комплекса на панели бортового компьютера отображается контур поля, разбитый на элементарные участки.

В результате создается геоинформационная база полей по основным показателям почвы. Геоинформационная база включает в себя:

- электронные карты местности, полученные путем оцифровки и привязки к координатам топографических карт
- электронные карты местности, полученные по космическим снимкам, сделанные в разные периоды времени
- электронные карты полей хозяйства, полученные путем оконтуривания полей
- карты размещения культур по контурам
- тематические карты полей по основным показателям на каждом элементарном участке.

Таким образом проводятся не только агрохимические, но и другие виды обследования полей, например, измерение электропроводности, теплопроводности почвы, выявление специфических участков поля, например, пораженных нематодой. Такие исследования применимы для составления земельных кадастров, уточнения границ и площадей полей и рабочих участков.

Приложение 2. Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 4. Основные алгоритмы агроэкологической оценки земель и устойчивости агроэкосистем

Существуют три различных уровня в проектировании и ведении адаптивно-ландшафтного земледелия:

- Первый уровень проектный - относится к реализации решений, связанных с осуществлением капитальной мелиорации земель и обоснованием систем земледелия с достаточно длительным технологическим последствием.
- Второй уровень плановый - относится к разработке и реализации мероприятий, проводимых перед очередным сельскохозяйственным сезоном и обеспечивающих с определенной вероятностью получение прогнозируемой действительно возможной продуктивности.
- Третий уровень подразумевает оперативное управление производственным процессом при реально складывающихся погодных и хозяйственно-экономических условиях.

Процесс получения растениеводческой продукции распределен во времени и пространстве на конкретной территории. Эта территория не является однородной. По этой причине технологические операции должны быть дифференцированы не только во времени (с учетом изменчивости погодных условий), но и по полям севооборота.

Сельскохозяйственные угодья в данном случае могут разделяться на некоторое количество единиц площади, которые являются однородными участками. Однако выделение однородных участков представляет собой сложную задачу. Рассмотрим два возможных подхода оценки степени однородности сельскохозяйственных угодий по величине урожайности. Первый из них позволяет оценивать биоэквивалентность двух участков. Соответствующий алгоритм предполагает наличие данных по урожайности за ряд лет на сравниваемых участках. Второй подход, напротив, позволяет построить алгоритм выделения однородных зон по величине урожайности отдельных участков, полученной в конкретном году. Такая информация фиксируется автоматически при уборке сельскохозяйственных полей с помощью комбайнов, оборудованных мониторами и соответствующими датчиками, с привязкой урожайности к глобальной системе координат.

Алгоритм оценки биоэквивалентности двух участков использует идею статистического моделирования выборок из нормальных распределений с заданными параметрами математических ожиданий и дисперсий по каждому из анализируемых участков.

Учитывая, что суммарная урожайность внутри зоны складывается из урожайности большого количества отдельных участков, представляется допустимым считать, что средняя урожайность на одном участке внутри однородной зоны подчиняется нормальному распределению. При этом математическое ожидание соответствует средней урожайности на участке внутри одной зоны, а дисперсия характеризует разброс внутри зоны однородности.

Общая схема алгоритма включает в себя три этапа:

- статистическое моделирование
- максимализацию
- оценку

Для тех компонент оценки, разность математических ожиданий которых превышает удвоенную сумму стандартных отклонений, удается получить достоверное разделение компонент, то есть оценки параметров компонент оказываются близкими к заданным значениям. Если же разность математических ожиданий для каких-либо двух компонент меньше, чем удвоенная сумма стандартных отклонений, то эти две компоненты слабо различаются, и в результате могут быть объединены в одну компоненту.

Приложение 2. Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 5. Инновационные технологии агроэкологической оптимизации и оперативной корректировки базовых элементов систем земледелия

Разработка теоретических основ и методов исследования пространственно-временной неоднородности среды обитания растений на основе измерительных и вычислительных процедур является не только главным источником новых знаний, касающихся фундаментальной роли растений в процессах сукцессии и поддержания устойчивости природных ландшафтов, но и служит базой для принятия решений по дифференцированному технологическому воздействию на производственный процесс в агроландшафтах. Такой подход к совершенствованию агротехнологий, учитывающий изначально пространственную неоднородность среды и экологическую адаптацию воздействий к условиям произрастания является принципиально новым в совершенствовании систем земледелия.

Дифференцированная корректировка агротехнических мероприятий по срокам, параметрам, полям, контурам позволяет более полно и эффективно использовать потенциалы природных ресурсов и самих сельскохозяйственных культур. Правильный учет и прогноз складывающихся микроклиматических условий, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных угодий и на технологический процесс, позволит придать ежегодным урожаям большую устойчивость и снизить степень риска в неблагоприятные годы.

Пространственно-временное распределение комплекса агрометеорологических факторов (солнечной радиации, температуры и влажности воздуха, осадков, скорости и направления ветра, содержания влаги в почве и др.) во многом определяет состояние сельскохозяйственных полей и посевов, а также динамику производственного процесса возделываемых в конкретных почвенно-климатических условиях культур.

Кроме того, на достаточно продолжительных интервалах времени как физическое состояние почвы, так и ее биогенная часть, определяющая почвенное плодородие, также претерпевают изменения. В связи с этим при формировании региональных систем земледелия должны также учитываться ожидаемые

изменения климата, обусловленные усиливающимся антропогенным воздействием на климатическую систему в целом.

Безусловно, переход к дифференцированным адресным технологиям является в настоящее время одним из самых перспективных направлений развития сельскохозяйственного производства.

Новые технологии связаны с появлением географических информационных систем (ГИС), возможностью использования глобальной системы позиционирования (ГСП) с непосредственным вводом информации в бортовой компьютер, обеспечивающий управление механизмом, проводящим в поле ту или иную операцию. Решающую роль в это процессе играет информационное обеспечение принятия управленческих решений - моделей, баз данных, экспертных систем, специальных программ.

Одной из основных инноваций в оперативной корректировке базовых элементов систем земледелия является навигационная система. Она представляет собой глобальную систему позиционирования с вводом данных в бортовой компьютер. Именно с появлением ГСП открылась принципиальная возможность для перехода от традиционной технологии к координатному земледелию, при котором можно влиять на агроэкосистему с учетом локальной изменчивости почвенного покрова поля. ГСП используется для определения координат мобильной сельскохозяйственной техники в поле.

Задача определения координат мобильной сельскохозяйственной техники является одной из главных по двум причинам. Во-первых, таким путем решается задача дифференциации управления в пределах поля, и т.о. участки неоднородности могут быть четко идентифицированы. Во-вторых, размеры управляющих воздействий, например, внесения удобрений, посева семян, обработки средствами защиты растений, должны варьироваться с учетом выявленной неоднородности по заданной технологической карте в режиме "on-line".

Навигационная система включает в себя так называемый GPS-приемник и бортовой компьютер с программным обеспечением. Этот комплекс позволяет вести запись текущих координат с любым заданным интервалом времени. С помощью таких приемников возможно построение достаточно точных цифровых моделей рельефа местности.

Получение информации о почвенном покрове, состоянии растений и их урожайности, степени поражения вредителями, болезнями и сорняками требует наличия соответствующих приборов и оборудования, а также специальных информационно-измерительных технологий. Эффективность агроландшафтов во многом зависит от того, как быстро и точно будут измерены те или иные параметры, характеризующие состояние агроценоза.

Одним из примеров такого оборудования могут служить мобильные приборы, измеряющие электропроводность почвы. При перемещении по полю они позволяют измерять, наносить на карту и анализировать пространственную изменчивость тех или иных характеристик почвы.

Для исследования вариативности свойств растительного покрова и почвы используются также дистанционные методы. Это измерения в оптическом, гиперспектральном и радиолокационном диапазонах. С помощью этих методов можно определить, например, изменчивость почвенного покрова по содержанию физической глины и органического вещества.

Для обработки информации, полученной с помощью информационно-измерительных систем, используются стационарные и бортовые компьютеры. Стационарный компьютер с программным обеспечением выполняет следующие основные функции:

- ведение атрибутивной и пространственной базы даны с использованием геоинформационных систем
- ведение базы декларативных и процедурных знаний
- обработку знаний и данных и формирование программы реализации информационной технологии

Бортовой компьютер с программным обеспечением выполняет следующие функции:

- фиксацию координат агрегатов в любой момент времени путем приема сигналов от ГСП и других датчиков
- автоматическое создание электронных карт обследованных угодий с разбивкой их на элементарные участки заданных размеров

- обеспечение накопления и первичной обработки данных полевых измерений с использованием ГИС-технологий
- формирование управляющих сигналов для дифференцированного выполнения тех или иных агротехнических операций

Кроме того, автоматизированный режим комплексной статистической обработки данных, получаемых с помощью современных мобильных систем, позволяет выявлять наиболее устойчивые количественные связи между различными показателями, характеризующими рост и развитие растений, агрометеорологическими условиями на конкретном поле и конечным урожаем. Выявленные зависимости, в свою очередь, будут адресно использоваться для обоснования выбора агроприемов в тех или иных агрометеорологических условиях для тех или иных показателей состояния посевов, а также для поэтапного уточнения прогноза урожайности в складывающейся обстановке.

Приложение 2. Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 6. Актуальные задачи и возможности агроэкологической оптимизации структуры землепользования и дифференцированного проведения технологических операций в пределах одного поля и рабочего участка

По мере того, как сельское хозяйство становилось механизированным, товаропроизводители стали рассматривать поле как самый маленький объект для принятия управленческих решений. Они отказывались от воздействия на отдельные участки поля для того, чтобы эффективно использовать преимущества высокопроизводительной техники. Возделывая большие площади на основе усредненных показателей, земледельцы затрачивают меньше времени и обрабатывают больше площади в день. Преимущества, обусловленные высокой производительностью, при прежних технологиях значительно превосходили выгоды от возделывания поля с учетом свойств отдельных его участков.

Появившиеся в последнее время новые технические средства и успехи информационных технологий позволяют товаропроизводителям измерять, анализировать и учитывать изменчивость параметров плодородия при выращивании сельскохозяйственных культур в пределах отдельно взятого поля.

Для перехода от технологий, базирующихся на усредненных показателях параметров плодородия поля и состояния посевов, к избирательному воздействию на систему "почва - растение" необходимо, чтобы рабочие органы обрабатывающих орудий и сельскохозяйственных машин управлялись бортовым компьютером. В настоящее время существуют комбайны, обеспечивающие дифференциальный учет урожая зерновых культур в процессе уборки выпускаются машины для избирательного внесения агрохимикатов с использованием электронных карт поля, геоинформационных систем и бортовых компьютеров.

Особый интерес представляют комбайны, способные при уборке учитывать урожай. Такие машины используются для уборки корне- и клубнеплодов, существуют также зерновые комбайны, которые при уборке автоматически создают электронную карту урожайности с точной привязкой к месту. Такая карта представляет огромный интерес, так как нет более объективного показателя неоднородности пахотного массива, чем карта урожайности. Ее наличие позволяет предметно судить о степени варьирования почвенно-климатических условий в пределах конкретного поля и принимать обоснованные технологические решения. При этом появляется возможность более дифференцированно подходить к технологии возделывания сельскохозяйственной культуры на данном участке.

В зависимости от режима реализации различных задач в пределах одного конкретного поля используют два типа задания:

- карта операции в режиме функционирования "off-line"
- карта агротребований на выполнение операций в режиме "on-line"

Карта операции - это электронная карта поля, где для каждого однородного участка поля указана норма технологического воздействия.

Формирование карты операции осуществляется следующим образом. С помощью мобильного комплекса, оснащенного бортовым компьютером с навигационным и геоинформационным программным обеспечением, а также специальными программами, создается электронный образ сельскохозяйственного объекта, на котором планируется выполнение заданной технологической операции. Располагая электронным образом объекта с четкими границами в пространстве, можно осуществлять сбор необходимой информации, для чего проводятся агрохимические, агрофизические, фитосанитарные и другие обследования с жесткой привязкой регистрируемых данных к фиксированным участкам их получения внутри поля.

На следующем этапе полученная информация обрабатывается на стационарном компьютере. Для заданной технологической операции по определенным алгоритмам производится расчет уровня технологического воздействия для каждого имеющегося в базе данных однородного участка поля. При этом создается массив информации, где для каждого однородного участка внутри поля с фиксированным геометрическим образом устанавливаются те или иные уровни технологического воздействия (дозы удобрений и других химических и биологических средств, нормы высева семян и т.д.), которые должны быть осуществлены для реализации заданной операции в поле. Сформулированный таким образом массив информации и является электронной картой поля по заданной технологической операции, которая записывается на мобильный технический носитель, например, на чип-карту.

На этапе реализации технологической операции чип-карта вводится в бортовой компьютер, установленный на сельскохозяйственной машине. Сельскохозяйственная машина оснащается навигационным оборудованием и соответствующим агрегатом, способным автоматически менять по команде уровень технологического воздействия на заданном участке поля в ходе движения.

Бортовой компьютер с помощью специализированного программного обеспечения постоянно определяет место нахождения агрегата, а по информации, записанной на чип-карте, определяется уровень технологического воздействия на этом участке поля с последующей выработкой управляющей команды, и обеспечивается синхронный контроль ее выполнения.

Вместе с тем, для реализации оперативных решений используется специальный режим - режим "on-line". Для его реализации в бортовой компьютер вводится карта агротехнических требований для заданной операции.

Карта агротребований для заданной операции - это таблица, которая устанавливает взаимосвязь между сигналом, полученным от датчика, установленного на комбайне или тракторе, и нормой технологического воздействия на поле.

Приложение 2. Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 7. Инновационные технические решения для реализации технологий точного земледелия

Одним из перспективных инструментов оценки и оперативного мониторинга состояния почв и посевов является аэрофотосъемка. В технологии точного земледелия используется радиоуправляемый

мобильный комплекс. Он представляет собой беспилотный радиоуправляемый летательный аппарат, оснащенный цифровой фотоаппаратурой, для аэрофотосъемки опытных полей с целью дистанционного определения состояния почвы и посевов.

Проект аэрофотосъемки выполняется в следующем порядке:

- калибровка камеры
- составление плана полета, расчет маршрута, высоты полета, количества снимков
- установка на местности и определение координат опорных точек
- настройка съемочной аппаратуры, установка необходимых расчетных параметров камеры
- выполнение полетов и съемка тестовых участков
- загрузка цифровых снимков в специализированную программу и построение фотопланов

Дальнейшая обработка фотопланов позволяет провести дешифрование, выделить и проанализировать локальные участки неоднородностей почвы и посевов, выявить в ранней стадии очаги сорной растительности, установить корреляцию распределения основных элементов на основании уже имеющихся пространственно привязанных карт агрохимических, почвенных и агрофизических параметров поля.

Радиоуправляемый комплекс позволяет также получать снимки и наблюдать динамику всходов растений по вариантам технологии, выявлять участки полегания посевов и их площадь. Эти данные используются при оценке эффективности той или иной агротехнологии, применяемой в опыте.

Для реализации информационной технологии точного земледелия необходим определенный перечень оборудования.

Центробежный распределитель минеральных удобрений - предназначен для внесения сухих, гранулированных, дражированных и кристаллических удобрений, а также семенного материала. Распределитель агрегируется с трактором. Наиболее важной характеристикой рассматриваемого распределителя является возможность автоматической регулировки дозы распределяемого вещества в соответствующем диапазоне под управлением бортового компьютера.

Навесной опрыскиватель - предназначен для транспортировки и внесения химических средств защиты растений (инсектициды, фунгициды, гербициды и др.) в форме суспензий, эмульсий и смесей, а также жидких удобрений.

Бортовой компьютер - подключается к полевому опрыскивателю или распределителю минеральных удобрений и служит в качестве индикаторного, контрольного и управляющего устройства.

В комплект оборудования по внесению удобрений и агрохимикатов входит также Гидро-N-сенсор - оптический прибор, позволяющий оптимизировать внесение минеральных удобрений при азотных подкормках растений. Этот сенсор устанавливается на крыше трактора и имеет четыре датчика по углам, обеспечивая обзор с четырех сторон. Эти датчики улавливают отраженный свет от листовой поверхности в инфракрасном диапазоне. Данные анализируются каждую секунду, и по ним определяется содержание хлорофилла в листьях и биомасса. Пятый датчик направлен вверх, в небо. Он измеряет интенсивность света, позволяя системе корректировать данные в соответствии с различными условиями освещенности, что дает возможность проводить работу и в пасмурную погоду. Информация от датчиков передается для обработки на бортовой компьютер, где определяется доза азотных удобрений, после чего соответствующая информация о необходимой норме воздействия передается в бортовой компьютер, который в свою очередь управляет дозирующей системой распределения минеральных удобрений или опрыскивателя.

В зависимости от интенсивности окраски листьев по информации от N-сенсора осуществляется фактическое управление процессом внесения азотных удобрений в режиме on-line.

Гидро-N-сенсор позволяет оперативно определять потребность растений в азоте. Вместе с тем, определяющим элементом в работе N-сенсора являются так называемые

калибровочные таблицы. Калибровочные таблицы играют основную роль в определении дозы азотных удобрений.

В комплект техники также входит GPS-приемник (топопривязчик) и контролер параллельного вождения, который позволяет технике двигаться по полю, точно соблюдая заданный маршрут. Это важно, например, при внесении удобрений для того, чтобы не перекрывать зоны внесения и не оставлять необработанных участков.

Существует несколько видов приемников с разным уровнем точности. Для специалиста-агронома, например. В повседневной деятельности оптимален карманный портативный компьютер, сопряженный с GPS-приемником. Точность определения с помощью таких приборов составляет 10-15 метров, а для точного земледелия такая точность недостаточна. В этом случае используют дополнительно принимаемую поправку. Ее можно получить различными способами: через глобальную платную спутниковую систему, европейскую бесплатную спутниковую систему, от морских радиомаяков и от локальных базовых станций. Платная спутниковая система имеет точность определения местоположения до одного метра. Услуги Европейской системы предоставляются бесплатно и имеют точность 1-3 метра. Локальная базовая станция может обеспечить точность до нескольких сантиметров. В зоне действия морских радиомаяков точность определения положения обычно бывает менее метра.

Вышеуказанный набор техники оборудования позволяет в режимах "on-line" и "off-line" обеспечивать не только выполнение операций по внесению минеральных удобрений и агрохимикатов, но и осуществлять другие агротехнологические операции и приемы, такие как точный высев семян трав, борьба с вредителями, болезнями и сорняками, проведение экспресс-анализа содержания в листьях хлорофилла в производственных и научных целях, точное вождение техники по полям при выполнении любых технологических операций по возделыванию посевов.

Приложение 2. Семинарские занятия курса "Современные достижения в оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем"

Занятие 8. Естественнонаучные и информационно-методические проблемы массового освоения инновационных технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия

Если рассматривать точное земледелие с мировой точки зрения, то существуют как положительные, так и отрицательные аспекты целесообразности его применения. Все эти аспекты охватывают широкий диапазон вопросов, в том числе и идеологических. Например, одни рассматривают потенциальные возможности точного земледелия как способ усиления сельскохозяйственных корпораций, в то время как другие видят опасность применения точного земледелия в развивающихся странах.

Экономисты считают, что из-за высоких расходов на технологическое оснащение точное земледелие найдет немного претендентов в развивающихся странах, так как оно требует существенных дополнительных затрат. Это может явиться одной из главных причин, сдерживающих разработку и освоение точного земледелия и у нас в стране, особенно при низких закупочных ценах на сельскохозяйственную продукцию. Многие ученые, напротив, убеждены, что существует очевидный приоритет исследований в области точного земледелия и усматривают в применении методологии точного земледелия весьма благоприятные результаты для общества в целом.

Положительные тенденции будут проявляться в таких практических областях, как контроль и управление состоянием окружающей среды, увеличение рентабельности и повышение количества и качества растениеводческой продукции.

Однако отсутствие надлежащего образования и необходимых знаний у фермеров является существенным препятствием для широкого применения технологии точного земледелия. Создаваемые в

настоящее время компьютерные системы поддержки принятия решений способны в значительной степени повлиять на скорость внедрения точного земледелия, однако без специальной подготовки фермеров здесь не обойтись.

Нужны консультанты высокой квалификации в области точного земледелия, которые бы объясняли, давали агрономические рекомендации, проводили бы и анализировали текущие эксперименты с привязкой к сети государственных служб мониторинга почвенных и климатических условий.

Сельскохозяйственным производителям необходима подготовка, главным образом, в области основных методологий точного земледелия, технического обеспечения и оборудования. В настоящее время круг исследователей и дипломированных специалистов в этой области чрезвычайно узок.

Переход к рыночным условиям существенно усложнил управление сельскохозяйственным производством. В этих условиях руководители вынуждены практически интуитивно решать вопросы выбора номенклатуры и объемов производства, размещение сельскохозяйственных культур по полям, планировать и управлять технологическими процессами, ресурсами и кадрами. При этом им необходимо еще осуществлять эффективный финансовый менеджмент, гарантирующий не только защиту от реального банкротства, но и обеспечивающий расширенное воспроизводство и благоприятный ход социальных процессов на селе.

Наряду с недостаточным развитием подходящих систем поддержки принятия решений существует еще ряд других научных проблем, сдерживающих становление и развитие систем точного земледелия. К ним относятся следующие проблемы:

- выбор подходящего критерия для экспериментальной оценки технологии точного земледелия
- недостаточная техническая возможность оценки пространственно-временной неоднородности системы "почва - растение - атмосфера" для оперативного управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур
- отсутствие обоснованной методологии и системы экспериментов по комплексному исследованию эффективности применения информационной технологии точного земледелия не на отдельном поле, а по хозяйству в целом
- недостаточная развитость методов оценки количества и качества продукции, а также несовершенство технической базы мониторинга за состоянием окружающей среды.

Глоссарий

Агроэкосистема - антропогенно преобразованная экосистема, характеризующаяся не только условиями природной среды обрамляющего геоком-плекса соответствующего уровня, но и агроприродными особенностями ведения в ней сельскохозяйственного производства.

Агрolandшафт - часть природного ландшафта, выделенная по ведущим агроэкологическим факторам и предназначенная для организации производства сельскохозяйственных культур и удовлетворения потребностей сельскохозяйственных животных и человека.

Агроэкологический мониторинг - система специальных исследований режимов агроландшафтов с использованием наземных, авиационных и космических средств наблюдения, выполняемых с целью получения достаточной для анализа агроландшафтного потенциала и принятия решений по рациональному использованию информации.

Адаптивная интенсификация (обладающая приспособляемостью в дополнение к преимущественно технoхимической) - это биологизированная, экологизированная, ресурсосберегающая, природоохранная, наукоёмкая интенсификация, с повышенной отдачей от применяемых техногенных средств.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия - это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с потребностями рынка, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.

Базы знаний (БЗ) - совокупность в различной степени формализованных правил, процедур и алгоритмов анализа, трансформации и интерпретации исходной информации по объекту анализа;

Буферность агроэкосистемы - способность к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающих воздействий.

Векторные ГИС - ГИС, основанные на точечном (а не сеточном) представлении информации. В виде ее элементарных пространственных носителей выступают точки, линии и полигоны (или участки). Каждая точка обладает "точными" координатами (их точность определяется качеством исходной карты и компьютера). Точки объединяются в линии. Замкнутые линии образуют полигоны.

Выбор агроэкологически оптимальной культуры (сорта) для условий текущего года и конкретного участка - множественное решение оптимизационных задач при анализе пред- и предпредшественников, текущего и прогнозируемого агроэкологического состояния земель, сравнительной эффективности применения разноуровневых агротехнологий - на фоне значительной погодной, ценовой и организационно-технологической неопределенности.

Геоинформационная система (ГИС) - аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий систематизацию, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Для работы более удобно операционное определение ГИС: совмещение электронной карты и привязанной к ее выделам или координатам компьютерной базы данных, система управления которой предусматривает возможности специализированной обработки и импорта-экспорта информации.

Динамический анализ агроэкологического качества земель - развития агроэкологических моделей продукционного процесса, педодинамических моделей миграции и трансформации почвенных растворов питательных элементов и поллютантов по профилю почвы и за его пределами, трансферных функций преобразования доступной информации в основные диагностические параметры качества почв и земель.

Допустимая антропогенная нагрузка на ландшафт - предельные антропогенные воздействия, вызывающие изменения отдельных свойств компонентов ландшафта, которые могут привести к нарушению выполнения ландшафтом заданных ему социально-экономических функций.

Интенсификация земледелия - последовательно возрастающее вложение средств производства и труда на единицу площади при одновременном росте их эффективности за счёт применения достижений науки и передового опыта, улучшения методов ведения хозяйства и технологий.

Качество земель (и качество почв) - комплексная характеристика земли (*почвы*), которая определенным образом влияет на возможность (*и уровень*) выполнения ею (*землей, почвой*) конкретной функции ее использования.

Ландшафт - природно-территориальный комплекс, представляющий собой участок земной поверхности, имеющий общий геологический фунда-мент, один тип рельефа, одинаковый климат и характеризующийся генетическим единством и тесной взаимосвязью его компонентов.

Модель - некий объект-заместитель, который в определенных условиях заменяет изучаемый объект-оригинал, воспроизводя при этом наиболее существенные его свойства. Модель физического или технического объекта, процесса или системы - это упрощенное их представление, сохраняющее с определенной точностью те их свойства, характеристики и параметры, которые задает исследователь.

Негативное воздействие на окружающую среду - воздействие хозяйст-венной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным измене-ниям качества окружающей среды.

Нормативы в области охраны окружающей среды - установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы качества окружающей среды - нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Окружающая среда - совокупность компонентов природной среды природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Охрана окружающей среды (ООС) - деятельность, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий (далее также - природоохранная деятельность).

Проектирование системы земледелия - комплекс мероприятий по разработке проектов землеустройства территории на основании природно-климатических характеристик, в том числе жесткого и мягкого ландшафтного каркаса, оптимального подбора культур, севооборотов, технологий, обеспечивающих заданный уровень продуктивности и качества при условии сохранения устойчивости агроландшафтов и агроэкосистем.

Растровые ГИС - ГИС, основанные на одноименной системе координат - положенной на карту сплошной сетке (grid) со стандартным шагом опробования, каждая ячейка (пиксель) которой имеет две уникальные (в данной комбинации свойственные только ей) координаты (x и y). Как правило, эти ячейки имеют квадратную или прямоугольную форму и являются элементарным пространственным объектом, которому в однозначное соответствие поставлены определенные для него данные специализированной базы данных ГИС.

Самоорганизация ландшафта - процесс, в ходе которого создаётся, развивается и воспроизводится или восстанавливается структура ландшафта.

Системы управления базами данных (СУБД) - комплекс программ, обеспечивающих ввод, экспорт, импорт, выбор по запросу, визуализацию и обработку информации - согласно заданной в БЗ системе правил, процедур и алгоритмов анализа.

Статический анализ агроэкологического качества земель - системное исследование, свертывание и интерпретацию разноплановой информации по структуре почвенного покрова, базовым морфогенетическим, гидрофизиче-ским, агрофизическим, физико-химическим, агрохимическим,

биохимическим характеристикам почв, типу и форме макро-, мезо- и микрорельефа, почвообразующих пород, грунтовых вод, структуре земельных угодий и севооборота, применяемым агротехнологиям и истории полей.

Устойчивость агроландшафта - его способность поддерживать за счёт управления параметрами и режимами заданные производительные и социальные функции при одновременном сохранении биосферного значения.

Устойчивость агроэкосистемы - свойство сохранять при возмущающих воздействиях стабильный состав и баланс биогеохимических потоков и биохимических циклов между отдельными структурными компонентами системы.

Экологическая ёмкость ландшафта - способность агроландшафта принять и трансформировать определённое количество вещества и энергии при сохранении устойчивости его функционирования в заданном режиме.

Экологическая ситуация - локальное или региональное ухудшение окружающей среды, рассматриваемое как общественно неоправданное или опасное.

Экологический кризис - обратимое изменение равновесного состояния природных комплексов.

Экологический прогноз - предсказание изменений в природной среде в результате воздействия хозяйственной деятельности.

Экологическое нормирование - научная, правовая, административная и иная деятельность, направленная на установление нормативов качества окружающей среды и предельно допустимых воздействий на нее, при соблюдении которых не происходит деградация экосистем, гарантируется сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения.

Эколого-функциональное состояние земель - степень отклонения их устойчивых и лабильных характеристик от оптимальных (контрольных, или целинных) значений для рассматриваемой функции.

Литература

1. Агроэкология. Методология, технология, экономика (Под ред. В.А. Черникова и А.И. Чекереса). М.: КолосС, 2004.
2. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (Под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова). М.: Росинформагротех, 2005. - 784 с.
3. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области (Под ред. В.И. Кирюшина, А.Н. Власенко). РАСХН. Сиб. отделение СибНИИЗХим. - Новосибирск, 2000. 388 с.
4. Булгаков Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв. М. 2002. 250с.
5. Зубков А.Ф. Агробиоценология. СПб.: ВИЗР, 2000, 208 с.
6. Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ (ред. И.И. Васенёв и Г.Н. Черкасов). Курск. 2002.
7. Каштанов А.Н. и др. Основы ландшафтно-экологического земледелия. - М.: Колос, 1994, 126 с.
8. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос.1996. 366с.
9. Локальная информационно-справочная система по оптимизации земледелия в хозяйстве - ЛИССОЗ / Васенёв И.И., Руднев Н.И., Хахулин В.Г., Бузылев А.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610898.
10. Математические методы в экологических и географических исследованиях (Ю.Г. Пузаченко) М.: Академия, 2004.
11. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте / Васенёв И.И., Руднев Н.И., Хахулин В.Г. (под ред. И.И. Васенёва). М.: Россельхозакадемия. 2004. 80 с.
12. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт (подготовлено Н.П. Сорокиной). М. 2006. 159 с.
13. Научные основы оптимизации питания и фитосанитарного состояния посевов в ландшафтном земледелии. (Под ред. В.Г.Сычева). М.: РАСХН, 2005. 94 с.
14. О развитии агротехнологий и формировании государственной технологической политики в сельском хозяйстве / Иванов А.Л., Кирюшин В.И. и др. М.: Росинформагротех. 2005. 116 с.
15. Полуэктов Р.А. Динамические модели агроэкосистемы. Л. 1991. 311 с.
16. Региональная автоматизированная система комплексной агроэкологической оценки земель - РАСКАЗ / Васенёв И.И., Хахулин В.Г., Бузылев А.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610897.
17. Системы земледелия (Сафонов А.Ф., Гатаулин А.М., Платонов И.Г. и др.) М: КолосС, 2006. -447 с.
18. Якушев В.П. На пути к точному земледелию. С.-П., 2002.457 с.
19. Агрофизические и экологические проблемы сельского хозяйства в XXI веке (в 4-х томах). СПб,SPBISRTO: т.1,1999, 157 с.; т.2, 2000, 120 с.; т.3, 2002, 133 с.; т.4, 2004. 358 с.
20. Агроэкология. (Под ред. В.А. Черникова и А.И. Чекереса). М: Колос, 2000. -536 с.
21. Буянкин П.И., Малышев М.И. Система севооборота в адаптивно-ландшафтном земледелии Калининградской области и ее особенности. - Калининград, 2003.
22. Васенёв И.И., Руднев Н.И. Комбинированная модель расчета оптимальных доз удобрений в информационно-справочной системе по оптимизации технологий земледелия // Агроэкологическая оптимизация земледелия. Курск. 2004. С. 207-210.
23. Васенёв И.И., Бузылёв А.Г., Неклюдова А.В. Разработка технологических карт дифференцированного применения удобрений на основе детального анализа агроэкологического состояния почв // Доклады ТСХА. 2006.
24. Васенёв И.И., Бузылёв А.Г., Белик А.В. Геоинформационно-методическое обеспечение агроэкологической оптимизации прецизионного земледелия в условиях черноземной зоны России // Известия ТСХА. 2007. № 2.

25. Васенёва Э.Г., Васенёв И.И., Щербаков А.П., Шнуг Э., Ханеклаус С. Внутрипольная пестрота почвенного покрова и урожайности в центре черноземной зоны России // Антропогенная эволюция черноземов (ред. А.П. Щербаков и И.И. Васенёв). Воронеж: ВГУ, 2000. С. 330-362.
26. Геоэкология в почвоведении. М.: МГУ. 2005.
27. Глобальные проявления изменения климата в агропромышленной сфере (под ред. А.Л. Иванова). М.: Россельхозакадемия. 2004. 331 с.
28. Гусев Е.М., Насонова О.Н. Моделирование годовой динамики влагозапасов корнеобитаемого слоя почвы для агроэкосистем степной и лесостепной зон // Почвоведение. 1996. № 10. С. 1195-1202.
29. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М.: Наука. 2000. 185 с.
30. Дринча В.М. Развитие агроинженерной науки и перспективы агротехнологий. М., ВИМ, 2002, 188 с.
31. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. Пущино, 1994. 147 с.
32. Защита растений в устойчивых системах земледелия (в 4 кн. - под ред. Д. Шпаара). СПб., 2003
33. Земельный кадастр. Т. 4. Оценка земель (Варламов А.А., Оверчук А.Л.). М.: КолосС, 2006.- 463 с.
34. Земельный кадастр. Т. 6. Геоинформационные и земельно-информационные системы (Варламов А.А., Гальченко С.А.) М: КолосС, 2006. -400 с.
35. Израэль Ю.А., Сиротенко О.Д. Моделирование влияния климата на продуктивность сельского хозяйства России. Метеорология и гидрология, 2003, № 6. с.5-17.
36. Имитационная модель роста сельскохозяйственных растений WOFOST и ее использование для анализа продуктивности земель России (под ред. И.Ю. Савина, В.С. Столбового и К. Ван Диепена). М. 2001. 216 с.
37. Кадыров М.А. Стратегия экономически адаптивной интенсификации систем земледелия Беларуси. - Минск, "В.И.З.А.-групп", 2004.
38. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.:ГЕОС,2005.-336с.
39. Кауричев И.С., Романова Т.А., Сорокина Н.П. СПП и типизация земель. М.: МСХА. 1992.
40. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и экологическая политика. М.: МСХА. 2000. 413 с.
41. Кирюшин В.И. Точные агротехнологии как высшая форма интенсификации адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Земледелие, 2004, № 6. с. 16-21.
42. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. 536 с.
43. Ландшафтоведение (Под ред. А.И. Голованова). М.:КолосС,2007.-216с.
44. Личман Г.И., Марченко Н.М., Дринча В.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия. М., Россельхозакадемия, 2004, 80 с.
45. Лопырев М.И., Макаренко С.А. Агрорландшафты и земледелие. - Воронеж: ВГАУ. 2001. - 168 с.
46. Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства. Материалы 3-й научно-практической конференции. М.: ВИМ, 2005. 308 с.
47. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур(Карманов И.И.).М.1990.114с.
48. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, гумуса, кальция. М.: ЦИНАО. 2000. 40 с.
49. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (под ред. Л.М. Державина и Д.С. Булгакова). М.: Росинформагротех. 2003. 240с.

50. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия (Под ред. А. Н. Каштанова, А. П. Щербакова, Г.Н. Черкасова). Тверь. 2001. 260 с.
51. Методы управления сельскохозяйственными рисками (Плющиков В.Г., Довлетярова Э.А., Ильясова Н.И.) М: Изд-во РУДН, 2006 .-71с.
52. Милащенко Н.З., Соколов О.А., Черников В.А. Устойчивое развитие агроландшафтов. Ч.1. Пущино, 2000, 315 с.
53. Небольсин А.Н. и др. Научно-методические основы оптимизации доз удобрений под основные сельскохозяйственные культуры по агрономическим, экономическим и экологическим параметрам. - СПб, ЛНИИСХ, 2003.
54. Основы экологического нормирования (Сластя И.В. и др.) М.:МСХА, 2004.-120 с.
55. Охрана окружающей среды (Титова В.И., Дабахова Е.В.) Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2003. -213 с.
56. Полянский С.Я. и др. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Рязанской области. Рязань, 2001.
57. Постников Д.А., Раскатов В.А., Кузнецов А.В., Сластя И.В., Хоренко Л.А. Комплексный эколого-экономический анализ оценки воздействия на окружающую среду. Уч. пособие. М.: Изд-во МСХА, 2003. с.84.
58. Развитие технологий, методов и средств точного земледелия./ Под ред. акад. РАСХН А.Н.Каштанова. - М.:ООО "11 формат", 2006, 58 с.
59. Рожков В.А., Васенев И.И. Перспективы информационного обеспечения земледелия в России // Модели и технологии оптимизации земледелия. Курск. 2003. С. 273-277.
60. Руднев Н.И., Васенёв И.И., Харченков Ю.И., Хахулин В.Г. Адаптация ЛИССОЗ к условиям Опытно-производственного хозяйства ВНИИЗиЗПЭ // Модели и технологии оптимизации земледелия. Курск. 2003. С. 277-282.
61. Садовникова Л.К., Орлов Д.С, Лозановская И.Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. М., 2006. - 336 с.
62. Сорокина Н.П. Агроэкологическая группировка и картографирование пахотных земель для обоснования адаптивно-ландшафтного земледелия (Методические рекомендации). М.: Почв. Ин-т. 1995. 108 с.
63. Фитосанитарное оздоровление экосистем. Материалы 2 Всероссийского съезда по защите растений. СПб.: 2005, ВИЗР, в двух томах (т.1 - 586 с.; т.2 - 596 с.)
64. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве (в 2 кн. - под ред. Д. Шпаара) СПб., 2005
65. Экологическая инфраструктура (Тетиор А.Н.) М.:КолосС, 2005. -272 с.
66. Эрозия и охрана почв (Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.). 2 изд. М.: КолосС, 2006. -352 с.
67. Bouma, J. Land evaluation for landscape units // Handbook of soil science (M.E. Sumner ed.). CRC Press. 2000. P. E-393 -E-412.
68. Gliessman, R.S. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press. 1998. 357 p.
69. Hoosbeek R.M., Bryant R.B. Towards the quantitative modeling of pedogenesis - A review // Geoderma, 1992. 55. P. 183-210.
70. Hutson, J.L., Wagenet, R.J. LEACHM. A Process-based Model of Water and Solute Movement, Transformations, Plant Uptake and Chemical Reactions in the Unsaturated Zone. Cornell University. 1995.
71. Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. FAO Land and Water Bull. 5. Rome. 1997.
72. Methods for assessing soil quality (J.W. Doran and A.J. Jones ed.). SSSA Special Publication # 49. 1996. 416 p.

73. Parkhomenko S., Robert P.C., Rogasik J., Schnug E. Profitability analysis of Precision Agriculture // Proc. of 4th Int. Conf. on Precision Agriculture. 1999.
74. Rossiter, D.G. A theoretical framework for land evaluation // Geoderma. 1996. V. 72. P. 165-190.
75. Rossiter, D.J., van Wambeke, A. Automated Land Evaluation System. Cornell University. 1995.
76. Wagenet, R.J., Hutson, J.L. Soil quality and its dependence on dynamic physical processes // J. Environ. Qual. 1997. V. 26. P. 41-48.

Бальная структура оценки

- Посещение занятий - 1 балл (лекционные и семинарские занятия в сумме дают 18 баллов)
- Оценка активности участия слушателей в семинарских занятиях - до 7 баллов в сумме
- Контрольные тесты на 4 семинарских занятиях - по 2-4 балла за каждый (всего до 16 баллов)
- Результаты лабораторных работ - по 3 балла за каждую (всего 24 балла)
- Реферат и его презентация (от 5 до 15 баллов)
- Итоговое контрольное задание - 20 баллов
- Всего - 100 баллов

Шкала оценок:

- A (5+) - 95 - 100 баллов;
- B (5) - 90 - 94;
- C (4) - 76 - 89;
- D (3+) - 60 - 75;
- E (3) - 56 - 59;
- FX (2+) - 33 - 55;
- F (2) - менее 33.

Показатель		Неудовлетворительно		Удовлетворительно		Хорошо	Отлично	
Кредит	Сумма баллов	F	FX	E	D	C	B	A
		2	2+	3	3+	4	5	5+
2	100	< 33	33-55	56-59	60-75	76-89	90-94	95-100

Пояснение оценок:

- A - выдающийся результат
- B - очень хороший результат
- C - хороший результат
- D - достаточно удовлетворительный результат
- E - отвечает минимальным требованиям удовлетворительного результата
- FX - означает, что слушатель может добрать баллы только до минимального удовлетворительного результата
- F - неудовлетворительный результата (либо повтор курса в установленном порядке, либо основание для отчисления).

Аннотированное содержание курса

Содержание лекционного курса (лекции 1-10) соответствует содержанию глав 1-10.

Структура курса

Продолжительность программы обучения составляет 72 час. На изучение отводится:

- 20 часов лекционных занятий;
- 16 часов семинарских занятий;
- 16 часов лабораторных практических занятий;
- 16 часов самостоятельной работы;
- 4 часа итогового контроля.

Организационно-методическое построение курса

Лекционный курс предусматривает системное изучение общетеоретических и специальных вопросов дисциплины: основные понятия адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия; основные виды агроэкологических моделей; агроэкологическая оценка, типизация и зонирование земель; информационно-методическое обеспечение агроэкологической оптимизации земледелия и агроландшафта; инновационные технологии использования региональных и локальных геоинформационных систем для организации устойчивых агроэкосистем.

Семинарские занятия включают в себя углубленный анализ и активное обсуждение: наиболее типичных проблемных агроэкологических ситуаций; ключевых элементов инновационных технологий агроэкологической оптимизации агроландшафта, адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия; базовых компонентов и алгоритмов их информационно-агроэкологического обеспечения; естественнонаучных, информационно-методических, материально-технических и организационных проблем массового освоения инновационных технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия.

Каждое второе семинарское занятие начинается с теста промежуточного контроля знаний по материалам предыдущих занятий. В ходе занятий обсуждаются профильные реферативные работы слушателей. Под руководством преподавателя проводится групповая работа с коллективным обсуждением задач по оптимизации проблемных агроэкологических ситуаций и эскизной проработкой поливариантных сценариев их решения.

Лабораторные занятия предусматривают последовательно организованные работы слушателей на ПК с решением информационно-аналитических задач по количественному анализу проблемных агроэкологических ситуаций, построению электронных агроэкологических картосхем, агроэкологической оценке земель, потенциальной урожайности и оптимизации ключевых элементов агротехнологий и систем земледелия.

Самостоятельная работа слушателей состоит из регулярной подготовки к семинарским занятиям, написания реферата по одной из обсуждаемых на них тем, самостоятельного анализа результатов лабораторных работ, подготовке к контрольному итоговому занятию.

Итоговое занятие. Курс завершается выполнением итогового контрольного задания, защитой реферативной работы, заключительным обсуждением результатов лабораторных работ и коллективным анализом итогов с информационно-методическими выступлениями слушателей.

Темы лекций

Тема 1.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: основные понятия, агроэкологическое обоснование (2 часа).

Тема 2.

Агроэкологическое моделирование: основные виды и систематизация агроэкологических моделей (2 часа)

Тема 3.

Перспективы и условия применения инновационных технологий для организации устойчивых агроэкосистем (2 часа)

Тема 4.

Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур, агротехнологий и технологических операций (2 часа)

Тема 5.

Методологические основы и инновационные технологии прецизионных (точных) систем земледелия (2 часа)

Тема 6.

Агроэкологическая оценка, типизация, районирование и зонирование земель (2 часа)

Тема 7.

Рамочные информационно-аналитические системы агроэкологической оптимизации земледелия (2 часа)

Тема 8.

Приоритетные задачи геоинформационно-агроэкологического обеспечения адаптивно-ландшафтных и прецизионных систем земледелия (2 часа)

Тема 9.

Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель: анализ, моделирование и нормативное прогнозирование проблемных агроэкологических ситуаций (2 часа)

Тема 10.

Применение геоинформационных и информационно-аналитических систем для агроэкологической оптимизации агроландшафта (2 часа)

Темы семинарских занятий

Занятие 1.

Инновационные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия и агроэкологически обоснованной организации агроландшафта (2 часа)

Занятие 2.

Приоритетные задачи, методологические основы и технологическое обеспечение агроэкологического мониторинга и моделирования (2 часа)

Занятие 3.

Критерии и нормативная база выделения агроэкологических типов и групп земель в системах адаптивно-ландшафтного земледелия (2 часа)

Занятие 4.

Основные алгоритмы агроэкологической оценки земель и устойчивости агроэкосистем (2 часа)

Занятие 5.

Инновационные технологии агроэкологической оптимизации и оперативной корректировки базовых элементов систем земледелия (2 часа)

Занятие 6.

Актуальные задачи и возможности агроэкологической оптимизации структуры землепользования и дифференцированного проведения технологических операций в пределах одного поля и рабочего участка (2 часа)

Занятие 7.

Инновационные технические решения для реализации технологий точного земледелия (2 часа)

Занятие 8.

Естественнонаучные и информационно-методические проблемы массового освоения инновационных технологий адаптивно-ландшафтного и прецизионного земледелия (2 часа)

Темы лабораторных занятий

Занятие 1.

Анализ проблемных агроэкологических ситуаций с использованием расчетных возможностей стандартного пакета Excel (2 часа)

Занятие 2.

Построение и анализ картограмм частной агроэкологической оценки земель с использованием геостатистической программы Surfer (2 часа)

Занятие 3.

Определение площади земельных контуров и проблемных агроэкологических участков произвольной формы с использованием программы MapInfo (2 часа)

Занятие 4.

Агроэкологическая оценка земель с использованием автоматизированной системы оценки РАСКАЗ (2 часа)

Занятие 5.

Оценка потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур в условиях конкретного рабочего участка - с использованием экспертной информационно-аналитической системы ЛИССОЗ (2 часа)

Занятие 6.

Оптимизация дозы применения основных элементов питания и форм удобрений, с учетом агроэкологических особенностей земель, в рамках программы ЛИССОЗ (2 часа)

Занятие 7.

Расчет и оптимизация затрат на получение планируемого урожая в условиях конкретного рабочего участка и года возделывания (2 часа)

Занятие 8.

Разработка и защита эскизных практических рекомендаций для агроэкологической оптимизации агроландшафта и технологий земледелия - по результатам лабораторных работ 1-7 (2 часа)

Итоговая аттестация

Итоговое контрольное задание, защита рефератов, коллективное обсуждение результатов лабораторных работ и итогов курса (2 часа)

Система контроля знаний

Условия и критерии контроля знаний

От слушателей требуется посещение лекций и семинарских занятий, обязательное выполнение контрольно-тестовых работ. Особо ценится активная работа на семинарских занятиях, что предполагает прочтение накануне занятия указанной преподавателем литературы.

Самостоятельная работа студентов включает изучение дополнительного материала и образовательных Интернет-ресурсов, активное использование контрольных вопросов для систематической самопроверки, подготовку реферативных работ, самостоятельный анализ результатов лабораторных работ, подготовку к итоговому контрольному занятию.

Обязательным является подготовка, написание и успешная защита итогового задания.

Сведения об авторах курса



Васенев Иван Иванович

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии Российского государственного аграрного университета - Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева. Основные научные интересы: Природная и антропогенная динамика почв и экосистем. Влияние импактных и сингенетических воздействий на функции, развитие и экологическое состояние почв. Экология почвенного покрова и ландшафта. Оценка их устойчивости к антропогенной нагрузке. Снижение экологических и экономических рисков землепользования. Агроэкологическое моделирование, районирование и мониторинг. Пространственное варьирование почв и геоинформационное обеспечение агроэкологического мониторинга. Оценка и управление качеством агроэкосистем. Системы информационной поддержки для принятия управленческих решений в области агроэкологии и землепользования. Автор и соавтор 230 научных работ (120 - в рецензируемых изданиях), в т.ч. трех монографий и восьми коллективных монографий. 45 работ опубликованы на английском и немецком языке. Научный редактор трех коллективных монографий и пяти тематических сборников статей.

<http://www.timacad.ru/catalog/pps/detail.php?ID=1717> - РГАУ-МСХА

<http://www.ozon.ru/context/detail/id/3844727/> - OZON.ru- Почвенные сукцессии/И.И. Васенёв

E-mail:vasenev@timacad.ru



Пакина Елена Николаевна

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, физиологии, патологии растений и агробиотехнологии Российского университета дружбы народов. Основные научные интересы: Мониторинг фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур. Динамика развития основных эпифитотийных заболеваний. Закономерности формирования современных агробиоценозов с учётом антропогенного воздействия и климатических изменений. Комплекс информационно-технологических приёмов точного земледелия. Повышение уровня адаптации агротехнологий к ландшафтным условиям. Информационное обеспечение систем адаптивно-ландшафтного земледелия.

[http:// web-local.rudn.ru/web-local/prep/prep_1444](http://web-local.rudn.ru/web-local/prep/prep_1444)

E-mail:e-pakina@yandex.ru