



www.cawater-info.net

В.А. Духовный, С.А. Нерозин, Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий

ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (системный подход в приложении к мелиорации)

НИЦ МКВК

Ташкент 2015

Научно-информационный Центр Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии Центральной Азии (НИЦ МКВК)

В.А. Духовный, С.А. Нерозин, Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
(системный подход в применении
к мелиорации)**

Ташкент – 2015

Данная книга опубликована при поддержке проекта «Оценка изменения ценности земли и разработка инструмента для поддержки изучения вопроса улучшенного планирования землепользования в орошаемых низовьях Центральной Азии (LaVaCCA)», выполняемым Университетом Вюрцбург и финансируемым Фондом "Фольксваген".

Список исполнителей

Духовный В.А.	(Глава 1)
Нерозин С.А.	(Глава 1-8)
Стулина Г.В.	(Глава 2-8)
Солодкий Г.Ф.	(Глава 9)

Содержание

Предисловие к изданию 2015 года	7
Введение.....	9
1. Программирование урожая сельскохозяйственных культур	13
1.1. Границы подсистемы «Программирование урожая» и её место в общей проблеме повышения эффективности сельского хозяйства	13
1.2. Структура составляющих подсистемы и связи между ними	16
1.3. Основные уровни продуктивности, агрегирование элементов и построение иерархии программирования	22
1.4. Состав и взаимосвязи в подсистемах	39
1.5. Определение факторов, влияющих на снижение урожая	50
1.6. Разработка и внедрение элементов метода программирования урожая в сельскохозяйственное производство (опыт и уроки на будущее)	54
2. Алгоритм оценки продуктивности хлопчатника	57
2.1. Методика и пример расчета максимально-возможного урожая (МВУ) для хлопчатника	57
2.2. Методика и пример расчета потенциального урожая (ПУ) хлопчатника в климатических условиях конкретного года.....	58
2.3. Методика и пример расчета действительно-возможного урожая (ДВУ) хлопчатника в климатических условиях конкретного года	61
2.4. Методика и пример расчета реального урожая в хозяйстве (УХ) для хлопчатника в климатических условиях конкретного года	67
2.5. Режим орошения хлопчатника и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в период вегетации	68
3. Алгоритм оценки продуктивности озимой пшеницы.....	72
3.1. Методика и пример расчета максимально-возможного урожая (МВУ) для озимой пшеницы.....	72
3.2. Методика и пример расчёта потенциального урожая (ПУ) озимой пшеницы в климатических условиях конкретного года	74
3.3. Методика и пример расчёта ДВУ для озимой пшеницы.....	75
3.4. Методика и пример расчета реального урожая в хозяйстве (УХ) озимой пшеницы в климатических условиях конкретного года	80

3.5. Режим орошения озимой пшеницы и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в период вегетации	89
4. Алгоритм оценки продуктивности кукурузы	92
4.1. Методика и пример расчёта максимально-возможного урожая (МВУ) для кукурузы.....	92
4.2. Расчёт потенциального уровня продуктивности (ПУ) кукурузы	96
4.3. Оценка действительно-возможного уровня (ДВУ) продуктивности кукурузы.....	97
4.4. Оценка реального уровня урожая кукурузы в хозяйстве (УХ).....	101
4.5. Режим орошения кукурузы и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в период вегетации	102
5. Алгоритм оценки продуктивности риса	105
5.1. Биологические особенности культуры	105
5.2. Методика оценки максимально-возможного урожая (МВУ) риса.....	106
5.3. Расчёт потенциального уровня продуктивности (ПУ) риса	109
5.4. Оценка действительно-возможного уровня (ДВУ) продуктивности риса	110
5.5. Оценка реального уровня (УХ) продуктивности риса в хозяйстве.....	119
5.6. Режим орошения риса.....	120
6. Алгоритм оценки продуктивности картофеля	123
6.1. Расчет максимально-возможного урожая (МВУ) для картофеля.....	123
6.2. Расчет потенциального урожая (ПУ) картофеля.....	125
6.3. Периоды развития картофеля и его требование к температуре.....	126
6.4. Расчет действительно-возможного уровня (ДВУ) продуктивности картофеля	126
6.5. Расчет реального уровня урожая в хозяйстве (УХ)	130
6.6. Режим орошения картофеля и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в процессе вегетации.....	131
7. Алгоритм оценки продуктивности люцерны	137
7.1. Биологические особенности культуры	137
7.2. Методика расчета потенциального урожая (ПУ) для люцерны	138
7.3. Методика оценки потенциального урожая	139
7.4. Методика оценки климатически обеспеченного урожая	140

7.5. Орошение люцерны	145
Заключение	146
8. Агромелиоративный паспорт фермерского хозяйства	148
Возможности повышения продуктивности земель на основе агромелиоративной паспортизации фермерских хозяйств	149
9. Специализированный вычислительный комплекс математического обеспечения консалтинговых центров	164
9.1. Прецеденты	165
9.2. Основные положения	166
9.3. Состав вычислительного комплекса	168
9.4. Разработка вычислительного комплекса	171
Заключение	178
Использованная литература	179

Предисловие к изданию 2015 года

Данная публикация была подготовлена и издана в 1987 г. по результатам работы Всесоюзной лаборатории программирования урожая САНИИРИ в рамках программы «Программирование урожая» ГКНТ СССР и Минводхоза СССР.

В последующие годы методика была широко использована в советский период для паспортизации более 100 тысяч га в Голодной степи (С.А. Нерозин, Г.В. Стулина), а в последующем она использовалась в целом ряде проектов в Центральной Азии, направленных на повышение продуктивности земли и воды.

В частности, в проекте Всемирного Банка “Best practice”, в проектах, выполненных НИЦ МКВК по договорам со Швейцарским Агентством развития (ИУВР Фергана, Повышение продуктивности земель в Ферганской долине и т.д.).

Настоящее издание дополнено второй частью – именно практическими примерами использования данной методики, которая была осуществлена д-ром Г.В. Стулиной и д-ром С.А. Нерозиным.

Цель нынешней публикации – создать базу практического использования этой методики в рамках научно-исследовательского проекта LaVassa, осуществляемого под руководством Университета Вюрцбург Германия (проф. К. Конрад) при участии НИЦ МКВК (д-р Г.В. Стулина) для оценки динамики продуктивности земель и их деградации, а также выявления фактов и механизмов управления.

Хотя представленные в первой части положения касаются, в основном, структуры аграрного производства, существовавшей в советское время – крупных колхозов и совхозов, характерных для советской эпохи, они оставлены без изменения с учетом понимания логики построения всего системного подхода и последующей возможности ее трансформации в условиях реструктуризации в настоящее время в широком диапазоне сельскохозяйственных организаций. В связи с тем, что процесс структуризации не завершен и движется по двум направлениям: укрупнения фермерских хозяйств в Узбекистане и частично в Туркменистане и Казахстане, с одной стороны, и мелкоразмерное землепользование (в основном семейного типа) в Киргизстане и Таджикистане, с другой. Тем не менее, в будущей устоявшейся структуре аграрного производства данный системный подход может быть адаптирован с учетом местных административных и правовых особенностей.

Очень важно, что применяемый в ПУ пофакторный подход практически может быть использован в качестве управления рисками в сельскохозяйственном производстве, нацеленном на предупреждение, поиск резервных решений и ослабление рискованных ситуаций.

Данное издание дополнено главой 9, подготовленной инж. Г.Ф. Солодским как наше видение дальнейшего развития математического обеспечения консалтинговой службы, которая в настоящее время, как задел на будущее.

Проф. В.А. Духовный

Введение

Один из путей успешного решения задачи по получению высоких и стабильных урожаев на орошаемых землях – широкое внедрение метода программирования урожая сельскохозяйственных культур.

Программирование урожаев (ПУ) – это разработка комплекса взаимосвязанных агротехнических и мелиоративных мероприятий, своевременное и высококачественное выполнение которых обеспечивает получение заранее рассчитанного урожая при одновременном повышении почвенного плодородия и улучшении экологической обстановки. Метод программирования урожаев исходит из того, что на каждом конкретном поле можно запланировать урожай и обеспечить его получение путём учёта всех почвенно – климатических факторов, дифференциации агротехнических и мелиоративных приёмов оптимального использования материальных, технических и трудовых ресурсов.

В Республиках Центральной Азии можно получать урожай хлопка – сырца на уровне 40–50 ц/га, сена люцерны 180–200, зерна кукурузы 80-100, риса 55–65 ц/га. Об этом свидетельствуют многочисленные экспериментальные данные научных учреждений, проведённые исследования в различных почвенно–климатических условиях региона, а также опыт передовиков производства. Однако существенный разрыв в урожаях, получаемых в опытных посевах и в условиях производства, предполагает, что ещё далеко не в полной мере используются достижения современной науки. Это вызвано также чрезвычайным разнообразием почвенных и других природных условий, организационно – техническими, экономическими и социальными условиями конкретного хозяйства. Вместе с тем результаты анализа деятельности ряда хозяйств говорят и об отдельных нарушениях технологической дисциплины, связанных со сроками и нормами сева, внесением удобрений, качеством поливов, междурядных обработок и т.д. Метод программирования урожаев призван сделать работу целенаправленной, повысить технологическую дисциплину, обеспечить более эффективное использование почвенно–климатических ресурсов, выделяемых средств на мелиорацию, химизацию и механизацию, улучшить экономику и доходы сельхозпроизводителей.

Проблема ПУ перестала быть только теоретической. Накоплен достаточный опыт использования научных разработок по программированию урожаев в странах ЦАР и Российской Федерации. Зарубежный опыт (ГДР, Болгария, Голландия, США, ФРГ) также свидетельствует о постоянном развитии методов ПУ и их высокой эффективности.

Именно поэтому ещё в 1985 г. комиссией по агропромышленному комплексу при Совмине СССР принято решение о внедрении метода программирования урожаев в сельскохозяйственную практику страны на площади 3,34 млн. га. По Узбекистану площади, отведенные под ПУ, к 1990 г.

составляли 556 тыс. га, из них 200 тыс. га были отведены под хлопчатник, 210 тыс. – под кукурузу, 13 тыс. – под рис, 30 тыс. – под люцерну, 3 тыс. – под овощи.

Практическое осуществление ПУ представляет собой сложную многоплановую задачу, поскольку предполагает учёт многофакторной, непрерывно меняющейся ситуации сельскохозяйственного производства, включающей слабо предсказуемый характер погодных условий, сложные и во многом неопределённые реакции растений на воздействие комплекса факторов внешней среды, а также экономические аспекты.

«Программирование урожаев» не есть создание, как многие практики полагали, максимально возможного в данных условиях урожая только вследствие того, что данные участки, массивы, площади или даже целые регионы включены в развёрнутую по всей стране кампанию борьбы за программирование урожаев. Такое примитивное понимание этого термина привело к тому, что в ряде организаций создалось мнение, что, лишь включившись в эту кампанию, интенсивно «размахивая её знаменем», можно без особых трудов, усилий и затрат добиться таких колоссальных результатов, каких до сего времени не дали огромные капиталовложения в сельское хозяйство.

Эти надежды не оправдались. Зачастую надуманные «результаты работы на программированных участках за 1985 – 1989 годы» показали нереальность их, несмотря на приводимые порой огромные цифры охвата площадей и эффекта по сравнению с прошлыми годами или по сравнению с «не программированными» площадями. Любому специалисту знакомому с процессом программирования было ясно, что эти безосновательные и кампанейские попытки выдать желаемое за достигнутое не есть настоящая работа по программированию урожая.

Работа по ПУ есть не что иное как создание и внедрение АСУ ТП в растениеводство, в земледелие, причём на первом этапе не столько автоматизированной системы управления, управления технологическими процессами в земледелии, сколько системы управления ТП вообще. Польза от создания и внедрения именно системы управления состоит в том, что она позволяет достаточно грамотному коллективу специалистов с хорошим уровнем организации иметь перед собой программу действий на все случаи возможных природных, хозяйственных и организационных отклонений от оптимальных условий, четкой технологической последовательности, объёмов, графиков и сроков работ, чтобы с минимальными потерями продуктивности преодолеть эти трудности. Более того, такая система, будучи как бы всеобъемлющим сводом «ноу - хау» в земледелии, позволяет и менее опытному, но старательному специалисту не идти методом «проб и ошибок», накапливаемых годами, а сразу освоить этот опыт с помощью инструкций для системы управления технологическими процессами (СУТП).

Понятно, что уже на этапе СУТП программирование урожая позволит поднять уровень реальных возможностей плодородия земли и урожая сельскохозяйственных культур в зависимости, с одной стороны, от природных условий, дифференцированных как по площади, так и по времени, с другой – от

уровня технологической дисциплины, материальной обеспеченности, квалификации кадров и пр.

Важнейшие преимущества АСУ ТП в том, что она требует значительной организованности не только от её разработчиков, но и от всех участников технологического процесса, включая производителей, что она поддерживает и стимулирует повышение дисциплины, технического уровня и квалификации всех работников хозяйств и производственных организаций, участвующих в системе ПУ.

В современных условиях программирования урожая может значительно расширить сферу своих управленческих воздействий на все составляющие районных организаций агрокомплекса, подчинив их основным требованиям повышения продуктивности земледелия на обслуживаемых РАПО угодьях.

В СССР программирование урожая получило значительное развитие, в первую очередь, благодаря работам И.С. Шатилова, Х.Г. Тооминга, Н.Ф. Бондаренко и всего коллектива Агрофизического института (АФИ) (С.В. Нерпин, Р.А. Полуэктов, В.А. Платонов, И.А. Усков и др.), а также трудам М.Ф. Каюмова, О.Д. Сиротенко, Е.П. Галямина и мн. др.

Создание систем программирования урожая не следует смешивать с проблемой управления факторами жизни растений, которая усиленно разрабатывалась в сельскохозяйственной и мелиоративной научной тематике применительно к управлению отдельным растением. Модели, создаваемые в процессе этой работы, имели целью выяснить влияние различных природных и антропогенных факторов на поведение растения. Бесспорно, отдельные фрагменты этой работы могут и должны быть использованы при решении проблемы по ПУ, но главная задача программирования урожаев – получение максимально возможного и экономически обоснованного урожая в производственных условиях, с определённой степенью неоднородности природных условий, при невозможности одновременно и строго в определённый срок произвести все технологические операции, с учётом многих стохастически возникающих факторов. При всей сложности проблемы современное земледелие имеет возможность в значительной степени управлять большинством из этих факторов. В первую очередь, это относится к арсеналу сортов, видов сельскохозяйственных культур, к средствам и технологическим процессам их возделывания. Мелиоративное земледелие позволяет, кроме того, управлять с помощью дренажа и орошения водно-воздушным и в некоторой степени тепловым режимами приземного слоя и почвогрунтов. Более того, мелиорация даёт в руки земледельцев возможность управлять долговременным плодородием почв, что и должно быть учтено при создании системы программирования урожаев на мелиорированных землях.

Программирование урожая как часть автоматизированной системы управления сельскохозяйственным производством, ведающая управлением технологическим процессом выращивания сельскохозяйственных культур, есть совокупность организационных, технических, информационных и управленческих мероприятий, которая должна обеспечить максимально

возможную экономически целесообразную продуктивность данной культуры в конкретных почвенно–климатических условиях при использовании определённых максимальных и людских ресурсов.

Программирование урожаев всех культур позволит перейти в масштабе хозяйства к АСУ ТП в хозяйстве, в масштабе района – к АСУ земледелием РАПО и т. д.

Методической основой программирования является системный подход, основанный на рассмотрении данного процесса с позиции управления большими системами. В.А. Платонов и А.Ф. Чудновский [11] доказывают правомерность такого решения, учитывая присущие процессу управления сельскохозяйственным производством следующие основные черты:

- невозможность описания всей системы формальными математическими моделями;
- необходимость описания части системы специальными приёмами;
- отсутствие или нечёткое знание многочисленных критериев управления;
- наличие в системе людей, обладающих свободой действий в пределах их прав;
- наличие многочисленных помех и второстепенных деталей;
- невозможность воспроизвести экспериментально все возможные сочетания ситуаций и необходимые реакции на них.

В связи с этим предусматривается следующая этапность разработки «Программирование урожая» как сложной системы:

- 1) выделение границ исследуемой системы и её места в общей проблеме;
- 2) определение структуры состава элементов и связей между ними;
- 3) агрегирование элементов и построение системы иерархии подсистем и блоков и т. д.;
- 4) анализ и классификация задач, решаемых на разных временных уровнях;
- 5) выявление состава и взаимосвязей подсистем;
- 6) создание комплекса моделей;
- 7) построение схем комплекса оптимальных управлений на каждом уровне.

1. Программирование урожая сельскохозяйственных культур

1.1. Границы подсистемы «Программирование урожая» и её место в общей проблеме повышения эффективности сельского хозяйства

В соответствии с задачами, которые стоят перед ПУ, это одна из ведущих подсистем в автоматизированной системе управления сельскохозяйственным производством хозяйства – АСУ хозяйством. Естественно, как в любой АСУ сельскохозяйственного предприятия, в ней должны быть подсистемы, охватывающие виды деятельности этой организационной ячейки нашего общественного производства в соответствии с его внутривозможным разделением труда. С этой точки зрения мы обязаны выделить восемь (а в перспективе – и девятую) подсистемы, охватывающих основные службы хозяйства (рис. 1.1, табл. 1.1).

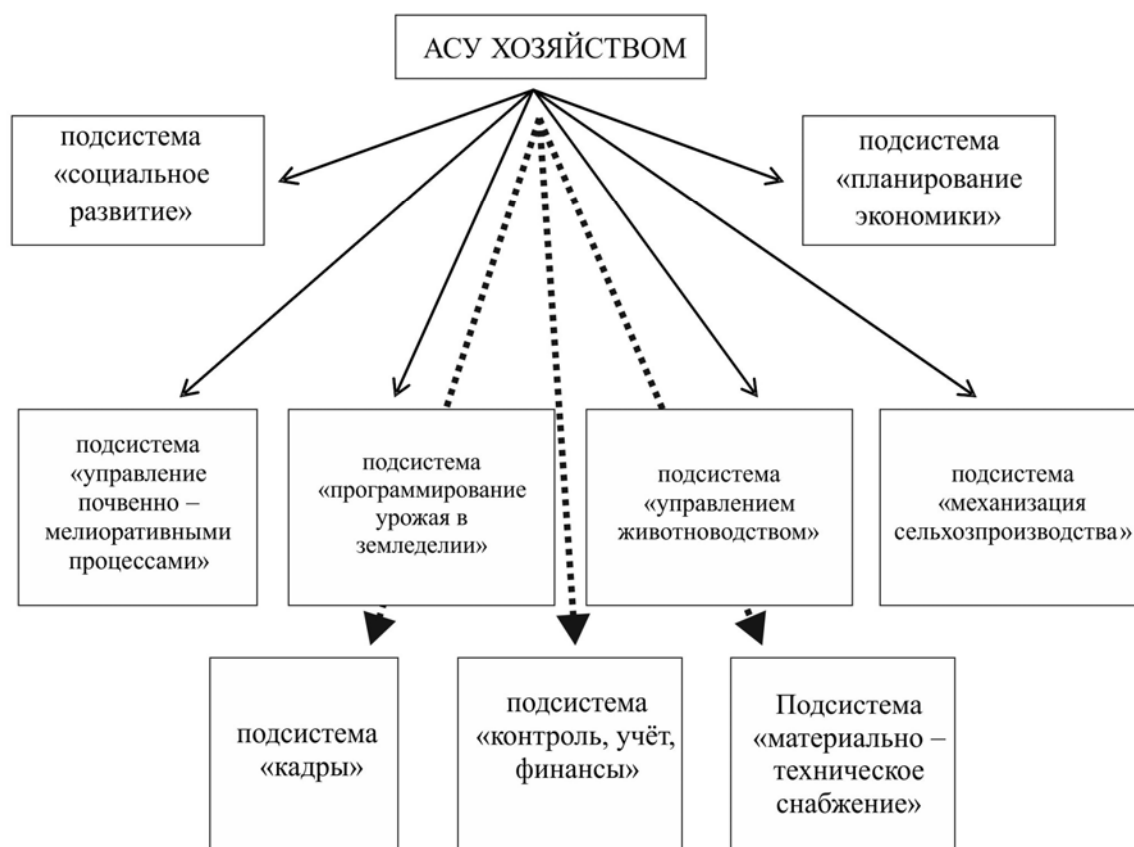


Рис. 1.1. Состав подсистемы АСУ хозяйством

Таблица 1.1

Основные цели подсистемы АСУ

Подсистема	Цель	Ответственное подразделение
Создание ПУ в земледелии	Рациональное управление выращиванием сельскохозяйственных культур в хозяйстве и получение высоких урожаев	Службы главного агронома
Управление животноводством	Получение заданной продукции животноводства	главного зоотехника
Механизация сельскохозяйственного производства и транспорта	Обеспечение технологических процессов необходимым уровнем механизации и транспортом	главного инженера-механика
Управление почвенно-мелиоративными процессами	Создание необходимых водно-воздушного и водно-солевого режимов почв и планомерное повышения плодородия с помощью комплекса гидромелиоративных мероприятий	главного инженера-мелиоратора и почвенной службы
Материально-техническое обеспечение	Поставка и снабжение всеми необходимыми материалами, удобрениями, сельскохозяйственной техникой и т. д.	Отделы снабжения и главного механика заместитель директора по общим вопросам
Кадры	Привлечение, подготовка и совершенствование квалифицированного уровня кадров	Отдел кадров
Планирование и экономика	Создание систем низового планирования с целью обеспечения роста эффективности сельскохозяйственного производства	Главный экономист
Контроль, учёт, финансы	Обеспечение финансирования и контроль за всеми функциональными службами	Главный бухгалтер, диспетчерская служба

Подсистема	Цель	Ответственное подразделение
Социальное развитие	Создание условий для повышения благосостояния работников	Директор, заместитель директора по быту, партком, профком

Подсистема «Программирование урожая в земледелии» объединена со всеми остальными подсистемами в АСУ хозяйством как требованиями, так и обеспечивающими, ограничивающими и технологическими связями. Так, подсистемы «ПУ в земледелии» и «Управление животноводством» связаны между собой требованиями на корма и возможностью обеспечения почв навозом. К подсистеме «Управление почвенно–мелиоративными процессами» основная подсистема – ПУ – предъявляет, с одной стороны, требования по влагообеспеченности посевов и мелиоративному состоянию земель, а с другой – определяют возможный уровень плодородия почвы и меры по его наращиванию; обе эти подсистемы определяют требования к обеспечивающим подсистемам относительно кадров, техники, транспорта, материально – технического снабжения, финансового обеспечения и т. д.

Программирование урожая как комплексный процесс управления плодородием земель в интересах получения высокого урожая не ограничивается лишь собственно программированием в земледелии, а охватывает и почвенно–мелиоративную, механизировано – технологическую и экономическую и даже финансовую стороны, которыми занимаются соответствующие подсистемы.

Установление состава элементов и детальных связей между ними более чётко определит и границы процесса программирования во всех подсистемах АСУ хозяйством.

В то же время предлагаемое построение АСУ хозяйством по подсистемам предопределяет структуру увязки с будущими АСУ РАПО (рис. 1.2) с его основными 14 подсистемами, с которыми устанавливаются либо функциональные, либо подчинённые и обеспечивающие связи.

Примечание к новому изданию

Хотя в нынешних рыночных условиях представление в качестве высшей структуры АСУ РАПО (Районные Агропромышленные объединения), которое предполагалось в качестве высшего органа координации сельского сектора в рамках социалистической системы кажется странным, однако нынешние подходы, которые определились в период внедрения ИУВР в орошаемом земледелии (проект ИУВР Фергана «НИЦ МКВК – ИВМИ – SDC»)¹ предполагают наличие гидрографического управления водоподачей и территориального управления требованиями на воду. Территориальное управление создало определенную добровольную структуру, координируемую на региональном уровне, под руководством региональной власти и включающая в себя все

¹ Брошюра ГВП «ИУВР в Центральной Азии», Духовный В.А., Соколов В.И., Зиганшина Д.Р.

те органы, которые, по сути, предусматривались в составе АСУ РАПО. Это финансовые и отчетные органы (банк, налоговые управления), снабжение удобрениями, обеспечение механизмами, мелиоративные службы, защита растений, семеноводство, энергетика и связь и т.д. Отличие от предусмотренной систем взаимодействий при социалистической структуре хозяйствования от нынешней будет состоять в приоритете договорных и экономических отношений, а также в последующей роли органов местной власти. Состав же жизненных составляющих сельской местности, факторов занятости и благосостояния в сельском кластере сохраняются таким же, как он предполагался в составе РАПО. Функции же РАПО в нынешних условиях предположительно будут исполняться Водно-земельными комиссиями района.

1.2. Структура составляющих подсистемы и связи между ними

Процесс программирования урожая затрагивает, как уже указывалось, несколько подсистем АСУ хозяйством.

Для оценки структуры и взаимосвязей всех подсистем возьмём за основу методику И.С. Шатилова и А.Ф. Чудновского [23], которые в качестве базиса закладывают три аспекта – агрометеорологический, агрофизический и агротехнический, исчерпывающие в основном задачи «АСУ ТП в земледелии». При этом рассматриваются не отдельные факторы, а технологические процессы, протекающие на фоне изменяющейся агрометеорологической обстановки, воздействующей на агрофизические условия почв, приземного воздуха и самого растения.

На наш взгляд, этот подход справедлив для текущей (данного года) оценки АСУ ТП, но он не учитывает возможности изменений плодородия земель в многолетнем разрезе. Кроме того, программирование в составе указанных трёх аспектов предполагает, что все воздействия возлагаются на технологические процессы, их оптимизацию, в сочетании с возможностью приспособления и некоторым образом изменения агрометеорологических условий путём мелиоративных воздействий. Кроме того, важным инструментом управления плодородия является многолетний подбор культур и их сочетаний, как средство приспособления к климатическим условиям и воздействие на плодородие почв.

Чтобы правильно строить подсистему «Программирование урожая в земледелии», следует представить себе объект управления в этой подсистеме. Им является сочетание «растение – почва – внешняя среда», где по мере прохождения динамических процессов на площади и во времени создаются наиболее приемлемые условия взаимодействия, позволяющие получать максимальное количество сельскохозяйственной продукции при ограниченных общественных затратах.

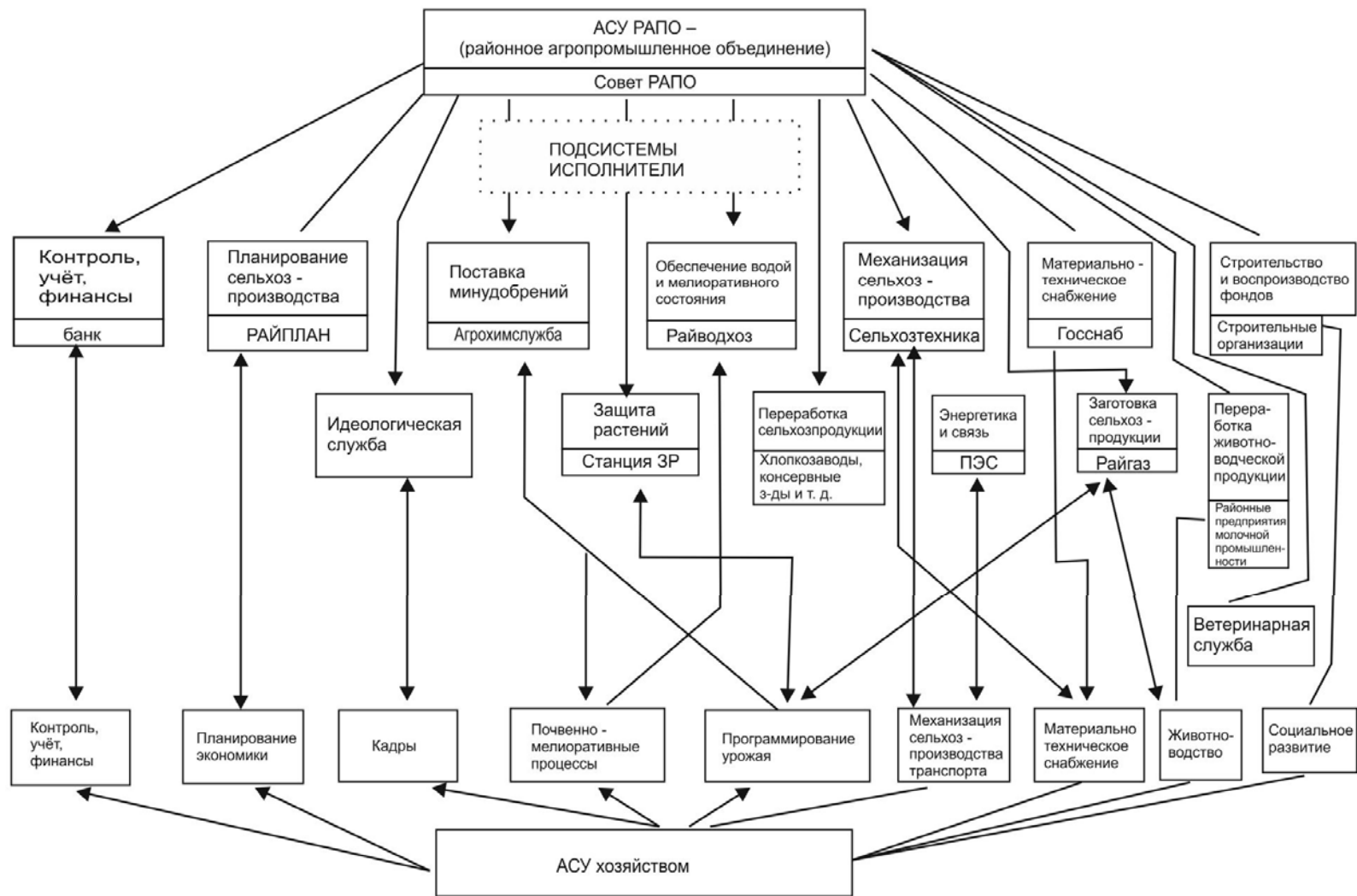


Рис. 1.2. Состав подсистемы АСУ РАПО

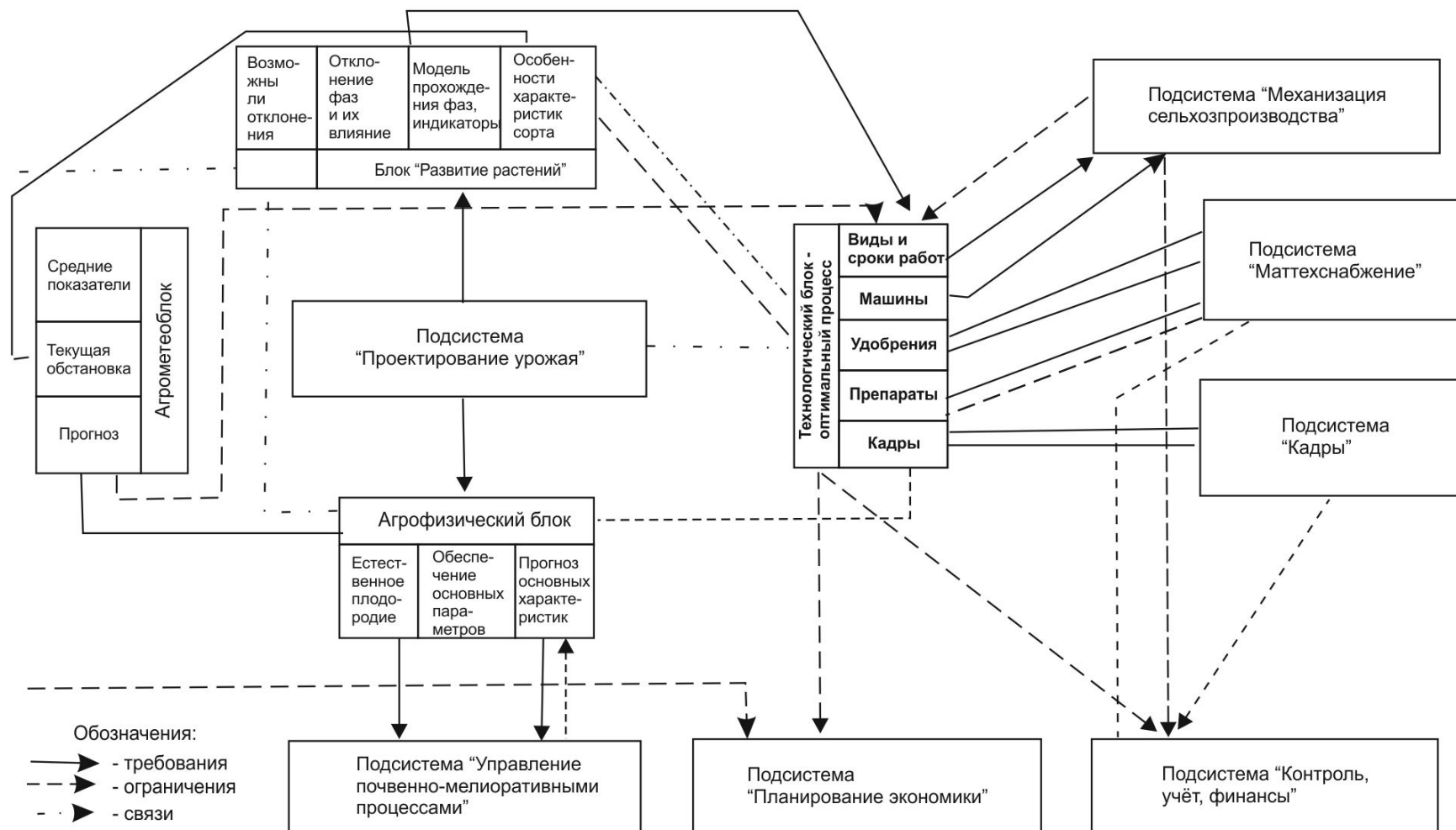


Рис. 1.3. Подсистема «Программирование урожая»

В вышеуказанном сочетании внешняя среда – наименее, но всё же управляемая часть (слабо – по климатическим условиям, в большей мере по гидрологическим и гидрогеологическим условиям с помощью дренажа и системы орошения). В какой – то степени могут быть внесены коррективы в температурный режим почвы и т. д. Растение – достаточно управляемый объект как в отношении выбора вида и сорта, так и непосредственного воздействия различными агротехническими приёмами (прореживание, чеканка и пр.). Главным же объектом управления с помощью технологии является почва, её плодородие. В.В.Егоров [7] определяет плодородие как удовлетворение биологического потенциала растений их материальным и энергетическим требованиям.

Действительно, минеральное питание (NPK, гумус, микроэлементы) должно быть постоянно в нужном количестве, строго необходимым по режиму его переработки растением, с целью обеспечения продуцирования посева с помощью фотосинтеза. Однако это возможно только при определённом энергетическом потенциале, получаемом почвой и непосредственно растением от солнечной радиации лишь при определённом наличии влаги. Согласно В.Р. Волобуеву, энергия почвы равна:

$$Q_n = R \cdot e^{-0.47 \frac{1}{Kn}}, \quad (1.1)$$

где:

R – радиационный баланс;

Kn – коэффициент увлажнения;

e – основания натуральных логарифмов.

Одновременно энергетический потенциал определяет развитие биоты, скорость движения влаги в растении и в почве, а отсюда и поступление питательных веществ, углеродно – кислородный обмен, разложение удобрений в доступную для растений форму и т. д. Вода при этом играет не менее важную роль, так как переводит все вещества в растворимую форму, работает в фотосинтезе, регулирует температуру растения и т. д.

Урожайность зависит не только от биологических способностей растений и сортов в сочетании со своими материальными и энергетическими потенциалами, но и от способности почвы поддерживать стабильность требований растений во времени и по площади. Во–первых, почва должна быть фильтром, сквозь который «процеживаются» все внешние воздействия: радиация, материальные вещества, влага – прежде, чем попасть к растению. Во–вторых, она должна быть демпфером, сглаживающим благодаря характерной для неё буферности и инертности резкие изменения внешней среды (например,

температура, содержание и минерализация влаги и т. д.). В–третьих, почва – это резервуар, позволяющий растениям и самой почве постепенно расходовать из своих запасов влагу, тепло, питательные вещества длительный период между их поступлениями извне. Почва также является реактором, перерабатывающим тепловую энергию солнца в кинематическую энергию движения растворов, в живую энергию роста клеток. Наконец, почва – гигантская и постоянно действующая кухня, где готовится та пища, тот «физиологический раствор», которой снабжает растения и одновременно поддерживает биоту, саму по себе являющуюся не только «приправой», но и производителем этой «пищи». Все эти функции выполняются почвой в зависимости от её механического состава, структуры, агрохимических и агрофизических свойств, содержания солей, гумуса и т. д. Поэтому, если цель АСУ ТП земледелия состоит в получении максимально возможного урожая при ограниченных или экономически целесообразных совокупных общественных затратах, то достигается это при оперативном управлении с помощью технологических процессов энергетическим и материальном питании растений через почву при постоянном контроле за её состоянием с помощью управления почвенно – мелиоративными процессами.

Подсистема «Программирование урожая в земледелии» разбивается на блоки «Развитие растений», «Агрофизический», «Агрометеоблок» и «Технологический» (рис. 1.3). Блок «Развитие растений» описывает как бы «эталонные» растения, характерные для определённого поля. В этом блоке должны быть приведены характеристики культуры и сорта, указаны особенности прохождения ими фаз, влияние возможных отклонений во внешних (погодных) и антропогенных условиях на прохождение фаз и, в конечном счёте, на урожай. На основе этих составляющих данного блока формируются требования к блоку «Технологический» и связи, определяющие влияние всех указанных характеристик и отклонений на возможные управляющие воздействия в этом блоке. «Агрометеоблок» даёт характеристики среднесезонных и экстремально возможных по реальным условиям местности отклонений в метеоусловиях, оценку текущей обстановки и её прогноз. Характеристика текущей обстановки влияет на оценку стандартного прохождения фаз и возможных отклонений в блоке «Развитие растений», а также в «Агрофизическом блоке», а оба они позволяют выработать требования в блоке «Технологический» к подсистемам «Механизация сельскохозяйственного производства», «Материально–техническое снабжение», «Кадры», каждая из которых создаёт обратную связь в виде возможности удовлетворения этих требований как ограничения. Эти ограничения вновь воздействуют на блок «Технологический» и через него на «Агрофизический» и «Развитие растений», требуя оценки той обстановки, которая складывается в них при этих ограничениях, удовлетворяющих первичные требования лишь частично. Если альтернативное решение по удовлетворению требований невозможно, производится корректировка конечного урожая.

В блоке «Агрофизический», взаимодействующем в основном с подсистемой «Управление почвенно – мелиоративными процессами», даётся оценка естественного плодородия, возможных мер по его наращиванию в

долговременном (многолетнем) плане, приводится информация о состоянии системы «почва – растение – атмосфера» с учётом мелиоративных воздействий в подсистеме «Почвенно–мелиоративные процессы» (орошение, дренаж, комплексные мелиорации), формируется информация к блоку «Развитие растений», требования к удобрениям, агротехнике и др.

Наконец, блок «Технологический» вместе с подсистемой «Управление почвенно–мелиоративными процессами» определяет состав нормативных затрат в подсистеме.

«Планирование и экономика» с учётом их возможных отклонений, а блок «Развитие растений» даёт размер возможного конечного урожая, его качество, снижение или повышение при соответствующем уровне естественного плодородия на основе задач подсистемы «Управление почвенно–мелиоративными процессами». В подсистему «Контроль, учёт, финансы» постоянно поступает информация обо всех затратах в хозяйстве и его подразделениях, об их отклонениях от планируемых в подсистеме «Планирование и экономика» и о необходимости (или возможности) принятия мер по их приведению в порядок.

Блок «Технологический» должен описать технологический процесс (посев, внесение удобрений, полив, культивацию, чеканку и т. д.) таким образом, чтобы он полностью соответствовал требованиям блока «Развитие растений». Здесь, однако, следует учесть три особенности технологических процессов:

- каждая технология рациональна лишь постольку, поскольку она соответствует тому оптимальному диапазону условий, для которых создана. Более того – чрезмерное опережение или опоздание или просто несовпадение заданных и фактических условий процесса грозит не улучшением, а ухудшением произрастания растений. Например, запоздание с последним поливом хлопчатника до 25 августа – 5 сентября приводит к дополнительному отрастанию листьев, ненужному накоплению вегетативной массы, срыву эффекта дефолиации, удлинению фазы плодообразования и, в конечном счёте, к снижению урожая; при преждевременном же поливе ухудшается аэрация, нарушается фотосинтез и отдельные биотические процессы, происходит вынос удобрений, гумуса и т. д. из корневой зоны;
- отдельные технологические процессы воздействуют не только положительно, но и отрицательно. Такое отрицательное влияние необходимо знать и предотвращать. Например, глубокая (до 45 см.) пахота с оборотом пласта приводит к углублению активного слоя, улучшению аэрации, структуры, снижению засоренности, вовлечению гипса в эту зону. Этот процесс очень важен для лессовых загипсованных почв, в то же время такая пахота резко ухудшает микробиологическую деятельность, структуру поверхностного слоя, снижает плодородие верхнего горизонта почвы, что крайне нежелательно для луговых и песчано-пустынных почв;

- любая технология затратна, поэтому выбор технологии есть всегда оптимизационная задача по минимизации затрат при максимуме прироста продуктивности.

Отсюда в блоке «Технологический» мы должны дать ответ на следующие вопросы.

1. Каковы оптимальные условия, время и интенсивность того или иного процесса и каков диапазон возможных отклонений, как они влияют на развитие растений и как это отражается на конечной продуктивности?
2. Каковы возможные отрицательные функции и последствия каждого технологического процесса, какова их формализация?
3. Какова затратная функция технологического процесса?

Нужно учесть, что в реальных хозяйствах отклонения в прохождении каждого технологического процесса уже определены масштабами временного и площадного стохастизма при проведении сельскохозяйственных работ, и это также должно учитываться связью между блоком «Технологический» и подсистемой «Механизация сельскохозяйственного производства и транспорта».

Особое место в процессе ПУ занимает подсистема «Управление почвенно–мелиоративными процессами», включающая:

- оценку естественного плодородия и выработку долговременных мер по его повышению на основе комплексных мелиораций;
- создание оптимальных текущих почвенно–мелиоративных условий, удовлетворение требований блока «Агрофизический» по влажности и засолённости путём соответствующих мелиоративных воздействий (орошение и дренаж).

На этой основе устанавливаются требования к капитальным мелиоративным, а также ежегодным агротехническим и мелиоративным работам, к проведению поливов, уходу за дренажем и к другим эксплуатационным мероприятиям по мелиоративной сети и текущим культурно – техническим работам.

1.3. Основные уровни продуктивности, агрегирование элементов и построение иерархии программирования

В соответствии с теоретическими положениями И.С. Шатилова, А.Ф. Чудновского, В.А. Платонова, Р.А. Полуэктова мы приняли следующие основные уровни продуктивности земель:

МВУ – максимально возможный урожай, достижимый только в идеальных почвенно – климатических и производственно – хозяйственных условиях;

ПУ – потенциальный урожай, где учтены долговременные показатели зонального и почвенного плодородия;

ДВУ – действительно возможный урожай, где дана оценка максимально возможной технической урожайности в условиях данного климатического года, лимитированный управляемыми факторами;

УХ – урожай хозяйства, где приведена оценка возможного урожая в хозяйстве, находящегося под воздействием реально складывающихся условий происхождения отдельных фаз развития растений в данном году;

РУ – реальный урожай, сложившийся с учётом всех технологических и управленческих воздействий, фактически проведённых в текущем году работ и отклонений от оптимума.

Задача программирования урожая может быть сведена к выражению:

$$PYL_{im} \rightarrow YXL_{im} \rightarrow DBYL_{im} \rightarrow ПУ \rightarrow МВУ$$

В такой постановке сама проблема управления урожаем распадается на долговременные мероприятия, определяющие ПУ, среднесрочные мероприятия, определяющие ДВУ, мероприятия данного года, оценивающие УХ, и оперативно – организационные мероприятия, следствием которых является РУ. Соответственно каждому уровню продуктивности должна строиться информационная и управленческая части системы (включая нормативную и текущую информацию).

$$МВУ = \frac{\sum Q_{\Phi AP}}{q} \cdot \eta_{\Phi} \cdot K \quad (1.2)$$

где

$\sum Q_{\Phi AP}$ – среднемноголетний приход фотоактивной радиации за вегетационный период, ккал/см²;

q – калорийность урожая;

η_{Φ} – КПД фотосинтеза;

K – коэффициент перехода от фитомассы к урожаю.

Фотоактивная радиация определяется либо путём непосредственного измерения с помощью фотопиранометров, либо рассчитывается с помощью переходных коэффициентов. По данным Чолпанкулова Э.Д. и Кратенко А.Ю. (1991) в результате обработки многочисленных экспериментальных данных выведена следующая зависимость для дневных и месячных сумм ФАР для условий Центральной Азии:

$$\Sigma Q_{\text{ФАР}} = 0,42 \Sigma S' + 0,60 \Sigma D \quad (1.3)$$

где

$Q_{\text{ФАР}}$ – прямая фотоактивная радиация;

S' – прямая солнечная радиация;

D – рассеянная солнечная радиация.

При наличии сведений о суммарной радиации упомянутые выше авторы используют упрощённую зависимость:

$$\Sigma Q_{\text{ФАР}} = 0,5 Q_c \quad (1.4)$$

где:

Q_c – суммарная радиация.

Для расчета потенциального урожая применяется формула:

$$ПУ = MBY \cdot K_{\sigma} \quad (1.5)$$

где:

K_{σ} – коэффициент бонитета почвы, который определяется по формуле:

$$K_{\sigma} = K_{\text{осн}} \cdot K_{\text{гум}} ,$$

где:

$K_{\text{осн}}$ – основной балл бонитета, учитывающий тип почвообразования, мощность мелкозёма, гранулометрический состав и автоморфность почв;

$K_{\text{гум}}$ – понижающий коэффициент на содержание гумуса в почве.

Прежде чем перейти к детальному рассмотрению АСУ ТП, остановимся на описании отдельных этапов формирования продуктивности земель. При этом следует иметь в виду, что на уровне сельскохозяйственного предприятия, по И.С. Шатилову и А.Ф. Чудновскому, «рутинные» стандартные задачи занимают 40 % структуризованные (массового обслуживания и оптимизационные) – 26, слабо структуризованные – 24, особо сложные, непредвиденные, структуризация которых невозможна, - 10 %. Таким образом, мы можем рассчитывать на формализацию лишь двух третей всех задач управления технологическими процессами. Следует отметить, что лишь часть задач на разных уровнях будет совпадать.

Для повышения гумусности почв требуется интенсивное внесение навоза совместно с внедрением севооборотов на базе многолетних трав; улучшение структуры требует также наряду с внесением навоза рыхления, пескования, щелевания, химизации и т. д.

В основу поправки на бонитет принимаем рекомендации УзНИИПа [11] с учётом методики, разработанной ГИЗРом, с вычленением факторов, которые могут быть улучшены в течение года.

Отсюда строится план долговременных мероприятий по повышению ПУ в данном хозяйстве, зоне. Они должны включать меры по повышению бонитета почвы и повышению КПД фотосинтеза.

При оценке потенциальной продуктивности урожайности земель, как справедливо указывают И.С. Шатилов и А.Ф. Чудновский [23, с. 77–79], большое значение играет подбор культур в севообороте, который позволяет максимально использовать ФАР данной зоны и получать максимально возможную в данных условиях фитомассу.

Известно, что каждый килограмм сухой органической массы аккумулирует в среднем 4000 ккал. Для каждой зоны известна суммарная радиация S , а также ФАР, которая составляет по упрощенной зависимости: $Q_{\text{ФАР}} = 0,5 \cdot S$. Определённое количество ФАР в каждой фазе развития растений даёт определённый прирост фитомассы. Каждый сорт в зависимости от степени удовлетворения различных агрофизических условий потребляет различный процент ФАР – от 1 до 3.

Отсюда фитомасса в среднем составляет:

$$\Phi M = \frac{\sum Q_n}{q} \quad (1.6)$$

Таким образом, если ФАР в Средней Азии достигает 7 млрд. ккал/га (80 ккал/см²), то при аккумулировании 3 % ФАР может быть достигнут урожай травы (в сухой массе):

$$\frac{8 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^3} = 600 \text{ ц/га}$$

Для наиболее полного использования радиации необходимо подбирать растения с наибольшей степенью аккумуляции ФАР (кукуруза, сорго и т. д.), что позволяет получать при всех оптимальных условиях огромные урожаи. Так, по данным Cooke G.W. [25], в мире зарегистрированы такие максимальные урожаи (ц/га): кукурузы – 222, пшеницы – 145, сорго – 215, риса – 144, ячменя – 114, сои – 56.

Следует иметь в виду, что при оценке ФАР должен учитываться, видимо, не весь объём радиации за вегетацию, а лишь необходимый для потребления растением. В противном случае то количество тепла, который вызывает перерасход влаги, излишнюю интенсивность транспирационного механизма и даже угнетение растений, засчитывалось бы в положительные свойства данной местности. А ведь известно, что даже такие теплолюбивые растения, как хлопчатник и виноград, при определённой температуре прекращают нормальное развитие.

ДВУ – это показатель, характеризующий возможность получения предельного урожая именно в условиях данного года. Сюда должны войти показатели теплообеспеченности данного года, а также следующие факторы урожайности, которые могут быть значительно изменены за счёт проведения соответствующих профилактических или текущих работ:

- степень засолённости (изменяется управлением системой текущих, реже капитальных, промывок, режимов, и уровней грунтовых вод на фоне инженерного дренажа) – (K_c);
- степень засорённости почвы (изменяется осуществлением мероприятий по уничтожению корневищ механизированным или химическим способами, например, трихлорацетатом натрия или меди вместе с зябью; глубокой пахотой с нижним внутренним оборотом пласта и т. д.) – (K_{cor});
- степень обеспеченности элементами минерального питания – $K_{mрк}$;
- степень поражённости болезнями и вредителями – ($K_{бол}$, $K_{вр}$);
- степень ровности фона, зависящая от степени спланированности проектной площади – ($K_{ф}$).

$$ДВУ = ПУ \cdot K_c \cdot K_{cor} \cdot K_{NPK} \cdot K_{бол} \cdot K_{вр} \cdot K_{ф} \cdot \frac{\sum Q_H}{\sum Q_{\phi}}, \quad (1.7)$$

где:

ПУ – потенциальный урожай;

K_c , K_{cop} , K_{NPK} , $K_{бол}$, $K_{вр}$, $K_{ф}$ – коэффициенты влияния на урожай соответственно степени засоления, засорённости поля, обеспеченности элементами минерального питания, поражённости посева болезнями и вредителями, ровности фона;

ΣQ_n – сумма фактической ФАР;

$\Sigma Q_{ф}$ – сумма среднегодовой ФАР.

Методической основой оценки указанных коэффициентов от 0 до 1 должны быть обобщения литературных данных или результатов специально поставленных опытов.

Отношение $\Sigma Q_n / \Sigma Q_{ф}$ показывает обеспеченность данной культуры ФАР в реальном году в сравнении со среднегодовыми данными. При $Q_n > Q_{ф}$ отношение следует принимать за единицу.

Основным документом, обеспечивающим переменный массив информации для определения показателей ПУ и ДВУ, является разработанный в САНИИРИ «Агромелиоративный паспорт поля». Его данные, подразделённые на две группы, - свойства, определяющие долговременное плодородие, и свойства, характеризующие факторы, которыми можно управлять в течении года, - позволяют планировать и осуществлять мероприятия по повышению базисной продуктивности земель.

УХ – урожай хозяйства это достижимая продуктивность сельхозкультуры в хозяйстве (УХ). Расчет реального урожая хозяйства производится уже без привязки к определенной культуре, здесь учитываются лишь организационно-производственные потери, а также потери связанные с погодными условиями года.

$$UX = ДВУ \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5 \quad (1.8)$$

где

P_1 – обеспеченность трудовыми (людскими) ресурсами;

P_2 – обеспеченность техникой и транспортом;

P_3 – качество технологических работ и отклонение от рекомендаций зональной технологии;

P_4 – обеспеченность удобрениями, химикатами, семенами (ресурсное обеспечение)

P_5 – обеспеченность водой.

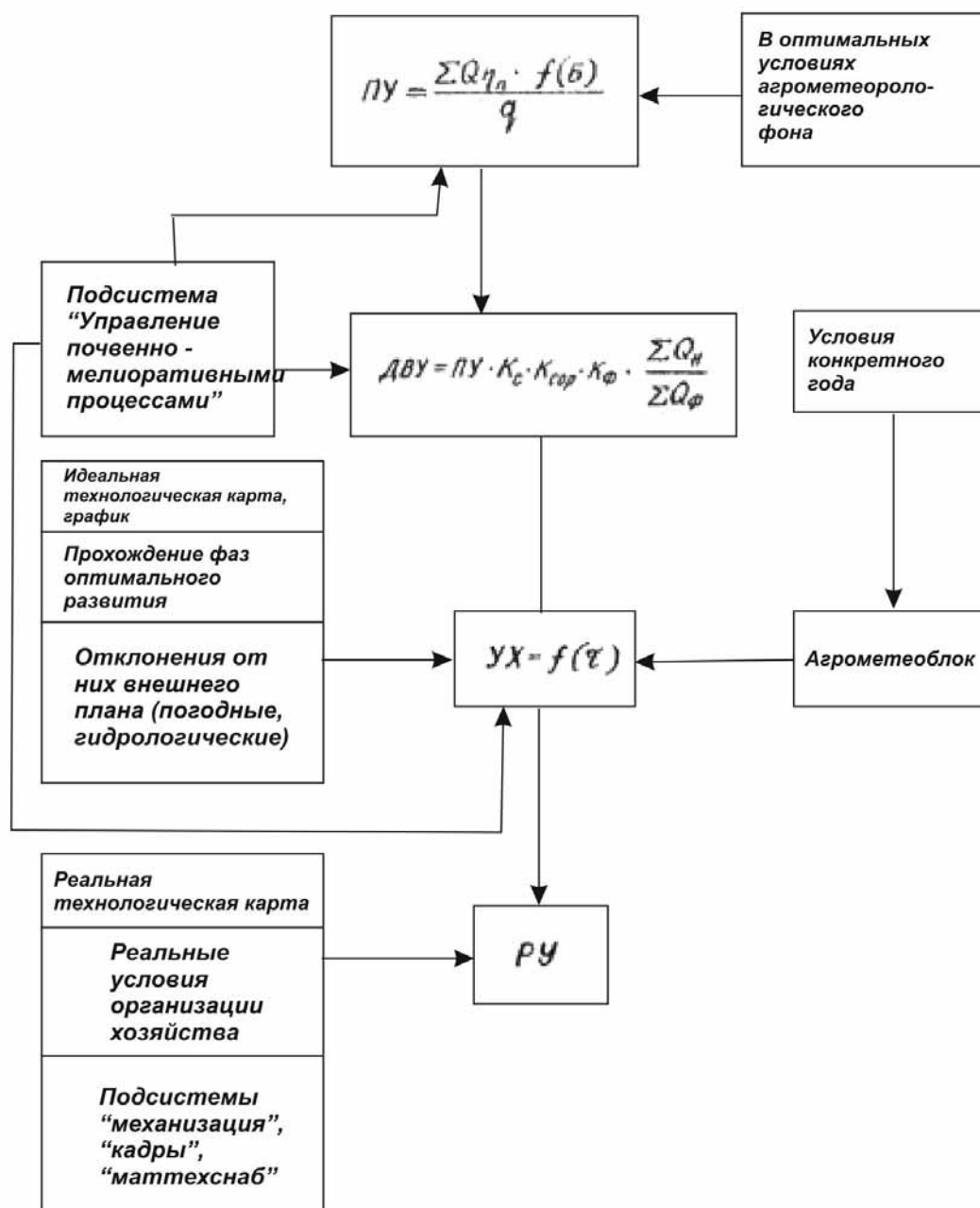


Рис. 1.4. Схема оценок урожая

Изменчивость внешних природных (вследствие вероятностного характера климатических и гидрологических факторов данного периода) и организационных (под действием различных факторов материального снабжения сельского хозяйства, в первую очередь минеральными удобрениями, техникой и т. д.) условий по каждому году создаёт необходимость оценки как бы максимально возможного урожая в конкретных условиях года при отличной работе всего коллектива хозяйства, действующего в соответствии с технологическими картами и нормативами проведения работ (рис. 1.4).

Здесь главное состоит в оптимальном в данных условиях прохождении фаз развития растений и соблюдении как контрольных параметров конца каждой фазы, так и срока фаз. Для хлопчатника, например, характерны следующие фазы:

- от посевов до появления двух – трёх настоящих листочков;
- от появления третьего листочка до бутонизации;
- от бутонизации до цветения;
- от цветения до плодообразования;
- от плодообразования до созревания;
- от созревания до завершения уборки.

По каждой фазе технологии – агротехники должны установить (в блоке «Развитие растения»):

- а. оптимальные условия прохождения каждой фазы по увлажнённости, температуре, минеральному питанию;
- б. продолжительность каждой фазы (в сутках) и влияние на неё отклонений от оптимума;
- в. конечные показатели нормального, предельного допустимого выхода каждой фазы (например, всходы – количество растений на гектаре не менее 120 тыс., при меньших всходах – соответствующие показатели снижения конечного урожая и т. д.);
- г. влияние отклонений в прохождении каждой фазы и в общей продолжительности на конечные показатели по пункту «в».

Главное на этом этапе, как уже говорилось, - установление технологических последовательностей выполнения различных мелиоративных мероприятий и агротехнических приёмов для обеспечения нормального развития растений и недопущения потери урожая. Это возможно на основе технологической карты, привязанной к определённым климатическим условиям, и выполненным в виде скользящего сетевого графика процесса. Учитывая, что погодные условия – вероятностный процесс, одновременно должны быть определены с различной расчётной обеспеченностью возможные отклонения от среднего диапазона основных агрометеорологических показателей и соответствующие дифференцированные агротехнические мероприятия с учётом в вариантном графике всего сельскохозяйственного производства.

Здесь необходимо установление степени мощностей парка техники и других мощностей, а также объёма удобрений, что позволило бы скомпенсировать возможные отклонения климатических и погодных условий и как бы «догнать» отставание технологического процесса или осуществить заранее его опережение при отклонении от оптимума.

При невозможности скомпенсировать отклонения нужно выработать такие технологические (или оперативные) воздействия, которые позволят свести потери урожая до минимума при ограниченных ресурсах.

Указанные особенности технологического процесса проиллюстрируем на примере посевов. Известны оптимальные условия произрастания семени:

$$t_{s^o} \geq [t_{s^o}]$$

$$[\theta_{\min}] \leq \theta_{0-10} \leq [\theta_{\max}] \quad (1.9)$$

$$\theta_{0-10} = f_2(\theta_{oit^o}; \tau; R)$$

где:

t_{s^o} – температура почвы;

θ_{0-10} – влажность почвы в слое 0-10 см;

θ_0 – начальная влажность почвы;

t – температура воздуха;

τ – срок от начала наблюдений;

R – радиационный баланс.

Известно, что срок от посевов до всходов ($\tau_{всх}$) может быть определён по методу фенологических прогнозов [15].

$$\tau_{всх} = \frac{A}{t_{cp}^0 - B} \quad (1.10)$$

где

A – сумма потребных эффективных температур ($^{\circ}\text{C}$) в данную фазу развития при нормальных условиях влажности для данного сорта;

t_{cp}^0 – средняя температура воздуха периода, $^{\circ}\text{C}$;

B – порог развития (в данном случае всходов), $^{\circ}\text{C}$.

В связи с тем, что в дни, когда $t^0 \leq B$, растение не развивается, поэтому, надежнее этот срок определить исходя из выражения

$$\sum_{\substack{\Delta \in \tau_{BCX} \\ (t^0 \geq B)}} t^0 - \tau_{BCX} \cdot B \geq A \quad (1.11)$$

где сумма температур воздуха берется лишь по сумме дней с дневным значением больше порога развития.

Как уже указывалось, условия всходов определяются не только температурным, но и влажностным режимом (оптимальной считается влажность в слое 0-10 см на уровне 0,8-1,0 ППВ, при влажности между 0,6 и 0,8 ППВ всходы замедляются, а при влажности несколько ниже уровня завядания всходы не прорастают).

Построив кривую изменчивости температур воздуха по метеорологическим данным, кривую изменчивости влажности почв по расчетам режима влажности (например, принятая у нас программа «Progwat» по Баклушину, Духовному, Дудко), можно оценить, как выбрать срок сева τ_{cc} таким образом, чтобы диапазон температур почв и влажностей ее в слое 0-10 см был оптимальным в период от τ_{cc} до $\tau_{cc} + \tau_{сева} + \tau_{всх}$. Отсюда вероятность всходов P_v .

$$P_j = f_3 \left\{ t_{S\tau}^0 ; \theta_{S\tau} \mid \tau_{cc} + \tau_{сева} + \tau_{всх} \right\} \rightarrow \max \quad (1.12)$$

Параметры управления этого технологического процесса - τ_{cc} и $\tau_{сева}$. Сам по себе срок сева является функцией наличия техники и режима посевов. Если нельзя подобрать такие сроки сева, которые вероятностно гарантировали бы оптимальные условия всходов, то следует задать влагозарядковый полив как фактор создания оптимума влаги в почве либо сократить период $\tau_{всх}$ путем подбора сорта, дающего наиболее ранние всходы, или специальной обработкой семян (гидроактивационной, униполярной, магнитной и пр.).

Таким образом, процесс формирования урожая, перед которым, в конечном счете, стоит задача получения УХ, близкого к ДВУ, должно в реальных условиях и с помощью определенных управляющих факторов (вода, технология, механизация, удобрения и набор определенных средств защиты) обеспечить преодоление вероятных отклонений в погодных, климатических, хозяйственных условиях от оптимума при минимуме потерь урожая и приведенных затрат (рис.1.5). Отсюда задача как бы на два основных направления: оценка оптимального развития посевов в средних для данного

участка (хозяйства) условиях и постепенное преодоление всевозможных отклонений, включая хозяйственные (а не только природные) отклонения от оптимума.

В качестве основы «Управления развитием растений» принимаются разделение на фазы и условия прохождения различных фаз в зависимости от базового фона (блок «Агрофизический»), условий «Агрометеоблока», обеспеченности мелиоративными воздействиями (подсистема «Управление почвенно-мелиоративными процессами») и технологическими процессами (блок «Технологический»).

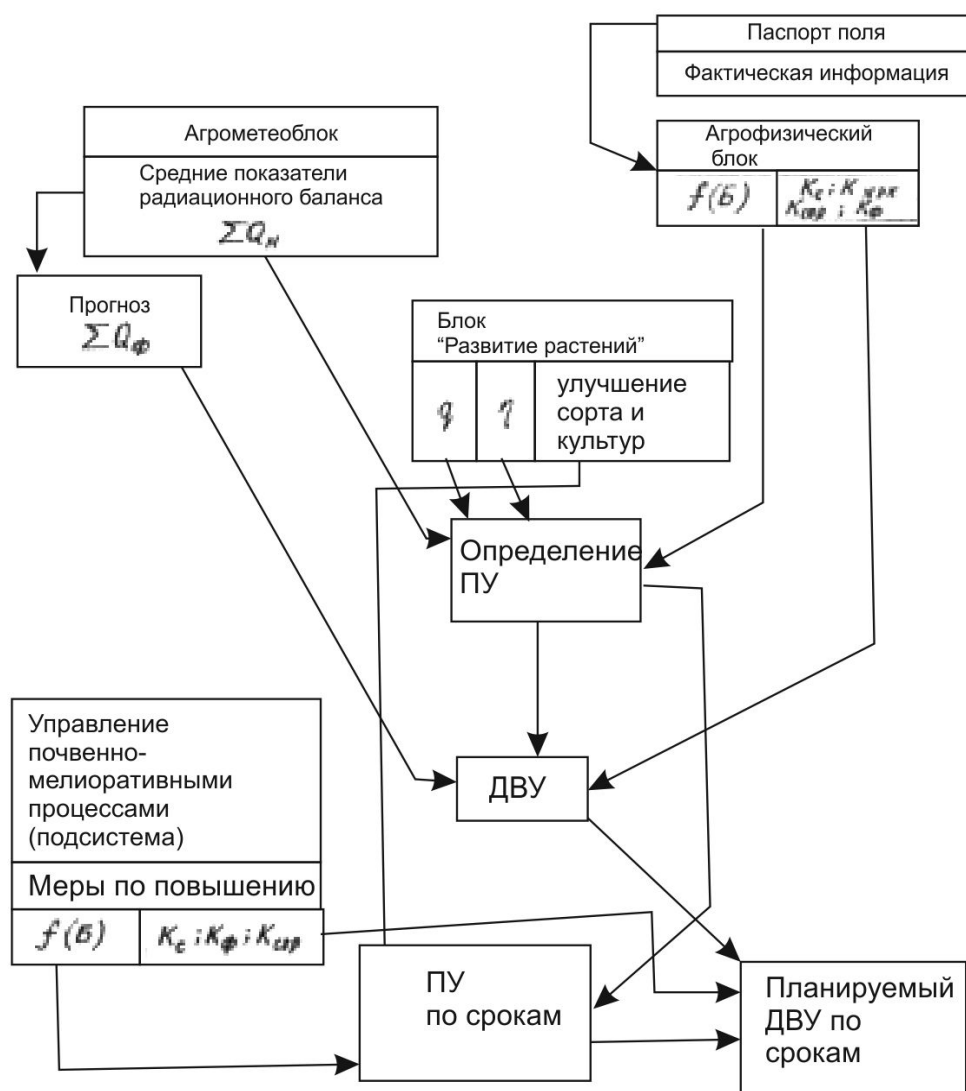


Рис. 1.5. Оценка ПУ и ДВУ и возможности их повышения

Есть различные предложения по учету фаз и их влиянию на конечный урожай:

- продолжительность и результативность каждой фазы есть результат прохождения всех предшествующих фаз

$$T = \sum_{\tau \in n\phi} t_{\tau}; t_{\tau} = f_1^t(S_{t-1}; R; i; t^0; \theta) \quad (1.13)$$

$$Y_{\tau} = Y_0 \cdot f'' \left(\sum_{\tau \in n\phi} t_{\tau} - \langle t_{\tau} \rangle \right) \quad (1.14)$$

или

$$Y_{\tau} = Y_0 \cdot f_1(\tau_1) \cdot f_2(\tau_2) \dots f_n(\tau_n) \quad (1.15)$$

$$Y_{\tau} = \prod_{\tau \in n\Phi} f_i(\tau_i) \quad (1.16)$$

- продолжительность и результативность каждой последующей фазы зависит лишь от выходных параметров предшествующей и факторов, воздействующих на данную фазу (рис.1.6):

$$t_{\tau} = t_{\tau-1} + f''' \tau_n(i; R; t^0; Q_S, \dots) \quad (1.17)$$

$$Y_{\tau} = Y_0 \cdot S_{t-1} \cdot f''' \tau_n(i; R; t^0; Q_S, \dots) \quad (1.18)$$

Первая часть этого выражения аналогична принятому В.А. Платоновым и А.Ф. Чудновским [11], но они за основу прохождения каждой фазы приняли лишь температурное воздействие. Мы же фиксируем конечные результаты прохождения каждой фазы (S_{t-1}) и по их отклонениям от нормы планируем снижение первичной урожайности. Поэтому принимаем последний вариант. Отсюда вторая задача подсистемы – формирование нормативного массива выходных данных и их допустимых отклонений.

Здесь создаются требования к другим подсистемам с точки зрения минимизации отклонений от нормы.

Оценка оптимального развития посева должна состоять из прогноза фаз развития растений (сорта) исходя из оптимальных условий по влажности и средних климатических условий, а также установления нормального расчетного режима водопотребления и возможности удовлетворять его по площади для

перехода от эталонного участка к бригаде в соответствии с параметрами оросительной сети.

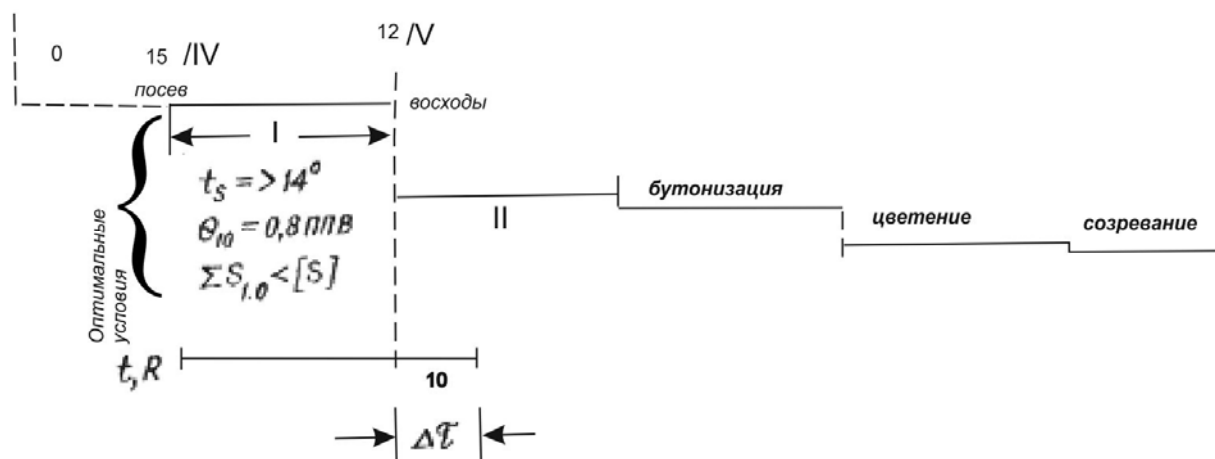


Рис. 1.6. Фазы биологического развития

Далее должна быть сделана оценка реально возможных отклонений в метеопараметрах (с обеспеченностью 90 %) и хозяйственных условиях (обеспеченность кадрами с учетом их квалификации и опыта, уровень механизации, наличие химикатов и т.д.) и влияния этих отклонений (включая и отклонения в водопотреблении и других физических процессах от оптимума) на нормальное развитие растений.

Для предупреждения отклонений, как было показано ранее, может быть сформирован расчетный резерв мощностей или создано определенное опережение проходящих фаз агротехническими процессами, что также должно быть спрогнозировано. Оснащение всех указанных связей и затрат экономическими показателями, реальными для каждого поля, позволит превратить указанную систему прогноза урожая в экономически осмысленную, увязанную с хозрасчётом и оптимизацией производства.

Прогонка блока «Развитие растения» в вероятностном имитационном режиме позволит выбрать сорт растения, наиболее приспособленный к температурным, влажностным характеристикам климата, включая вероятность выпадения осадков, заморозков и т.д. Это очень важно, например, в условиях рано наступающих дождей, заморозков (Каракалпакстан, Хорезмская область РУз), где зачастую хлопок высокоурожайных сортов не вызревает, а скороспелые не высевают из-за их более низкой урожайности.

Реальная, учитывающая оперативные отклонения продуктивность земель формируется уже на этапе урожайности РУ. Разница между РУ и УХ показывает, по сути, какова степень оперативного совершенствования управления в данном хозяйстве, отделении, звене. На этой стадии, кроме данных

по влиянию отклонений, накопленных в подсистеме «Развитие растений», важно располагать информацией о влиянии факторов организационного характера на указанные отклонения.

Для этого целесообразно в подсистеме «Планирование и экономика» создать массив информации в хозяйстве по обеспечению трудовыми, материальными и другими ресурсами и сопоставить их с полученными в процессе анализа прохождения фаз по каждой бригаде данными об отклонениях. В результате по методу множественной регрессии можно определить влияние этих различных отклонений в обеспеченности организационными факторами на прохождение фаз. Отсюда создается возможность оптимизировать при дефиците тех или иных ресурсов их направленность на преодоление фазовых нарушений.

С этой целью разработана соответствующая форма. В результате представляется возможным обработать полученные данные в виде

$$\frac{\tau_{\xi} - \langle \tau_{\xi} \rangle}{\langle \tau_{\xi} \rangle} = a_{\xi} \Lambda_{\tau} + b_{\xi} P_{ni} + c_{\xi} P_{oi} + d_{\xi} P_{yi} + g_{\xi} T_{pi} \quad (1.19)$$

или аналогично получить зависимость снижения урожайности в каждой фазе от этих факторов

$$\frac{Y_{\xi}}{Y_{\xi} - 1} = a'_{\xi} \Lambda_i + b'_{\xi} P_{ni} + c'_{\xi} P_{oi} + d'_{\xi} P_{yi} + g'_{\xi} T_{pi} \quad (1.20)$$

где:

τ и $\langle \tau \rangle$ – соответственно фактическое и оптимальное время прохождения фазы;

Λ_i – обеспеченность людскими ресурсами каждой производственной единицы в долях единицы;

$P_{ni}; P_{oi}; P_{yi}$ – обеспеченность каждой производственной единицы техникой в период подготовки почвы, обработки посева, уборки урожая;

T_{pi} – обеспеченность транспортом;

$a'_{\xi}; b'_{\xi}; c'_{\xi}; d'_{\xi}; g'_{\xi}$ – матричные коэффициенты показателей обеспеченности ресурсами на определённый срок;

$a_{\xi}; b_{\xi}; c_{\xi}; d_{\xi}; g_{\xi}$ – матричные коэффициенты влияния обеспеченности ресурсами на относительное снижение урожайности;

$\frac{Y_{\xi}}{Y_{\xi} - 1}$ – относительное снижение урожайности в каждой фазе.

$$\left. \begin{array}{l} a'_{\xi} + b'_{\xi} + c'_{\xi} + d'_{\xi} + g'_{\xi} \\ a_{\xi} + b_{\xi} + c_{\xi} + d_{\xi} + g_{\xi} \end{array} \right\} = 1 \quad (1.21)$$

Такие набранные в хозяйстве справочные данные позволяют, учитывая оперативную обстановку в хозяйстве, прогнозировать возможные отклонения сроков проведения работ, а отсюда прохождение фаз и урожайность или оценить объем необходимого запаса в технике, транспорте и других ресурсах для покрытия возможных сбоях.

Здесь нам представляется и выход в будущем на определенную оптимизацию не только в распределении дефицитных ресурсов, но и в установлении необходимого резерва на уровне хозяйства, а может быть, и РАПО по покрытию дефицита, создаваемого организационными «шумами» в хозяйстве.

Предлагаемый четырехступенчатый подход к формированию урожая позволяет дифференцировать затраты и себестоимость продукции по причинам их возникновения и принимать меры по снижению себестоимости к одновременно повышению продуктивности сельскохозяйственной продукции; таким образом, программирование урожая получает экономическую оценку и выход на планирование объемов и рентабельности производства.

Исходя из предложенных подходов, все основные задачи (кроме финансовых, экономических и статистических) можно систематизировать вне зависимости от распределения по подсистемам и блокам (табл.1.1, 1.2). Они разбиты на информационные задачи и управляющие воздействия. При этом информационные задачи делятся на две подгруппы - нормативной информации и контрольной.

В то же время нужно помнить, что с учетом наших предложений на основе ранее приведенных предложений И.С. Шатилова и А.Ф. Чудновского [23] все информационные задачи относятся в основном к блокам «Агрофизический», «Агрометеорологический», «Развитие растений», дающим характеристику объекту регулирования «почва - растение – атмосфера», а регуляторами являются блок «Агротехнический» и подсистема «Управление почвенно-мелиоративными процессами».

Таблица 1.2

Иерархия задач по программированию урожая по четырехступенчатой схеме

Вид задачи	МВУ - ПУ	ДВУ	УХ	РУ
Нормативная база	1.Характеристики сортов и культур по потребности в радиации, их КПД	Влияние на ДВУ	1.Оптимальные условия прохождения стадии развития и допустимые отклонения	1.Нормативная технология
	2.Среднедолголетная радиация	а) степени засорённости;	2.Факторы, влияющие на прохождения фаз:	2.Потребность техники на каждом поле
	3.Влияние на бонитет:	б) степени засоленности;	а) агрометеорологические;	а) в нормальных условиях;
	а) структуры;	в) ровности фона (или степени работоспособности системы);	б) технологические ;	б) с учётом возможных отклонений
	б) гумусности	г) NPK	в) вредители;	3.Наличие техники
			г) NPK;	4.Наличие кадров и резервов их
			д) влажность	
			3.Показатели завершения фаз	
			4.Средние агрометеопоказатели	
Контрольная база	1.Показатели:	1.Возможные меры по улучшению агрофона:	1.Фактическая информация о состоянии полей	1.Технологический контроль
	а) гумусности;	а) устранение засорённости;	2.Контроль метеофакторов, содержания NPK, влажности почвы	2.Выполнение оперативных заданий
	б) структуры почвы;	б) снижение засоленности, улучшение работы дренажа;		
	2.Возможные меры по повышению	в) повышение ровности фона;		

Вид зада ч	МВУ - ПУ	ДВУ	УХ	РУ
	бонитета на очередную пятилетку			
	3.Данные о фактическом осуществлении мер по повышению бонитета	г) внесение НРК		
		2.Контрольные данные по осуществлению предложенных мер		
Управляющие воздействия	Долговременные меры по повышению плодородия:	1.План работы по борьбе с сорняками путём внесения гербицидов и глубинной обработки почвы	Оргтехмероприятия текущего года	Оперативные мероприятия
	- Внедрение севооборота;	2.Мероприятия по улучшению эксплуатации дренажа, организации текущих промывок земель	1.Посевной план	1.Оперативные задания на агротехнические работы
	- долгосрочные планы химмелиорации и улучшение водно-физических свойств почвы;	3.План текущих планировок	2.План агротехмероприятия	2.Оперативный план подготовки и расстановки техники
	- план капитальных планировок;	4.План внесения навоза и минеральных удобрений	3.План поливов и поливной техники	3.Оперативный план работы автотранспорта
	- подбор культур и сортов, наиболее соответствующих природным условиям;	5.План ремонтно-эксплуатационных работ по оросительной сети	4.Потребность в технике по срокам и график её покрытия по году	4.Оперативный план повышения квалификации кадров
	- план внедрения совершенных способов полива с целью повышения равномерности увлажнения почвы;		5.План новой техники и опытное внедрение	5.Мероприятия по созданию необходимых технологических и материальных заделов
	- оценка возможного нарастания плодородия		6. План материально-технического снабжения	

Вид зада ч	МВУ - ПУ	ДВУ	УХ	РУ
			7.План подготовки кадров	

Таблица 1.3

Карта учета отклонений плановых и фактических затрат, $\frac{\text{план}}{\text{факт}}$

№ п.п.	Пол я	Обеспеченност ь людьми Λ_i	Отклонения от технологии			Транспор т T_{pi}
			Подготовительн ые работы P_{ni}	Обработк а почвы P_{oi}	Уборка урожая P_{yi}	
		A_1	A_2	A_3		A_4
1. 2. 3. и т.д.						

1.4. Состав и взаимосвязи в подсистемах

Рассмотрим предлагаемую структуру АСУ хозяйством в интересах программирования урожая с учетом состава подсистем и составляющих блоков.

Определяющая подсистема «Создание программированного урожая» на первом временном этапе целей - оценка и повышение ПУ и ДВУ - состоит из задач разового использования - раз в году (см. рис.1.5, 1.6). На основе задачи «Среднегодовое значение радиационного баланса» из «Агрометеоблока», соответствующих задач определения q и η сорта и культуры, а также оценки бонитета почв на базе «Паспорта поля» для каждого поля, бригады устанавливается ПУ. С введением соответствующих коррективов на прогнозируемую ФАР текущего года и коэффициентов, уменьшающих продуктивность растений с учетом засоренности, засоленности фона и пр., получаем ДВУ.

Далее в подсистеме «Управление почвенно-мелиоративными процессами» оцениваются меры по повышению бонитета, а в блоке «Развитие растений» - возможное улучшение культуры и сорта. На основе этого дается прогноз повышения ПУ по срокам долговременных мероприятий.

При оценке целесообразности культуры и сорта можно применять метод, рекомендуемый И.С. Шатиловым, А. Ф. Чудновским [23], - по наиболее

высокому использованию радиации. Коэффициент использования радиации рассчитывается по формуле:

$$m = \frac{R_H}{R} = \frac{R_H}{R_H + R_n} \rightarrow 1 \quad (1.22)$$

где:

R – общая радиация ($R_H + R_n$);

R_H – радиация, использованная в слое H (высота растения);

R_n – радиация, приходящаяся на почву.

Учитывая, что $R_n + R_H = Q \cdot K_R$, функция (18) – максимальное использование ресурсов радиации данной местности – может быть сформулирована таким образом:

$$\frac{R_H}{Q} \rightarrow \max \quad (1.23)$$

Для оценки поэтапного увеличения ДВУ из подсистемы «Управление почвенно-мелиоративными процессами» должны быть введены меры по увеличению коэффициентов K_c , K_f и т. д. в соответствии с планом мероприятий по повышению плодородия земель, планом борьбы с сорняками, мероприятиями по навозообороту. В отличие от разовой оценки уровней ПУ и ДВУ (раз в год) на этапе установления УХ, так же, как и для РУ, должно осуществляться постоянное слежение за всеми факторами формирования продуктивности – как природными, так и антропогенными.

При этом следует исходить из положений И.С. Шатилова и А.Ф. Чудновского [23] о необходимости учитывать основные законы земледелия и растениеводства:

- о разнзначности и незаменимости факторов жизни (тепло, вода, свет, пища и др.);
- о минимуме – урожай определяется фактором, находящимся в минимуме;
- об оптимуме – наилучшее развитие обеспечивается при оптимальном соотношении между факторами;
- о возврате – взятые из почвы питательные вещества должны быть восстановлены;
- о плодосмене, особенно с учетом южных культур;
- о том, что само растение является «сложной природно-климатической системой», четко реагирующей на все изменения внешней среды и умело

(в пределах своих возможностей) приспособляющейся к ней; это свойство имеет особенно важное значение, так как создает диапазон отклонений от того расчетного узкого предела оптимумов, который устанавливается для растений обычно.

При оценке уровня УХ главным в подсистеме ПУ является блок «Развитие растений», где основное внимание уделяется оценке продукционного процесса создания урожая в «эталонном растении», характеризующем состояние всех посевов участка. Блок «Развитие растений» должен ориентироваться, видимо, на уровень обеспеченности 75% площади всего поля или бригады (а в будущем и 90%).

Цель этого блока:

- установить нормальный (безо всяких нарушений) ход развития растений для данных условий, ориентируясь на среднесуточные метеорологические условия (возможно, на два уровня предельной обеспеченности климатическими параметрами - 10 и 90 %). Для этого желательно подобрать год - аналог и сделать расчет нормального развития растений, не отягощенных никакими агротехническими, мелиоративными и организационными отрицательными показателями, за исключением климатических и погодных;
- накапливать фенологическую информацию о фактическом развитии растений в условиях конкретных лет и конкретных отклонений;
- систематически поставлять управляющим органам информацию о состоянии посевов и давать им сравнительную оценку;
- выработать модель развития сельскохозяйственных культур и зависимости прохождения фаз от различных нарушений;
- давать материал для прогноза продуктивности на стадии УХ.

Схема постоянной текущей оценки формирования продуктивности УХ представляется следующим образом (рис.1.7).

Для каждой фазы блок «Развитие растений» определяет требования к естественным условиям с точки зрения тепла, света, ветровой деятельности и т.д. Для условий среднего года задаются средние и крайние нормативные параметры прохождения агрофазы. Затем на основе оценки текущей обстановки и многолетнего ряда формируется прогноз агрометеофакторов, выводится из блока «Развитие растений» оценка предшествующей фазы состояния посевов и прогнозируется возможное развитие следующей фазы с учетом состояния блока «Агрофизический» (влажность, температура почвы, параметры минерализации почвенного раствора, минерального питания). Отсюда формируются требования к подсистеме «Управление почвенно-мелиоративными процессами» и к блоку «Технологический». В зависимости от возможности их удовлетворения

корректируется прогноз фазы, намечаются меры по ликвидации отставания либо вносится поправка на конечный урожай.

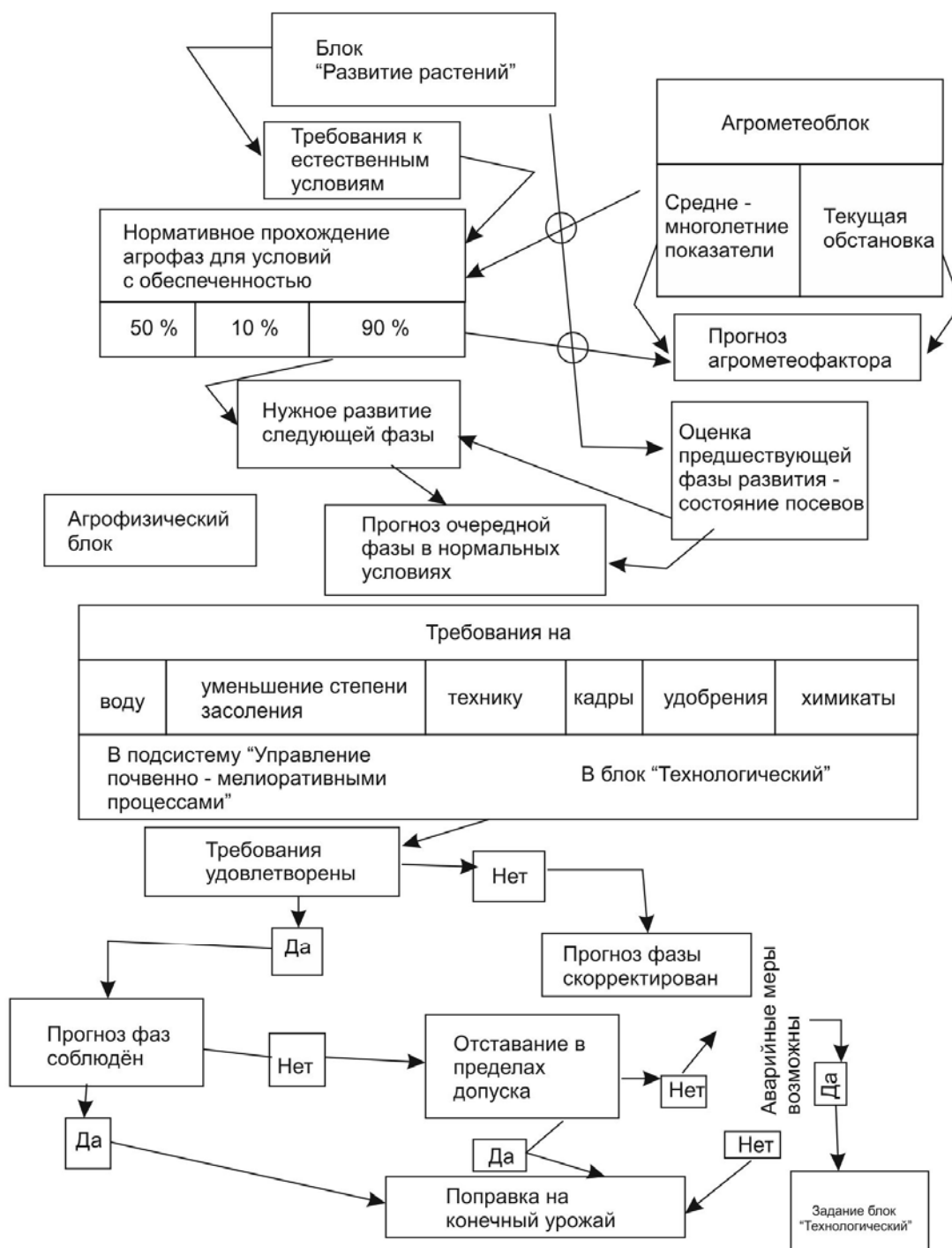


Рис. 1.7. Схема моделей текущей продуктивности УХ

В основу блока «Агрофизический» должны быть положены закономерности взаимодействия системы «почва (зона аэрации) - растение - приземный слой», разработанные С.В. Нерпиным и А.Ф. Чудновским [10], (рис.1.8).

Задача «Почвенные, грунтовые и другие константы» должна содержать информацию о неизменных показателях водно-физических и физико-химических свойств почвы (удельный и объемный вес, параметры Пекле, Фика, полная влагоемкость, коэффициент фильтрации и т.д.). В задачу «Долговременные трансформирующиеся показатели» наряду с агрегатным составом, гумусом, содержанием микроорганизмов могут войти и показатели предыдущей задачи, если в соответствии с информацией подсистемы «Управление почвенно-мелиоративными процессами» должны осуществляться меры по улучшению водно-физических свойств, механического состава и т.п.

На основе моделей влагопереноса и теплообмена С.В. Нерпина и А.Ф. Чудновского [10] с некоторым упрощением может постоянно регистрироваться динамика влажности почв, температуры, минерализации почвенного раствора, соленакопления и т.д. В результате сопоставления изменения этих показателей с требованиями к почве блока «Развитие растений» устанавливается требования блока «Агрофизический» к подсистеме «Управление почвенно-мелиоративными процессами» с точки зрения орошения, дренажа и промывок, а к блоку «Технологический» - по NPK.

Блок «Технологический» («Технология сельскохозяйственного производства»), по определению В.А. Платонова [11], имеет целью:

- спланировать комплекс агротехнических мероприятий на каждом поле для получения заданного урожая, включая сроки, объемы, последовательность операций и т.д.;
- дать набор технологических рекомендаций при возникновении нестандартных условий;
- позволить рассчитать на любой промежуток времени требования к другим подсистемам, охватывающим, например, вопросы материально-технического и организационного обеспечения, выявления узких мест и т.д.;
- дать контрольные параметры для проведения технологических операций;
- рассчитать календарные сроки проведения операций по уходу за посевами в связи с изменением внешних и оперативных условий;
- вести оперативный учет выполнения сроков и качества работ.

Через данный блок подсистема ПУ предъявляет требования к подсистеме «Управление почвенно-мелиоративными процессами», которая должна дать аппарат для оптимизации (и предварительной классификации) всех предлагаемых технологических процессов.

Главные документы этой подсистемы:

- карточка-характеристика поля,
- входящие параметры из других подсистем,

- технологическая карта, учитывающая процессы стационарные и зависящие как от текущих характеристик поля, так и от метеорологической и организационной обстановки.

Технологическая карта содержит следующие показатели: название процесса, срок, параметры управления, затраты труда, перечень механизмов, удельная стоимость операций, общие затраты и т.д., - а также карточку-задание на очередной процесс работ в поле. Это дает возможность сформировать массив информации о проведенных и планируемых работах в целом по совхозу, отделению и даже мелким технологическим единицам.

Одновременно данные этой подсистемы диктуют условия и блоку «Развитие растений», давая оценку состоянию культур и возможности дальнейшего воздействия на сельскохозяйственное производство. При этом главным документом должна быть карточка - отчет о выполнении задания по данному виду работ.

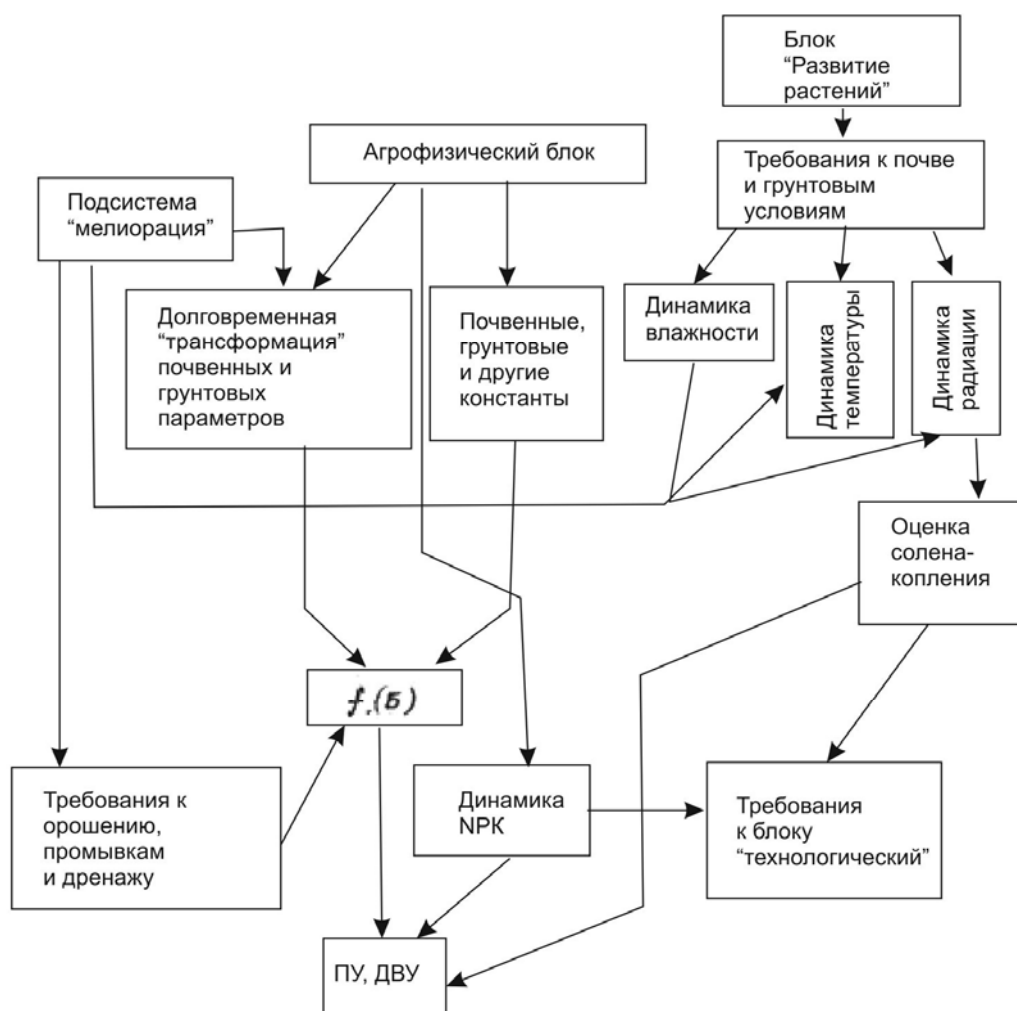


Рис. 1.8. Состав задач и схема взаимодействия агрофизического блока

При оценке необходимости уточнения проведенных работ на основе требований блока «развитие растений» можно воспользоваться предложением В.А. Платонова [11].

Подсистема «Управление почвенно-мелиоративными процессами» должна обеспечить разработку мер по обеспечению повышения продуктивности земель (долгосрочные планы), созданию необходимых мелиоративных условий (по влажности, солесодержанию) для выращивания высокого урожая, а также планировке и осуществлению комплекса эксплуатационных, капитальных и агротехнических работ, направленных на эти цели. Поэтому подсистема как бы распадается на две части: долгосрочных и текущих мероприятий (рис.1.9).

Комплекс инженерных и агротехнических мелиораций, направленных на долгосрочное постепенное повышение плодородия земель, должен быть выбран на основе анализа хода почвообразовательного процесса и соответствия ему мелиоративного режима. Для систематизации такого анализа и выработке соответствующих мер нами рекомендована блок - схема, которая может быть использована здесь [17].

Оценка возможных мер по повышению плодородия для различных полей и участков позволяет с использованием оптимизационного аппарата определить первоочередные объекты, дающие наибольшую эффективность как наряду с реконструкцией оросительных систем, так и без нее, лишь за счет мер по повышению плодородия земель. На этой основе должен быть составлен план долгосрочных мероприятий по повышению плодородия земель путем инженерных и других мелиораций и среднесрочных за счет навозооборота, текущих планировок, борьбы с сорняками, промывок, усиления дренажа или улучшения эксплуатации мелиоративных систем.

Другая часть подсистемы охватывает поддержание необходимых режимов увлажнения и рассоления. По данным «Агрометеоблока», блоков «Агрофизический» и «Развитие растений», постоянно оценивается влагообеспеченность посевов. Для этого используется разработанный нами блок-задача «Прогнозирование водопотребления». В этом комплексе программы, в основу которой положено постоянное определение агро- и гидрометеорологических и агрофизических показателей на эталонных водобалансовых станциях, применяется несколько своеобразный способ оценки влагообеспеченности посевов, отличающийся от всех используемых.

В УкрНИИГиМе (И.В.Остапчик) за основу информационно - советующих систем принимают динамику влажности на точках - представителях (1 точка на 500-1000 га). Достоверность такой оценки в наших условиях крайне мала.

И.С. Шатилов, А.Ф. Чудновский [1] рекомендуют другой показатель - относительную увлажненность.

$$n = \frac{(E_t + U) + C_6 + \Phi}{\sum \theta + Oc + \Phi} \quad (1.24)$$

$$\beta = \frac{E_t + U}{E_o} \quad (1.25)$$

где

E_o – потенциальная эвапотранспирация.

Испаряемость – это максимально возможное испарение, а мы заинтересованы в том, чтобы путем оптимизации мелиоративного режима обеспечить необходимое водное питание в допустимых пределах при минимуме затрат воды. Нами показано [6], что потребное испарение из грунтовых вод для оптимальных мелиоративных режимов $\approx 0,65 E_o$. Поэтому, если исходить из стабильности водообеспеченности, то более правильно оценивать ее по дефициту продуктивной влаги в суммарном балансе водообеспеченности в любой фазе развития.

$$D \left|_{\tau_1}^{\tau_2} \right| = (\theta - \theta_{\text{вз}}) \left|_z^{\delta} \right| + (E_m + U)_2 + O_c (1 - \alpha) + O_p \eta_{mn} - (E_m + U) \quad (1.26)$$

где

θ – начальная влажность в пределах $\theta_{mn} - \theta_{\text{вз}}$;

θ_{mn} и $\theta_{\text{вз}}$ – соответственно ППВ и влажность завядания;

$(E_m + U)_2$ – испарение из грунтовых вод;

O_c – осадки;

$(1 - \alpha)$ – их продуктивная доля;

O_p – оросительная водоподача;

η_{mn} – КПД техники полива.

Тогда коэффициент водообеспеченности

$$n = 1 - \frac{\sum_{f=0}^F \sum_{t_{n-1}}^{t_n} D t f}{\sum_{f=0}^F \sum_{t_{n-1}}^{t_n} (E_t + U)} \quad (1.27)$$

где

f – площадь единичного участка;

t_{n-1} - до t_n – период наибольшей потребности во влаге.

Дело в том, что для нас важна обеспеченность водой по всей площади в определенный период времени. Суммарная оценка дефицита за всю вегетацию может сгладить наличие остродефицитных моментов в развитии растений, хотя именно они резко влияют на урожайность. Комплекс разработанных по нашему алгоритму программ блока «дефицит воды» позволяет установить оперативный режим орошения и одновременно оценивает дефицит, возникающий в любой период вегетации.

На основе этой программы рассчитывается режим орошения, затем план поливов по хозяйству. Одновременно приводимый в прогнозе и в учете баланс вод позволяет рассчитать соленакопление и потребные промывки. Другой выход этой части подсистемы - на улучшение дренажа, на оптимизацию ремонтно-эксплуатационных работ. Соответственно график полива выдвигает требования к блоку «Технологический».

Не останавливаясь на построении других вспомогательных подсистем, рассмотрим основные положения по построению подсистемы «Планирование и экономика».

В общем виде доходность каждого гектара земель в хозяйстве (или его подразделении) может быть определена как:

$$\bar{D}_j = \Pi_j \cdot PY \pm (\bar{3}_j^c + \bar{3}_j^d + \bar{3}_j^0) \quad (1.28)$$

где

D_j – доходность от культуры j ,

$\bar{3}_j^c$ и $\bar{3}_j^d$ – соответственно постоянные (не зависящие от факторов плодородия - перехода от ПУ к ДВУ и от ДВУ к УХ) и зависимые затраты на получение урожая;

$\bar{3}_j^0$ – сверхплановые затраты, связанные с увеличением объемов работ, включая устранение отставаний в программируемом уровне урожая.

Соответственно себестоимость единицы продукции при этом составит:

$$CC_j = \frac{\bar{3}_j^c + \bar{3}_j^d + \bar{3}_j^0}{PY} \quad (1.29)$$

иначе

$$D_j = (C_j - CC_j) \cdot PY \quad (1.30)$$

Устранение факторов, мешающих приближению ДВУ к ПУ, должно увеличить значение конечной РУ и одновременно снизить переменные затраты, хотя на какой-то период эти затраты могут быть и больше.

В результате представляется возможным оценить и предполагаемые изменения доходности программируемого урожая.

$$\begin{aligned} \Delta D_j &= [C_j - (CC_j - \Delta CC_j)](PY + \Delta PY) - (C_j - CC_j) PY = \\ &= (C_j - CC_j) \Delta PY + \Delta CC_j (PY + \Delta PY), \end{aligned} \quad (1.31)$$

где ΔCC_j – изменение себестоимости единицы урожая;

ΔPY – изменение реального урожая.

Легко показать, что

$$\begin{aligned} \Delta CC_j &= \frac{\bar{z}_j^c + \bar{z}_j^d + \bar{z}_j^0}{PY} - \frac{\bar{z}_j^c + (\bar{z}_j^d \pm \Delta z_j) + \bar{z}_j^0}{PY + \Delta PY} = \\ &= \frac{\bar{z}_j^c \cdot \Delta PY + \bar{z}_j^d \cdot \Delta PY \pm \bar{z}_j^d PY + \bar{z}_j^0 \Delta PY}{(PY + \Delta PY) PY}; \end{aligned} \quad (1.32)$$

$$\Delta D_j = C_j \Delta PY \pm \Delta \bar{z}_j^d + \bar{z}_j^0 - \frac{2(\bar{z}_j^c + \bar{z}_j^d + \bar{z}_j^0)}{PY} \cdot \Delta PY \quad (1.33)$$

В результате программирование получает экономическое значение и выходит на эффективность сельскохозяйственного производства.

Отсюда вытекают основные задачи указанной подсистемы:

- оценка валового производства каждого поля, недобора продукции под влиянием каждого фактора снижения плодородия;

- возможное повышение продуктивности земель по каждому фактору, его стоимостная оценка и эффективность;
- распределение всех затрат на необходимые технологические работы, зависящие от площади и урожая, и на дополнительные, связанные с устранением затрат, снижающих продуктивность (засорение, засоление, ровность фона);
- оценка влияния обеспеченности людьми, техникой, машинами, удобрениями, основными фондами на конечную продукцию – производство сельскохозяйственных культур.

Решение перечисленных задач позволит установить точную связь уменьшения разрыва между РУ и ПУ с увеличением продуктивности земель, с одной стороны, и снижением затрат - с другой, а также определить оптимальные ресурсы хозяйства, которые позволяют не допускать снижение урожайности по организационным причинам.

Непрерывный учет всех статей себестоимости позволяет создать подсистему «Планирование и экономика», в задачу которой входит установление всех связей между себестоимостью и повышением продуктивности от РУ до ПУ.

1.5. Определение факторов, влияющих на снижение урожая

Исходя из сказанного, легко установить соотношение между факторами, снижающими урожайность от уровня ПУ до РУ:

$$\frac{ДВУ}{ПУ} = 1 - (a_1 K_{COP} \cdot a_2 K_{ЗАС} \cdot a_3 K_N \cdot a_4 K_P \cdot a_5 K_K \cdot a_6 K_\Phi) \quad (1.34)$$

$$\frac{УХ}{ДВУ} = \left[1 - \left(\frac{D}{E_T + U} \right)^\lambda \right] \quad (1.35)$$

$$\frac{РУ}{ДВУ} = (a_7 \Lambda_t + a_8 P_t + a_9 T_P) S_\Lambda \quad (1.36)$$

где

$a_1; a_2; a_3; a_4; a_5; a_6$ – соответственно матричные коэффициенты влияния засоренности, засоленности, содержания *НРК* и ровности фона (все факторы выражены в долях от единицы в виде снижающихся функций);

D – дефицит суммарного обеспечения влаги;

λ – коэффициент культуры;

$a_7; a_8; a_9$ – соответственно матричные коэффициенты организационного обеспечения урожая людьми, механизмами, транспортом;

$\Lambda_t; P_t; T_P$ – соответственно обеспеченность в долях единицы людьми, механизмами, транспортом.

Отсюда следует, что

$$PY = UX (a_7 \Lambda_t + a_8 P_t + T_P) S_X ; \quad (1.37)$$

$$UX = ДВУ \left[1 - \left(\frac{D}{E_T + U} \right)^\lambda \right] ; \quad (1.38)$$

$$ДВУ = ПУ \left[1 - (a_1 K_{COP} \cdot a_2 K_C \cdot a_3 K_N \cdot a_4 K_P \cdot a_5 K_K \cdot a_6 K_\Phi) \right] \quad (1.39)$$

при

$$\Lambda_t = 1 ; P_t = 1 ; T_P = 1$$

$$PY = S_\Lambda Y_X$$

где

S_Λ – фактор, субъективного руководства.

Используя эти зависимости, получим

$$\begin{aligned}
 PY = PY \left[1 - (a_1 K_{COP} \cdot a_2 K_{3AC} \cdot a_3 K_N \cdot a_4 K_P \cdot a_5 K_K \cdot a_6 K_\Phi) \right] \times \\
 \times \left[1 - \left(\frac{D}{E_T + U} \right)^\lambda \right] \cdot (a_7 \Lambda_t + a_8 P_t + a_9 T_p)
 \end{aligned}
 \tag{1.40}$$

Зная по каждому полю значение указанных факторов, можно определить при уровне ПУ и РУ влияние этих факторов на снижение урожая методом множественной регрессии с использованием матричных коэффициентов.

В качестве примера могут быть использованы результаты анализа уровней продуктивности, полученные для различных фермерских хозяйств в Ферганской области, взятым по данным, заимствованным из проекта «ИУВР-Фергана» (Нерозин С.А., Методические подходы для определения продуктивности орошаемых земель с целью их эффективного использования на примере «ИУВР-Фергана», 2010).

Следует иметь в виду, что суммарная доходность сельского кластера с учетом переработки, налогов и различных поступлений намного выше, чем прямой доход, получаемый от культуры. На рис. 1.11 на основе исследований проекта AFMAS, посвященный исследованию «цепочки стоимости» орошаемого земледелия, показано, что при средней доходности по хлопку 1849 \$/га по району с учётом переработки, производства ткани, налогов и сборов, общий доход возрастает в 20 раз!!! В этом проявляется высокая побуждающая роль орошаемого земледелия в благосостоянии населения, в экономическом развитии и занятости.

Анализ недобора урожая дает возможность акцентировать внимание на те позиции в управляемых агротехнологических и агрофизических процессах, которые могут быть поправлены механизмами управления с целью получения более высоких урожаев и более высокой экономической продуктивности.

Данные по уровням продуктивности
Фермерское хозяйство «Саёд», Ферганская область

Нерозин С.А.

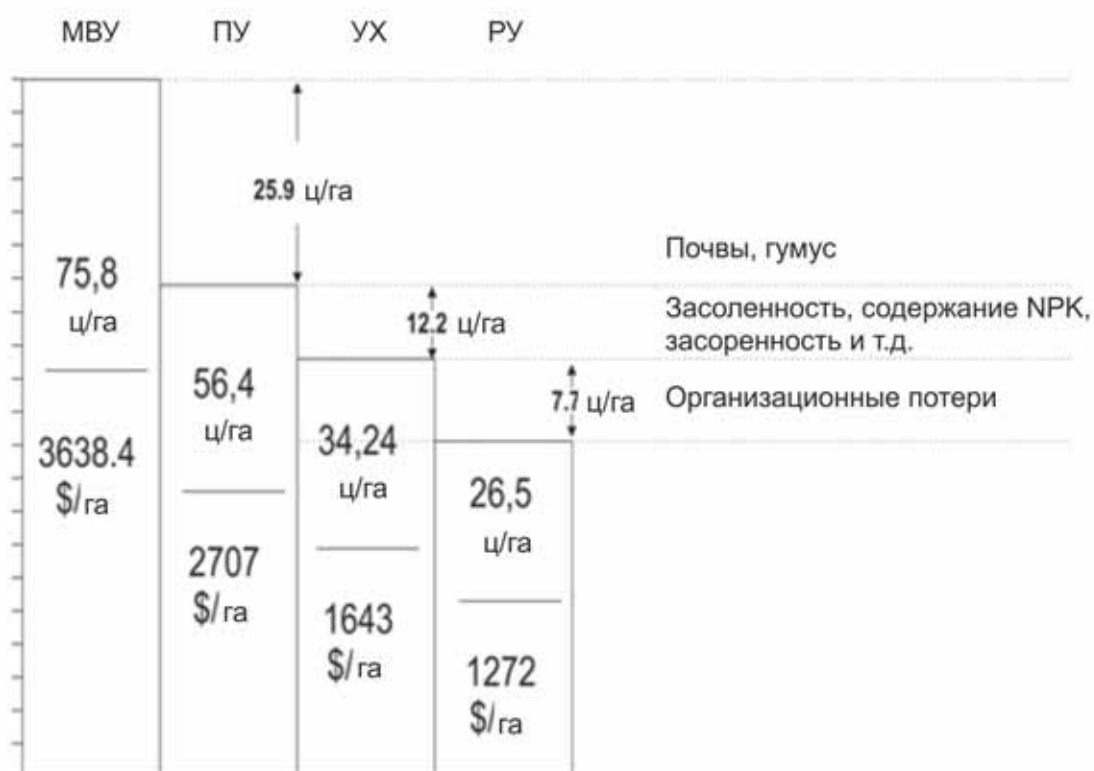


Рис. 1.10. Разница между уровнями продуктивности
на фоне затрат на снижение потерь

**Учет суммарной доходности
(проект AFMAS)**

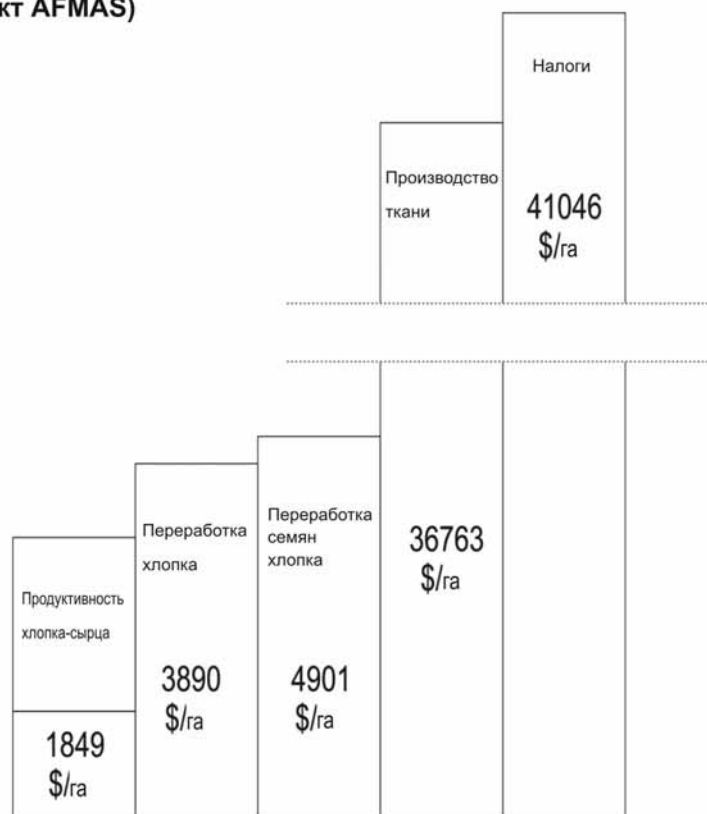


Рис. 1.11. Прямые и косвенные доходы

1.6. Разработка и внедрение элементов метода программирования урожая в сельскохозяйственное производство (опыт и уроки на будущее)

Отличительная черта метода ПУ - учет особенностей каждого конкретного поля и дифференциация агротехнических приемов по складывающимся погодным условиям. В этом и состоит то существенно новое, что вносит с собой программирование по сравнению с традиционной технологией, разрабатываемой, как правило, с расчетом на «среднее» поле и среднегодовые агрометеорологические условия.

В рамках разработки этой проблемы НПО САНИИРИ предложен к внедрению типовой макет паспорта поля, содержащий основную агрометрическую документацию участка, а также отдельные справочные данные и нормативные материалы, необходимые при разработке

индивидуальных и научно обоснованных агротехнических мероприятий для конкретного поля. Агромелиоративный паспорт поля рассчитан на 10 лет для записей фактических характеристик данного участка и отдельных наблюдений с целью объективного анализа его состояния, динамики сельскохозяйственного производства и совершенствования технологии возделывания хлопчатника. В паспорте содержатся информация о схеме участка, техническом состоянии коллекторно-дренажной сети (КДС), почвенная карта, карты обеспеченности участка фосфором, калием, гумусом, сведения о засоленности и засоренности поля, поражении болезнями и вредителями, фактической водоподаче и уровне грунтовых вод, материалы для оценки экономической эффективности, сведения об урожайности.

Знание основных почвенно-мелиоративных характеристик участка помогает фермеру правильно вносить удобрения, совершенствовать структуру посевных площадей, применять эффективные схемы – полива и промывок засоленных земель, в лучшие сроки проводить обработку почвы, эффективно использовать технику и, в конечном итоге, повышать урожайность. Стоимость паспортизации $\approx 1,5$ \$/га, а годовой экономический эффект - 80-140. НПО САНИИРИ уже провело на договорной основе паспортизацию полей на площади 23 тыс.га. Разработаны «Методические рекомендации по агромелиоративной паспортизации земель. Закончилась разработка машинного варианта паспорта поля и создания информационной основы для программирования индивидуальной технологии на ЭВМ.

Для внедрения нового метода в широких масштабах в совхозе 1^а им. Г.Гуляма Ильичевского района Сырдарьинской области был установлен вычислительный комплекс, состоящий из машинных средств, характерных для этого периода, системы СМ. Кроме того был решен ряд задач блока «Технологический» и внедрены соответствующие машинные программы в хлопкосеющих бригадах (площадью 2 тыс. га) данного совхоза. Это «Лимитная карта прямых затрат на сельскохозяйственное производство» и «Механизированный учет прямых затрат» на бригаду.

Внедрение в бригадах лимитной карты затрат, чековой, системы и механизированного учета прямых затрат позволило хозяйству наладить четкий и гласный учет и контроль использования средств, сократить 5 штатных единиц, избежать приписок по расходованию материальных ресурсов, на 16 % снизить прямые затраты на сельскохозяйственное производство.

В дополнение был разработан упрощенный способ выдачи «Индивидуальной технологической карты на поле» в привязке к уже внедренной в совхозе 1^а программе оперативного прогнозирования водопотребления.

По алгоритму, разработанному в САНИИРИ, определялся суммарный запас влагообеспеченности растений, учитывающий все элементы водного баланса. Расчет и прогнозирование водопотребления (программа PROGWAT) происходят в следующем порядке:

- 1) в начальный период вегетации определяют послойно исходную влажность зоны аэрации до уровня грунтовых вод;

- 2) рассчитывают суммарный дефицит водопотребления на определенный интервал времени (декаду);
- 3) вычисляют прогнозируемое па декаду значение дефицита водопотребления;
- 4) определяют дату начала полива, поливную норму и потребность в поливе.

Завершить весь комплекс намеченных программных работ помешало прекращение всех указанных работ в рамках закрытия союзных программ научно-исследовательских работ ГКНТ и Минводхоза бывшего Союза. Однако в нынешних условиях бурного развития информационных технологий и применения вычислительной техники, в условиях будущей необходимости поиска оптимальных условий получения урожаев при минимальных расходах воды, нахождения наиболее рационального сочетания «затраты – чистый доход» все большее значение будет иметь создание комплексных целевых программ управления рисками в сельском хозяйстве, созвучным тем прошлым разработкам по прогнозированию урожая, которые были проведены 25-30 лет тому назад. Уже сейчас усилиями Г.В. Стулиной и Г.Ф. Солодкого в НИЦ МКВК разработана программа планирования водопотребления «REQWAT», позволяющая не только рассчитывать требуемые режимы орошения, но и корректировать их в зависимости от изменения текущей климатической и водохозяйственной обстановки. Распространяющееся развитие метеостанций в самих водохозяйственных организациях и АВП позволит форсировать эти работы на реальных местных информациях, как это имеет место в Италии, Испании, США и др. странах мира.

А.Г. Сорокиным и Т.В. Кадыровым подготовлена программа для оптимизации состава сельхозкультур с ориентацией на будущую водохозяйственную, социально-экономическую и продовольственную ситуацию. Поэтому мы считаем, что ранее проведенные научно-исследовательские и практические разработки не должны потерять свою ценность и постепенно по мере совершенствования аграрного сектора быть адаптированы к условиям современного сельского хозяйства и его грядущими вызовами.

2. Алгоритм оценки продуктивности хлопчатника

2.1. Методика и пример расчета максимально-возможного урожая (МВУ) для хлопчатника

Методика расчета максимально-возможного уровня урожая (МВУ) хлопчатника представлена в главе 1 (формула 1.2), где мы использовали формулу А.А. Ничипоровича с дополнительным введением поправки на переход расчета от фитомассы к урожаю.

Пример расчёта МВУ для конкретной ФАР (52 ккал/см²) в привязке на 1 гектар площади посева хлопчатника имеет следующий вид:

$$MBU = \frac{52 \cdot 10^8 \cdot 3,5 \cdot 0,20}{4,8 \cdot 10^5 \cdot 10^2} = 75,8 \text{ ц/га}$$

где:

52 · 10⁸ – приход ФАР на 1 га площади (или на 100 000 000 см²) за вегетацию, ккал/га;

3,5 % - КПД фотосинтеза;

0,20 - коэффициент перехода от фитомассы к урожаю;

4,8 · 10⁵ - калорийность урожая в расчёте на 1 центнер, ккал/ц.

(Калорийность урожая для хлопчатника – 4800 ккал/кг; переходный коэффициент от фитомассы к урожаю – 0,20; Коэффициент полезного действия фотосинтеза – 3,5).

Рекомендуемый КПД для практических расчетов хлопчатника составляет - 3,5.

Месячные суммы ФАР подсчитаны по 44 пунктам расположенным на территории СНГ, из собранных данных по прямой и рассеянной радиации по результатам наблюдений сети актинометрических станций.

Из данных всех станций нами были отобраны сведения по ФАР, только по тем, которые размещены на территории Узбекистана. В виде средних показателей они приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

**Значение фотосинтетически активной радиации (ккал/см²)
в пределах Узбекистана**

Общности	Месяцы												Периоды	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	>5°	>10°
Переходная	1,0	3,3	5,0	6,7	8,9	8,9	8,9	7,8	6,0	4,3	2,3	1,8	48,1	43,2
Термальная	2,4	3,3	4,8	6,6	8,2	8,9	9,1	8,2	6,5	4,6	2,7	2,0	57,3	52,0
Субтро- Пическая	2,8	3,7	5,3	6,8	8,8	9,3	9,3	8,8	6,6	5,3	3,3	2,5	66,0	54,0

2.2. Методика и пример расчета потенциального урожая (ПУ) хлопчатника в климатических условиях конкретного года

Методика расчета потенциального урожая (ПУ) хлопчатника представлена в главе 1 (формула 1.5), где использовали формулу А.А. Ничипоровича с дополнительным введением поправки на переход расчета от фитомассы к урожаю.

Для расчета потенциального урожая на конкретной площади (ПУ) применяется формула:

$$ПУ = МВУ \cdot Кб \quad (2.1)$$

где:

Кб – коэффициент бонитета почвы, который определяется для конкретной площади по формуле: $Кб = Косн \cdot Кгум$, где Косн – основной балл бонитета, учитывающий тип почвообразования, мощность мелкозема, гранулометрический состав и автоморфность

Косн выбирается из данных шкалы бонитировки почв (табл. 2.2)

Кгум – понижающий коэффициент на содержание гумуса (табл.2.3).

Таблица 2.2

Шкала бонитировки орошаемых почв зоны хлопководства

Мощность мелкоземлистого слоя, см	Пустынная зона						Сероземный пояс					
	Гранулометрический состав, Косн.						Гранулометрический состав, Косн.					
	песч.	супесч	л.сугл	ср.сугл	т.сугл	глина	песч.	супесч	л.сугл	ср.сугл	т.сугл	глина
Автоморфные почвы												
< 30	0,10	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	-	-	0,20	0,30	0,35	0,35
31-50	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50	0,60	-	-	0,40	0,45	0,55	0,60
51-70	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	-	-	0,55	0,65	0,75	0,70
71-100	0,50	0,70	0,85	0,80	0,75	0,75	-	-	0,80	0,90	0,85	0,75
> 100	0,70	0,90	1,00	0,95	0,85	0,70	-	-	0,90	1,00	0,90	0,80
Гидроморфные почвы												
< 30	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,20	0,25	0,35	0,40	0,35	0,30
31-50	0,35	0,40	0,50	0,55	0,60	0,50	0,30	0,40	0,50	0,50	0,55	0,60
51-70	0,60	0,70	0,80	0,70	0,65	0,60	0,40	0,60	0,70	0,75	0,70	0,65
71-100	0,80	0,90	0,95	0,80	0,75	0,65	0,50	0,70	0,80	0,90	0,80	0,60
> 100	0,85	1,00	1,00	0,90	0,80	0,60	0,50	0,85	0,90	1,00	0,85	0,60

Таблица 2.3

Расчетные значения понижающего коэффициента на содержание гумуса ($K_{\text{гум}}$)

Запасы гумуса, т/га	$K_{\text{гум}}$
< 30	0,60
30-45	0,65
46-65	0,70
66-85	0,80
> 85	1,00

Понижающий коэффициент на содержание гумуса ($K_{\text{гум}}$) рассчитывался как средняя величина для почвенной разности в т/га следующим образом:

а) рассчитывается среднеарифметическое значение содержания гумуса (%) в точках отбора почвенных образцов по слоям 0-30 см и 30-50 см:

$$A_1 = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} \quad (2.2)$$

a_1, a_2, a_n - содержание гумуса (%) в слое 0-30 см;

n - количество точек отбора почвенных образцов.

Аналогично проводится расчет для слоя 30-50 см (A_2)

б) содержание гумуса в % переводится в т/га:

$$B_{1,2} = \frac{A_{1,2} \cdot d_{1,2} \cdot h_{1,2} \cdot 10000}{100} \quad (2.3)$$

$A_{1,2}$ - среднеарифметическое значение гумуса в слоях 0-30 см и 30-50 см

$h_{1,2}$ - мощность слоя (м), т.е. для слоя 0-30 см и 30-50 см;

$d_{1,2}$ - объемная масса в слоях 0-30 см, 30-50 см;

$h_1 = 0,3$ м, для слоя 0,30 см;

$h_2 = 0,2$ м для слоя 30-50 см.

в) общие запасы гумуса в слое 0-50 см определяется суммированием B_1 и B_2

$$B = B_1 + B_2,$$

где:

B_1 и B_2 - запасы гумуса в т/га по слоям 0-30 см и 30-50 см.

Коэффициент бонитета проектной площади или отдельного поля (K_b), входящий в расчет ПУ определяется нами как средневзвешенная величина коэффициентов бонитета почвенных разностей по формуле:

$$K_{бон} = \frac{K_{б1} \cdot S_1 \cdot K_{б2} \cdot S_2 + \dots + K_{бП}}{S_{поля}} \quad (2.4)$$

S поля - площадь поля, га;

$K_{б1,2}$ - данные для одной почвенной разности;

$S_{1,2}$ - площадь почвенной разности.

Таблица 2.4

**Пример расчёта уровня потенциального урожая (ПУ) для хлопчатника
(Сырдарьинская область РУз, ОПХ им. Г. Гуляма)**

МВ У ц/га	К основное						К гумус				Поте- ри на Кбон ц/га	ПУ ц/га
	тип поч- во обр.	мех. состав	авто мор ф	мощн · мелк.	$K_{осн.}$	поте- ри на $K_{осн.}$ ц/га	%	гуму с, т/га	К пон.	поте ри на $K_{гум}$ ц/га		
75,6	серо з	лег. сугл.	полу авто мор ф ный	> 100	0,90	7,0	0,50	31,1	0,65	24,3	31,3	44,3

2.3. Методика и пример расчета действительно-возможного урожая (ДВУ) хлопчатника в климатических условиях конкретного года

Следующий уровень урожайности ДВУ – действительно-возможный урожай в

условиях данного климатического года $\left(\frac{\sum Q_n}{\sum Q_{\phi}} \right)$, который лимитируется управляемыми факторами и рассчитывается по формуле:

$$ДВУ = ПУ \cdot K_c \cdot K_{cop} \cdot K_{NPK} \cdot K_{бол} \cdot K_{вр} \cdot K_{ф} \cdot \frac{\sum Q_n}{\sum Q_{ф}} \quad (2.5)$$

где

ПУ - потенциальный урожай, ц/га;

K_c - коэффициент влияния фактора засоленности на урожай;

K_{cop} - коэффициент влияния фактора засоренности на урожай;

K_{NPK} - коэффициент влияния обеспеченности поля азотом, фосфором и калием на урожай;

$K_{бол}$ - коэффициент влияния пораженности посева болезнями на урожай;

$K_{вр}$ - коэффициент влияния пораженности посева вредителями на урожай;

$K_{ф}$ - коэффициент влияния выравненности фона (планировки) на урожай;

$\sum Q_n$ - сумма фактической фотоактивности радиации (ФАР) за конкретный год;

$\sum Q_{ф}$ - сумма среднегодовой (ФАР);

K_c - определяют по таблице 2.5, 2.6 и 2.7.

Таблица 2.5

Понижающий коэффициент на засоление, %
(для условия, если на поле не проводится промывка)

Степень засоления контура	Тип засоления контура			
	сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный
Незасоленный	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабозасоленный	0,97	0,95	0,94	0,92
Среднезасоленный	0,83	0,82	0,77	0,70
Сильнозасоленный	0,63	0,57	0,51	0,45
Очень сильно-засоленный	0,45	0,49	0,40	0,30

Таблица 2.6

**Понижающий коэффициент на засоление, %
(для условий, если на поле проведена промывка расчетными оптимальными
нормами на фоне работающего дренажа)**

Степень засоления контура	Тип засоления контура			
	сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный
Незасоленный	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабозасоленный	1,00	1,00	1,00	0,99
Среднезасоленный	0,99	0,96	0,95	0,94
Сильнозасоленный	0,97	0,94	0,92	0,90
Очень сильнозасоленный	0,95	0,93	0,90	0,88

Таблица 2.7

**Понижающий коэффициент на засоление, % (для условий, если на поле проведена
промывка ориентировочными нормами на фоне слабо работающего дренажа)**

Степень засоления контура	Тип засоления контура			
	сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный
Незасоленный	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабозасоленный	0,98	0,96	0,95	0,92
Среднезасоленный	0,97	0,94	0,90	0,86
Сильнозасоленный	0,94	0,90	0,87	0,80
Очень сильнозасоленный	0,90	0,87	0,85	0,77

Коэффициенты, приведенные в таблице 2.6 и 2.7 учитывают остаточное токсичное действие солей в почве, а также условия влаго-солепереноса в течение вегетационного периода.

$K_{\text{сop}}$ определяют по таблицам 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8

**Понижающие коэффициенты на засорение, %
(для случая, когда борьба с сорняками не проводится)**

Группа сорных растений	Степень засоренности, %		
	слабая	средняя	сильная
Малолетние однодольные	0,96	0,92	0,83
Однолетние двудольные	0,95	0,90	0,80
Многолетние корневищные	0,92	0,83	0,65

Таблица 2.9

**Понижающие коэффициенты на засорение, %
(для случая, когда борьба с сорняками проводится согласно рекомендациям,
данным в индивидуальной технологической карте конкретного поля)**

Группа сорных растений	Степень засоренности, %		
	слабая	средняя	сильная
Малолетние однодольные	1,00	0,98	0,96
Однолетние двудольные	1,00	0,97	0,95
Многолетние корневищные	0,98	0,96	0,93

Приведенные коэффициенты позволяют просчитать потери по контурам, затем суммировать потери на всё поле и разделив на количество га поля, получить средние потери на 1 га.

K_N определяют по таблице 2.10.

Таблица 2.10

Понижающий коэффициент на исходное содержание азота в почве ($N-NH_3$), %

Обеспеченность	Содержание $N-NH_3$ в почве, мг/кг	Понижающий коэффициент, %
Очень низкая	< 20	0,80
Низкая	20-30	0,90
Средняя	30-50	0,98
Повышенная	50-60	1,00
Высокая	> 60	1,00

Таблица 2.11

Понижающий коэффициент на исходное содержание фосфора в почве (P_2O_5), %

Обеспеченность	Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	Понижающий коэффициент, %
Очень низкая	< 15	0,85
Низкая	16-30	0,93
Средняя	31-45	0,97
Повышенная	46-60	1,00
Высокая	> 60	1,00

Сведения по обеспеченности Р даются во входной информации по контурам поля документа «агрохимкартограмма по фосфору».

Указанные коэффициенты применяются в случае, если на поле не проводилось осеннего выравнивания агрофона на Р до уровня средней обеспеченности при обязательном внесении Р согласно индивидуальной технологической карты. Если агрофон по фосфору выровнен до уровня «средняя обеспеченность», то во всех случаях понижающий коэффициент K_p будет равен 1.

Таблица 2.12

Понижающий коэффициент на исходное содержание калия в почве (K_2O), %

Обеспеченность	Содержание K_2O в почве, мг/кг	Понижающий коэффициент, %
Очень низкая	< 100	0,93
Низкая	101-200	0,97
Средняя	201-300	0,98
Повышенная	302-400	1,00
Высокая	> 400	1,00

Сведения по обеспеченности К даются во входной информации по контурам поля в документе «агрохимкартограмма по калию».

Указанные коэффициенты применяются в случае, если на поле не проводилось осеннего выравнивания агрофона по К до уровня средней обеспеченности этим элементом. Если агрофон по калию выровнен до уровня «средняя обеспеченность», то во всех случаях понижающий коэффициент K_k будет равен 1.

$K_{бол}$ определяют по табл.2.13.

Таблица 2.13

Понижающий коэффициент на болезни хлопчатника, %

Болезни	Степень пораженности, %		
	слабая	средняя	сильная
Вилт	0,87	0,65	0,40
Гоммоз	0,95	0,83	0,68
Корневая гниль	0,98	0,85	0,75

В прогнозном расчете ДВУ, при условии проведения профилактических мер борьбы с болезнями, $K_{\text{бол}}$ принимают за 1.

$K_{\text{вр}}$ определяют по табл.2.14.

Таблица 2.14

Понижающий коэффициент на вредителей хлопчатника, %

Болезни	Степень пораженности, %		
	слабая	средняя	сильная
Паутинный клещ	0,96	0,88	0,77
Тля	0,97	0,92	0,85
Хлопковая совка	0,95	0,85	0,75
Наземная совка	0,95	0,85	0,78

В прогнозном расчете ДВУ, учитывая профилактические меры борьбы с вредителями $K_{\text{вр}}$ принимается 0,98.

$K_{\text{ф}}$ определяется по табл.2.15.

Таблица 2.15.

**Понижающий коэффициент на ровность фона, %
(спланированность поля)**

Ровность фона	Отклонения от «0» отметки, см	Понижающий коэффициент, %
Высокая (опт.)	0	1,00
Хорошая	$\pm 3 - \pm 5$	0,99
Средняя	$\pm 5 - \pm 10$	0,95
Плохая	$\pm 10 - \pm 15$	0,88
Очень плохая	$\pm 15 - \pm 25$	0,80

Расчет (ДВУ) проводят согласно формуле 2.5.

Таблица 2.16

Пример расчета действительно-возможного урожая (ДВУ) для хлопчатника

ПУ ц/га	Кзасоления			Ксорняки		Казота		Кфосфора	
	тип засол.	степ. засол.	Кпон	степ. засор.	Кпон	степ. обесп.	Кпон	степ. обесп.	Кпон
44,3	сульф	слаб	1,0	слаб	0,98	высок	1,0	сред	0,98

Ккалия		Кболезни		Квредители		Кфона		$\frac{\sum Q_n}{\sum Q_{ФАР}}$	ДВУ ц/га
степ. обесп.	Кпон	степ. пораж.	Кпон	степ. пораж.	Кпон	рельеф	Кпон		
высок	1,0	слабая	0,99	слабая	0,95	хорош	1,0	1,0	40,2

Таким образом, потери ДВУ, выраженные в ц/га имеют вид пофакторного снижения продуктивности:

$$\text{ДВУ} = 44,3 - (0,0 + 0,80 + 0,0 + 0,80 + 0,0 + 0,40 + 2,01 + 0,0 + 0,0) = 40,2 \text{ ц/га}$$

$$\text{ДВУ} = 44,3 - 4,01 = 40,2 \text{ ц/га}$$

где:

ПУ = 44,3 ц/га,

потери урожая = 4,01 ц/га.

2.4. Методика и пример расчета реального урожая в хозяйстве (УХ) для хлопчатника в климатических условиях конкретного года

За базовую модель реальной урожайности (УХ) принято выражение

$$\text{УХ} = \text{У}_{\text{ДВУ}} \cdot P_1 \cdot P_2 \dots P_i \quad (2.6)$$

где:

УХ – прогнозируемый (рассчитываемый) урожай на участке;

$\text{У}_{\text{ДВУ}}$ – действительно-возможный урожай на участке, определяемый в соответствии с методикой (раздел 2.3);

P_i – понижающий коэффициент, характеризующий влияние фактора X на продуктивность;

$P_i = f(X_i)$ – рассматривается как зависимая от X_i величина, $i = 1, 2, \dots, \ell$.

На базе этой модели рассматривается задача прогноза урожая по состоянию (значению) показателей, характеризующих сельхозпроизводство, которая рассчитывается по формуле:

$$УХ = У_{ДВУ} \cdot f(X_1) \cdot f(X_2) \dots f(X_i) \quad (2.7)$$

где:

X_1 – обеспеченность трудовыми ресурсами;

X_2 – обеспеченность техникой и транспортом;

X_3 – качество технологических работ, трудозатрат;

X_4 – качество семенного материала; обеспеченность хим. препаратами; обеспеченность удобрениями;

X_5 – обеспеченность водой.

Таблица 2.17

Пример расчета реального урожая хлопчатника в хозяйстве (УХ)

ДВУ ц/га	Р ₁ ручной труд		Р ₂ механизир.труд		Р ₃ трудозатраты		Р ₄ Кудоб., ядохим., ГСМ	
	обесп.	К _{пон}	обесп.	К _{пон}	обесп.	К _{пон}	обесп	К _{пон}
41,1	норм	0,98	норм	0,96	норм	0,98	слаб	0,94

Р ₅ обеспеч.водой		РУ ц/га
обесп	К _{пон}	
норм	1,0	34,8

$$УХ = ДВУ - (0,8 + 1,5 + 0,8 + 2,3 + 0) = 34,8 \text{ ц/га}$$

$$УХ = 40,2 - 5,4 = 34,8 \text{ ц/га}$$

2.5. Режим орошения хлопчатника и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в период вегетации

Одним из основных факторов, определяющих продуктивность орошаемых земель, является обеспеченность посевов водой в течение вегетационного периода. С уменьшением водообеспеченности ниже оптимальных значений происходит снижение урожайности практически всех культур.

Для орошаемого земледелия, в условиях оптимальной водообеспеченности посева сельхозкультур, понижающий коэффициент на водный фактор не используется, так как он априори равен единице. Оптимизацию водного режима следует проводить и контролировать согласно рекомендациям по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур (Стулина Г.В., 2010).

Таблица 2.18

Режим орошения хлопчатника для VI гидромодульного района

Культура	Оросительная норма, м ³ /га	№ полива	Поливная норма, м ³ /га	Сроки поливов		Межполивной период, дни
				начало	конец	
Хлопчатник	5100	1	1300	28.5.09	26.6.09	30
		2	1300	27.6.09	20.7.09	24
		3	1300	21.7.09	15.8.09	26
		4	1200	16.8.09	5.9.09	21

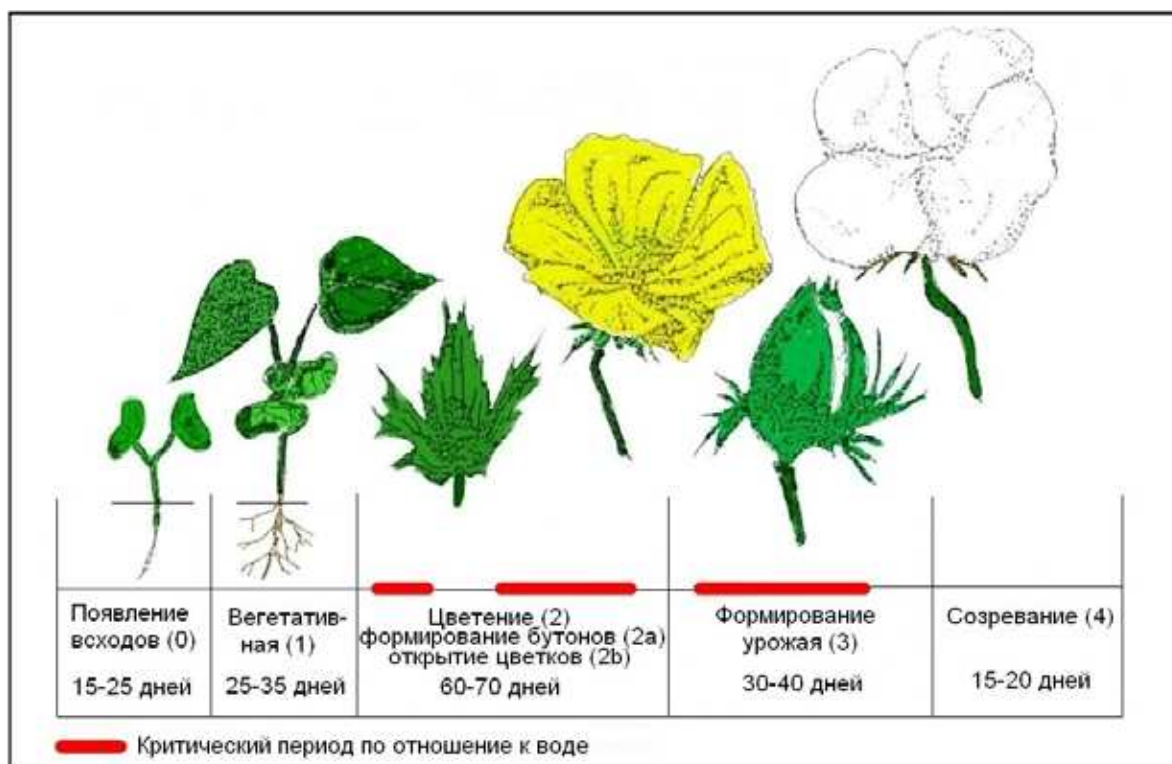


Рис.2.1. Стадии развития хлопчатника

Таблица 2.19

**Число, распределение поливов по срокам их применения и оросительные нормы
для хлопчатника**

Типы почв и глубина залегания грунтовых вод	Число поливов	Распределение поливов			Оросительные нормы (м3/га)
		до цветения	в период цветения плодообразования	в период созревания	
Маломощные почвы с близким залеганием галечника и песка и глубокими грунтовыми водами	8-12	2-3	4-6	2-3	6000-8400
Серозёмы с грунтовыми водами на глубине 3-4м и больше	5-9	1-2	3-5	1-2	5200-7800
Серозёмно-луговые почвы с грунтовыми водами на глубине 2-3м	4-7	1-2	3-4	0-1	4200-6500
Луговые – почвы с грунтовыми водами на глубине 1-2м	3-5	1	2-4	0	3000-5000
Лугово-болотные почвы с грунтовыми водами на глубине до 1м	2-3	0	2-3	0	2000-3200

В результате расчетов на модели CROPWAT в табл.2.20 приводятся средние данные о возможных потерях урожая в зависимости от водообеспеченности для хлопчатника по периодам вегетации и в целом за вегетационный период [22].

Таблица 2.20

Потери урожая за вегетационный период и по фазам развития в зависимости от уровня водоподачи (нормированной по оптимальной) для хлопчатника [22]

Водоподача, %	Потери урожая, в долях от 1,0				
	вегетационный период	1	2	3	4
90	0,10	0,02	0,02	0,03	0,02
80	0,16	0,04	0,05	0,05	0,04
70	0,23	0,05	0,06	0,07	0,05
60	0,29	0,07	0,08	0,09	0,06
50	0,35	0,08	0,09	0,11	0,08

Примечание: 1 – посев – всходы; 2 – всходы – бутонизация; 3 – бутонизация – цветение;

4 – цветение – созревание урожая.

По данным, приведенным в табл.2.20, можно определить наиболее подходящий период вегетации хлопчатника для возможного уменьшения оросительных норм при наименьших потерях урожая.

3. Алгоритм оценки продуктивности озимой пшеницы

Согласно данным Воскресенской Н.П. (1965), Росса Ю.К. (1975), Тооминга Х.Т. (1977) связь между продуктивностью растений и радиационным режимом осуществляется через фотосинтетически активную часть радиации (ФАР).

ФАР приходится на область солнечного спектра с длиной волны 0,38-0,71 мкм участвующего в процессе фотосинтеза, в результате которого образуется органическое вещество составляющее $\approx 95\%$ сухой биомассы растений. Фотоактивная радиация учитывается в теории программирования урожаев и согласно формулы Ничипоровича А.А. входит как основной показатель при расчёте максимально-возможного уровня урожаев.

3.1. Методика и пример расчета максимально-возможного урожая (МВУ) для озимой пшеницы

Для расчёта МВУ озимой пшеницы мы использовали формулу А.А. Ничипоровича (см. гл. 1, формула 2) с введением поправки на переход расчёта от фитомассы к урожаю этой культуры:

где:

$\Sigma Q_{\text{фар}}$ – суммарный, среднемноголетний приход ФАР за вегетацию, ккал/см²;

q – калорийность урожая озимой пшеницы = 4500 ккал/кг;

$\eta_{\text{ф}}$ – КПД фотосинтеза используемый в расчетах = 2,5 %; (3.1)

K – коэффициент перехода от фитомассы к урожаю = 0,46.

В разделе 2 (табл.2.1) приведены сведения по ежемесячным показателям фотосинтетически активной радиации, наблюдаемым в пределах Узбекистана в привязке климатической общности. Эти данные мы использовали для расчета суммарного прихода ФАР за вегетацию культуры для оценки КПД ФАР на выбранном экспериментальном участке.

Значения переходного коэффициента от фитомассы к урожаю для озимой пшеницы приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Калорийность урожая и переходные коэффициенты

Культура	Калорийность, ккал/кг	Переходный коэф. от фитомассы к урожаю		
		воздушно- сухой вес	зерно стандартной влажности	зерно абсолютно сухой вес
Пшеница озимая	4500	-	0,46	-

Значения КПД фотосинтеза в условиях различного состояния посевов по их продуктивности представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Коэффициент полезного действия фотосинтеза

№	Состояние посевов	КПД
1	Плохие	0,50
2	Обычно наблюдаемое	0,5-1,5
3	Хорошие	1,5-3,0
4	Рекордные	3,0-6,0
5	Теоретически возможные	6,0-8,0

Рекомендуемый КПД для практических расчетов по озимой пшенице - 2,5.

Пример расчёта максимально-возможного урожая (МВУ) для озимой пшеницы

Таблица 3.3

Расчетные значения максимально возможного урожая для озимой пшеницы

Климатическая общность	Кфар		ФАР	Урожай сухой массы растений, ц/га	Урожай зерна, ц/га
	классы	КПД, %			
Переходная	I	7 (6-8)	44,8	697	324
	II	4,25 (3,5-5)		423	197
	III	2,25 (3-1,5)		224	104
	IV	1,00 (1,5-0,5)		99,6	46,4
	V	менее 0,5		49,8	23,2
принимается обычно		2,5		249	116
Термальная	I	7 (6-8)	45,8	712	331

	II	4,25 (3,5-5)		436	203
	III	2,25 (3-1,5)		229	107
	IV	1,00 (1,5-0,5)		102	47
	V	менее 0,5		50,9	23,7
принимается обычно		2,5		254	118
Субтропическая	I	7 (6-8)	49,8	775	360
	II	4,25 (3,5-5)		470	219
	III	2,25 (3-1,5)		249	158
	IV	1,00 (1,5-0,5)		111	52
	V	менее 0,5		53,3	25,7
принимается обычно		2,5		277	129

Согласно расчетным значениям максимально-возможный уровень урожая для озимой пшеницы на выбранном объекте в Андижанской области РУз составляет 107,0 ц/га.

3.2. Методика и пример расчёта потенциального урожая (ПУ) озимой пшеницы в климатических условиях конкретного года

ПУ – показатель, характеризующий возможность получения предельного урожая в климатических условиях данного года. Для расчета потенциального урожая на конкретной площади (ПУ) применяется формула:

$$ПУ = МВУ \cdot K_6 \quad (3.4)$$

где:

K_6 – коэффициент бонитета почвы, который определяется для конкретной площади по формуле:

$$K_6 = K_{осн} \cdot K_{гум} , \quad (3.5)$$

где:

$K_{осн}$ – основной балл бонитета, учитывающий тип почвообразования, мощность мелкозема, гранулометрический состав и автоморфность приведен в главе 2 (табл.2.2).

$K_{гум}$ – понижающий коэффициент на содержание гумуса приведен в главе 2 (см. табл. 2.3).

Понижающий коэффициент на содержание гумуса ($K_{\text{гум}}$) рассчитывается как средняя величина для почвенной разности в т/га (расчет приведен в главе 2, см. формулы 2.2, 2.3, 2.4).

Таблица 3.4

Пример расчёта уровня потенциального урожая (ПУ) для озимой пшеницы

МВ У ц/га	K _{основное}						K _{гумус}			По те- ри K _{бо} н ц/га	ПУ ц/га
	тип поч- во обр.	мех. соста в	авто морф	мощн · мелк.	K _{осн}	поте -ри K _{ос} н ц/га	гумус, т/га	K _{пон}	поте ри K _{гум} ц/га		
107, 0	серо з	ср. сугл.	полуавто морфный	100	0,89	10,8	41,0	0,65	34,3	45, 1	61, 9

3.3. Методика и пример расчёта ДВУ для озимой пшеницы

Следующий уровень урожайности ДВУ – действительно-возможный урожай в условиях данного климатического года $\left(\frac{\sum Q_n}{\sum Q_\phi} \right)$, который лимитируется управляемыми факторами и рассчитывается по формуле:

$$ДВУ = ПУ \cdot K_c \cdot K_{сop} \cdot K_{NPK} \cdot K_{бол} \cdot K_{вр} \cdot K_\phi \cdot \frac{\sum Q_n}{\sum Q_\phi} \quad (3.6)$$

где ПУ – потенциальный урожай, ц/га;

K_c – коэффициент влияния фактора засоленности на урожай;

$K_{сop}$ – коэффициент влияния фактора засоренности на урожай;

K_{NPK} – коэффициент влияния обеспеченности поля азотом, фосфором и калием на урожай;

$K_{бол}$ – коэффициент влияния пораженности посева болезнями на урожай;

$K_{вр}$ – коэффициент влияния пораженности посева вредителями на урожай;

K_ϕ – коэффициент влияния выравненности фона (планировки) на урожай;

$\sum Q_n$ – сумма фактической фотоактивности радиации (ФАР) за конкретный год;

$\sum Q_\phi$ – сумма среднегодовой (ФАР);

K_c определяют по таблице 3.5, 3.6 и 3.7.

Таблица 3.5

**Понижающий коэффициент на засоление, %
(для условия, если на поле не проводится промывка)**

Степень засоления контура	Тип засоления контура			
	сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный
Незасоленный	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабозасоленный	0,96	0,94	0,92	0,90
Среднезасоленный	0,81	0,75	0,71	0,63
Сильнозасоленный	0,62	0,56	0,50	0,45
Очень сильно-засоленный	0,43	0,36	0,32	0,25

Таблица 3.6

**Понижающий коэффициент на засоление, %
(для условий, если на поле проведена промывка расчетными оптимальными нормами на фоне работающего дренажа)**

Степень засоления контура	Тип засоления контура			
	сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный
Незасоленный	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабозасоленный	1,00	1,00	1,00	0,99
Среднезасоленный	0,97	0,95	0,93	0,90
Сильнозасоленный	0,95	0,93	0,89	0,86
Очень сильно-засоленный	0,93	0,90	0,88	0,85

Таблица 3.7.

Понижающий коэффициент на засоление, % (для условий, если на поле проведена промывка ориентировочными нормами на фоне слабо работающего дренажа)

Степень засоления контура	Тип засоления контура			
	сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный
Незасоленный	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабозасоленный	0,98	0,97	0,96	0,90
Среднезасоленный	0,95	0,92	0,88	0,83
Сильнозасоленный	0,90	0,87	0,84	0,76
Очень сильнозасоленный	0,86	0,84	0,81	0,72

Коэффициенты, приведенные в таблицах 3.6 и 3.7, учитывают остаточное токсичное действие солей в почве, а также условия влаго-солепереноса в течение вегетационного периода.

Понижающие коэффициенты на засорение, % (для случая, когда борьба с сорняками не проводится) приведены в главе 2 (табл.2.8).

Понижающие коэффициенты на засорение, % (для случая, когда борьба с сорняками проводится согласно рекомендациям, данным в индивидуальной технологической карте конкретного поля) приведены в главе 2 (табл.2.9).

Приведенные коэффициенты позволяют просчитать потери по контурам, затем суммировать потери на всё поле и разделив на количество га поля, получить средние потери на 1 га.

K_a определяют по таблице 3.8.

Таблица 3.8

Понижающий коэффициент на исходное содержание азота в почве ($N-NO_4$), %

Обеспеченность	Содержание $N-NO_4$ в почве, мг/кг	Понижающий коэффициент, %
Очень низкая	< 20	0,83
Низкая	20-30	0,92
Средняя	30-50	0,99
Повышенная	50-60	1,00
Высокая	> 60	1,00

K_p определяют по таблице 3.9

Таблица 3.9

Понижающий коэффициент на исходное содержание фосфора в почве (P_2O_5), %

Обеспеченность	Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	Понижающий коэффициент, %
Очень низкая	15	0,95
Низкая	16-30	0,98
Средняя	31-45	0,99
Повышенная	46-60	1,00
Высокая	> 60	1,00

Указанные коэффициенты применяются в случае, если на поле не проводилось осеннего выравнивания агрофона на Р до уровня средней обеспеченности при обязательном внесении Р согласно индивидуальной технологической карты. Если агрофон по фосфору выравнен до уровня «средняя обеспеченность», то во всех случаях понижающий коэффициент K_p будет равен 1.

K_k определяют по таблице 3.10.

Таблица 3.10

Понижающий коэффициент на исходное содержание калия в почве (K_2O), %

Обеспеченность	Содержание K_2O в почве, мг/кг	Понижающий коэффициент, %
Очень низкая	< 100	0,97
Низкая	101-200	0,99
Средняя	201-300	1,00
Повышенная	302-400	1,00
Высокая	400	1,00

Указанные коэффициенты применяются в случае, если на поле не проводилось осеннего выравнивания агрофона по К до уровня средней обеспеченности этим элементом. Если агрофон по калию выравнен до уровня «средняя обеспеченность», то во всех случаях понижающий коэффициент K_k будет равен 1.

$K_{бол}$ определяют по табл.3.11.

Таблица 3.11

Понижающий коэффициент на болезни пшеницы, %

Болезни	Степень пораженности, %		
	слабая	средняя	сильная
Корневая гниль	0,88	0,75	0,65
Ржавчина	0,92	0,80	0,70
Мучнистая роса	0,95	0,85	0,75

В прогнозном расчете ДВУ, учитывая профилактические меры борьбы с болезнями, Кбол принимают за 1.

Квр определяют по табл.3.12.

Таблица 3.12

Понижающий коэффициент на вредителей пшеницы, %

Болезни	Степень пораженности, %		
	слабая	средняя	сильная
Тля	0,97	0,92	0,85
Пьявица	0,95	0,90	0,80
Жужалица	0,95	0,90	0,80

В прогнозном расчете ДВУ, при условии проведения профилактических мер борьбы с вредителями, Квр принимается 0,98.

Понижающий коэффициент на ровность фона (Кф), % (спланированность поля) рассчитывается согласно указаниям таблицы 2.15 (см. гл.2).

Таблица 3.13

**Пример расчёта уровня действительно-возможного урожая (ДВУ)
для озимой пшеницы**

ПУ ц/га	Кзасоления			Казота		Кфосфора		Ккалия	
	тип засол.	степ. засол.	Кпон	степ. обесп.	Кпон	степ. обесп.	Кпон	степ. обесп.	Кпон
61,9	сульф- хл	слаб	0,95	высок	1,0	сред	0,98	норм	1,0

Ксорняки		Кболезни		Квредители		Кфона		$\frac{\sum Q_n}{\sum Q_{ФАР}}$	ДВУ ц/га
степ. засор.	Кпон	степ. пораж.	Кпон	степ. пораж.	Кпон	рельеф	Кпон		
ср	1,0	низк	1,0	слаб	0,96	хорош	0,99	1,0	54,8

$$\text{ДВУ} = 61,9 - (3,0 + 0,0 + 1,2 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 2,4 + 0,6 + 0,0) = 54,8 \text{ ц/га}$$

$$\text{ДВУ} = 61,9 - 7,1 = 54,8 \text{ ц/га}$$

где: ПУ = 61,9 ц/га, потери урожая 7,1 ц/га.

3.4. Методика и пример расчета реального урожая в хозяйстве (УХ) озимой пшеницы в климатических условиях конкретного года

За базовую модель реальной урожайности в хозяйстве (УХ) принято выражение

$$\text{УХ} = \text{У}_{\text{ДВУ}} \cdot P_1 \cdot P_2 \dots P_i \quad (3.7)$$

Где

УХ – прогнозируемый (рассчитываемый) урожай на участке;

У_{ДВУ} – действительно-возможный урожай на участке, определяемый в соответствии с методикой (раздел 2.3);

P_i – понижающий коэффициент, характеризующий влияние фактора X на продуктивность;

P_i = f (X_i) – рассматривается как зависимая от X_i величина, i = 1, 2 ..., ℓ.

На базе этой модели рассматривается задача прогноза урожая по состоянию (значению) показателей, характеризующих сельхозпроизводство. Расчет реального урожая хозяйства (УХ) проводится уже без привязки к определенной культуре, здесь учитываются лишь организационно-производственные потери, а также потери, связанные с погодными условиями года.

$$УХ = У_{ДВУ} \cdot f(X_1) \cdot f(X_2) \dots f(X_i) \quad (3.8)$$

X_1 - обеспеченность трудовыми ресурсами;

X_2 - обеспеченность техникой и транспортом;

X_3 – качество технологических работ;

X_4 – качество семенного материала; обеспеченность хим. препаратами; обеспеченность удобрениями;

X_5 – обеспеченность водой.

Таблица 3.14

**Понижающие коэффициенты на организационно-производственные факторы
для расчета реального урожая**

Фактор		Степень отклонения от норматива,			
		слабая (А) до 15 %	средняя (В) до 25 %	сильная (С) до 40 %	0
P_1	Обеспеченность трудовыми ресурсами (людьми)	0,98	0,92	0,85	1,0
P_2	Обеспеченность техникой и транспортом	0,96	0,90	0,80	1,0
P_3	Качество технологических работ Отклонения от рекомендаций зональной технологии	0,95	0,85	0,70	1,0
P_4	Обеспеченность удобрениями, химикатами, водой (ресурсное обеспечение)	0,92	0,80	0,65	1,0
P_5	Обеспечение водой	0,99	0,95	0,70	1,0

Таблица 3.15

Пример расчета реального урожая хозяйства (УХ)

ДВУ ц/га	X_1 Ккадры		X_2 Ктехника		X_3 Ктехнологий		X_4 Кудоб, ядохим., ГСМ		X_5 вода	УХ ц/га
	обесп.	Кпон	обесп.	Кпон	обесп.	Кпон	обесп.	Кпон	норм	
54,8	норм	0,99	сред	0,96	норм	0,98	слаб	0,91	1,0	46,4

$$УХ = 54,8 - (0,5 + 2,2 + 1,0 + 4,7) = 46,4 \text{ ц/га}$$

$$УХ = 54,8 - 8,4 = 46,4 \text{ ц/га}$$

где: 54,8 ц/га = ДВУ; 8,4 ц/га потери
от организационно-производственных факторов.

В качестве примера оценки складывающихся потерь в урожае основных сельхозкультур мы приводим результаты исследований полученных на экспериментальном объекте ФХ «Азизбек», расположенном в Ферганской долине.

Значения МВУ на этих полях для хлопчатника составили 75,5 ц/га, для озимой пшеницы 110 ц/га. Уровень потенциального урожая (ПУ) определялся разницей между МВУ и потерями урожая за счет медленно изменяющихся во времени физических свойств почвы и содержания в ней гумуса. Уровень действительно-возможного урожая (ДВУ) вычислялся по разнице между ПУ и потерями от управляемых факторов сельхозпроизводства (засоление, содержание макроэлементов в почве, пораженность посева сорняками, болезнями, вредителями, спланированностью поля). От количественных показателей отдельного фактора зависела степень потерь в урожае (понижающие коэффициенты на каждый фактор получены в результате обобщения многочисленных литературных и экспериментальных данных). Наглядно оценить потери в урожаях на пилотных участках от основных факторов сельхозпроизводства в 2003 году позволяют результаты проведенных расчетов, изложенные в таблицах 3.16 и 3.17, а также 3.18 и 3.19.

Потенциальный урожай в среднем по хозяйствам составил для хлопчатника 62,5 ц/га, действительно-возможный уровень продуктивности равнялся 39,7 ц/га. Наибольшие потери в урожае были вызваны недостатком гумуса в почве (7,2 ц/га), низким содержанием P_2O_5 (7,0 ц/га) и физическими свойствами почвы (5,8 ц/га). Потенциальный урожай по озимой пшенице равен 90,0 ц/га, действительно-возможный урожай 55,3 ц/га, потери от недостатка органики в почве по сравнению с хлопчатником были существенно выше – 12,0 ц/га, от физических свойств почвы составили 8,0 ц/га, от уровня содержания P_2O_5 – 9,0 ц/га. Организационно-технологические потери при возделывании хлопчатника сложились достаточно высокими 8,7 ц/га, для пшеницы 6,7 ц/га, причем основные потери связаны с низким качеством сельхозработ, отклонением от зональной технологии и уровнем обеспеченности посева водой. Количественный уровень потерь в урожае позволяет выделить факторы наиболее ответственные за снижение продуктивности и выбрать агротехнические или организационные мероприятия, снижающие их негативное воздействие.

Таблица 3.16

**Потери в урожайности хлопчатника и пшеницы (ц/га) на пилотных участках
от основных факторов сельхозпроизводства (2003 г.)**

Хозяйство	МВУ	Поте- ри от физи- чес- ких свойств почвы	Поте- ри от недос- татка гуму- са	ПУ	Поте- ри от засо- ления	Поте- ри от недос- татка P2O5	Поте- ри от недос- татка K2O	Поте- ри от засо- рен- ности	Поте- ри от болез- ней	Поте- ри от вре- дите- лей	Поте- ри от неров- ности фона	ДВУ	Орга- низа- цион- ные поте- ри	Фак- тиче- ский уро- жай
Хлопчатник														
Азизбек	75,5	5,8	7,2	62,5	3,3	7,0	2,6	2,9	1,6	4,2	1,2	39,7	8,7	31,0
Пшеница														
Азизбек	110,0	8,0	12,0	90,0	4,0	9,0	4,2	4,8	4,7	3,9	4,1	55,3	6,7	48,6

МВУ - максимально-возможный урожай; ПУ - потенциальный урожай; ДВУ - действительно-возможный урожай.

Таблица 3.17

Организационно-технологические потери урожая (ц/га) на пилотных участках (2003 г.)

Хозяйства	Потери от степени обеспеченности посева водой	Потери от недостатка сельхозтехники	Потери от недостатка трудовых ресурсов	Потери от использования семян низкого качества	Потери от снижения нормы высева семян	Потери от отклонений зональной технологии	Низкое качество технологических работ	Потери при уборке урожая	Всего орг-технологических потерь
Хлопчатник									
Азизбек	1,6	0,0	1,0	0,0	0,0	2,6	3,5	0,0	8,7
Озимая пшеница									
Азизбек	1,3	0,5	1,4	0,0	0,0	1,5	0,9	1,1	6,7

Таблица 3.18

Расчет уровней продуктивности совхоза 1-а Г.Гуляма (Сырдарьинская область РУз)

№ пол я	Учас­то к	Культур а	Пло­щад ь, га	Кгумус			Кбон							Кзасоления			
				%	гумус т/га	К пони ж	тип почво - образ	мех. сос тав	авто- морф - ность	мощн . мелк	Кпон осн.	Кбон	Сл - %	тип засо- лен.	степ. зас.	Кпон	
01	У-50а	хлоп.	4,8	0,54	33,7	0,65	сероз	л.с. т.с.	полу- авто- морф- ный	100	0,95	0,62	0,02	с	незас.	1,0	
02	У-50	оз.пшен.	6,0	0,56	35,0	0,65	сероз	л.с.		100	0,90	0,59	0,015	с-х	незас.	1,0	
03	У-48	хлоп.	16,0	0,50	31,1	0,65	сероз	л.с.		100	0,90	0,59	0,025	с-х	незас.	1,0	
04	У-47а	хлоп.	5,4	0,48	30,0	0,65	сероз	л.с.		100	0,90	0,59	0,045	с-х	сред.	0,83	
05	У-46	оз.пшен.	8,0	0,54	33,7	0,65	сероз	л.с.		100	0,90	0,59	-	с-х	незас.	1,0	
06	У-45	хлоп.	8,84	0,40	26,0	0,60	сероз	с.с.		100	1,00	0,60	0,06	с-х	сред.	0,9	
07	У-1	оз.пшен.	4,8	0,44	27,5	0,60	сероз	л.с.		100	0,90	0,54	-	с-х	незас.	1,0	
08	У-4	оз.пшен.	10,56	0,74	46,2	0,70	сероз	л.с.		100	0,90	0,63	-	с-х	незас.	1,0	
09	У-4а	хлоп.	8,0	0,48	30,0	0,65	сероз	л.с.		100	0,90	0,59	0,015	с-х	незас.	1,0	
10	У-7	оз.пшен.	13,0	0,26	16,2	0,60	сероз	л.с.		100	0,90	0,54	-	с-х	незас.	1,0	

Продолжение таблицы 3.18

Кр			Кк			Ксор		Кбол		Квред		Кфон		$\frac{\sum Q_{\Pi}}{\sum Q_{\Phi AP}}$	Ккадры	
Р мг/кг	степ. обесп.	Кпон	К мг/кг	степ. обесп.	Кпон	сте- пень	Кпон	сте- пень вред.	Кпон	сте- пень вред.	Кпон	выраж · микро - релье ф	Кпон		откл.	Кпон
нет данных			нет данных			сильн.	0,80	0	1,00	0	1,00	сред.	0,95	1,00	слаб.	0,98
25	низк.	0,98	170	низк.	0,99	сильн.	0,80	0	1,00	0	1,00	сред.	0,95	1,00	слаб.	0,98
21	низк.	0,98	180	низк.	0,99	слаб.	0,95	0	1,00	0	1,00	хор.	1,00	1,00	слаб.	0,98
16	низк.	0,98	170	низк.	0,99	сред.	0,90	0	1,00	0	1,00	сред.	0,95	1,00	слаб.	0,98
18	низк.	0,98	175	низк.	0,99	слаб.	0,95	0	1,00	0	1,00	пл.	0,88	1,00	слаб.	0,98
26	низк.	0,98	200	низк.	0,99	сред.	0,90	0	1,00	0	1,00	пл.	0,88	1,00	слаб.	0,98
45	сред.	1,00	270	сред.	1,00	слаб.	0,95	0	1,00	0	1,00	сред.	0,95	1,00	слаб.	0,98
20	низк.	0,98	240	сред.	1,00	слаб.	0,95	0	1,00	0	1,00	сред.	0,95	1,00	слаб.	0,98
34	сред.	1,00	205	сред.	1,00	слаб.	0,95	0	1,00	0	0,95	хор.	0,99	1,00	слаб.	0,98
31	сред.	1,00	190	низк.	0,99	слаб.	0,95	0	1,00	0	1,00	сред.	0,95	1,00	слаб.	0,98

Продолжение таблицы 3.18

К техника		К трудозатрат		Кудобрения, ядохим., ГСМ, вода		МВУ ц/га	ПУ ц/га	ДВУ ц/га	РУ ц/га	Фактич. урожайность, ц/га		
обеспеч.	Кпон	обеспеч.	Кпон	обеспеч.	Кпон					фермер	поле	площад- ка
слаб	0,96	сильн.	0,75	сред.	0,80	75,6				10,3	15,8	28,6
слаб	0,96	сред.	0,85	сред.	0,80	116	68,4	50,4	32,2	20,3	24,0	24,0
слаб	0,96	слаб.	0,95	слаб.	0,92	75,6	44,6	41,1	33,8	18,0	26,9	42,4
слаб	0,90	слаб.	0,95	слаб.	0,92	75,6	44,6	30,7	23,7	18,4	18,4	28,2
слаб	0,96	слаб.	0,95	слаб.	0,92	116	68,4	55,5	45,6	18,3	29,1	22,8
слаб	0,96	сред.	0,85	слаб.	0,92	75,6	45,4	31,4	23,1	13,0	7,3	11,4
слаб	0,96	слаб.	0,95	слаб.	0,92	116	62,6	56,5	46,4	16,2	29,6	28,5
слаб	0,96	слаб.	0,95	слаб.	0,92	116	73,1	64,6	53,1	32,0	42,0	42,0
слаб	0,96	слаб.	0,95	слаб.	0,92	75,6	44,6	39,8	32,7	14,3	12,0	18,8
слаб	0,96	сильн.	0,75	слаб.	0,92	116	62,6	55,9	36,3	20,7	21,6	21,9

Таблица 3.19

Анализ потерь урожая, ц/га, по совхозу 1-а Г.Гуляма (Сырдарьинская область РУз)

№ поля	Участок	Культура	МВУ	ПУ	МВУ-ПУ	ДВУ	ПУ-ДВУ	Потери (состояние поля)							РУ	ДВУ-РУ	Потери (организ.факт)			
								Соли	Р	К	Сорн	Бол	Вред	Ровн			кадры	техн.	трудо-затр.	ресурсы
02	У-50	оз. пшен.	116	68,4	47,6	50,4	18,0	0	1,3	0,6	12,8	0	0	3,5	32,2	18,2	0,9	1,8	6,6	8,9
03	У-48	хлоп.	75,6	44,6	31,0	41,1	3,5	0	0,9	0,8	1,8	0	0	0	33,8	7,3	0,8	1,5	1,9	3,1
04	У-47а	хлоп.	75,6	44,6	31,0	30,7	13,9	6,8	0,8	0,4	1,9	0	2,0	2,0	23,7	7,0	0,6	3,0	1,5	1,9
05	У-46	оз. пшен.	116	68,4	47,6	55,5	12,9	0	1,4	0,6	3,2	0	0	7,7	45,6	9,9	1,0	1,8	2,4	3,8
06	У-45	хлоп.	75,6	45,4	30,2	31,4	14,0	4,0	0,8	0,4	4,0	0	0	4,8	23,1	8,3	0,6	1,2	4,2	2,3
07	У-1	оз. пшен.	116	62,6	53,4	56,5	6,1	0	0	0	3,1	0	0	3,0	46,4	20,1	1,1	2,2	2,7	4,1
08	У-4	оз. пшен.	116	73,1	43,9	64,6	8,5	0	1,5	0	3,5	0	0	3,5	53,1	11,5	1,2	2,4	3,1	4,8
09	У-4а	хлоп.	75,6	44,6	31,0	39,8	4,8	0	0	0	2,2	0	2,2	0,4	32,7	7,1	0,7	1,4	1,3	3,1
10	У-7	оз. пшен.	116	62,6	53,4	55,9	6,7	0	0	0,7	3,0	0	0	3,0	36,3	19,6	1,0	2,0	12,6	4,0

3.5. Режим орошения озимой пшеницы и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в период вегетации

Для орошаемого земледелия, в условиях оптимальной водообеспеченности посева сельхозкультур, понижающий коэффициент на водный фактор не используется, так как он априоре равен единице. Оптимизацию водного режима на посевах озимой пшеницы следует проводить и контролировать согласно рекомендациям по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур (Стулина Г.В., 2010).

Таблица 3.18

Режим орошения озимой пшеницы для VI гидромодульного района

Культура	Оросительная норма, м ³ /га	№ полива	Поливная норма, м ³ /га	Сроки поливов		Межполивной период, дни
				начало	конец	
Пшеница озимая	4600	1	600	29.10.09	11.11.09	14
		2	800	29.3.09	13.4.09	16
		3	800	14.4.09	26.4.09	13
		4	800	27.4.09	7.5.09	11
		5	800	8.5.09	18.5.09	11
		6	800	19.5.09	1.6.09	14

Таблица 3.19

Рекомендуемые зоны увлажнения почвы при возделывании озимой пшеницы

№ полива	Сроки полива в привязке к стадии развития культуры	Зона увлажнения (см)
0	Влагозарядка (до посева)	100-110
1	Кущение	40-45
2	Перед колошением	70-80
3	Цветение	80-100
4	Налив зерна	100-110

Таблица 3.20

**Ориентировочные сроки проведения, нормы влагозарядковых
и вегетационных поливов при возделывании озимых
зерноколосовых культур**

Виды полива	Республика Узбекистан и области		
	Кашкадарьинская, Сурхандарьинская, Навоийская, Бухарская	Самаркандская, Джизакская, Ташкентская, Сырдарьинская, Ферганская, Наманганская, Андижанская	Каракалпакстан, Хорезмская
1. Влагозарядковые поливы	<u>10.10-20.10*</u> 700-1200	<u>20.09-30.09</u> 600-800	<u>10.09-20.09</u> 600-900
2. Осенние вегетационные поливы	<u>25.10-20.11</u> 700-900	<u>20.10-10.11</u> 500-700	<u>15.10-10.11</u> 500-700
3. Весенние вегетационные поливы:			
первый полив (фаза кущения)	<u>20.02-10.03</u> 700-800	<u>01.03-20.03</u> 600-700	<u>20.03-10.04</u> 600-650
второй полив (фаза трубкования)	<u>10.03-30.03</u> 750-850	<u>25.03-15.04</u> 700-750	<u>15.04-25.05</u> 600-650
третий полив (фаза колошения)	<u>30.03-20.04</u> 800-850	<u>15.04-25.04</u> 750-800	<u>25.04-10.05</u> 650-700
четвёртый полив (фаза молочновосток- ковой спелости)	<u>20.04-10.05</u> 500-550	<u>01.05-15.05</u> 450-500	<u>10.05-25.05</u> 400-450

Примечание: * в числителе – сроки поливов, в знаменателе – поливные нормы, м³/га.

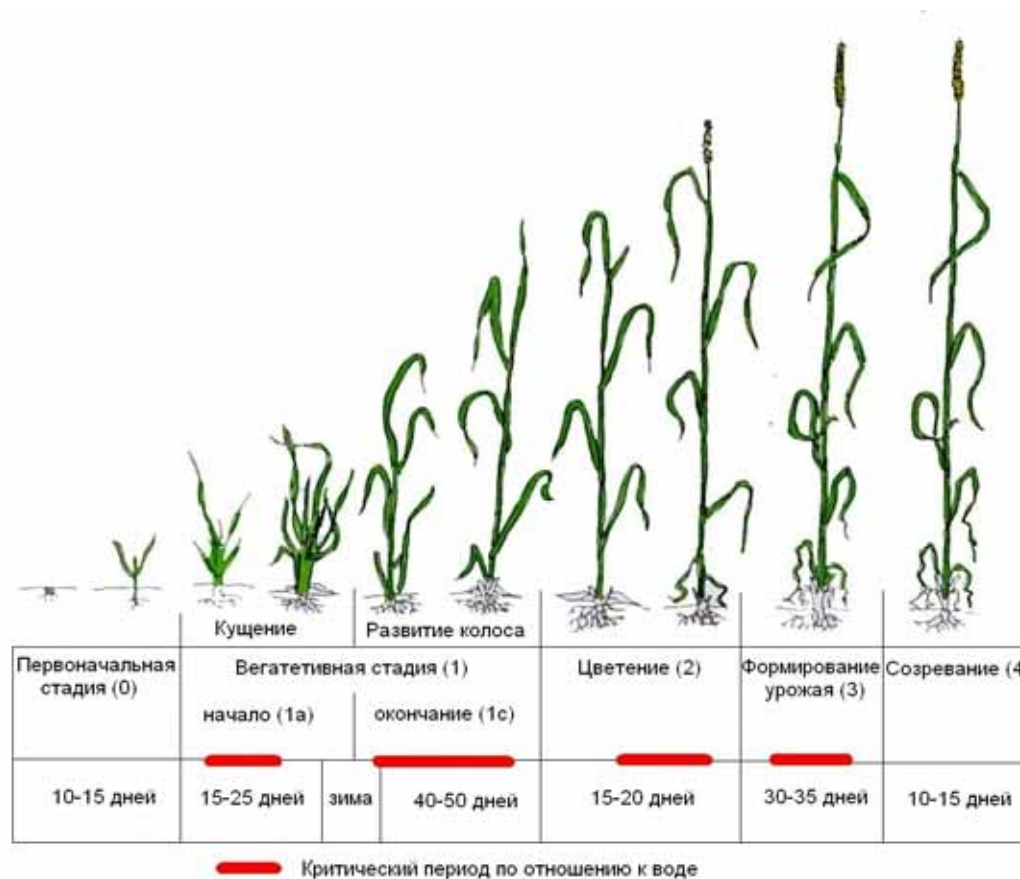


Рис. 3.1. Стадии развития озимой пшеницы

Таблица 3.21

Потери урожая в среднем за вегетационный период в зависимости от уровня водоподачи (нормированной по оптимальной) для озимой пшеницы [22]

Водоподача, %	Потери урожая, в долях от 1,0
90	0,04
80	0,15
70	0,27
60	0,38
50	0,49

4. Алгоритм оценки продуктивности кукурузы

В практике сельхозпроизводства кукуруза возделывается как на зерно, так и на силос. Как правило, кукуруза на силос в Узбекистане является повторной культурой, которая высевается сразу после уборки озимых зерновых в течение июля и скашивается в октябре. Кукуруза на зерно согласно рекомендациям может высеваться как самостоятельная культура в первой половине мая и убираться в конце сентября - начале октября или же высеваться после уборки озимых зерноколосовых в июле как повторная культура.

4.1. Методика и пример расчёта максимально-возможного урожая (МВУ) для кукурузы

Суммарный приход ФАР для кукурузы составляет по климатическим областям: 38,0 ккал/см² - для переходной области; 39,1 ккал/см² - для термальной; 41,1 ккал/см² - для субтропической области. Скороспелые гибриды созревают при наборе ФАР $\approx 28-37$ ккал/см² за период вегетации. Раннеспелые гибриды кукурузы потребляют $\approx 20-31$ ккал/см², среднеспелым гибридам соответствует приход ФАР от 31,5 до 35,5 ккал/см². Наибольшее количество солнечной энергии (34-36,5 ккал/см²) приходится на посевы позднеспелых гибридов.

Для расчёта МВУ кукурузы мы использовали формулу А.А. Ничипорovichа (см.гл.1, формула 2) с введением поправки на переход расчёта от фитомассы к урожаю этой культуры:

где:

$\Sigma Q_{\text{фар}}$ – суммарный, среднемноголетний приход ФАР за вегетацию, ккал/см²;

Q – калорийность урожая (4100 ккал/кг);

$\eta_{\text{ф}}$ – КПД фотосинтеза кукурузы = 1,5-2,5 %; (4.1)

K – коэффициент перехода от фитомассы к урожаю – 0,521.

Сведения по ежемесячным показателям фотосинтетически активной радиации, наблюдаемым в пределах Узбекистана в привязке климатической общности приведены в главе 2 (табл.2.1).

Значения переходного коэффициента от фитомассы к урожаю для кукурузы приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Калорийность урожая кукурузы и переходные коэффициенты

Культура	Калорийность, ккал/кг	Переходный коэф. от фитомассы к урожаю		
		воздушно- сухой вес	зерно стандартной влажности	зерно абсолютно сухой вес
Кукуруза на зерно	4100	-	0,521	0,448

Значения КПД фотосинтеза в условиях различного состояния посевов по их продуктивности представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Коэффициент полезного действия фотосинтеза, %

№	Состояние посевов	КПД, %
1	Плохие	0,50
2	Обычно наблюдаемое	0,5-1,5
3	Хорошие	1,5-3,0
4	Рекордные	3,0-6,0
5	Теоретически возможные	6,0-8,0

Рекомендуемый КПД для практических расчетов по кукурузе: 2,5 %

Наиболее объективным критерием продуктивности кукурузы является коэффициент использования солнечной энергии. При современном уровне развития техники, возможностях высокомеханизированного орошаемого земледелия, а также при внедрении гибридов интенсивного типа и достаточном количестве внесенных удобрений, ядохимикатов вполне реально можно достичь КПД ФАР 3,5-4 %. Однако, исследованиями доказано, что в обычных производственных условиях значение КПД равно $\approx 1,5-2,5$ %. Калорийность кукурузы составляет 4000 ккал/кг для листостебельной массы и 4100 ккал/кг для зерна (нормативное соотношение между зеленой массой и зерном 55 % и 45 %). Коэффициент перехода от фитомассы к урожаю (К) сухого зерна принимается как величина = 0,448, а к урожаю зерна стандартной влажности (14 %) - К равен 0,521. Результаты расчета максимально-возможного уровня урожая (МВУ) приводятся в табл.4.3, 4.4.

Кукуруза является высокопродуктивной культурой. Урожай биологически возможный (МВУ) составляет от 20 ц/га до 365 ц/га в зависимости от зоны возделывания и КПД фотосинтеза. Для производственных посевов урожай зерна при стандартной влажности МВУ рассчитан как 120 -130 ц/га.

Таблица 4.3

Расчет максимально возможного урожая (МВУ) кукурузы на зерно

Климатическая общность	Кфар		ФАР за вегетацию, ккал/см ²	Урожай биомассы, ц/га	Урожай основного продукта (сухое зерно) ц/га	Урожай основного продукта (стандартная влажность 14 %) ц/га
	классы	КПД, %				
Переходная	I	7 (6-8)	38,0	638,8	290,7	338,0
	II	4,25 (3,5-5)		393,97	176,5	205,3
	III	2,25 (3-1,5)		208,6	93,5	108,7
	IV	1,00 (1,5-0,5)		92,7	41,5	48,3
	У	менее 0,5		46,35	20,8	24,1
Принимается обычно		2,5		231,75	103,8	120,7
Термальная	I	7 (6-8)	39,1	667,6	299,1	347,8
	II	4,25 (3,5-5)		405,3	181,6	211,2
	III	2,25 (3-1,5)		214,6	96,1	111,8
	IV	1,00 (1,5-0,5)		95,4	42,7	49,7
	У	менее 0,5		47,7	21,4	24,8
Принимается обычно		2,5		238,5	106,8	124,3
Субтропическая	I	7 (6-8)	41,1	701,7	314,4	365,6
	II	4,25 (3,5-5)		425,8	190,7	221,8
	III	2,25 (3-1,5)		225,4	100,97	117,4
	IV	1,00 (1,5-0,5)		100,2	44,9	52,2
	У	менее 0,5		50,1	22,4	26,1
Принимается обычно		2,5		250,5	112,2	130,2

Пример расчёта уровня МВУ кукурузы на зерно при условии, что сумма прихода ФАР составляет 26,1 ккал/см², а коэффициент полезного действия находятся в пределах 1,5-2,5 % для посевов, состояние которых ниже среднего уровня.

$$\text{МВУ} \frac{26,1 \text{ ккал/см}^2}{4100 \text{ ккал/кг}} (1,5-2,5 \%) \cdot 0,521 \cdot 10^4 = \text{от } 49,7 \text{ ц/га до } 82,9 \text{ ц/га}$$

Максимально-возможная продуктивность при возделывании кукурузы на силос приводится в таблице 4.4.

Таблица 4.4

**Расчет максимально-возможного урожая (МВУ)
кукурузы на силос (повторная культура)**

Климатическая общность	Кфар		ФАР вегетации	Урожай биомассы
	классы	КПД, %		
Переходная	I	7 (6-8)		434
	II	4,25 (3,5-5)		263,5
	III	2,25 (3-1,5)		139,5
	IV	1,00 (1,5-0,5)		62
	У	менее 0,5		31
Принимается обычно		2,5	24,8	155
Термальная	I	7 (6-8)		456,7
	II	4,25 (3,5-5)		277,1
	III	2,25 (3-1,5)		146,7
	IV	1,00 (1,5-0,5)		65,2
	У	менее 0,5		32,6
Принимается обычно		2,5	26,1	163,0
Субтропическая	I	7 (6-8)		479,5
	II	4,25 (3,5-5)		291,1
	III	2,25 (3-1,5)		154,1
	IV	1,00 (1,5-0,5)		68,5
	У	менее 0,5		34,2
Принимается обычно		2,5	28,4	171,2

4.2. Расчёт потенциального уровня продуктивности (ПУ) кукурузы

Потенциальный уровень продуктивности это урожай, который можно получить в конкретных почвенно-климатических условиях года. ПУ рассчитывается по формуле:

$$\text{ПУ} = \text{МВУ} \cdot K_{\text{бон.}} \quad (4.2)$$

где:

МВУ - максимально-возможный урожай;

$K_{\text{бон.}}$ – коэффициент бонитета, почвы, который определяется для конкретной площади по формуле:

$$K_{\text{б}} = K_{\text{осн}} \cdot K_{\text{гум}} \quad (4.3)$$

где:

$K_{\text{осн}}$ – основной балл бонитета;

$K_{\text{гум}}$ – понижающий коэффициент на содержание гумуса.

Коэффициент ($K_{\text{осн}}$) выбирается согласно шкалы бонитировки орошаемых почв в зависимости от зоны расположения расчетной площади, гранулометрического состава почвы, её автоморфности или гидроморфности, а также мощности мелкоземлистого слоя (см. табл.2.2).

Кукуруза предпочитает дренированные, аэрированные почвы с глубоким уровнем грунтовых вод с рН 5,0-7,0. Однако, в условиях почв пустынного и сероземного типа почвообразования, когда исходный фон среды ближе к нейтральной, снижение рН связано с повышением уровня грунтовых вод и сопровождается ухудшением аэрируемости почв. Анализ результатов полученных многими авторами показывает, что максимальные урожаи кукурузы были получены на почвах с рН 7,0-8,0, т.е. требования к реакции среды аналогичны хлопчатнику. Значительную прибавку урожая кукурузы даёт хорошая аэрируемость корнеобитаемого слоя, так рыхление на глубину 80 см даёт прибавку зеленой массы кукурузы на 114 ц/га, початков на 48,6 ц/га.

Несмотря на высокий уровень химизации сельскохозяйственное производство сталкивается с серьезной проблемой – происходит уменьшение плодородия почв. За последнее тридцатилетие содержание гумуса уменьшилось почти на одну треть. Этого можно было избежать при внесении в достаточном количестве навоза. Если по агрономическим нормам должно вноситься 20-30 т навоза на 1 га, то реально в последние 10-15 лет вносится 4-5 т/га, поэтому

исходное содержание гумуса является важным показателем при расчете потенциального уровня урожая.

Шкала бонитировки орошаемых земель зоны ЦАР приведена в главе 2 (см. табл.2.2).

Понижающие коэффициенты на содержание гумуса ($K_{гум}$) для кукурузы (%) аналогичны K приведенным в главе 2 (см.табл.2.3).

Таблица 4.5

Пример расчета уровня потенциального урожая (ПУ) для кукурузы на зерно

МВУ ц/га	К основное					К гумус			ПУ ц/га
	тип почво обр.	мех. состав	авто морф	мощн. мелк.	Поте ри Косн.	гумус, т/га	Кпон иж.	Потер и Кгум ц/га	
117,4	сероз	сред. сугл.	авто морф ный	> 100	0,0	35,0	0,65	36,7	80,7

4.3. Оценка действительно-возможного уровня (ДВУ) продуктивности кукурузы

Действительно-возможный уровень продуктивности это урожайность определяемая состоянием поля параметрами: засолением, обеспеченностью питательными элементами, пораженностью болезнями, вредителями, засоренностью и ровностью фона поля.

Известно, это вредное воздействие солей на растения проявляется в увеличении осмотического давления почвенной влаги и снижение ее доступности. При этом имеет значение как тип засоления, так и степень засоления. В различных засоленных почвах может присутствовать одно и то же количество солей, но в зависимости от состава их почвы могут обладать разной степенью засоленности, что обусловлено неравноценной токсичностью для растений различных растворимых солей.

В связи с тем, что в засоленных почвах угнетающе действуют на рост сельскохозяйственных растений именно токсичные соли, предпочтительней классифицировать почвы по степени засоления не только по плотному остатку, но и по сумме токсичных солей. По степени солеустойчивости кукуруза относится к среднеустойчивым культурам.

В таблице 4.6 представлены уровни солеустойчивости кукурузы (ФАО) и потенциал урожая в зависимости от электропроводимости почвенного раствора. Кукуруза относится к среднесолеустойчивым культурам.

Таблица 4.6

Уровни солеустойчивости для кукурузы

Потенциал урожая								
100 %		90 %		75 %		50 %		MAX
ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe
1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	3,9	3,9	10

Таблица 4.7

Требования культур к почве (ФАО)

Культура	Чувствительность к засолению	Потребность в удобрениях N, P, K кг/га за вегетацию
Кукуруза	Умеренно чувствительная	100-120, 50-80, 60-100

В таблице 4.8 представлены уровни урожая кукурузы в зависимости от засоления почвы.

Таблица 4.8

Урожай кукурузы в зависимости от степени засоления почв

Кукуруза	Уровни урожая при содержании солей в почве, % от массы				
	0,1	0,3	0,6	0,9	1,2
Урожай, %	100 %	80 %	39 %	15 %	0

Понижающие коэффициенты на засоление почвы у кукурузы аналогичны этим же показателям для хлопчатника (см. гл. 2, табл. 2.5, 2.6 и 2.7).

По данным ЦИНАУ на единицу созданной продукции кукурузы необходимо 2,5 кг/ц азота, а соотношение фосфора к азоту при сбалансированном питании должно составлять для кукурузы 0,4-0,5.

Таблица 4.9

Оценка почв по обеспеченности азотом (N- NH₃) и фосфором (P₂O₅), мг/кг

Обеспеченность	Кукуруза N-NH ₃	Кукуруза P ₂ O ₅
Очень низкая	< 20	< 30
Низкая	20-30	31-79
Средняя	30-50	80-150
Высокая	50-80	> 150

Таблица 4.10

Оценка почвы по обеспеченности калием K₂O (мг/кг)

Обеспеченность	Кукуруза, K ₂ O
Очень низкая	< 30
Низкая	30-70
Средняя	70-100
Высокая	> 100

Зависимость урожая от содержания азота, фосфора и калия учитывается при расчёте уровня действительно-возможной продуктивности посредством введения в расчет понижающих коэффициентов для различной степени обеспеченности почв данными элементами.

Понижающие коэффициенты на исходное содержание азота, фосфора и калия в почве приводится в табл. 4.11

Таблица 4.11

**Понижающие коэффициенты на обеспеченность посева азотом (N),
фосфором (P) и калием (K), %**

Обеспеченность	Понижающий коэффициент на N, %	Понижающий коэффициент на P, %	Понижающий коэффициент на K, %
Очень низкая	0,80	0,85	0,93
Низкая	0,90	0,93	0,97
Средняя	0,98	0,97	1,00
Высокая	1,00	1,00	1,00

Болезни, вредители, сорняки способны значительно снизить урожай. Учет этих факторов при программировании урожая особенно важен в сложившихся условиях дефицита препаратов защиты растений.

Понижающие коэффициенты на засорение ($K_{\text{сор}}$) (для случая, когда борьба с сорняками не проводится) аналогичны показателям по хлопчатнику (см. гл. 2, табл. 2.8)

Понижающие коэффициенты на засорение ($K_{\text{сор}}$) (для случая, когда борьба с сорняками проводится) также аналогичны показателям по хлопчатнику (см. гл. 2, табл. 2.9).

Таблица 4.12

Понижающие коэффициенты на болезни ($K_{\text{б}}$) и вредителей ($K_{\text{вр}}$), %

Степень поражения	слабая	средняя	сильная
Болезни ($K_{\text{б}}$)	0,92	0,83	0,68
Вредители ($K_{\text{вр}}$)	0,95	0,85	0,75

Важным показателем, формирующим урожайность является ровность фона. Проведение подробных исследований по данному вопросу в течение ряда лет позволило установить влияние микро и мезорельефа на урожай. Понижающие коэффициенты на ровность фона для кукурузы приведены в таблице 4.13.

Таблица 4.13

Понижающие коэффициенты (%) на ровность поля, $K_{\text{ф}}$

Ровность фона	Отклонения от 0 до отметки, см	Понижающий коэффициент, %
Высокая (опт.)	0	1,00
Хорошая	$\pm 3 - \pm 5$	0,99
Средняя	$\pm 5 - \pm 10$	0,95
Плохая	$\pm 10 - \pm 15$	0,88
Очень плохая	$\pm 15 - \pm 25$	0,80

Таблица 4.14

Пример расчета действительно-возможного урожая (ДВУ) для кукурузы

ПУ ц/га	Кзасоления			Ксорняки		Казота		Кфосфора	
	тип засол.	степ. засол.	Кпон	степ. засор.	Кпон	степ. обесп.	Кпон	степ. обесп.	Кпон
80,7	сульф	незосол	1,0	слаб	1,0	высок	0,98	сред	0,93

Ккалия		Кболезни		Квредители		Кфона		$\frac{\sum Q_{\Pi}}{\sum Q_{ФАР}}$	ДВУ ц/га
степ. обесп.	Кпон	степ. пораж.	Кпон	степ. пораж.	Кпон	рельеф	Кпон		
высок	1,0	низкая	1,0	низкая	0,95	хорош	0,97	1,0	67,8

$$\text{ДВУ} = 80,7 - (0,0 + 0,0 + 1,51 + 5,31 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 3,70 + 2,25 + 0,0) = \\ = 67,8 \text{ ц/га}$$

$$\text{ДВУ} = 80,7 - 12,9 = 67,8 \text{ ц/га}$$

где: ПУ = 80,7 ц/га, потери урожая 12,9 ц/га.

4.4. Оценка реального уровня урожая кукурузы в хозяйстве (УХ)

Реальная продуктивность сельскохозяйственных культур оценивается на конкретном поле в зависимости от качества выполнения технологического процесса, обеспеченности ресурсами: удобрениями, ядохимикатами, кадрами.

Для нормирования показателей с целью определения степени обеспеченности отдельного фактора необходимо иметь фактические и плановые (нормативные показатели). Нормативными показателями выполнения технологического процесса являются зональные технологические карты выращивания сельскохозяйственных культур.

Таблица 4.15

Пример расчета реального урожая кукурузы в хозяйстве (УХ)

ДВУ ц/га	Р ₁ ручной труд		Р ₂ механизир.труд		Р ₃ качество работ		Р ₄ Кудоб., ядохим., ГСМ	
	обесп.	Кпон	обесп.	Кпон	обесп.	Кпон	обесп.	Кпон
67,8	норм	0,98	норм	1,0	норм	0,94	удовл	0,92

Р ₅ вода		УХ ц/га
обесп.	Кпон	
норм	1,0	57,5

$$УХ = 67,8 - (1,3 + 0,0 + 3,9 + 5,2 + 0,0) = 57,5 \text{ ц/га}$$

$$УХ = 67,8 - 10,3 = 57,5 \text{ ц/га}$$

4.5. Режим орошения кукурузы и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в период вегетации

Для орошаемого земледелия, в условиях оптимальной водообеспеченности посева сельхозкультур, понижающий коэффициент на водный фактор не используется, так как он априори равен единице. Оптимизацию водного режима посевов кукурузы следует проводить и контролировать согласно рекомендациям по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур (Стулина Г.В., 2010).

Таблица 4.16

Рекомендуемая зона увлажнения почвы (см) при поливе кукурузы

№ полива	Стадия развития	Зона увлажнения (см)
0	Влагозарядка	100-130
1	Образование 4-5 листьев	45
2	Перед выбрасыванием метелок	60-70
3	Цветение	70-85
4	Начало плодообразования	85-100
5	Налив зерна	100-120
6	Созревание зерна	100-120

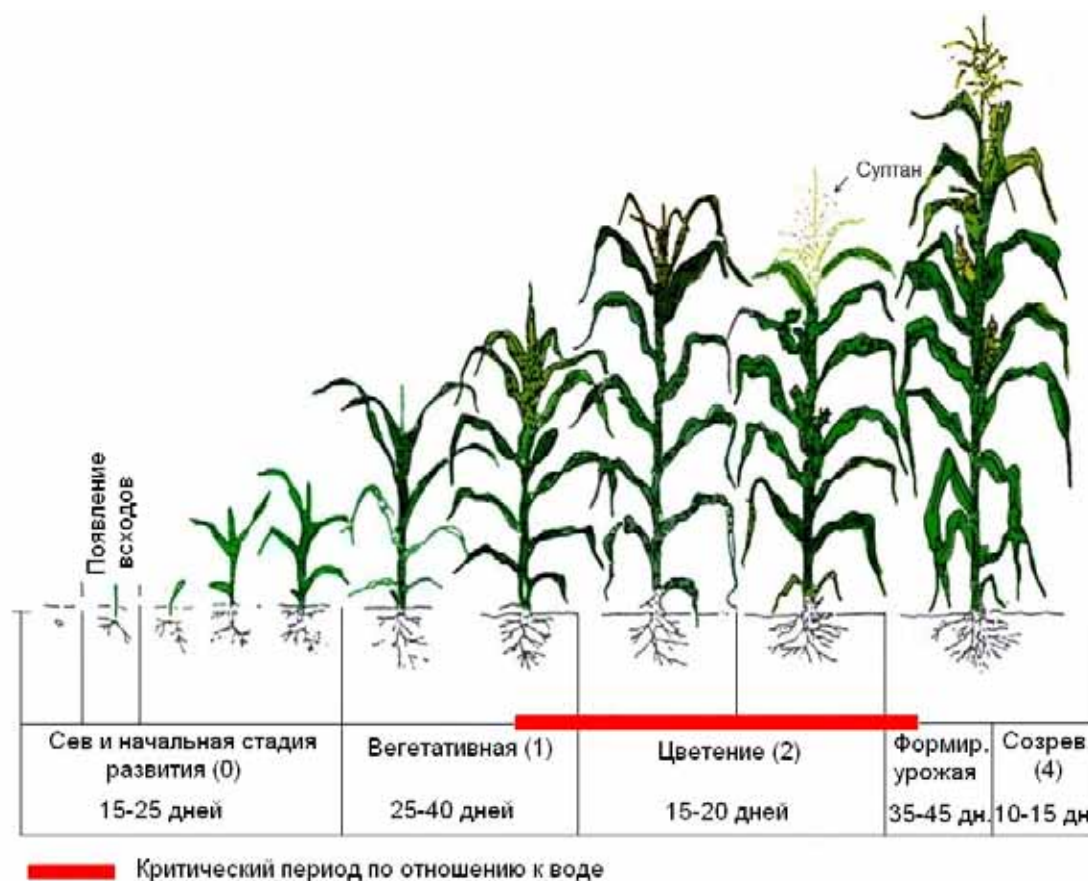


Рис.4.1. Стадии развития кукурузы

Таблица 4.17

Режим орошения кукурузы на зерно для VI гидромодульного района

Культура	Оросительная норма, м ³ /га	№ полива	Поливная норма, м ³ /га	Сроки поливов		Межполивной период, дни
				начало	конец	
Кукуруза	6600	1	900	14.5.09	8.6.09	26
на зерно		2	1000	9.6.09	26.6.09	18
		3	1100	27.6.09	14.7.09	18
		4	1100	15.7.09	1.8.09	18
		5	1000	2.8.09	6.9.09	36
		6	1500	7.9.09	25.9.09	19

Таблица 4.18

Ориентировочные нормы и сроки поливов кукурузы по фазам их развития

Параметры	Поливы						Кол-во поливов в раз	Оросительная норма, м ³ /га
	0-й	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й		
Фаза развития		Появление 4-го листа	Появление 10-го листа			Молочно-восковая спелость	6	6300
Сроки	Перед пахотой	Через 35-40 дней после посева	Через 50-60 дней после посева	Через 10-15 дней после 2-го полива	Через 10-15 дней после 3-го полива			
Норма полива, м ³ /га	900	1000	1000	1100	1200	1100		

Таблица 4.19

Потери урожая в среднем за вегетационный период в зависимости от уровня водоподачи (нормированной по оптимальной) для кукурузы [22]

Водоподача, %	Потери урожая, в долях от 1,0
90	0,04
80	0,14
70	0,24
60	0,34
50	0,44

5. Алгоритм оценки продуктивности риса

5.1. Биологические особенности культуры

В анатомическом отношении особенность риса заключается в том, что его ткани имеют много межклетников и воздушных полостей, по которым воздух доставляется в нижние части растений, погруженные в воду. Корневая система риса развита хорошо и в зависимости от водообеспеченности может значительно различаться по своему строению.

Физиологически активная температура, при которой появляется нормальный проросток - 15 °С, оптимальная - 22-25, а при температуре 40-42 °С семена не прорастают.

Корневая система риса мочковатая, у ней нет сильно развитого главного корня. Все образующиеся корешки по форме и размерам похожи друг на друга и имеют вид волокон. В период от прорастания до кушения роль главного корня выполняет один зародышевый корешок. Рис обладает большой способностью к образованию побегов: фактически из пазухи каждого листа может развиваться боковой дочерний побег.

Основные этапы органогенеза и фазы развития у риса следующие:

I этап органогенеза – образование из зародыша молодого растения, способного к самостоятельной жизни. Появление конуса нарастания и первых трех листьев coleoptilya, лист без пластинки и первый настоящий лист.

II этап – дифференцирование листьев и придаточных корней в зоне прикрепления листьев и нижней части междоузлий, закладывание самых верхних листьев в конусе нарастания главного стебля.

III этап – усиленное разрастание конуса нарастания, который достигает величины 0,14 мм и заложение основ будущего урожая растения – ткани бугорков, из которых в конечном итоге формируются веточки метелки. Чем продолжительнее этот этап органогенеза, тем больше формируется веточек и тем продуктивнее становится метелка.

IV этап – заложение веточек второго и последующих порядков, образование на них колосовых бугорков. В этот период температура слоя воды в зоне узла кушения оказывает решающее влияние на формирование продуктивной метелки. Оптимальная температура воды в зоне узла кушения (20 °С) удлиняет процесс формирования метелки и способствует увеличению числа веточек и колосковых бугорков.

V этап – формирование колосков, закладка цветковых чешуй и цветков.

VI этап - формирование генеративной ткани в пыльниках и пестике. Заканчивание образования пестика, который состоит из завязи, столбика и рыльца с двумя перистыми лопастями.

VII этап органогенеза протекает одновременно с IV и отличается интенсивным ростом органов метелки. В этот период колосковые и цветковые чешуи, ости и все органы цветка увеличиваются в длину в 3-5 раз.

VIII этап – вымётывание метелки, цветение и оплодотворение.

IX этап - формирование зерновки.

X этап - накопление питательных веществ в зерновках, молочная спелость.

XI этап - созревание. На протяжении этого этапа различают восковую и полную спелость. В период полной спелости эндосперм и зародыш теряют воду (подсыхают), и зерновка становится зрелой.

У риса различают следующие основные фазы вегетации: прорастание, всходы, кущение, выход в трубку, вымётывание (и цветение), созревание.

5.2. Методика оценки максимально-возможного урожая (МВУ) риса

Основными зонами рисосеяния в Республике Узбекистан являются Хорезмская область и Каракалпакстан, однако незначительные площади под рисом расположены и в других областях.

Сумма фотоактивной радиации для риса принимается равной сумме ФАР за вегетацию, т.е. за период от сева до уборки. Фотоактивная радиация – это часть спектра солнечной радиации, используемая растениями в процессе фотосинтеза.

Почти 90 % урожая этой культуры формируется за счет солнечной радиации и углекислоты атмосферы. Зная это, задача земледельца заключается в том, чтобы, оперируя суммой ФАР подобрать культуру и сорт, позволяющую получить в данной зоне высокую продуктивность. Рекомендуемые сроки сева для риса следующие: 25.IV-20.V - для сортов УзРОС и 10.V-30.V для других сортов. Суммарная фотоактивность радиации за вегетационный период риса в случае рекомендуемых оптимальных сроков сева и уборки (сева: начало – середина мая, уборки: вторая и третья декада сентября) составляет по зонам 331 ккал/см² для переходной, 335 ккал/см для термальной и 351 ккал/см² для субтропической климатической общности.

Калорийность урожая сухой биомассы риса составляет 4500 ккал/г. Калорийность – это количество энергии солнца, которое идет на формирование единицы биомассы. Современные высокопроизводительные посевы реализуют солнечную энергию с КПД ФАР равным 2,3-2,5 %.

Для каждой природно-климатической зоны подбирается районированный сорт. Приход ФАР на посевы раннеспелых сортов за 90-100 дней вегетации обычно составляет 28-30 ккал/см², для среднеспелых сортов за 105-115 дней 30-32 ккал/см², позднеспелых за 115-125 дней - 32-34 ккал/см².

Коэффициент перехода от фитомассы к урожаю для риса составляет величину 0,5 при определении массы сухого зерна и 0,581 - при определении массы зерна 14 %-ной влажности.

Расчет максимально-возможного урожая риса по зонам обеспеченности ФАР приведен согласно формуле Ничипоровича А.А. (см. главу 1, формула 1.2) и представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Расчет максимально возможного урожая (МВУ) риса

Климатическая общность	Кфар		ФАР	Урожай биомассы, ц/га	Урожай основного продукта (риса) ц/га	Урожай основного продукта (стандартная влажность 14 %) ц/га
	классы	КПД, %				
Переходная	I	7 (6-8)	33,1	514,9	257,4	299,1
	II	4,25 (3,5-5)		312,6	156,3	181,6
	III	2,25 (3-1,5)		165,5	82,7	96,1
	IV	1,00 (1,5-0,5)		73,5	36,7	42,7
	V	менее 0,5		36,8	18,4	21,3
Принимается обычно		2,5		183,9	91,9	106,8

Продолжение таблицы 5.1

Термальная	I	7 (6-8)	33,5	521,1	260,5	30,7
	II	4,25 (3,5-5)		316,4	158,2	183,8
	III	2,25 (3-1,5)		167,5	83,7	97,3
	IV	1,00 (1,5-0,5)		74,4	37,2	43,2
	V	менее 0,5		37,2	18,6	21,6
Принимается обычно		2,5		186,1	93,0	108,1
Субтропическая	I	7 (6-8)	35,1	54,6	273	317,2
	II	4,25 (3,5-5)		351	175,5	203,9
	III	2,25 (3-1,5)		175,5	87,7	101,9
	IV	1,00 (1,5-0,5)		78	39,0	45,3
	V	менее 0,5		39	19,5	22,6
Принимается обычно		2,5		195	97,5	113,3

Максимально-возможный урожай зерна риса достигает 273 ц/га при рекордных показателях коэффициента полезного действия. В обычных посевах хороший показатель КПД составляет - 2,5. Урожай абсолютно сухого зерна в этом случае изменяется от 91,9 ц/га в переходной зоне, до 97,5 ц/га в субтропической и от 107 ц/га до 113 ц/га по зонам при стандартной влажности зерна.

Пример расчета: Максимально-возможный урожай (МВУ) риса для климатических условий Хорезмской области на полях средних по состоянию посева, рассчитывается по формуле 1.2 (глава 1),

где: $\Sigma Q_{\text{ФАР}}$ – приход ФАР за вегетацию, 33,1 ккал/см²

$\eta_{\text{ф}}$ – КПД фотосинтеза, 2,25 %;

q – калорийность урожая, 4500 ккал/кг;

K – 0,581 (переход от фитомассы риса к зерну стандартной влажности).

Практический расчет для условий Каракалпакии следующий:

$$МВУ = \frac{33,1 \text{ ккал/см}^2}{4500 \text{ ккал/кг}} \cdot 2,25 \% \cdot 0,581 \cdot 10^4 = 96 \text{ ц/га}$$

То есть, можно утверждать, что биологически-возможный урожай в данных условиях составит 96 ц/га.

5.3. Расчёт потенциального уровня продуктивности (ПУ) риса

Рис отличается по физиологическому процессу выращивания от остальных изучаемых культур. Его требования к почвенным условиям во многом отличаются, поэтому общий алгоритм расчета уровней продуктивности на рис распространить нельзя.

Расчет потенциального уровня продуктивности (ПУ) проводят по формуле:

$$ПУ = МВУ \cdot Косн \cdot Кгум \quad (5.1)$$

Таблица 5.2

Пример расчёта уровня потенциального урожая (ПУ) для риса
(Каракалпакстан, РУз)

МВУ ц/га	К основное						К гумус				По- тери на Кбон ц/га	ПУ ц/га
	тип поч- во- обр.	мех. сос- тав	авто морф	мощн. мелк.	Косн	потери на Косн ц/га	%	гу- мус, т/га	Кпо ниж.	потери на Кгум ц/га		
96,0	сероз	лег. сугл.	полу авто морф ный	> 100	0,90	8,8	0,50	31,1	0,65	31,0	39,8	56,2

5.4. Оценка действительно-возможного уровня (ДВУ) продуктивности риса

Действительно-возможный уровень продуктивности – урожайность определяемая параметрами состоянием поля: засолением, обеспеченностью питательными элементами, пораженностью болезнями, вредителями, засоренностью и ровностью фона поля.

Как, известно, вредное воздействие солей на растения проявляется в увеличении осмотического давления почвенной влаги и снижение ее доступности. При этом имеет значение как тип засоления, так и степень засоления. В различных засоленных почвах может присутствовать одно и то же количество солей, но в зависимости от состава их почвы могут обладать разной степенью засоленности, что обусловлено неравноценной токсичностью для растений различных растворимых солей.

В связи с тем, что в засоленных почвах угнетающе действуют на рост сельскохозяйственных растений именно токсичные соли, предпочтительней классифицировать почвы по степени засоления не только по плотному остатку (Астапов С.В.), но и по сумме токсичных солей (Базилевич - Панкова).

Относительную солеустойчивость культурных растений можно представить в следующем виде: устойчивые – ячмень, сахарная свекла, хлопчатник; среднеустойчивые – пшеница, овёс, сорго, соя, люцерна, донник, **рис**, кукуруза, подсолнечник; слабоустойчивые - вика, горох, бобы, клевер.

В таблице 5.3 представлены сведения об уровнях солеустойчивости риса (ФАО) и потенциале урожая в зависимости от электропроводимости почвенного раствора

Таблица 5.3

Уровни солеустойчивости для риса (ЕСе и ЕСw) и потенциал урожайности, %

100 %		90 %		75 %		50 %		MAX
ЕСе	ЕСw	ЕСе	ЕСw	ЕСе	ЕСw	ЕСе	ЕСw	ЕСе
3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	12,0

ЕСе – электропроводимость водонасыщенной вытяжки почвы для культуры риса, миллимо/см;

ЕСw - электропроводимость оросительной воды, миллимо/см.

Потенциал урожая отражает степень падения продуктивности посева рисового поля в зависимости от ЕСе и ЕСw.

Таблица 5.4

Требования риса к почве (ФАО)

Культура	Чувствительность к засолению	Потребность в удобрениях N, P, K кг/га за вегетацию
Рис	Умеренно чувствительная	100-150, 20-40, 80-120

В лаборатории почвенных исследований САНИИРИ составлена тарировочная шкала перехода от электропроводимости почвенного раствора к общему содержанию солей.

По вопросу солеустойчивости риса нет единого мнения. Большинство исследователей относят рис к культурам умеренно солеустойчивым, другие к слабоустойчивым.

Говоря о солеустойчивости риса желательно наряду с характером и количеством солей в почве учитывать концентрацию почвенного раствора и реакцию среды в результате возделывания риса при затоплении, особенно в условиях слабоводопроницаемых почвогрунтов.

Наиболее чувствителен рис к засолению почв в период всходов и цветения. Соли затрудняют общее дыхание растений, препятствуют процессу фотосинтеза.

Предельные концентрации, при которых засоление не оказывает вредного действия на посевы риса, для отдельных солей будут разные, например, для Na_2SO_4 – 0,06 %, NaCl - 0,01 %, Na_2CO_3 – 0,006 %.

Поливная вода снижает исходное засоление, поэтому многие авторы приходят к выводу, что на фоне хорошо работающего дренажа при своевременном оттоке дренажных вод на рисовых полях получают высокие урожаи.

В таблице 5.5 приведены коэффициенты влияния емкости катионного обмена на урожай мг-зкв.

По данным ЦИНАУ на единицу созданной продукции риса необходимо 3,2 кг/ц азота.

Соотношение фосфора к азоту при сбалансированном питании должно составлять для риса 0,3-0,45, обеспеченность питательными элементами выражается по отношению к конкретным сельскохозяйственным культурам, в связи с чем выделяются:

- 1) культуры невысокого выноса питательных веществ – зерновые;
- 2) культуры повышенного выноса – корневые корнеплоды, картофель;
- 3) культуры большого выноса – овощные, плодовые, технические, люцерна

Оценка обеспеченности подвижными элементами проводится в соответствии с данной группировкой.

Таблица 5.5

Коэффициент влияния емкости катионного обмена (Кко) на урожай, %

№	Емкости катионного обмена, мг.экв	Потери урожая, %
01	0-5	0,84
02	6-10	0,87
03	11-20	0,90
04	21-30	0,92
05	31-40	0,95
06	41-50	0,98
07	51-60	1,00
08	61-80	1,00

Понижающие коэффициенты на исходное содержание азота, фосфора и калия в почве приводится в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Понижающие коэффициенты на степень обеспеченности почвы азотом (Ка), фосфором (Кф) и калием (Кк)

Обеспеченность	Понижающий коэффициент на Ка, %	Понижающий коэффициент на Кф, %	Понижающий коэффициент на Кк, %
Очень низкая	0,80	0,95	0,97
Низкая	0,90	0,98	0,99
Средняя	0,97	1,00	1,00
Высокая	1,00	1,00	1,00

Болезни, вредители, сорняки способны значительно снизить урожай. Учет этих факторов при программировании урожая риса особенно важен.

Сорняки на рисе наносят большой ущерб: из них наиболее вредоносные злаковые – просо рисовое, просо куриное; из осоковых и широколистных – клубнекамыш, сыть круглая, рогоз широколистный, тростник обыкновенный, камыш трехгранный, а также некоторые виды водорослей.

Из вредителей опасен распространенный в Центральной Азии пустоцветный трипс, который повреждает посевы повсеместно (поврежденность метелок составляет 15-20 %).

Кроме трипса основными вредителями риса являются рисовый комарик, прибрежная муха, ячменный минер и обыкновенная тля. Вредят рису личинки рисового комарика, соскабливая паренхиму нижней поверхности листьев, соприкасающихся с водой. Экономический порог вредоносности – одна личинка на одно растение в фазе всходов. Прибрежная муха откладывает яйца в фазе прорастания, личинки прикрепляются к молодым растениям, подъедая корешки, листья, вызывая угнетение, гибель и изреженность посевов (экономический порог вредоносности 5-7 личинок на одно растение). Личинки ячменного минера проделывают на листьях риса широкие полосы, листья отмирают (экономический порог вредоносности 0,5-1 личинка на I растение).

Самое распространенное заболевание риса – пирикуляриоз. При заболевании пирикуляриозом на листьях и влагалищах, узлах, у основания метелки, веточках метелки в колосках появляются пятна овальной формы с красновато-коричневыми краями и серым центром. Листья и побеги отмирают. При поражении узлов стебель наклоняется и ломается. При поражении метелки она засыхает и обламывается, зерно или не образуется или становится щуплым.

Повсеместно распространенное заболевание риса – фузариоз. Поражаются растения во всех фазах вегетации. Больные всходы желтеют и гибнут. У взрослых растений желтеют и отмирают нижние листья. Могут появляться бурые пятна – точечные на листьях и расплывчатые на листьях и влагалищах. Взрослые растения не гибнут, но отстают в развитии.

Степень вредоносности сорняков определяется в зависимости от степени засорения и видового состава. Плотность популяций вредителей оценивается относительным показателем в баллах или количеством вредителей на 1 м², числом пораженных растений и учтенному количеству растений.

Понижающие коэффициенты на степень засоренности даны в таблицах 5.7 и 5.8.

Пораженность от болезней и вредителей определяется экспертным путем. Оценка дается по всем вредителям и болезням, в расчетах используются максимальный показатель.

В таблице 5.9 даны понижающие коэффициенты на пораженность растений риса болезнями и вредителями.

Таблица 5.7

Понижающие коэффициенты на засорение (Кз)
(для случая, когда борьба с сорняками не проводится), %

Группа сорных растений	Степень засоренности, %		
	слабая	средняя	сильная
Малолетние однодольные	0,98	0,95	0,88
Однолетние двудольные	0,95	0,92	0,80
Многолетние корневищные	0,92	0,85	0,70

Таблица 5.8

Понижающие коэффициенты на засорение (Кз)
(для случая, когда борьба с сорняками проводится), %

Группа сорных растений	Степень засоренности, %		
	слабая	средняя	сильная
Малолетние однодольные	1,00	0,98	0,96
Однолетние двудольные	1,00	0,97	0,95
Многолетние корневищные	0,98	0,96	0,93

Таблица 5.9

Понижающие коэффициенты на болезни (Кб) и вредителей (Квр), %

	слабая, %	средняя, %	сильная, %
Болезни	0,92	0,83	0,68
Вредители	0,95	0,85	0,75

Таблица 5.10

Понижающие коэффициенты на ровность поля (Крп)

Ровность фона	Отклонения от 0 до отметки, см	Понижающий коэффициент, %
Высокая (опт.)	0	1,00
Хорошая	± 3 - ± 5	0,99
Средняя	± 5 - ± 10	0,95
Плохая	± 10 - ± 15	0,88
Очень плохая	± 15 - ± 25	0,80

Важным показателем, формирующим урожайность является ровность фона (табл. 5.10). Проведение подробных исследований по данному вопросу в течение ряда лет позволило установить влияние микро и мезорельефа на урожай. Понижающие коэффициенты на степень влияния дефектности планировки для посева риса приведены в таблице 5.11.

Таблица 5.11

Коэффициент влияния дефектности планировки (см) от плоскости допустимого превышения (Кдп) на урожай риса (%)

№	Степень спланированности поля, ± см	Потери урожая, %
00	0	1,00
01	0-1	0,98
02	1-2	0,96
03	2-3	0,92
04	3-4	0,87
05	4-5	0,80
06	5-6	0,72
07	7-8	0,61
08	8-10	0,50
09	10-12	0,40

Расчет действительно-возможного уровня продуктивности (ДВУ) проводят по формуле:

$$\text{ДВУ} = \text{ПУ} \cdot (\text{Кко} \cdot \text{Ка} \cdot \text{Кф} \cdot \text{Кк} \cdot \text{Кз} \cdot \text{Кб} \cdot \text{Квр} \cdot \text{Крп} \cdot \text{Кдп}) \quad (5.2)$$

Пример расчёта ДВУ для хозяйства «Шортанбай», расположенного в Каракалпакстане:

$$\begin{aligned} \text{ДВУ} &= 56,2 - (2,3 + 0,0 + 0,0 + 2,5 + 0,0 + 1,2 + 0,0 + 3,5 + 2,5 + 0,0) = 44,2 \text{ ц/га} \\ \text{ДВУ} &= 56,2 - 12,0 = 44,2 \text{ ц/га} \end{aligned}$$

где: ПУ = 56,2 ц/га, потери урожая 12,0 ц/га.

Наиболее активным периодом потребления азота посевами риса являются фазы кущения и выхода в трубку, в которые используется ≈ 75 % всего усвоенного азота за вегетацию.

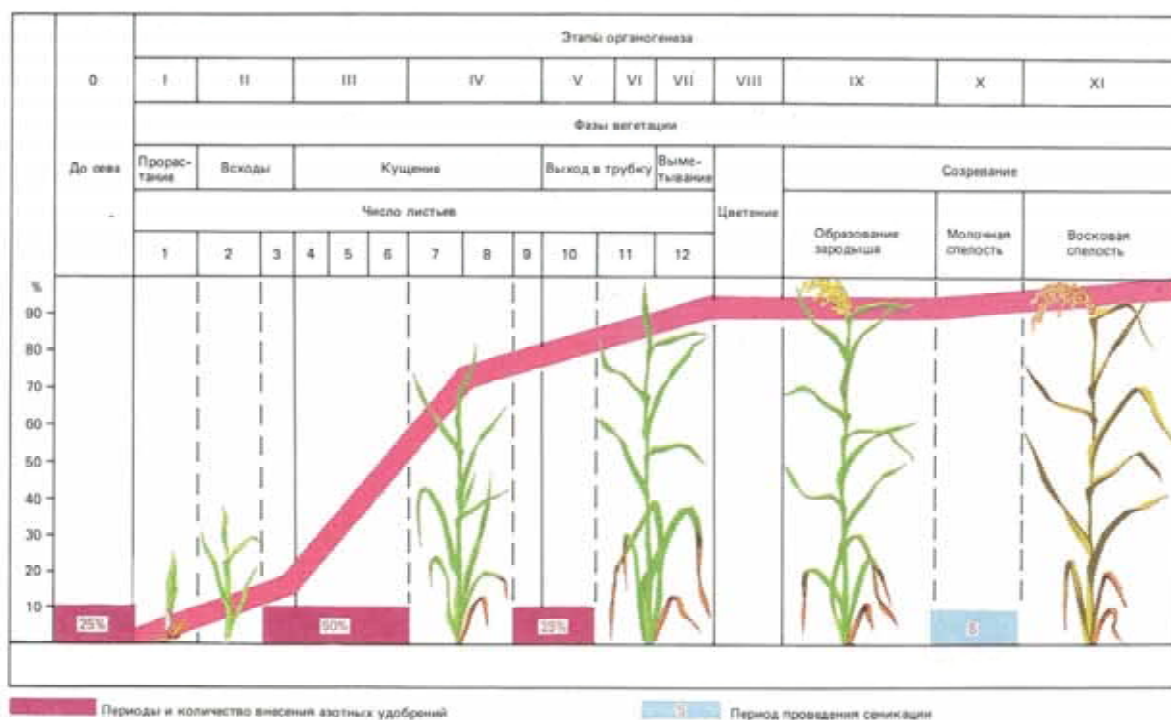


Рис.5.1. Потребление азота растениями риса по периодам вегетации

Активное потребление фосфора рисовым посевам начинается с началом прорастания семян и появлением всходов до фазы полного выхода в трубку, после чего только около 15 % фосфорных соединений усваивается посевам в фазы цветения и созревания.

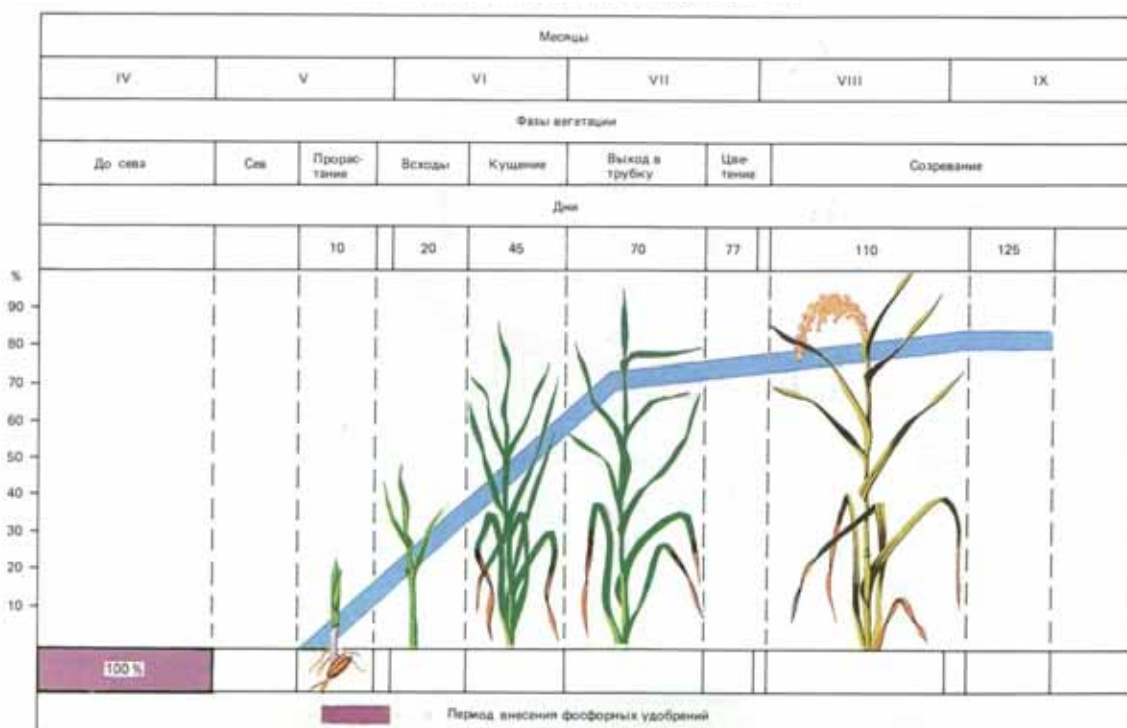


Рис.5.2. Потребление фосфора растениями риса по периодам вегетации

Активное потребление калия рисовым посевам начинается с началом прорастания семян и появлением всходов до фазы полного выхода в трубку, после чего только около 12 % калийных соединений усваивается посевом в фазы цветения и созревания.

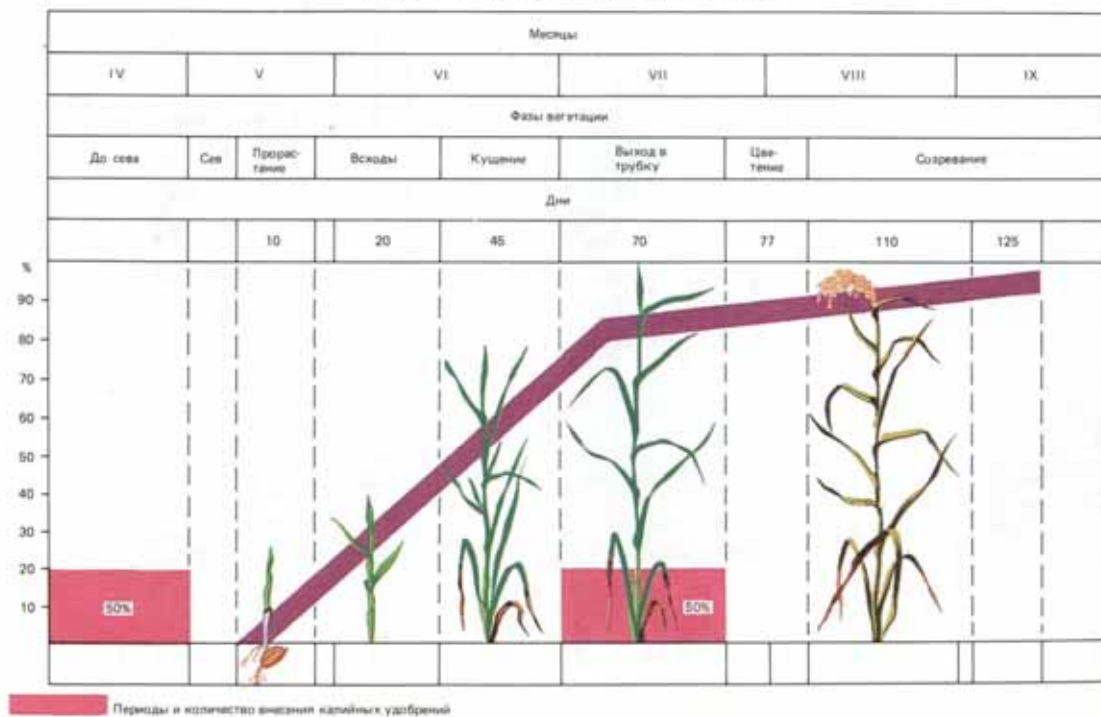


Рис. 5.3. Потребления калия растениями риса по периодам вегетации

На рис. 5.4 представлена информация о мерах защиты посевов риса против основных заболеваний с указанием сроков проведения защитных мероприятий и концентраций используемых препаратов.

На рис. 5.5 представлена информация о мерах защиты посевов риса от основных вредителей с указанием сроков проведения защитных мероприятий и концентраций используемых препаратов.

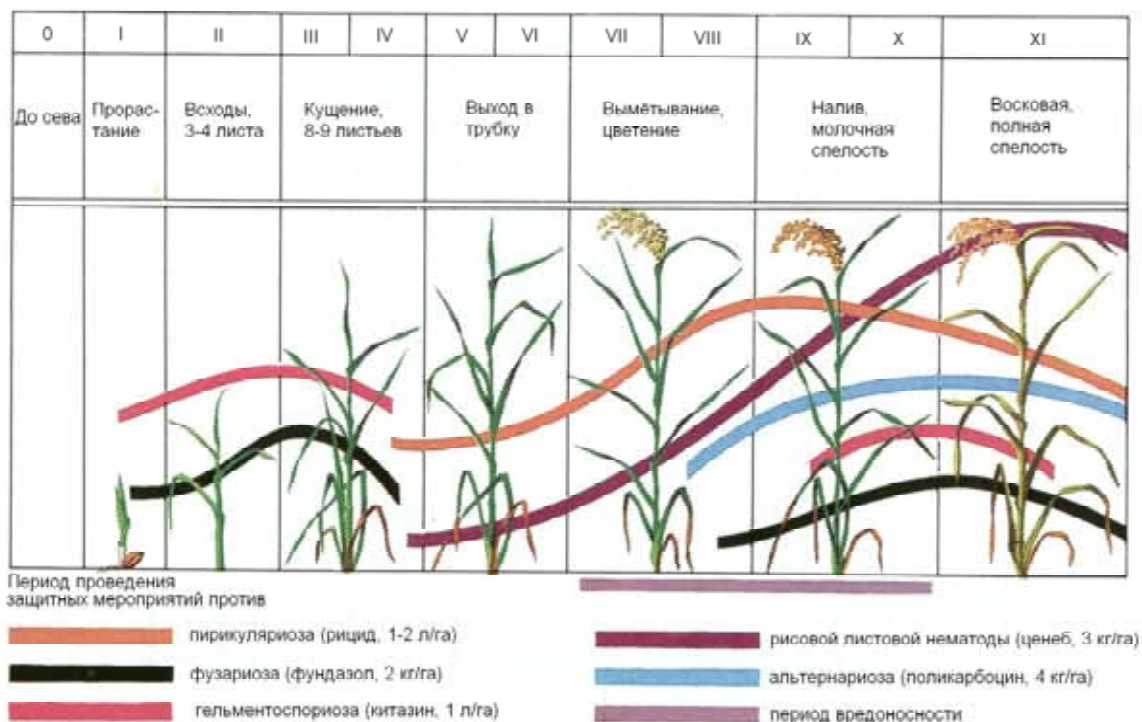


Рис. 5.4. Защита посевов риса от болезней по этапам органогенеза

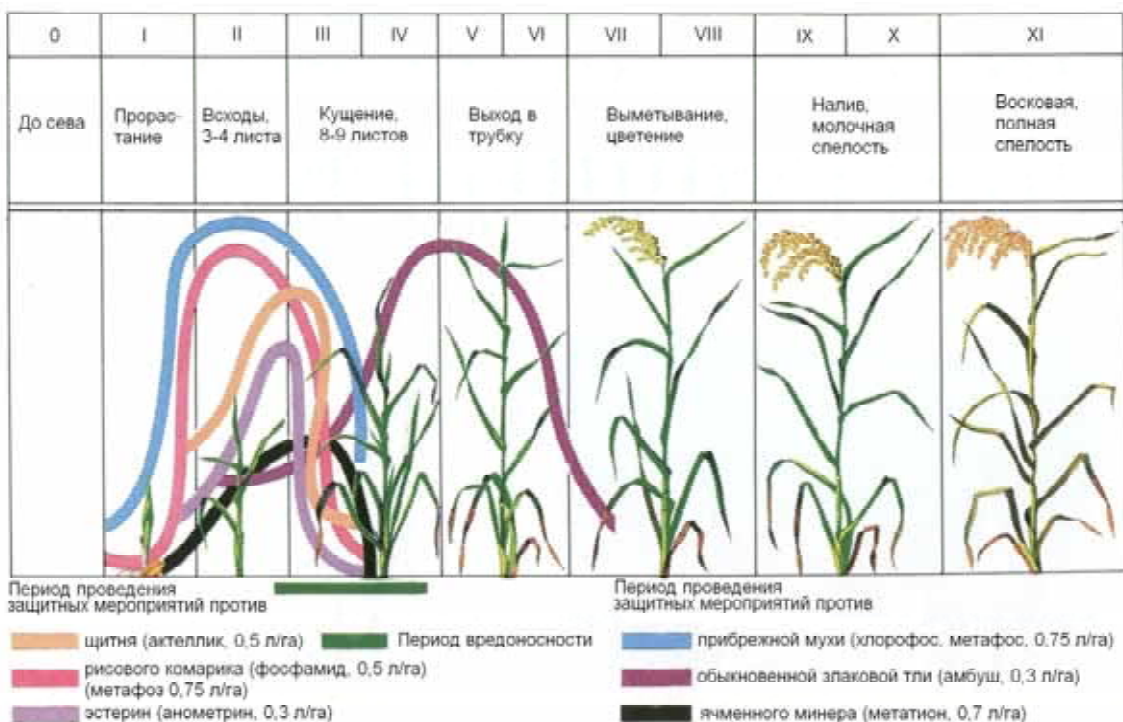


Рис.5.5. Защита посевов риса от вредителей по этапам органогенеза

5.5. Оценка реального уровня (УХ) продуктивности риса в хозяйстве

Реальная продуктивность сельскохозяйственных культур оценивается на конкретном поле в зависимости от качества выполнения всего технологического процесса и степени обеспеченности ресурсами: удобрениями, ядохимикатами, оросительной водой, кадрами.

В таблице 5.12 приводится зависимость уровня урожая риса от технологических факторов.

Рекомендуемые нормы внесения NPK по периодам вегетации изложены на рис. 5.1–5.3.

Рекомендуемые нормы для получения высоких урожаев риса следующее: азотных удобрений за вегетацию следует внести 200-220 кг/га при 100 % питательных веществах, фосфорных – 140-145 кг/га и калийных 150-180 кг/га.

Таблица 5.12

Зависимость уровня реального урожая (УХ) риса в хозяйстве от технологических факторов

	Наименование фактора	Степень отклонения от нормативов, %			
		слабая (А) до 15 %	средняя (В) до 25 %	сильная (С) до 40 %	0
P ₁	Обеспеченность трудовыми ресурсами (людьми)	0,98	0,92	0,85	1,0
P ₂	Обеспеченность техникой и транспортом	0,96	0,90	0,80	1,0
P ₃	Качество технологических работ и отклонения от рекомендаций зональной технологии	0,95	0,87	0,75	1,0
P ₄	Обеспеченность удобрениями, химикатами (ресурсное обеспечение)	0,92	0,80	0,65	1,0
P ₅	Обеспеченность водой	0,99	0,95	0,85	1,0

Расчет уровня реального урожая риса в хозяйстве (УХ) проводят по формуле:

$$УХ = ДВУ \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5 \quad (5.3)$$

Пример расчёта (УХ) для хозяйства «Шортанбай», расположенного в Каракалпакстане:

$$УХ = 44,2 - (0,0 + 1,1 + 2,9 + 0,4 + 0,0 + 0,0) = 39,8 \text{ ц/га}$$

$$УХ = 44,2 - 4,4 = 39,8 \text{ ц/га}$$

Где ДВУ = 44,2 ц/га, потери 4,4 ц/га

5.6. Режим орошения риса

Режим орошения практически для всех рисоводческих зон ЦАР приемлем по типу постоянного и укороченного затопления посевов (схемы режимов орошения представлены на рис.5.6–5.8).

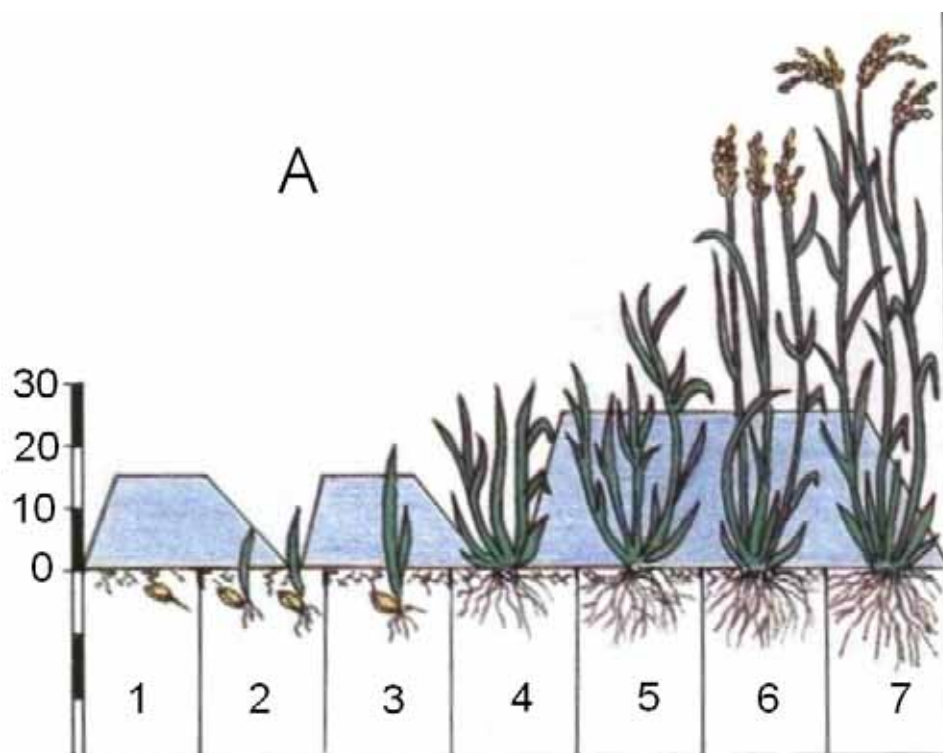


Рис. 5.6. Схема орошения риса на незасоленных почвах

- 1 – сев – прораствание; 2 – прораствание - начало всходов;
 3 – полеглые всходы – начало кущения; 4 – кущение;
 5 – выход в трубку; 6 – выметывание – молочная спелость;
 7 – восковая спелость – полная спелость.

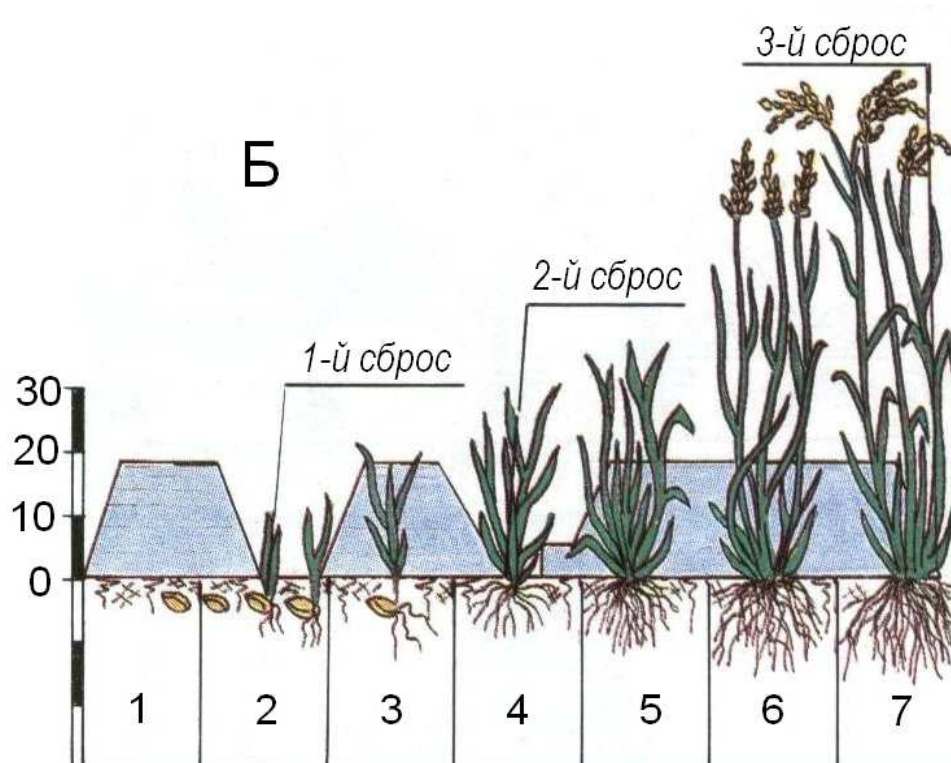


Рис. 5.7. Схема орошения риса на засоленных почвах

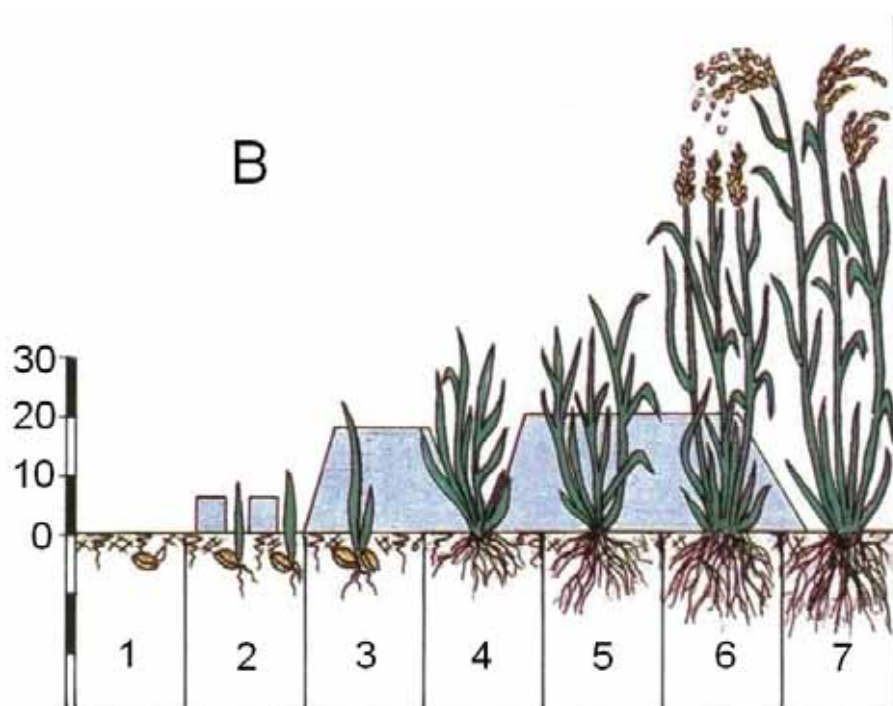


Рис. 5.8. Схема орошения риса при раннем посеве с глубокой заделкой семян

При посеве риса с глубиной заделки семян 1-2 см первоначальное затопление чеков проводят не позднее чем через 1-2 дня после сева. Глубина водного слоя 10-12 см.

При высеве риса в ранние сроки, с глубиной заделки семян 4-5 см и при обработке чеков, залитых водой, первоначального затопления не проводят, так как всходы получают при естественной влажности почвы.

Продолжительность первоначального затопления определяют по наклевыванию семян.

Повторное затопление проводят:

1. Без применения противозлаковых гербицидов после появления первого листа у риса и не более 2-х листов у просянок. Глубина слоя воды должна составлять не менее 12-15 см с превышением сорняков на 5-7 см.

Продолжительность затопления определяют полной гибелью сорняков. Глубина слоя воды после уничтожения сорняков - 5 см в период формирования 5-7 листьев; 10-12 см с появлением восьмого листа до начала восковой спелости.

2. С использованием противозлаковых гербицидов – пропанида и его аналогов.

После наклевывания семян проводят увлажнительные поливы до формирования у просянок 2-3 листьев. Перед обработкой гербицидами поле слегка подсушивают.

Через двое суток после обработки посевов гербицидами создают слой воды глубиной 10-12 см и выдерживают его до полной гибели сорняков. В последующем поддерживают аналогичный режим орошения.

3. При использовании противозлаковых почвенных гербицидов в период получения всходов проводят увлажнительные поливы. Постоянный слой воды глубиной 5-7 см создается после формирования 2-3 листьев.

В последующие фазы вегетации, с начала фазы кущения риса, режим орошения посевов аналогичен варианту без применения гербицидов.

На засоленных почвах в фазах прорастания и всходов, а затем в начале кущения воду сбрасывают и вновь создают слой глубиной 20-25 см, который поддерживают на заданном уровне до начала восковой спелости, затем слой ее постепенно уменьшают, чтобы за 10-12 дней до уборки поле было осушено.

Оптимальный режим орошения на полях, чистых от сорняков, где можно обойтись без гербицидов следующий: слой воды создают после полных всходов и постепенно его наращивают с таким расчетом, чтобы просянки были покрыты слоем воды в 5-7 см (общая глубина его не должна превышать 20-25 см) до появления 3-4 листьев; затем подачу воды прекращают, и глубина слоя постепенно снижается до 0-5 см. В этот период (в фазе кущения) проводят подкормку риса.

6. Алгоритм оценки продуктивности картофеля

Картофель — один из важнейших продуктов питания человека и кормления животных. В мире он занимает пятое место среди источников энергии в питании людей после пшеницы, кукурузы, риса и ячменя. В народе его метко окрестили «вторым хлебом». Кроме того, картофель является важным сырьем для ряда отраслей промышленности. 100 г клубней картофеля являются источником энергии в 301,5 кДж или 72 ккал.

Во многих странах картофель является культурой, обеспечивающей наибольший выход с единицы площади сухого вещества, энергии и белка. Так например, самое высокое среднее производство единиц энергии с гектара характерно для сахарной свеклы и несколько ниже — для картофеля.

По выходу белка с единицы площади картофель уступает только зернобобовым. При урожайности 13,6 т/га выход белка составляет 273 кг/га. Увеличение производства картофеля может внести существенный вклад в обеспечение населения продовольствием и в частности белком.

Картофель имеет также важное агрономическое значение. Картофель — прекрасный предшественник для многих культур. Из всех пропашных он наиболее полно очищает поля от сорняков. Это связано не только с возможностью вести борьбу с ними при предпосадочной и междурядной обработке почвы, но и с тем, что при нормальной густоте стояния картофель в короткий срок (через 7-10 дней после последней культивации) смыкается, угнетая сорняки. Кроме того, в процессе уборки картофеля уничтожаются сохранившиеся сорняки.

6.1. Расчет максимально-возможного урожая (МВУ) для картофеля

Основными показателями, входящими в формулу расчета максимально-возможной продуктивности, соответственно алгоритмам расчета, являются: количество фотоактивной радиации, КПД фотосинтеза, калорийность урожая и коэффициент перехода от общей биологической массы растения к урожаю (гл. 1, формула 1.2).

где для картофеля

$\Sigma Q_{\text{фар}}$ – суммарный приход ФАР за вегетацию – $52,0 \cdot 10^8$ ккал/см² на 1 га;

q - калорийность урожая, 4300 ккал/кг; (6.1)

$\eta_{\text{ф}}$ - КПД фотосинтеза, 2-3%;

K_k - коэффициент культуры для перехода от фитомассы к урожаю равен 2,5.

Расчет максимально-возможной продуктивности для картофеля представлен в таблице 6.1. Расчет выполнен для раннеспелого, среднеспелого и позднеспелого сортов картофеля, которые за вегетацию потребляют различное количество солнечной радиации - 20, 23 и 27 ккал/см² соответственно. Среднее использование солнечной радиации в посадках картофеля составляет 3 % ФАР. Однако, такие показатели возможны только на легких, хорошо аэрируемых, плодородных почвах. В практике коэффициент использования ФАР посевами картофеля изменяется от 0,8 до 2,5 %. Калорийность урожая для картофеля составляет 4300 ккал/кг. Соотношение клубней и ботвы обычно равно 1, т.е. в 100 ц сырой биомассы как клубней так и ботвы содержится в среднем по 20 ц сухого органического вещества и 80 % воды.

Коэффициент перехода от сухой биомассы к урожаю (клубням при стандартной влажности 80 %) равен 2,5. Максимально-возможные урожаи клубней картофеля стандартной 80 % влажности, рассчитанные по этому алгоритму, составляют по зонам различных КПД фотосинтеза от 53 ц/га до 955 ц/га. При КПД фотосинтеза от 1 % до 2 % максимально-возможный уровень продуктивности изменяется по зонам от 101 ц/га до 240 ц/га для переходной области; в пределах 126 ц/га, 283 ц/га для термальной области и в пределах 137 ц/га, 307 ц/га для субтропической области.

Таблица 6.1

Расчет максимально-возможных урожаев (МВУ) для раннеспелого, среднеспелого и позднеспелого сортов картофеля

Класс	КПД фотосинтеза, %	МВУ, ц/га	
		сухая масса	клубни стандарт. влажности (80 %)
Переходная зона. Сорт раннеспелый, приход ФАР = 20 ккал/см ²			
I	7,0(6-8)	140	747
II	4,2(3,5-5)	85	454
III	2,2(3-1,5)	45	240
IV	1,0(1,5-0,5)	20	101
V	менее 0,5	10	53
Термальная зона. Сорт среднеспелый, приход ФАР = 23 ккал/см ²			
I	7,0(6-8)	187	879
II	4,2(3,5-5)	114	534
III	2,2(3-1,5)	60	283
IV	1,0(1,5-0,5)	27	126
V	менее 0,5	13	63
Субтропическая зона. Сорт позднеспелый, приход ФАР - 55 ккал/см ²			
I	7,0(6-8)	802	955
II	4,2(3,5-5)	487	580
III	2,2(3-1,5)	258	307
IV	1,0(1,5-0,5)	115	137
V	менее 0,5	57	68

В связи с требованиями картофеля к климатическим условиям, рекомендуются в переходной области выращивать раннеспелые сорта картофеля, в термальной области - среднеспелые и в субтропической - позднеспелые сорта картофеля.

6.2. Расчет потенциального урожая (ПУ) картофеля

Потенциальный уровень продуктивности это урожай, который можно получить в конкретных почвенно-климатических условиях года. Он рассчитывается по формуле:

$$\text{ПУ} = \text{МВУ} \cdot K_{\text{бон.}} \quad (6.2)$$

где:

МВУ - максимально-возможный урожай;

$K_{\text{бон.}}$ – коэффициент бонитета, почвы, который определяется для конкретной площади по формуле:

$$K_{\text{б}} = K_{\text{осн}} \cdot K_{\text{гум}} \quad (6.3)$$

где:

$K_{\text{осн}}$ – основной балл бонитета;

$K_{\text{гум}}$ – понижающий коэффициент на содержание гумуса.

Коэффициент ($K_{\text{осн}}$) выбирается согласно шкалы бонитировки орошаемых почв в зависимости от зоны расположения расчетной площади, гранулометрического состава почвы, её автоморфности или гидроморфности, а также мощности мелкоземлистого слоя (см.табл.2.2., раздел 2).

В табл. 6.2 приведены величины понижающих коэффициентов на содержание гумуса в почве. Содержание гумуса для определения понижающего коэффициента пересчитывается в т/га.

Понижающий коэффициент на содержание гумуса ($K_{\text{гум}}$) рассчитывается как средняя величина для почвенной разности в т/га (см. гл.2, формула 2.3).

Расчетный уровень максимально-возможного урожая (МВУ) для позднеспелых сортов картофеля, возделываемых в Ферганской области РУз, составляет:

$$\text{МВУ (ц/га)} = 580 \text{ ц/га (вес клубней при стандартной влажности = 80 \%)}$$

Пример расчёта потенциального урожая (ПУ) для позднеспелых сортов картофеля, возделываемых в Ферганской области РУз

$$ПУ = МВУ \cdot К_{\text{бон}}, \text{ где: } К_{\text{бон}} = К_{\text{осн}} \cdot К_{\text{гумуса}}$$

Понижающий коэффициент $K_{\text{осн}}$ составляет 0,95 (снижение урожая на 27,8 ц/га).

Понижающий коэффициент на $K_{\text{гум}}$ составляет 0,80 (снижение урожая на 111,4 ц/га).

Всего снижение урожая составляет 139,2 ц/га

Расчет: $ПУ = 580 \text{ ц/га} - 139,2 \text{ ц/га} = 440,8 \text{ ц/га}$

6.3. Периоды развития картофеля и его требование к температуре

Корни картофеля начинают образовываться при температуре не ниже 7 °С. Ботва картофеля начинает расти при 5-6 °С и наиболее интенсивно растет при 17-22 °С. Оптимальная температура для ассимиляции около 20 °С (днем 25 °С, ночью 12-14 °С). При 29-30 °С рост сдерживается. При температуре выше 40 °С рост ботвы приостанавливается. Весной при температуре -1,5-2 °С ботва погибает, но с установлением положительных температур снова отрастает. Однако, в таких случаях резко снижается урожай из-за замедленного развития растений.

Оптимальная температура для цветения и клубнеобразования картофеля 18-24 °С. При температуре выше 27 °С происходит опадение бутонов и цветков, ослабляется клубнеобразование.

Самым ответственным периодом в развитии картофеля является период клубнеобразования, начало которого совпадает с бутонизацией. Этот период наиболее критический в отношении температуры. Оптимальной температурой почвы для клубнеобразования является 16-19 °С, это соответствует температуре воздуха в 21-25 °С. При температуре почвы 6° и выше 23 °С прирост клубней резко задерживается, а при температуре почвы 28-29 °С - полностью прекращается.

6.4. Расчет действительно-возможного уровня (ДВУ) продуктивности картофеля

Действительно-возможный уровень продуктивности - это урожайность определяемая состоянием поля параметрами: засолением, обеспеченностью питательными элементами, пораженностью болезнями, вредителями, засоренностью и ровностью фона поля.

Известно, это вредное воздействие солей на растения проявляется в увеличении осмотического давления почвенной влаги и снижение ее

доступности для посева. При этом имеет значение как тип засоления, так и степень засоления. В различных засоленных почвах может присутствовать одно и то же количество солей, но в зависимости от состава их почвы могут обладать разной степенью засоленности, что обусловлено неравноценной токсичностью для растений различных растворимых солей.

В связи с тем, что в засоленных почвах угнетающе действуют на рост сельскохозяйственных растений именно токсичные соли, предпочтительней классифицировать почвы по степени засоления не только по плотному остатку, но и по сумме токсичных солей.

Относительную солеустойчивость культурных растений можно представить в следующем виде: устойчивые – ячмень, сахарная свекла, хлопчатник; среднеустойчивые - пшеница, овес, картофель, сорго, соя, люцерна, донник, рис, кукуруза, подсолнечник; слабоустойчивые – вика, горох, бобы, клевер.

В таблице 6.2 представлены уровни солеустойчивости картофеля (ФАО) и потенциал урожая в зависимости от электропроводимости почвенного раствора.

Таблица 6.2

Уровни солеустойчивости для картофеля и потенциал урожайности, %

Потенциал урожая, %								
100 %		90 %		75 %		50 %		MAX
ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe
1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	3,9	3,9	10,0

где:

ECe – электропроводимость водонасыщенной вытяжки почвы для картофеля, миллимоль/см;

ECw - электропроводимость оросительной воды, миллимоль/см.

Потенциал урожая отражает степень падения продуктивности посева картофельного поля в зависимости от ECe и ECw.

Таблица 6.3

Требования сельскохозяйственных культур к почве (ФАО)

Культура	Чувствительность к засолению
Картофель	Умеренно чувствительная

Понижающие коэффициенты на засоление аналогичны показателям хлопчатника и приведены в таблице 2.6 и 2.7 (см. главу 2).

Данная таблица составлена на основании анализа большого количества опытных данных обобщенных в опубликованных работах.

По данным ЦИНАУ на единицу созданной продукции картофеля необходимо 2,5 кг/ц азота. Соотношение фосфора к азоту при сбалансированном питании должно составлять для картофеля 0,3-0,5.

Таблица 6.4

Оценка почв по обеспеченности азотом (N-NH₃) и фосфором P₂O₅, мг/кг

Обеспеченность	N-NH ₃	P ₂ O ₅
Очень низкая	< 20	< 30
Низкая	21-30	< 80
Средняя	31-50	80-150
Высокая	51-65	> 150

Таблица 6.5

Оценка почвы по обеспеченности калием K₂O мг/кг

Обеспеченность	K ₂ O
Очень низкая	< 100
Низкая	100-250
Средняя	250-350
Высокая	> 350

Зависимость урожая от содержания азота, фосфора и калия учитывается при расчёте уровня действительно-возможной продуктивности посредством введения в расчет понижающих коэффициентов для различной степени обеспеченности почв данными элементами.

Понижающие коэффициенты на исходное содержание азота, фосфора и калия в почве приводится в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Понижающие коэффициенты (%) на обеспеченность посева азотом (N), фосфором (P) и калием (K)

Обеспеченность	Понижающий коэффициент на N, %	Понижающий коэффициент на P, %	Понижающий коэффициент на K, %
Очень низкая	0,80	0,83	0,97
Низкая	0,90	0,90	0,99
Средняя	0,94	0,95	1,00
Высокая	1,00	1,00	1,00

Болезни, вредители, сорняки способны значительно снизить урожай. Учет этих факторов при программировании урожая особенно важен в сложившихся условиях дефицита препаратов защиты растений.

Таблица 6.7

**Понижающие коэффициенты (%) на засорение
(для случая, когда борьба с сорняками не проводится)**

Группа сорных растений	Степень засоренности, %		
	слабая	средняя	сильная
Мололетние однодольные	0,96	0,92	0,83
Однолетние двудольные	0,95	0,90	0,80
Многолетние корневищные	0,92	0,83	0,65

Таблица 6.8

**Понижающие коэффициенты (%) на засорение
(для случая, когда борьба с сорняками проводится)**

Группа сорных растений	Степень засоренности, %		
	слабая	средняя	сильная
Мололетние однодольные	1,00	0,98	0,96
Однолетние двудольные	1,00	0,97	0,95
Многолетние корневищные	0,98	0,96	0,93

Таблица 6.9

Понижающие коэффициенты (%) на болезни (Кб) и вредителей (Квр)

Степень поражения	слабая	средняя	сильная
Болезни	0,92	0,83	0,68
Вредители	0,95	0,85	0,75

Понижающие коэффициенты (%) на ровность поля приведены в главе 2, табл. 2.15.

Важным показателем, формирующим урожайность картофеля является ровность фона (поля). Проведение подробных исследований по данному вопросу в течение ряда лет позволило установить влияние микро и мезорельефа на урожай.

Пример расчёта действительно-возможного урожая (ДВУ)

для позднеспелых сортов картофеля, возделываемых в Ферганской области РУз

$$\text{ДВУ} = \text{ПУ} \cdot \text{Кзасол} \cdot \text{Кзасор} \cdot \text{Ка} \cdot \text{Кф} \cdot \text{Кк} \cdot \text{Кбол} \cdot \text{Квр} \cdot \text{Крп}$$

$$\begin{aligned} \text{ДВУ} &= 440,8 \text{ ц/га} - (0,0 + 18,3 + 22,0 + 18,3 + 0,0 + 62,3 + 62,3 + 0,0) = \\ &= 257,6 \text{ ц/га} \end{aligned}$$

$$\text{ДВУ} = 440,8 \text{ ц/га} - 183,2 \text{ ц/га} = 257,6 \text{ ц/га}$$

где: ПУ = 440,8 ц/га, потери урожая составляют 183,2 ц/га.

6.5. Расчет реального уровня урожая в хозяйстве (УХ)

Реальная продуктивность сельскохозяйственных культур оценивается на конкретном поле в зависимости от качества выполнения технологического процесса, обеспеченности ресурсами: удобрениями, ядохимикатами, оросительной водой, кадрами.

Для нормирования показателей, определения степени обеспеченности необходимо иметь фактические и плановые (нормативные показатели). Нормативными показателями выполнения технологического процесса являются зональные технологические карты выращивания сельскохозяйственных культур. Отклонение от нормативного технологического процесса оценивается двумя

показателями: низкое качество технологических работ и отклонение от зональной технологии.

Таблица 6.10

Расчет реального урожая (УХ) картофеля

Наименование фактора		Степень отклонения от нормы, %			
		слабая (А) до 15 %	средняя (В) до 25 %	сильная (С) до 40 %	0
P ₁	Обеспеченность трудовыми ресурсами (людьми)	0,98	0,92	0,85	1,0
P ₂	Обеспеченность техникой и транспортом	0,96	0,90	0,80	1,0
P ₃	Отклонения от зональных технологий	0,95	0,85	0,70	1,0
P ₄	Обеспеченность удобрениями, химикатами (ресурсное обеспечение)	0,92	0,80	0,65	1,0
P ₅	Обеспеченность водой	0,93	0,89	0,76	1,1

Пример расчёта реального урожая (РУ) для позднеспелых сортов картофеля, возделываемых в Ферганской области РУз

$$УХ = ДВУ - (К_{\text{мех.работы}} \cdot К_{\text{ручн.работы}} \cdot К_{\text{откл.технол.}} \cdot К_{\text{обесп.ресурсами}})$$

$$УХ = 257,6 \text{ ц/га} - (5,1 \text{ ц/га} + 0,0 + 12,7 \text{ ц/га} + 0,0 + 0,0) = 239,8 \text{ ц/га}$$

$$УХ = 257,6 \text{ ц/га} - 17,8 \text{ ц/га} = 239,8 \text{ ц/га}$$

где: ДВУ = 257,6 ц/га, потери урожая 17,8 ц/га.

6.6. Режим орошения картофеля и потери урожая в зависимости от влагообеспеченности посева в процессе вегетации

Поливы распределяются обычно так, чтобы обеспечить растения влагой в критические периоды, когда они наиболее чувствительны к подсушиванию почвы. Критический период у картофеля наступает в следующие фазы развития – в фазу бутонизации и в фазу массового корнеобразования.

Потребность картофеля во влаге определяется насыщенностью его тканей водой (75-85 %), образованием сравнительно большой испаряющей надземной

части, уровнем развития, поверхностным расположением корневой системы и формированием различных уровней урожая клубней.

Для получения 10 т/га сухого вещества (≈ 50 т/га клубней) необходимо 3 тыс. т. воды, или (300-400 мм осадков). При этом для обеспечения растений влагой нужны не только норма осадков (или орошения), но и равномерное их распределение в течение всего вегетационного периода.

Потребность картофеля в воде в различные периоды вегетации неодинакова. В период прорастания достаточно влаги материнского клубня. В этот период картофель не зависит от почвенной влаги и нуждается только в тепле и кислороде. Засуху в этот период картофель переносит не так болезненно, как в другие периоды. Поэтому при ранневесенних посадках сухая весна с быстрым прогреванием почвы и возможность более ранней посадки благоприятны для картофеля. При чрезмерной сухости почвы влаги материнского клубня для прорастания бывает недостаточно, развитие корней ухудшается, а появление всходов задерживается. При летних же посадках, когда стоят чрезмерно высокие температуры, и почва быстро перегревается и иссушается, картофель в условиях Узбекистана надо высаживать после предпосадочного полива или сразу после посадки делать полив.

До начала клубнеобразования потребность картофеля в воде низкая, но затем до конца цветения необходимо достаточное обеспечение водой. При нарастании надземной массы и увеличении листовой поверхности потребность картофеля в воде возрастает, достигая своего максимума в фазу бутонизации и цветения, когда идет клубнеобразование. В среднем за вегетацию на формирование 1 кг клубней расходуется 80-100 л воды. Наибольший прирост ботвы наблюдается при влажности почвы 70-85 % НВ, а прирост клубней - при влажности 85-95 % НВ. В конце роста и развития потребность картофеля в воде снова снижается. Высокое содержание воды в почве способствует приросту клубней, но они формируются с низким содержанием сухих веществ, имеют рыхлую кожуру и плохую лежкость.

Несмотря на высокие требования к влажности почвы, картофель переносит непродолжительные засухи. При ее наступлении продуктивность картофеля снижается, но растения не погибают, и при повышении влажности клубнеобразование возобновляется. При длительной засухе (влажность почвы ниже 50 % НВ) урожайность сильно снижается.

Недостаток влаги в период клубнеобразования препятствует образованию столонов и, следовательно, приводит к уменьшению числа сформировавшихся клубней. При недостатке влаги рост клубней прекращается. Все это отрицательно сказывается на величине клубней и урожайности. Кожура клубней пробковеет, становится твердой.

К переувлажнению картофель относится отрицательно. Избыток воды в почве, как и ее недостаток, отрицательно влияет на урожай картофеля. В клубнях снижается содержание сухого вещества и крахмала, растения сильнее поражаются болезнями. Повышение содержания воды при созревании клубней

затягивает их созревание, а недостаток воздуха приводит к их удушению, вследствие чего такие клубни становятся непригодными к употреблению.

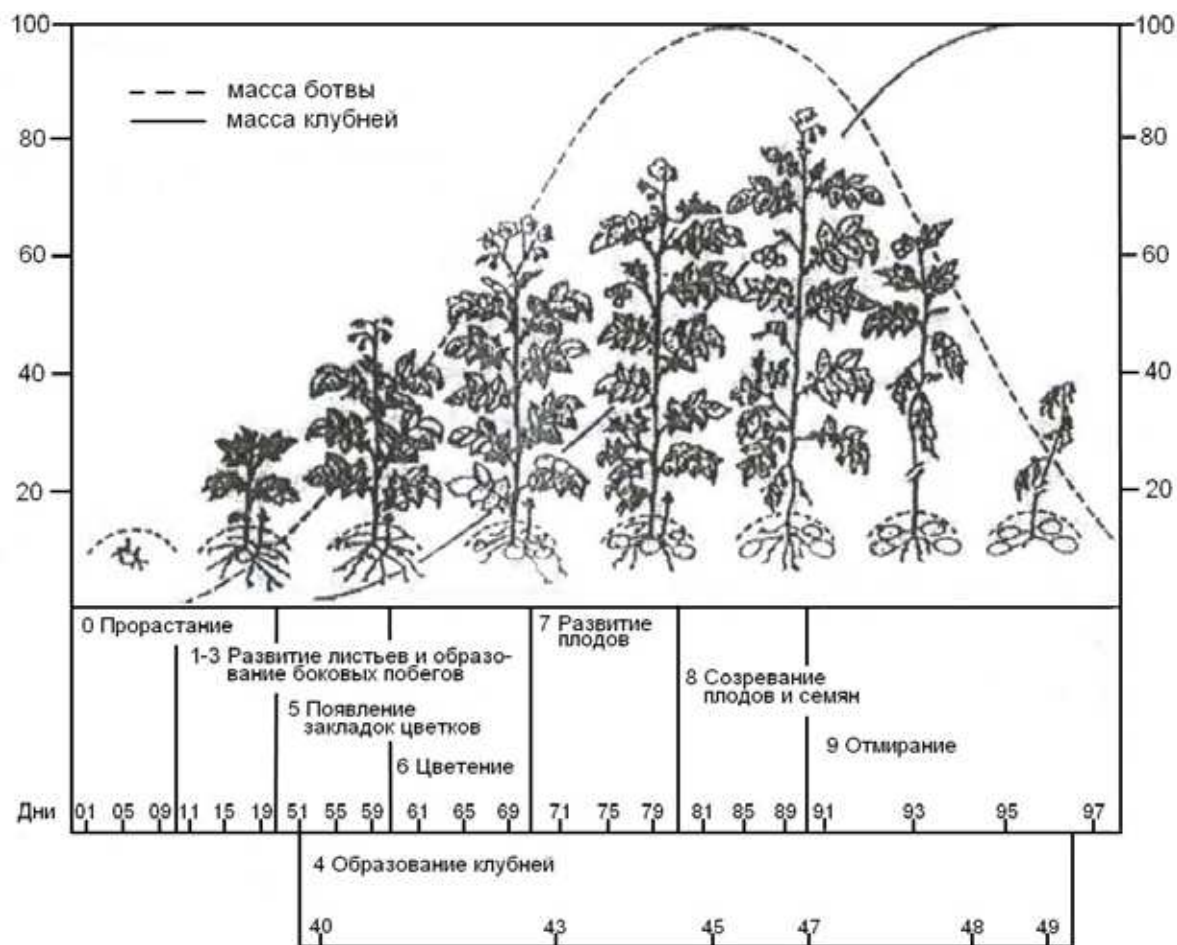


Рис. 6.1. Стадии развития картофеля

Наилучшие условия для роста и формирования урожая клубней картофеля создаются при влажности почвы 70-85 % от предельной полевой влагоемкости. Прирост урожая при этом за пятидневку составляет в среднем 20 - 30 ц/га, а при недостатке влаги в период цветения он может снижаться до 50 % и более. В долинных районах, для поддержания оптимальной влажности почвы на посевах раннего картофеля, необходимо проводить 4-5 поливов, на посевах позднего картофеля 8-10 поливов. В горных районах посевы картофеля поливают 4-6 раз за вегетацию. На почвах с близким залеганием грунтовой воды проводят 2-4 полива, на каменистых и щебневатых почвах 8-14 поливов. Первый вегетационный полив картофеля по бороздам необходимо проводить в период наступления фазы бутонизации растений, второй через 10-15 дней после первого, последующие в зависимости от погодных условий - в среднем через 7-12 дней при поливной норме 500-700 м³ / га. За 12-15 дней до уборки урожая в горных районах и за 7-10 дней в долинной зоне поливы следует прекращать.

Снижение влажности почвы до оптимального для картофеля уровня является сроком очередного полива.

Поливную норму рассчитывают по формуле:

$$m = (V_1 \cdot P - V_2 \cdot P) \cdot h + K \quad (6.4)$$

где

m – поливная норма, м³/га;

h – глубина расчетного слоя почвы, м;

P – объемная масса почвы, т/м³;

V_1 – наименьшая влагоемкость расчетного слоя почвы, % ее сухой массы;

V_2 – влажность почвы перед поливом, % массы сухой почвы,

K – потери воды на испарение в процессе полива, равные 10 % от величины дефицита влаги в почве перед поливом.

Пример расчета: глубина расчетного слоя почвы — 0,4 м; объемная масса этого слоя — 1,25 т/м³; наименьшая влагоемкость почвы в данном слое — 28,5%; влажность почвы перед поливом — 22,8% НВ.

Подставляя в формулу ее значения, определяем количество воды, которое необходимо расходовать для того, чтобы довести влажность почвы до наименьшей влагоемкости.

$$m = 100 \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 1,25 \text{ т/м}^3 \cdot (28,5\% - 22,8\%) = 285 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Устанавливая поливную норму, учитывают потери влаги на испарение. Так, при поливе при жаркой погоде испаряется примерно 10-15% воды.

Следовательно, соответственно увеличивают поливную норму. Она составит 314-328 м³/га.

Следует при этом отметить, что осадки до 10 мм не должны влиять на срок очередного полива. Осадки от 10 до 25 мм позволяют отодвинуть срок полива на 3-6 дней. Осадки в количестве 30 мм и более заменяют очередной полив.

У картофеля отчетливо выражены так называемые критические периоды по отношению к воде, когда дефицит влаги приводит к значительному снижению урожая. Для картофеля это период массовой бутонизации и цветения.

Для картофеля рекомендуется поддерживать предполивную влажность почвы на уровне 80% НВ. Культуру весенней высадки за период вегетации поливают 3-4 раза (нормой 350-450 м³/га) с интервалом в 9-12 дней (с учетом выпавших осадков).

Лучшее время полива это нежаркое время суток. Картофель летней высадки поливают с интервалом 8-10 дней, в зависимости от температуры

воздуха. Норма воды примерно такая же, как и при весенней высадке клубней. Однако при высокой температуре воздуха норму при поливе увеличивают с учетом поправки на испарение, доводя расход воды до 500 м³/га. За две недели до уборки урожая поливы прекращают, так как высокая влажность почвы в этот период снижает качество и сроки хранения клубней.

Важнейшим условием эффективного проведения полива по бороздам является правильный подбор размера бороздной струи и длины борозды, отвечающих водопроницаемости почвы, уклону поливных борозд и заданным размерам поливной нормы. Чем выше водопроницаемость почвы, тем меньше должна быть длина поливной борозды, но тем больше должен быть размер бороздковой струи и, наоборот, с уменьшением водопроницаемости почвы длина поливных борозд должна увеличиваться, а размер бороздковой струи уменьшается.

Поливы распределяются обычно так, чтобы обеспечить растения влагой в критические периоды, когда они наиболее чувствительны к подсушиванию почвы. Критический период у картофеля наступает в следующие фазы развития: – в фазу бутонизации и в фазу массового корнеобразования.

Для орошаемого земледелия, в условиях оптимальной водообеспеченности посева сельхозкультур, понижающий коэффициент на водный фактор не используется, так как он априори равен единице. Оптимизацию водного режима посевов картофеля следует проводить и контролировать согласно рекомендациям по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур (Стулина Г.В., 2010).

Пример режима орошения картофеля для VIII гидромодульного района.

Таблица 6.11

Режим орошения для VIII гидромодульного района

Культура	Оросительная норма, м ³ /га	№ полива	Поливная норма, м ³ /га	Сроки поливов		Межполивной период, дни
				начало	конец	
Картофель	10100	1	600	26.03	10.04	16
		2	600	11.04	25.04	15
		3	600	26.04	10.05	15
		4	600	11.05	25.05	15
		5	600	26.05	10.06	16
		6	600	11.06	20.06	10
		7	700	21.06	30.06	10
		8	700	1.07	10.07	10
		9	700	11.07	20.07	10
		10	700	21.07	31.07	11
		11	700	1.08	10.08	10
		12	600	11.08	20.08	10
		13	600	21.08	31.08	11

Культура	Оросительная норма, м ³ /га	№ полива	Поливная норма, м ³ /га	Сроки поливов		Межполивной период, дни
				начало	конец	
		14	600	1.09	15.09	15
		15	600	16.09	30.09	15
		16	600	1.10	15.10	15

Таблица 6.12

Ориентировочные нормы и сроки поливов картофеля по фазам его развития

Параметры	П о л и в ы						Кол-во поливов, раз	Оросит. норма, м ³ /га
	0-й	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й		
Фаза развития		Начало ветвления	Бутонизация				6	4400
Сроки	Перед посадкой	Через 20-25 дней после посадки	Через 55-60 дней после посадки	Через 10-15 дней после 2-го полива	Через 7-12 дней после 3-го полива	Через 7-15 дней после 4-го полива		
Норма полива, м ³ /га	700	700	700	700	800	800		

Таблица 6.13

Потери урожая в среднем за вегетационный период в зависимости от уровня водоподачи (нормированной по оптимальной) для картофеля [22]

Водоподача, %	Потери урожая, в долях от 1,0
90	0,04
80	0,14
70	0,24
60	0,34
50	0,44

7. Алгоритм оценки продуктивности люцерны

7.1. Биологические особенности культуры

В условиях Центральной Азии среди кормовых культур люцерна не имеет себе равных по урожайности зеленой массы и сена. Огромно ее значение в улучшении мелиоративного и фитосанитарного состояния почв, а также как предшественника полевых культур в севообороте.

При интенсивной технологии с каждого гектара посева можно получить 250-300 ц сухого сена (1 кг которого приравнивается к 0,5 кормовой единицы или 0,5 кг ячменя или овса) или до 125-150 ц зерна. Зеленая масса, сено, силос, сенаж, травяная мука и брикеты, изготавливаемые из люцерны – замечательный корм для сельскохозяйственных животных и птиц, богатый белковыми веществами, минеральными элементами и витаминами.

Люцерна обладает способностью развивать мощную корневую систему, после 2–3-летнего стояния в полуметровом слое почвы накапливает до 15–20 т и более корневых и пожнивных остатков, которые заметно улучшают физико-механические, химические и водно-воздушные свойства почвы. Как бобовое растение, она имеет клубеньковые бактерии в корнях, чем обеспечивает свои потребности и обогащает почву биологическим азотом. За 2-3-летнее стояние в почве накапливается до 700–750 кг биологического азота. Благодаря своим фитосанитарным свойствам люцерна дезинфицирует почву от ряда болезнетворных бактерий и вирусов. Таким образом, люцерна является не только замечательным кормовым растением, но и незаменимым предшественником полевых культур в севообороте, оздоровителем почвы, повышающим ее плодородие.

Люцерна предпочитает почвы с нейтральной или слабощелочной реакцией ($pH = 7,5-8,0$). На кислых почвах у люцерны задерживается развитие клубеньковых бактерий, снижается способность фиксировать свободный азот, что приводит к резкому падению урожайности.

Рекомендуемая норма высева семян 15-20 кг/га, ширина междурядий ≈ 15 см обеспечивает густоту стеблестоя равную 600-700 стеблей на 1 м^2 площади, или 6-9 млн./га.

Для урожая 130-150 ц/га сена под люцерну первого года перед севом вносят 40-50 кг д.в. азота на 1 га, 90-120 кг на га фосфора и 80-100 кг калия.

Поскольку люцерна это бобовое растение, то после первого года азотные удобрения больше не вносят. На каждые 100 ц/га сена люцерна выносит из почвы азота 240 кг/га, фосфора 72 кг/га, калия 220 кг/га и кальция 290 кг/га.

7.2. Методика расчета потенциального урожая (ПУ) для люцерны

При программировании урожая люцерны различают 5 категорий урожая (Тооминг Х.Г.) [19], (Юлдашев Х.) [24].

1. Потенциальный урожай (ПУ) – теоретически возможный урожай, который можно получить в идеальных условиях (при достаточности воды, тепла и света). Он зависит от ФАР и потенциальной возможности культуры (сорта).

2. Климатически обеспеченный урожай (КОУ) – продуктивность посевов, которая может быть достигнута при идеальных метеорологических условиях. Он лимитируется тепло- и влагообеспеченностью.

3. Действительно возможный урожай (ДВУ) – продуктивность растений, зависящая от плодородия почвы и соблюдения технологии возделывания.

4. Программируемый урожай (ПрУ) – хозяйственно-экономическая категория. Уровень её зависит от производственно технологических возможностей.

5. Производственный урожай, или реальный хозяйственный урожай (РУ) – реально полученная продукция на конкретном поле. Категории урожаяв схематично показаны на табл. 7.1.

Таблица 7.1

Категории урожая люцерны

Факторы, снижающие урожай	ФАР, сорт	ПУ
	Метеорологические условия (тепло, влага)	КОУ
	Плодородие почвы	ДВУ
	Хозяйственные экономические ресурсы	ПрУ
	Технологические возможности	РУ

В основу программирования урожая входят повышение КПД ФАР, использование на посев продуктивных сортов, бесперебойное обеспечение влагой, теплом, питательными веществами и применение интенсивной технологии.

7.3. Методика оценки потенциального урожая

В поливных условиях Центральной Азии люцерна наиболее рационально использует вегетационный период, образуя большую биомассу. За этот период (март-сентябрь) на 1 га посева выпадает до 4 млрд.ккал ФАР. Коэффициент использования ФАР на высокоурожайных полях достигает 2,5 % и более. Урожай сена люцерны по ФАР определяют по формуле:

$$ПУ = 10^4 \cdot K \cdot K_m \frac{\sum Q}{q} \quad (7.1)$$

где

ПУ – потенциальный биологический урожай, ц/га;

K – коэффициент использования ФАР (кпд ФАР), %;

K_м – коэффициент хозяйственной эффективности урожая, или K_{хоз.};

q – калорийность абсолютно сухой биомассы, ккал/кг;

ΣQ – суммарное значение ФАР за вегетационный период, ккал/см².

Следует иметь в виду, что калорийность 1 кг сухого сена люцерны составляет 4800 ккал, K_м = 1, если рассчитывают абсолютно сухую биомассу, и K_м = 1,19 при определении потенциального урожая сена 16 %-ной влажности (100 : 84 = 1,19).

Например, на орошаемых землях Узбекистана приход ФАР за период с 1 марта по 1 октября составляет 40 ккал/см². При этом за 240 дней вегетации люцерна даёт пять-шесть укосов и при усвоении 2,5 % ФАР образует с 1 га 208,3 ц сена

$$\left(ПУ = 10^4 \cdot 2,5 \cdot \frac{40}{4800} = 208,3 \right)$$

Хозяйственный урожай сена 16 %-ной влажности составляет:

$$ПУ = 10^4 \cdot 2,5 \cdot 1,19 \frac{40 \text{ ккал} / \text{см}^2}{4800} = 248 \text{ ц/га}$$

Для перевода урожая сена на зеленую биомассу необходимо рассчитать массу абсолютно сухого сена. По ГОСТу, в сене содержится 16 % влаги и 84 % сухого вещества. В нашем примере 248 ц/га сена соответствует 208,3 (248 : 84 · 100) сухой биомассы. Люцерну на зеленый корм убирают при влажности 75 %.

Для того, чтобы перевести массу абсолютно сухого сена в зеленую, умножают на 4:

$$\text{ПУ}_{\text{зм}} = 4 \cdot 208,3 = 833,2 \text{ ц/га}$$

$$\text{ПУ}_{\text{зм}} = 3,36 \cdot 248 = 833,2 \text{ ц/га}$$

При использовании зеленой массы люцерны на заготовки сенажа ($U_{\text{св}}$), который содержит 56 % влажности, абсолютно сухую биомассу следует перевести на сенаж по формуле:

$$U_{\text{сн}} = 2,27 \cdot U_{\text{биол}} = 2,27 \cdot 248 = 563 \text{ ц/га.}$$

7.4. Методика оценки климатически обеспеченного урожая

Климатически обеспеченный урожай определяют по формуле:

$$\text{КОУ} = K_{\text{м}} \cdot \text{ПУ}, \quad (7.2)$$

где

$K_{\text{м}}$ – коэффициент благоприятствования метеорологических условий, который, как правило, меньше 1 ($\text{КОУ} = 0,8 \cdot 208,3 = 166,6 \text{ ц/га}$).

Наибольший урожай люцерны возможен лишь при рациональном сочетании влагообеспеченности с другими факторами (питательные вещества и т. п.). Для определения необходимого количества воды при орошении рассчитывают величину возможного урожая по естественной влаге, а недостающее количество влаги для получения запрограммированного урожая обеспечивают за счет искусственного орошения. Уровень возможной урожайности люцерны по влагообеспеченности определяют по формуле:

$$\text{КОУ} = (E/E_0) \cdot \text{ПУ}, \quad (7.3)$$

где

ПУ – биологический урожай абсолютно сухой биомассы, ц/га;

E – запас продуктивности влаги, мм;

E_0 – коэффициент водопотребления, мм/га.

Исследованиями установлено, что на образование 1 ц сена люцерны в условиях Центральной Азии в среднем затрачивает 700 ц воды. Для аккумуляции 2,5 % ФАР (208 ц/га сухой биомассы) требуется $14\,560\text{ м}^3/\text{га}$ ($208\text{ ц/га} \cdot 700\text{ ц}$). Если за осенне-зимне-весенний период в условиях Ташкентской области выпадает 400 мм эффективной влаги ($4000\text{ м}^3/\text{га}$), то за счет естественных осадков можно запрограммировать 57,1 ц/га абсолютно сухой биомассы:

$$\text{КОУ сена} = (100 \cdot E) / E_0, \quad (7.4)$$

$\text{КОУ биол} = 100 \cdot 400 : 700\text{ мм/га/ц} = 57,1$ абсолютно сухой массы люцерны.

Если перевести биологическую сухую массу в сено 16 % - ной влажности, то это составит:

$$\text{РУ сена} = (57,1 : 84) \cdot 100 = 68\text{ ц/га}.$$

На прибавку урожая 151 (208-57) потребуется $10\,570\text{ м}^3/\text{га}$ поливной воды ($151\text{ ц/га} \cdot 700\text{ ц}$).

Необходимое количество воды, подаваемой за время вегетации, распределяют в зависимости от характера выпадения осадков. Так, в условиях Ташкентской области первый укос сена люцерны можно получить без искусственного полива, тогда как для получения урожая последующих поливов требуется один-два полива.

На сероземных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод предполивная влажность метрового слоя почвы на посевах люцерны не должна опускаться ниже 70-75 % ППВ, для чего обычно проводят осенние влагозарядковые поливы нормой 1200-1300 $\text{м}^3/\text{га}$. Хорошее увлажнение корнеобитаемого слоя позволяет эффективно использовать питательные вещества из почвы и внесение удобрений.

Важнейшим элементом программирования урожаев люцерны является рациональное использование минеральных и органических удобрений.

Нормы питательных веществ рассчитывают балансовым методом по формуле (предложенной И.С. Шатиловым и М.К. Каюмовым) [16]:

$$H = (100B - P \cdot K_n) / K_y \cdot C_y \quad (7.5)$$

где

H – норма минерального удобрения, кг/га;

B – вынос питательных элементов (NPK) с ПрУ, кг/га

P – содержание доступной формы питательного вещества в почве, кг/га;

K_n – коэффициент использования питательного вещества из почвы, %;

K_y – коэффициент использования питательного вещества из минеральных удобрений, %;

C_y – содержание питательного вещества в рассматриваемом удобрении, %.

В тех случаях, когда используются минеральные и органические удобрения, вычисления выполняются согласно равенству:

$$H = (100B - П \cdot K_n - H_o \cdot C_o \cdot K_o) / K_y \cdot C_y \quad (7.6)$$

где H – количество вносимых органических удобрений, т/га;

C_o – содержание в органическом удобрении питательного вещества, кг/т;

K_o – коэффициент использования питательного вещества из органического удобрения, остальные обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

При использовании балансового метода трудным моментом является правильное определение коэффициентов использования люцерной питательных веществ из почвы (K_n), из минеральных (K_y) и органических (K_o) удобрений.

Люцерна с урожаем 1 ц сена выносит из почвы 2,4 кг азота, 0,72 кг фосфора и 2,2 кг калия. Соотношение основных элементов питания в урожае составляет $\approx 54,0$ % азота, 14,0 % фосфора и 32,0 % калия.

С урожаем сена 248 ц/га люцерна выносит 620 кг/га азота ($248 \text{ ц/га} \cdot 2,5 \text{ кг/ц}$), 148,8 кг/га фосфора ($248 \cdot 0,6$), 372 кг/га калия ($248 \cdot 1,5$), или в сумме 1140,8 кг/га ($620+148,8+372$) питательных веществ. Потребление элементов питания на 1 ц сена составляет 4,6 кг ($1140,8 \text{ кг/га} : 248 \text{ ц/га}$).

Следует отметить, что часть питательных веществ люцерна усваивает из почвы и биологического азота. В её корнях клубеньки образуются непрерывно, работают, отмирают и тем самым растения постоянно обеспечиваются азотом. Свидетельствую об этом нормальный рост и развитие люцерны даже без внесения азота в виде удобрений. Люцерна нуждается в небольшом количестве азота лишь в начале роста первого года жизни. Биологического азота в период вегетации она использует не менее 60-90 % от общего количества выноса (на нормальных почвах – больше, на кислых – меньше).

Расчёт нормы NPK на заданный урожай сена люцерны (248 ц/га) приведен в табл. 7.1.

При содержании легкогидролизуемого азота в почве 20 мг/100 г и использовании его на 35 % и $K_m = 34$ кг/га возможный урожай сена люцерны составляет 95,2 ц/га ($20 \text{ мг/100 г} \cdot 34 \text{ кг/га} \cdot 0,35 : 2,5 \text{ кг/ц}$; $20 \cdot 34 = 680$; $680 \cdot 0,35 = 238,0$; $238 : 2,5 = 95,2$, с которым растений выносят из почвы

238 кг/га азота ($95,2 \cdot 2,5$). Если принять, что 60 % общего выноса азота ($620 \cdot 0,6 = 372$ кг/га) с урожаем приходится на долю биологического азота, то с азотными удобрениями необходимо внести 11,8 кг/га азота:

$$V_{\text{общ}} - (V_{\text{п}} + V_{\text{биол}}) : K_{\text{у}} \quad (7.7)$$

$$20 \text{ кг/га} - (238 \text{ кг/га} + 372 \text{ кг/га}) : 0,85 = 11,8 \text{ кг}$$

Таблица 7.2

Расчет норм NPK на заданный урожай сена люцерны (248 ц/га)

Показатель	N	P	K	Всего
Вынос питательных веществ на заданный урожай (Вобщ), кг/га	620	148,8	372,0	1140,8
Урожай, который может быть получен за счет питательных веществ почвы (Уэф)*	95,2	138,4	170	403,6
Вынос элементов питания из почвы ($V_{\text{п}} = U_{\text{эф}} \cdot V_1$), кг/га	238	83,1	255	576,1
Усваивается люцерной биологического азота (60 от общего выноса с урожаем $V_{\text{биол}} = 0,6 \cdot V_{\text{общ}}$)	372	-	-	310
Потребуется внести NPK с минеральными удобрениями ($V_{\text{пр}} = V_{\text{общ}} - V_{\text{п}}$, для азота + $V_{\text{биол}}$), кг/га	10	65,7	117	154,7
Коэффициент использования элементов питания из удобрений в год внесения ($K_{\text{у}}$)	0,85	0,35	0,95	2,75
Норма NPK на заданный урожай сена ($\text{Дд.в.} = V_{\text{пр}} : K_{\text{у}}$), кг/га	11,8	230,0	123,3	437,7

* - В данном случае в 100 г почвы содержится 20 мг азота, 20 мг фосфора и 30 мг калия.

При содержании фосфора в почве до 20 мг/100 г растениями усваивается 15 %. при этом возможный урожай составляет 138,4 ц/га. С урожаем растения выносят из почвы 83,1 кг фосфора ($138,4 \cdot 0,6$), поэтому с фосфорными туками потребуется внести 230 кг/га:

$$(V_{\text{общ}} - V_{\text{п}}) : K_{\text{у}} \quad (7.8)$$

$$(148,8 - 83,1) : 0,35 = 229,95 \text{ кг}$$

В корнеобитаемом слое почвы калия содержится до 30 мг/100 г ($K_{\text{м}} = 34$ кг/га). Возможный урожай при 25 %-ном его усвоении растениями составляет 170 ц/га:

$$(30 \text{ мг/100 г} \cdot 34 \text{ кг/га} \cdot 0,25 : 1,5 \text{ кг/ц},$$

$$(30 \cdot 34 = 1020), (1020 \cdot 0,25 = 255), (255 : 1,5 = 170).$$

Такой урожай из почвы выносит 255 кг/га калия ($170 \cdot 1,5$). При коэффициенте использования питательных веществ (вносимых калийных удобрений) 0,95 потребуется внести 123,3 кг/га калия:

$$(B_{\text{общ}} - B_{\text{п}}) : K_y \text{ или } (372 - 255) : 0,95 \quad (7.9)$$

Итого на заданный урожай необходимо внести 437,7 кг/га ($84,4 + 230 + 123,3$) азота, фосфора и калия. На 1 кг NPK можно получить 25,9 кг сена ($403,6 : 3 = 134,5$ ц/га; $248 - 134,5 = 113,5$ ц/га; $11350 \text{ кг} : 437,7 \text{ кг} = 25,9 \text{ кг}$).

По средним значениям к.п.д. ФАР (по А.А. Ничипоровичу) посевы делятся на: обычно наблюдаемые – 0,5-1,5 %, хорошие – 1,5-3,0 %, рекордные – 3,5-5,0 % и теоретические – 6,0-8,0 %.

В нашем примере при использовании 2,5 % ФАР, когда за время вегетации люцерны прошлых лет получает 40 ккал/см^2 , или 4 млрд.ккал/га, урожай сена с 1 га составил: ПУ – 208,3; КОУ – 166,6; ДВУ – 150; ПрУ – 140 ц/га.

Фактический хозяйственный реальный урожай РУ сена равен 112 ц/га, что в переводе в абсолютно сухую биомассу составит 94 ц/га ($112 \cdot 0,84$).

Таким образом, уровень снижения урожая по сравнению с потенциальными возможностями составил: ПУ (208,3 ц/га) – 100 %, КОУ (166,6 ц/га) – 80 %, ДВУ (150 ц/га) – 72 %, ПрУ (140 ц/га) – 69 %, РУ (94 ц/га) – 46 % (в процентном соотношении КОУ составил – 20 %, ДВУ – 28 %, ПрУ – 31 % и РУ – 54 %).

Таблица 7.3

Категория урожая люцерны и влияние почвенно-климатических и производственных факторов на снижение продуктивности культуры

Факторы снижения урожая	Категории урожая	Урожай, ц/га	Общее снижение уровня урожая, %	Снижение урожая от отдельных факторов, %
ФАР, сорт	ПУ	208,3	100	100
Тепло, влага	КОУ	166,6	80	20,0
Плодородие почвы	ДВУ	150,0	72	8,0
Хоз.экономические ресурсы	ПрУ	140,0	69	3,0
Технологические потери	РУ	94,0	46	23,0

7.5. Орошение люцерны

Наиболее эффективным способом полива люцерны является бороздковый (путём инфильтрации). Для этого до сева, или одновременно с ним, тракторными культиваторами нарезают поливные борозды с учетом рельефа поля. Глубина борозд должна быть 12–14 см, расстояние между ними, в зависимости от механического состава почвы и уклона поля – 60–90 см. Полив проводится по бороздам путем инфильтрации до полного увлажнения поверхности почвы. Поливные борозды сохраняют, и по ним проводят все последующие поливы.

Люцерну после сева до первого укоса поливают в зависимости от почвенных и климатических условий 2–4 раза с нормой 600–700 м³/га. Межукосные поливы люцерны первого года и последующих лет зависят, от глубины залегания грунтовых вод, механического состава почвы и температуры воздуха.

При залегании грунтовых вод глубже 2,0–2,5 м люцерну поливают между укосами по два раза (по схеме 2-2-2-2-2), на почвах с близким залеганием грунтовых вод (1,0–1,5 м) — один раз (по схеме 1-1-1-1-1). При одном поливе воду дают после отрастания, когда высота стеблей достигнет 12–15 см; при двух – после отрастания и в фазе бутонизации, но поливная норма колеблется в пределах 700–1200 м³/га. Сроки полива определяют по влажности почвы. Наилучшей влажностью для нормального роста вегетативной массы люцерны является 70–80% ППВ. Снижение ППВ до 60–65% (при залегании грунтовых вод глубже 2,0 м) заметно сдерживает темпы роста люцерны.

Для определения влажности почвы берут пробы до первого укоса из 0–50-сантиметрового слоя, а после первого укоса из 0–100-сантиметрового слоя с помощью почвенного бура. Наличие количества влаги в почве определяют по формуле:

$$M = h \cdot d (\text{ППВ} - V) + 10\% \quad (7.10)$$

где

M – поливная норма, м³/га,

h – глубина промачиваемого слоя, см;

d – объемная масса почвогрунта, см³;

ППВ – предельно-полевая влагоемкость, которая определяется опытным путем;

V – фактическая влага в почве перед поливом, % от сухой массы почвы.

Пример: установлено, что ППВ равна 22 % от сухой массы почвы. Определение влажности перед поливом показало, что в почве содержится 15,4 % влаги от сухой массы, или 70 % от ППВ.

$$V = \frac{22 \cdot 70}{100} = 15,4$$

$$M = 100 \cdot 1,3 \cdot (22 - 15,4) + 10 \% = 943,8 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Следовательно, чтобы промочить метровый слой почвы люцернового поля, необходимо подать на 1 га площади 943,8 м³/га воды, при этом оросительная норма при скашивании за вегетацию 5 раз составит 4719 м³/га (943,8 · 5 = 4719,0 м³) при одном поливе между укосами и 9438 м³/га – при двух поливах между укосами (943,8 · 10 = 9438).

Таблица 7.4

Потери урожая в среднем за вегетационный период в зависимости от уровня водоподачи (нормированной по оптимальной) для люцерны [22]

Водоподача, %	Потери урожая, в долях от 1,0
90	0,07
80	0,18
70	0,33
60	0,39
50	0,49

Заключение

Обзор статистического материала по основным областям Ферганской долины, а также экспериментальные работы НИЦ МКВК, по проектам WUFMAS, «ИУВР-Фергана», проведенные с целью оценки продуктивности земли и воды в фермерских хозяйствах, свидетельствуют о наличии резерва и реальной возможности повышения эффективности сельхозпроизводства и продуктивности земли и воды. Основными факторами, ограничивающими достижение возможной урожайности на уровне поля в рассматриваемых областях являются низкие дозы внесения органических и минеральных удобрений; недостаточно эффективные меры борьбы с сорняками, болезнями и вредителями; нарушения сроков проведения отдельных агротехнических операций и низкое качество их выполнения. Мониторинговыми наблюдениями выявлены нерациональная организация орошения, превышение потребных объемов подаваемой воды в

поле, неверно выбранные схемы и параметры технологии полива, значительные потери воды на сброс и глубинную фильтрацию.

Оценка уровней продуктивности поля позволяет выявить факторы, находящиеся в минимуме, оценить реальные потери в урожайности возделываемой сельхозкультуры в складывающихся природных, почвенно-мелиоративных, организационных условиях и рекомендовать определенные агротехнические операции, направленные на повышение продуктивности земли. При этом должны учитываться возможности фермера по реализации предложенных мероприятий и на этой основе определяться уровни планируемой урожайности культур.

Используя отдельные элементы теории программирования урожаев, интенсивных технологий и методов интегрированного управления сельхозпроизводством, мы предлагаем следующий подход к управлению продуктивностью земли и воды для фермерских хозяйств:

- сбор информации об особенностях проектной площади или отдельного поля;
- составление агро-мелиоративного паспорта поля;
- расчет уровней продуктивности культуры (МВУ-ПУ-ДВУ-РУ-УХ);
- оценка потерь в урожайности культуры от различных факторов;
- оценка возможностей фермера (финансовые, технические, технологические) управлять факторами, вызывающими потери урожая;
- выбор мероприятий, позволяющих снизить негативное воздействие фактора, находящегося в минимуме;
- составление индивидуальной технологической карты агро-работ на период вегетации, учитывающей условия сельхозпроизводства и особенности поля;
- реализация мероприятий, направленных на повышение урожайности сельхозкультуры и экономию оросительной воды.

Реализация такого подхода на демонстрационных участках, расположенных в Узбекистане, Таджикистане и Киргизии, позволила увеличить урожайность хлопчатника в среднем на 10-22 %, пшеницы на 18-30 %, снизить удельную водоподачу на поле, повысить на 16-88 % продуктивность использования воды, сократить сбросы воды с поля и потери на фильтрацию. Предполагается, что внедрение предложенного подхода возможно реализовать через консультационные службы поддержки фермеров.

8. Агромелиоративный паспорт фермерского хозяйства



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

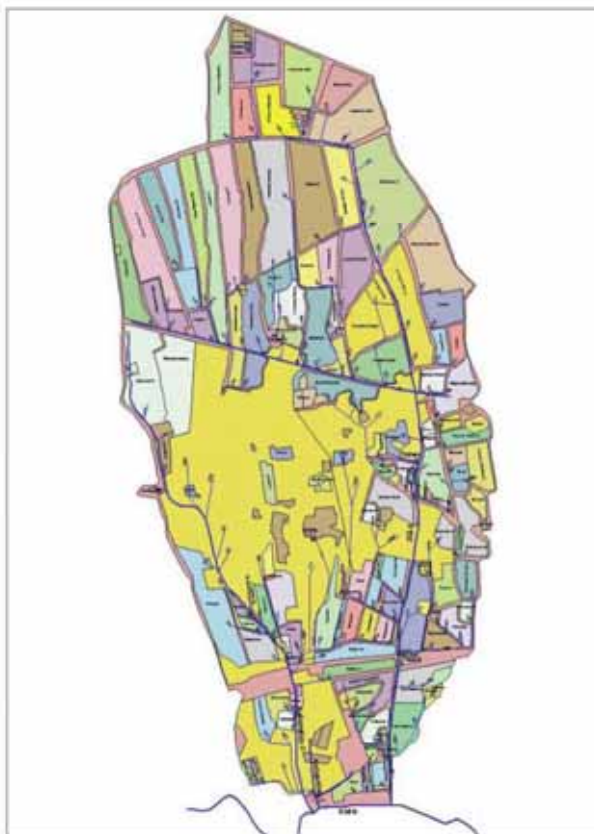
Swiss Confederation



IWMI
International
Water Management
Institute

Проект «Интегрированное управление водными ресурсами Ферганской долины»

Агромелиоративный паспорт фермерского хозяйства «Одил Мардона Турсун»



Ташкент - 2010 г.

Возможности повышения продуктивности земель на основе агромелиоративной паспортизации фермерских хозяйств

Проводимые сельскохозяйственные реформы в Центральной Азии способствовали созданию кооперативной собственности и образованию множества фермерских хозяйств. Владельцами земли становятся представители различных профессий, часто не обладающие в достаточном объеме знаниями о правильном ведении сельхозпроизводства. В прошлом информационные и консалтинговые услуги, представляемые крупным колхозам и совхозам, были централизованы, а настоящее время большинство потребителей не имеют доступа к информации о текущей сельскохозяйственной ситуации, современных технологиях и методах ведения производства в конкретных складывающихся природно-климатических, почвенно-мелиоративных и организационно-хозяйственных условиях. Именно этим во многом объясняются многочисленные промахи и ошибки допускаемые фермерами при проведении сельскохозяйственных работ, которые в конечном итоге приводят к низким показателям урожайности возделываемых сельхозкультур.

Одной из форм, способствующей повышению знаний сельхозпроизводителя об особенностях закрепленных за ним земель, является разработка агромелиоративного паспорта хозяйства. В настоящее время такую паспортизацию прошли 23 000 га сельхозугодий в Ташкентской, Джизакской и Сырдарьинской областях Узбекистана. По мнению специалистов «паспорт поля» оказался надежным компасом в многочисленных вариациях технологических агроработ по возделыванию сельхозкультур, научно-обоснованным руководством к действию. Экономический эффект от использования такого документа достигает в отдельных фермерских хозяйствах до 200-300 \$/га.

Агромелиоративный паспорт (АМП) предназначен непосредственно для фермера или специалистов коллективных дехканских хозяйств и содержит в себе основную агрономическую документацию ФХ конкретного участка, а также отдельные справочные данные, нормативные материалы и рекомендации, которые необходимы для разработки научно-обоснованных мероприятий по развитию растениеводства, повышения продуктивности земли, программирования урожайности сельхозкультур, составления текущих и перспективных планов.

Агромелиоративный паспорт ФХ рассчитан на его использование в течение 10 лет при условии ежегодного заполнения новыми сведениями и является сводом агрономической информации о хозяйстве, позволяющей фермеру выбирать правильные решения при выполнении технологических работ, проводить объективный анализ динамики сельхозпроизводства и совершенствовать культуру земледелия. При необходимости паспорт может дополняться новыми схемами и рекомендациями, направленными на повышение продуктивности земли.

Основные характеристики Фермерского хозяйства

Год	Площадь брутто (га)	Неудобья (га)	Ороситель ная сеть, дороги (га)	Постройк и, пол. станы (га)	Орошаем ая площадь (га)	Площадь под с/х культуры (га)	Многолет ние посадки (га)
2007	42	0,58	0,50	0,42	40,5	37,0	3,5
2008	42	0,58	0,50	0,42	40,5	37,0	3,5
2009	42	0,58	0,50	0,42	40,5	37,0	3,5
2010	42	0,58	0,50	0,42	40,5	37,0	3,5
2011							
2012							
2013							
2014							
2015							
2016							
2017							
2018							
2019							
2020							

Структура посевных площадей Фермерского хозяйства

Год	Основные культуры (га)			Повторные культуры (га)			Всего (га)
	Хлопок	Пшеница	Прочие посадки	Овощи	Кукуруза	Прочие	
2007	14,0	23,0	3,5	10,0	2,0	-	40,5
2008	20,0	17,0	3,5	12,5	4,0	-	403
2009	13,0	24,0	3,5	10,0	5,0	-	403
2010	20,0	17,0	3,5	14,0	3,0	-	403
2011							
2012							
2013							
2014							
2015							
2016							
2017							
2018							
2019							
2020							

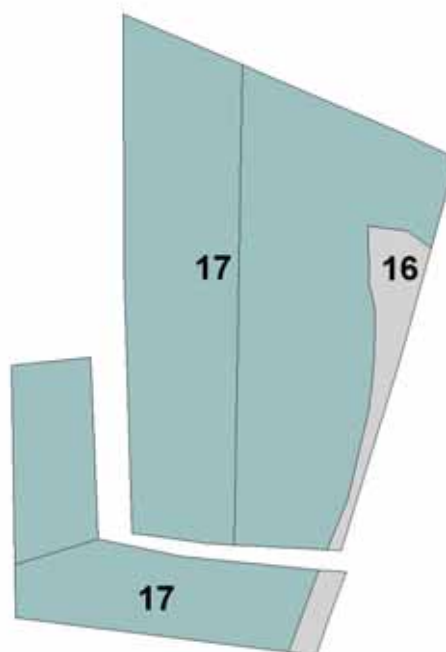
**Климатическая характеристика
(Среднегодовыые метеорологические данные)**

Метеостанция: Федченко Высота: 466 м Высота флюгера: 11 м (K=0.76)													
Наименование	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сен	Окт	Нояб	Дек	Сред.
Сред.температура (°C)	-2,4	1,1	8,0	16,0	21,3	25,1	26,6	24,6	19,6	13,0	5,5	0,2	13,2
Min.температура (°C)	-6,0	-3,0	2,9	9,7	14,1	17,2	18,6	16,7	11,5	5,8	0,3	-3,5	7,0
Max.температура (°C)	2,5	6,4	14,3	22,9	28,6	33,1	34,6	32,7	28,4	21,7	12,5	5,1	20,2
Относит.влажность (%)	84	82	73	61	54	47	52	59	61	68	77	84	67
Ср.скорость ветра (м/с)	0,8	0,9	1,2	1,3	1,6	1,5	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,8	1,1
Сияние солнца (ч/день)	3,6	4,1	4,9	6,8	9,0	11,2	11,6	11,2	9,8	7,3	4,9	3,1	7,3
Радиация (М.1/м2/день)	6,5	8,9	12,6	17,7	22,5	26,2	26,3	24,0	19,2	12,8	7,9	5,5	15,8
Осадки (мм/месяц)	22,0	28,0	31,0	22,0	20,0	7,0	6,0	3,0	4,0	16,0	20,0	18,0	197,0
Эвапотранспирация (мм/мес)	12	21	50	96	145	174	174	146	97	51	21	11	998

Почвенная карта фермерского хозяйства

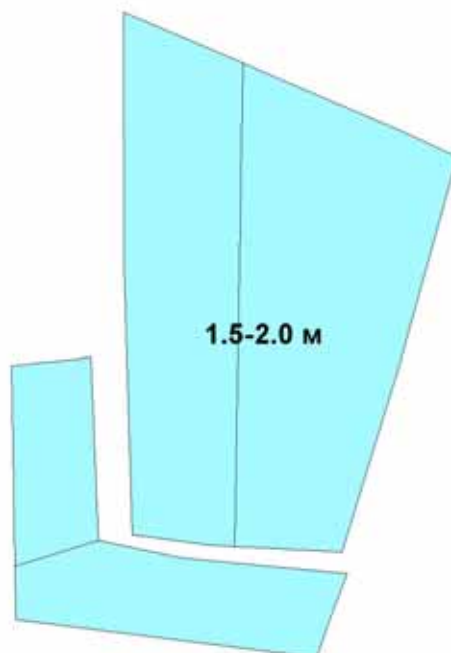
16 - Новоосвоенные, луговые сазовые, тяжелосуглинистые

17 - Новоорошаемые луговые, тяжелосуглинистые



Карта залегания уровня грунтовых вод Фермерского хозяйства

УГВ – 1,5-2,0 м



Засолённость почв Фермерского хозяйства

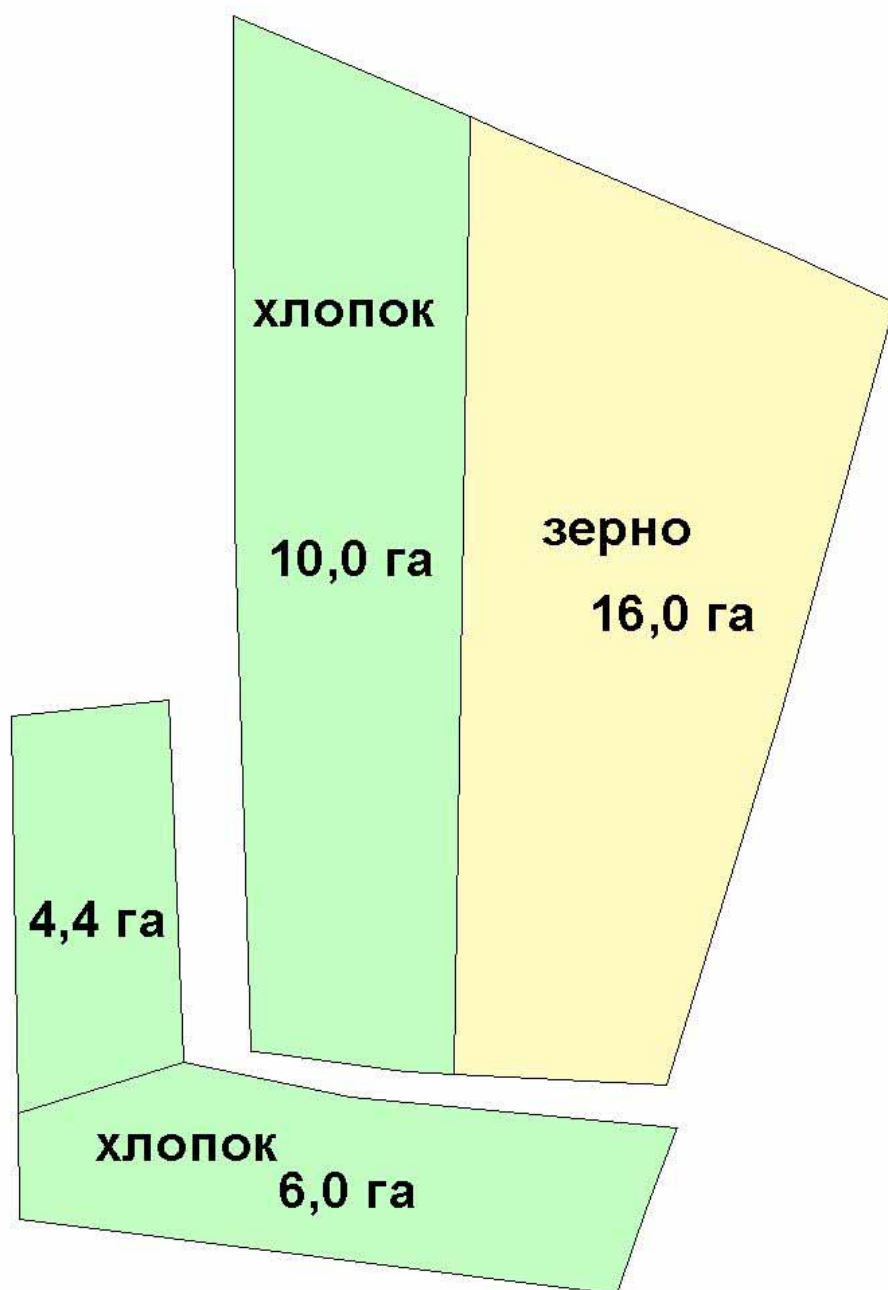
45 % почв фермерского хозяйства
слабозасоленные

55% - сильнозасоленные
(тип засоления сульфатный)

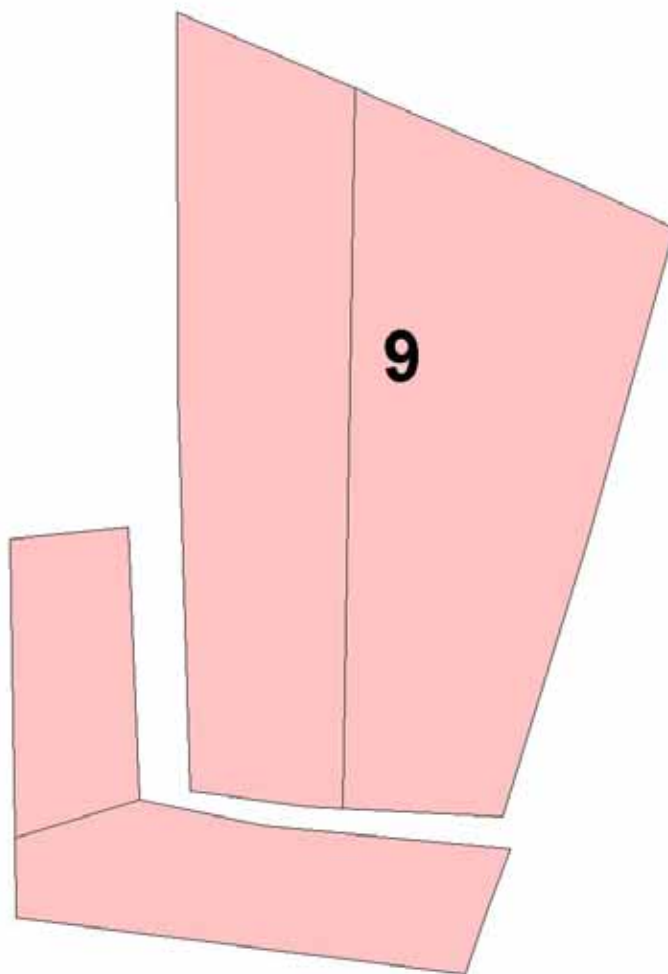
Уровень залегания грунтовых вод
1.5-2.0 м



**Структура посевных площадей
ФХ «Одил Мардона Турсун» (2010 год)**



Гидромодульный район



9-й гидромодульный район

Основные характеристики ФХ

Тип почвы – светлый серозем

Мехсостав почвы – тяжелый суглинок

Уклон поля – 0.003

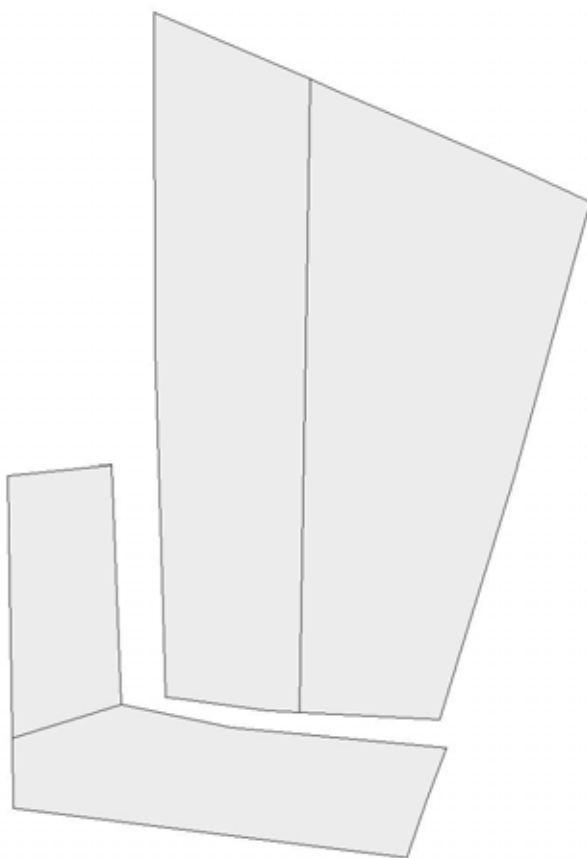
Уровень грунтовых вод – 1.5 – 2,0 м

Давность орошения – с 1997 года

Рекомендации по режиму орошения для 9-го гидромодульного района

ГМ Р	Культура	Ороситель- ная норма	№ поливо в	Поливн ая норма м3/га	Сроки поливов		Полив- ной период	Орди- ната ГМ
					начало	конец		
9	Хлопчатник	3800	1	900	16.6.09	5.7.09	20	0,52
9	Хлопчатник	3800	2	1100	6.7.09	25.7.09	20	0,64
9	Хлопчатник	3800	3	1100	26.7.09	15.8.09	21	0,61
9	Хлопчатник	3800	4	700	16.8.09	2.9.09	18	0,45
9	Пшеница озимая	3200	1	600	11.10.0 9	25.10.0 9	15	0,46
9	Пшеница озимая	3200	2	600	26.10.0 9	10.11.0 9	16	0,43
9	Пшеница озимая	3200	3	700	31.3.09	17.4.09	18	0,45
9	Пшеница озимая	3200	4	700	18.4.09	1.5.09	14	0,58
9	Пшеница озимая	3200	5	700	2.5.09	13.5.09	12	0,68
9	Пшеница озимая	3200	6	700	14.5.09	28.5.09	15	0,54

Карта ровности фона ФХ 2011 год

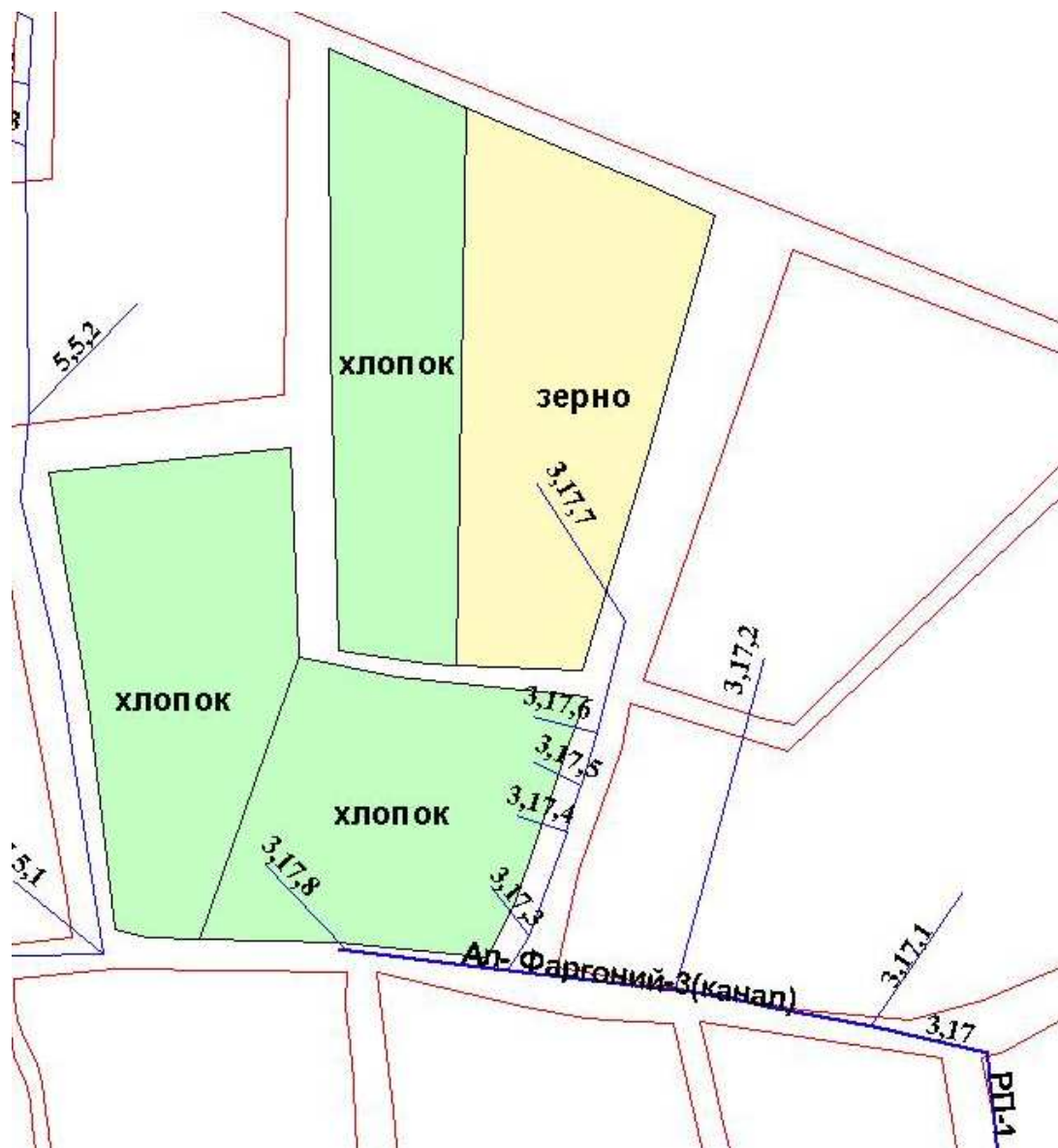


Экспликация	Причина неровности фона	Площадь	Изреженность	Угнетенность
	Микроповышение участка	м2	%	%
	Близкий гравийный слой	м2	%	%
	Плохая планировка и обработка почвы	м2	%	%
	Повреждение вредителями и болезнями	м2	%	%

Густота стояния растений - тыс. раст/га (отклонение ~ % от нормы)

Средняя высота растений - см. (отставание в росте ~ см.)

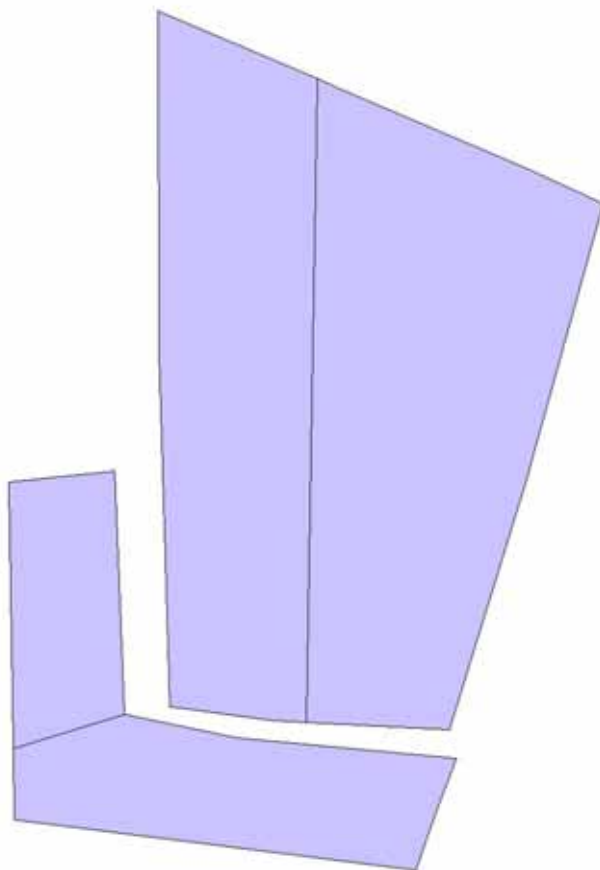
Ирригационная сеть фермерского хозяйства



Основные характеристики почвы ФХ (горизонт 0-70 см)

Год	Электро-Проводимость ЕС 1:1x3.5 dS/m	Объемный вес, г/см ³	Содержание гумуса, %	Содержание K ₂ O мг/кг	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг	Содержание N-NH ₄ , мг/кг	Содержание физической глины, %
2008	2,5-3,0	1,36	1,09	159	16,3	31,7	82-84

Содержание N-NH₄ в почве, (горизонт-70 см)

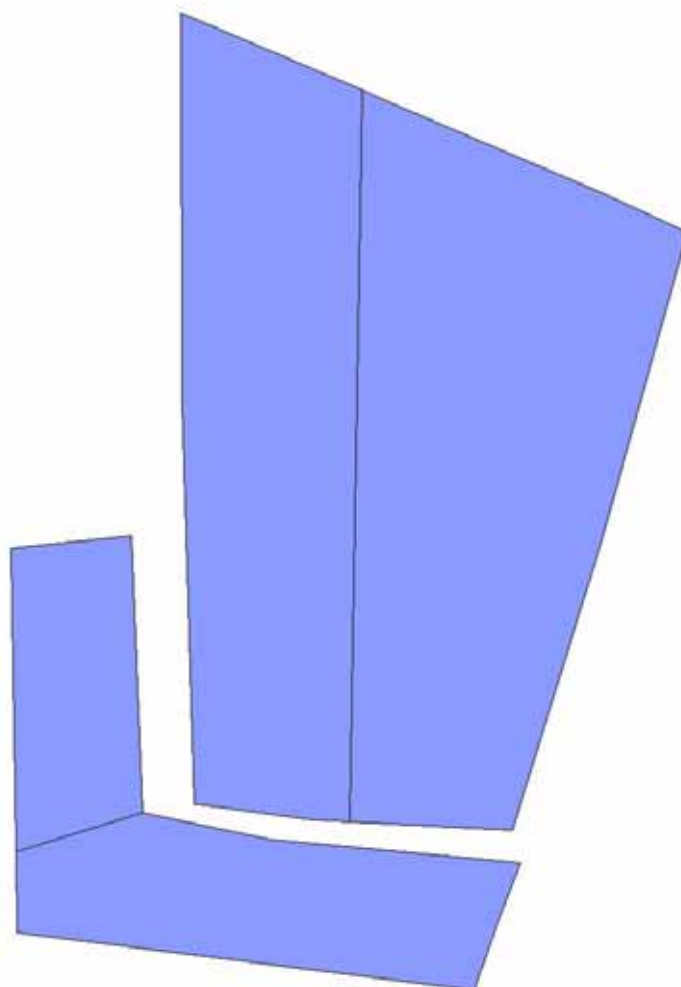


Нормальная обеспеченность азотом

Норма внесения азотных удобрений

Цвет	Обеспеченность	Содержание мг/кг	Норма внесения азотных удобрений
	Очень низкая	< 20	270 кг/га (д.в.)
	Низкая	20 - 30	230 кг/га (д.в.)
	Нормальная	30 - 50	200 кг/га (д.в.)
	Повышенная	50 - 60	160 кг/га (д.в.)
	Высока	> 60	130 кг/га (д.в.)

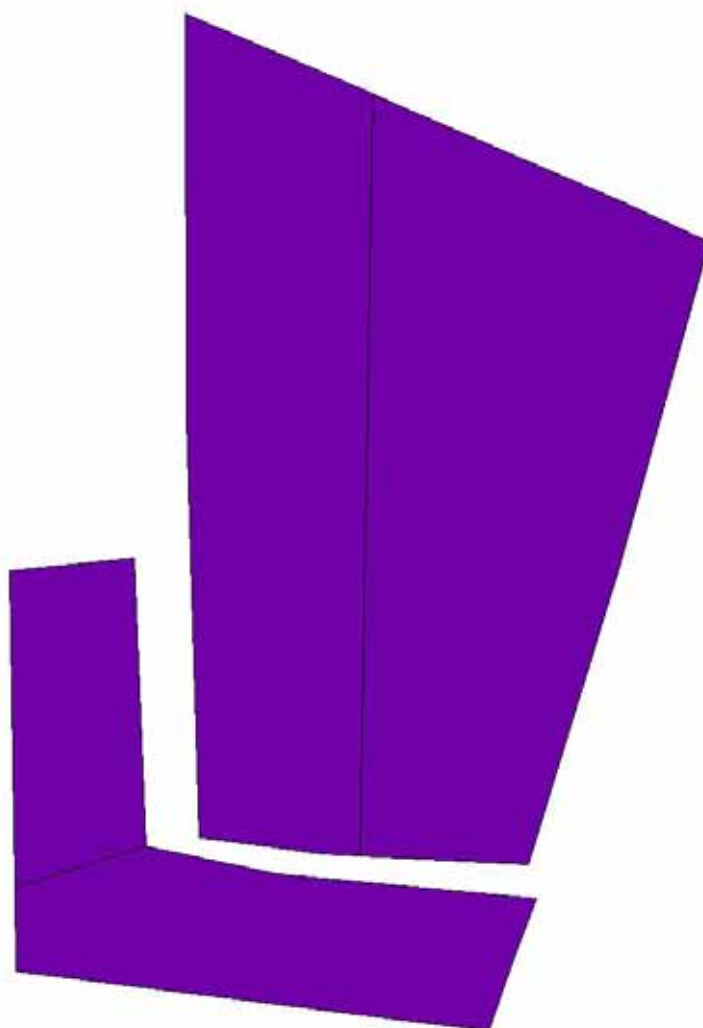
Содержание K₂O в почве (горизонт 0-70 см)



Низкая обеспеченность калием

Цвет	Обеспеченность	Содержание K ₂ O (мг/кг)	Норма внесения калийных удобрений
	Очень низкая	< 100	100 кг/га (д.в.)
	Низкая	101 - 200	70 кг/га (д.в.)
	Средняя	201 - 300	50 кг/га (д.в.)
	Хорошая	301 - 400	25 кг/га (д.в.)
	Очень хорошая	> 400	15 кг/га (д.в.)

Содержание P_2O_5 в почве (горизонт 0-70 см)



Низкая обеспеченность фосфором

Цвет	Обеспеченность	Содержание мг/кг	Нормы внесения фосфорных удобрений
	Очень низкая	< 15	210 кг/га (д.в.)
	Низкая	15 - 30	180 кг/га (д.в.)
	Средняя	31 - 45	150 кг/га (д.в.)
	Хорошая	46 - 60	120 кг/га (д.в.)
	Очень хорошая	> 60	90 кг/га (д.в.)

Сведения о засоренности ФХ

Год	Культура	Наименование сорняков	Кол-во сорняков (шт/м.п.)	Потери урожая (%)	Методы борьбы
2008-2009	Хлопчатник	Куриное просо Печак	2 3	5%	Вручную
2010					
2011					
2012					
2013					
2014					
2015					
2016					
2017					
2018					

Сведения о применении гербицидов

Год	Наименование препарата	Срок обработки	Доза внесения (кг/га)
2008-2009	Не применялись		
2010			
2011			
2012			
2013			
2014			
2015			
2016			
2017			
2018			

Сведения о распространении болезней и вредителей

Год	Наименование болезни вредителя	Метод борьбы	Доза внесения (кг/га)	Потери урожая
2008-2009	Тля, паутинный клещ	Не применялись	-	7
2010				
2011				
2012				
2013				
2014				
2015				
2016				
2017				
2018				

[illegible][illegible]

9. Специализированный вычислительный комплекс математического обеспечения консалтинговых центров

Одной из проблем, возникших на постсоветском пространстве и связанных с развитием рыночных отношений в сельском хозяйстве, является массовый приток в с/х производство новых, зачастую недостаточно подготовленных работников. Вместе с тем, по сравнению с советским периодом, многократно возросло число хозяйствующих субъектов. Проблема усугубляется отсутствием необходимого количества подготовленных специалистов – агрономов, экономистов, юристов, энтомологов. Следует отметить и тот факт, что зачастую под фермерские хозяйства отводятся земли, нуждающиеся в рекультивации. В этой ситуации фермерские хозяйства в наиболее продвинутых в рыночных реформах странах ЦАР остались практически один на один с пока еще диким свободным рынком, не располагая при этом достаточной информацией по с/х технологиям и ценам как на комплектующие с/х производства, так и на с/х продукцию. На этом фоне становится сверх актуальной необходимость в хорошо организованных и соответственно оснащенных центрах консультативной помощи фермерам.

Особо оговорим необходимость информационного обеспечения фермеров (в частности, на примере ситуации с хлопчатником в Южном Казахстане). Неурожай хлопка в странах Азии в предыдущие годы и, как следствие, высокие закупочные цены на хлопок-сырец на ведущих биржах мира (и внутри республики), подтолкнули фермеров к производству хлопка в 2004 г практически на всех доступных землях (включая и приусадебные участки). Однако в 2004 г производство хлопка в мире восстановилось, что снизило закупочные цены в Казахстане практически в три раза. В то же время цены на ГСМ и продукты питания резко возросли, что в ряде случаев привело к разорению наиболее неопытной части фермеров. Этого печального итога можно было бы избежать, проведя анализ динамики ценообразования по результатам биржевых торгов и рекомендовав фермерам смену агрокультур.

Не менее актуальной является задача распределения фермерами полученной за с/х продукцию прибыли, т.е. составления бюджета фермерского хозяйства. Многие фермеры не создали стабилизационных фондов, да и на само производство выделили минимум средств, исходя при этом из прошлогодних цен. Это также способствовало разорению фермерских хозяйств.

Было бы целесообразным привязывать консалтинговые центры (КЦ) к большим группам фермерских хозяйств, объединенных по какому-либо признаку, например, по административному или по совместному водопользованию (ассоциациям водопользователей - АВП). Акцентировать вопрос привязки КЦ важно потому, что от этого зависит объем и содержание решаемых им задач.

В вычислительный комплекс КЦ должен входить пакет услуг, количество и качество которых возрастало бы по мере изучения подшефных пахотных земель. Применение современных методов орошения и землепользования, а также большое количество хозяйствующих субъектов обуславливают большой объем информации (в Киргизии в АВП входят более тысячи мелких фермерских хозяйств), хранить которую было бы целесообразно в базах данных. С другой стороны, оптимизационные методы водodelения и алгоритмы поиска условий оптимального урожая также требуют применения высокопроизводительных компьютеров. Отсюда следует требование на оснащение консалтинговых центров современными компьютерами.

9.1. Прецеденты

Научно-исследовательскими институтами стран бассейна Аральского моря разработаны многочисленные методики по использованию воды и земли.

Однако, разработки, проводившиеся в советское время, были ориентированы на большие массивы орошаемых земель с монокультурой (хлопчатник) и игнорировали требования рыночной экономики.

Современные разработки – проекты, финансируемые зарубежными спонсорами, - так же захватывали большие территории и вырабатывали рекомендации скорее для уровня правительства, чем для уровня фермеров. (Исключением можно считать подпроект WUFMAS проекта WARMIS, где мониторинг охватывал около трехсот тридцати полей по всему бассейну Аральского моря.) Однако в силу ряда организационно-финансовых причин проект не наработал технологической составляющей прогнозируемого на прибыль с/х производства.

То немного, что можно было бы использовать для непосредственной помощи фермерам, разбросано по целому ряду проектов и никак не связано технологически. Естественно, автор не знаком со всеми существующими проектами в этой области, но, если бы такая работа была проведена, об этом было бы известно всем заинтересованным лицам.

Проводимая в настоящее время силами IWMI в Ферганской области работа по консалтингу предполагает, в основном, консалтинг по водопользованию и лишь в зачаточной форме консалтинг по использованию земли. Технологическая сторона консалтинга звучит пока невнятно и также вызывает много вопросов. Таким образом, можно утверждать, что на сегодняшний день программного обеспечения для фермера не создано.

9.2. Основные положения

Предполагается два уровня потребителей программного комплекса 1) Отдельное фермерское хозяйство, 2) Группа фермерских хозяйств, объединенная совместным использованием водных ресурсов - Ассоциация водопользователей.

Задача, решаемая вычислительным комплексом – информационная поддержка прибыльного сельхозпроизводства в рамках фермерского хозяйства. В случае Ассоциации водопользователей добавляется составление плана водопользования и расчет декадных расходов на отводах командующей для АВП ирригационной системы.

Определяющим моментом в разработке программного комплекса является инфраструктура той хозяйственной единицы, консалтинг которой предполагается проводить. В это понятие включается связь, состояние внутренней ирригационной системы, доступ к источникам удобрений и оросительной воды. Одинаково важными являются и степень экономической самостоятельности хозяйствующих субъектов, степень отстраненности от рынков сбыта (бирж), возможность фьючерсных сделок и т.п.

Главной целью работы консалтингового центра является внедрение в фермерское с/х производство экономически оправданных методов хозяйствования. При этом, по мере развития вычислительного комплекса, в производство будет внедряться все более наукоемкие технологии. Параллельно необходимо проводить обучение фермеров пользованию уже отлаженных приемов с/х производства.

Основу комплекса составит база данных, в которой будет храниться вся информация по обслуживаемым фермерским хозяйствам (обследование и мониторинг фермерских хозяйств, паспорта полей), а в случае работы с АВП – информация о ирригационной системе и отводах командующей ирригационной системы, обслуживающей АВП. В БД должна быть введена оросительная сеть АВП/фермерских хозяйств. Информация о геометрии оросительной системы, АВП, фермерских хозяйствах и о полях должна быть введена средствами ГИС (MapInfo или ArcInfo).

Мониторинг предполагается проводить по следующим группам:

- метеорологическая и агрометеорологическая информация;
- поля фермерских хозяйств (геометрия, расположение на ирригационной системе, топография);
- почвы полей фермерских хозяйств (мехсостав, содержание питательных веществ);
- оросительная вода (лимитирование, качество);
- грунтовые воды (уровень, минерализация);

- агрокультуры (водопотребление, необходимая сумма эффективных температур, необходимый уровень питательных веществ в почве);

- агроэкономике (экономическая целесообразность возделывания агрокультур, переменные и постоянные затраты сельхозпроизводства, рыночная стоимость произведенной продукции).

После сбора и ввода в БД соответствующей информации комплекс должен дать возможность для каждого фермера в соответствии со стартовым капиталом выбрать агрокультуру, приносящую максимальный доход при минимизации затрат. После выбора таких культур всеми фермерами комплекс просчитывает:

- необходимую для с/х производства оросительную воду и ее стоимость и выдает подекадные расходы на водозаборах в фермерские хозяйства;

- в случае засоления пахотных территорий – необходимую для промывки оросительную воду в межвегетационный период, график подачи и стоимость;

- необходимое количество и стоимость минеральных и органических удобрений, внесение которых обеспечит заданный уровень урожая;

- необходимое количество и стоимость средств защиты растений;

- необходимое количество и стоимость затрат машиночасов и ручного труда на возделывание с/х культуры;

- необходимое количество и стоимость транспортных операций;

- ожидаемую прибыль при реализации с/х продукции.

Кроме того, комплекс должен выдавать технологическую карту возделывания выбранной с/х культуры, скорректированную за климат, дату сева и состояние почвы.

В процессе мониторинга подшефных полей состав агротехнических операций, содержащиеся в технологической карте, может меняться или смещаться по времени. Причиной могут быть как природно-климатического характера:

- резкое потепление или похолодание, изменение водного режима, взрывной характер размножения с/х вредителей и т.п.,

так и социально-экономического характера:

- неспрогнозированный рост цен на затратные составляющие с/х производства, уменьшение закупочных цен, законодательные акты и налоговая политика, затрудняющие ведение с/х производства прежними методами. Консалтинговая служба должна наработать алгоритмы выхода из подобных кризисных ситуаций с наименьшими потерями, например, страхование урожая или фьючерсные сделки.

9.3. Состав вычислительного комплекса

Предлагаемая модель вычислительного комплекса Консалтингового Центра (КЦ) может иметь структуру, приведенную на рис. 9.1.

- пункт **Орошение** включает в себя расчет потребности в оросительной воде на основании карты размещения с/х культур. Необходимо построить схему оросительной сети АВП и производить расчет расходов в каналах этой сети, а также в отводах питающей АВП оросительной системы. На первом этапе следует хотя бы определиться с требуемой динамикой расходов в каналах оросительной системы. Далее можно было бы реализовать оптимизационные алгоритмы для получения полноценного плана водопользования в рамках АВП. При невозможности обеспечить требуемые расходы в отводах произвести корректировку плана водопользования и оценку ущерба и, если величина ущерба неприемлема, рекомендовать маневр культурами или площадями.

В зависимости от мехсостава почв и уклонов рекомендовать схемы полива, минимизирующие потери и предохраняющие почвы от эрозии.

При введении лимитов на оросительную воду оптимизировать посевные площади на предмет максимального урожая или максимальной прибыли (по требованию фермера).

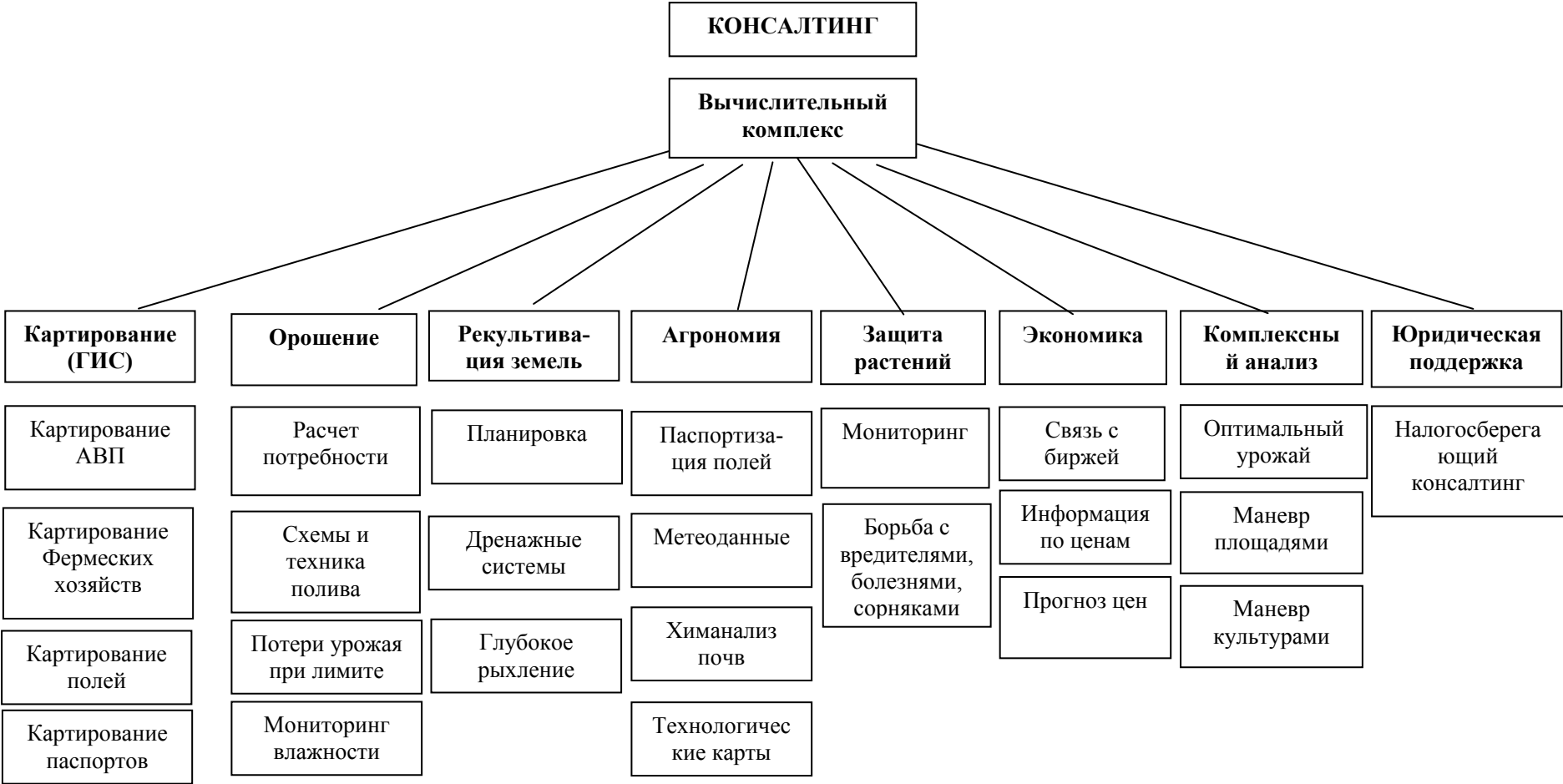
Для уточнения сроков поливов следует вести оперативный мониторинг влажности почв. Это можно производить как весовым методом (сушильные шкафы), так и приборным (нейтронный влагомер).

- пункт **Рекультивация земель** включает в себя мониторинг состояния дренажа и засоленности почв, что позволит назначать мероприятия по рекультивации и промывкам орошаемых земель;

- пункт **Агрономия** предполагает составление паспортов на все орошаемые контура подшефной территории. Также следует провести бонитировку подшефных площадей на предмет определения максимального урожая для различных с/х культур. Существующая бонитировка зачастую завышена, поскольку проводилась в заказном режиме.

Расчет оптимального урожая для выбранных культур заключается в поиске наибольшей прибыли при сопоставлении затрат и валовой прибыли.

На первом этапе необходимо составить технологические карты для основных с/х культур в зональной привязке. По мере развития комплекса, технологические карты, составляемые с учетом зональности территории АВП, должны быть составлены для всех сортов с/х культур, которые могут быть культивированы в данной зоне.



Со временем решение о сроках тех или иных с/х мероприятий должны определяться не среднестатистическими данными, а метеоусловиями, складывающимися в текущем году. Для отслеживания климатической ситуации КЦ целесообразно укомплектовать портативной метеостанцией и почвенными термометрами, расположенными на специальной метеорологической площадке. Кроме того, необходимо активно использовать прогнозную информацию Гидрометслужбы.

Составление паспортов контуров орошения предполагает лабораторную обработку большого количества почвенных образцов. Такую операцию необходимо проводить ежегодно. Первоначально эти работы могли бы оплачиваться проектом, в будущем было бы целесообразно укомплектовать КЦ портативными приборами, дающими достаточную точность для паспортизации, однако все эти приборы следует периодически калибровать в имеющихся лабораториях.

- пункт **Защита растений** предполагает мониторинг за вредителями и сорняками и, по заказу фермеров, выдачу рекомендаций по борьбе с ними. В этом пункте по состоянию вредителей и болезням определяется вид, количество и стоимость средств защиты. При этом необходимо оптимизировать затраты на химикаты по принципу: затраты на химикаты не должны превышать стоимости ожидаемых потерь урожая.

- пункт **Экономика** предполагает плотную связь с биржевой информацией по ценам на агрохимикаты, удобрения, семена, оросительную воду, ГСМ, автотракторные услуги и стоимость с/х продукции. Кроме того, в этом пункте на основе анализа биржевой информации следует прогнозировать все эти цены на год вперед. Анализ изменения цен может производиться по данным, публикуемым в интернете. Данный пункт обеспечивает клиента текущей (по торгам) информацией о ценах на все составляющие переменных затрат, ценах на различные виды с/х продукции.

- пункт **Комплексный анализ** – позволяет, сопоставляя затраты и прибыли, найти оптимальное решение путем маневра посевными площадями или культурами. Комплексный анализ использует всю информацию, полученную другими пунктами вычислительного комплекса. В рамках вычислительного комплекса предполагается создать интерактивный ГИС-интерфейс, рассчитывающий по разбивке контура орошения хозяйства или поля различными с/х культурами (вводимого непосредственно на карту контура средствами ГИС) максимальную прибыль.

- пункт **Юридическая поддержка** обеспечивает фермера всей действующей на текущий момент законодательной базой деятельности производителей с/х продукции, в том числе и информацией, позволяющей фермерам минимизировать налоги. В каждом государстве имеются компьютерные программы юридической поддержки, с обновляемыми базами данных, необходимо лишь включить такую программу в вычислительный комплекс.

Приведенный перечень услуг, которые должен оказывать вычислительный комплекс, далеко не полон и, в зависимости от законодательства страны, может быть существенно изменен. Например, пакет услуг может быть дополнен анализом аэро и спутниковых снимков, построением фактических и прогнозом карт УГВ, разработку схем орошения и дренажа пр.

Авторы имеют ряд наработок, сделанных в процессе работы в международных проектах, которые можно было бы положить в основу Программного Обеспечения (ПО). Поскольку каждый проект решал свои конкретные задачи, эти наработки технологически друг с другом не связаны.

Создаваемое для КЦ программное обеспечение должно иметь интуитивный интерфейс и быть ориентировано на изначально невысокий уровень пользователей. В большой степени такое ПО должно носить характер оперативного справочника по действиям в той или иной с/х ситуации. Вместе с тем, надо дать возможность продвинутому пользователю получать дополнительную информацию вплоть до описания алгоритмов и дополнения справочников. Это можно реализовать с помощью хорошо отстроенной системы помощи.

9.4. Разработка вычислительного комплекса

Конструирование ПО должно производиться по технологии «от простого к сложному» и разбито на несколько очередей. В первую очередь в ПО закладывается информация по шести основным культурам – хлопчатник, озимая пшеница, кукуруза, картофель, рис, люцерна - (технологические карты, цены на переменные затраты, с/х продукцию), привлекаются средние многолетние данные ближайшей метеостанции, определяются наиболее распространенные болезни и с/х вредители и меры борьбы с ними. В общем, все варианты отрабатываются по минимуму. На этих минимальных данных отлаживается интерфейс ПО и технология консалтинга, в результате чего создается базовая система ПО для КЦ. Во второй очереди работа ведется двумя параллельными путями – пополнение справочников новыми с/х культурами и их сортами (технологическими картами), удобрениями, болезнями, вредителями и способами борьбы с ними, и т.п.

- наращивание алгоритмов принятия решений, разработкой и внедрением оптимизационных методов управления оросительной системой АВП, с/х производством отдельных фермерских хозяйств.

Для начальной версии ПО в качестве источников информации для справочников по переменным затратам можно было бы взять информацию из баз данных прошлых проектов: WUFMAS², Best Practice³, Climate Change⁴,

² «Управление водными ресурсами и сельскохозяйственным производством в странах Центральной Азии» (программа EU TACIS WARMAP, 1998-2000 гг.)

³ «Управление водными ресурсами и окружающей средой в бассейне Аральского моря», Компонент А-2 «Организация конкурса по водосбережению» (Агентство GEF, 1999-2000 гг.)

IWRM-Fergana⁵ и др. Во всех этих проектах проводился мониторинг с/х производства в ряде хозяйств республик бассейна Аральского моря.

а) С чего начинать

Для создания качественного программного обеспечения консалтингового центра необходимо создавать его на базе реально действующего АВП или крупного хозяйства. В этом случае задачи, возникающие в процессе работы АВП, найдут свое решение в программном обеспечении, а создаваемые программы будут немедленно тестироваться на реальных данных. Параллельно необходимо вести мониторинг производственной деятельности фермерских хозяйств (по специально разработанным формам сбора информации) для уточнения ранее собранной (по старым проектам) информации. Регулярный мониторинг является частью рыночно ориентированного хозяйствования, потому проведение мониторинга следует осуществлять силами фермеров, рассматривая это как обучение.

В зависимости от финансирования в качестве объекта исследования может быть выбрано либо АВП целиком, либо часть хозяйств АВП, орошаемых из нескольких отводов. Работы следует начинать с построения средствами ГИС карты АВП. Как правило, официальные данные по землепользованию почти всегда содержат ошибочную и противоречивую информацию. Привлечение крупномасштабного космического снимка территории АВП и применение качественного прибора GPS позволят получить карту АВП приемлемой точности.

Затем следует произвести разметку точек взятия образцов почв по всей территории АВП (или его части, на которой проводится с/х производство), а также определить места закладки пьезометрических скважин. Образцы следует брать как из пахотного горизонта – 0-30 см, (так и из подпахотного – 30-70 см). По этим образцам производятся хим.анализы на предмет определения содержания в образцах гумуса, фосфора, азота, калия, степени засоления (электропроводности Ес), а также мехсостав (при наличии жесткой плужной подошвы может быть предложено глубокое рыхление).

Для оценки необходимости в планировке и для построения схем орошения каждого из полей следует либо произвести топосъемку поверхности АВП, либо скачать из ИНТЕРНЕТА высотную карту (с разрешением в 30 м) участка с АВП. Такая информация существует на сайте NASA и доступна для скачивания за определенную плату.

Поскольку вышеуказанные параметры меняются в процессе с/х производства, такие съемки желательно производить ежегодно в межвегетационный период.

⁴ «Решение проблем дефицита воды и засухи в Центральной Азии, вызванных изменением климата» (CIDA)

⁵ «Интегрированное управление водными ресурсами в Ферганской долине» (SDC, 2000-2012)

По результатам анализов строятся карты паспорта АВП, фермерских хозяйств и отдельных полей фермерских хозяйств.

Кроме того, для мониторинга климата следует на территории какого-либо фермерского хозяйства организовать небольшую наблюдательную площадку, на которой установить метеостанцию и почвенные термометры.

Другой способ получения климатических данных текущего года заключается в том, чтобы брать их с ближайшей метеостанции. Если существует доступ к климатическим данным окружающих АВП метеостанций, имеет смысл в рамках ПО КЦ разработать (средствами ГИС) трехмерные интерполяционные карты климатических параметров, по которым можно было бы рассчитать климат практически для любой точки охватываемого метеостанциями региона.

Оросительную сеть АВП необходимо оснастить водосливами на каждое хозяйство. Водосливы на отводах магистрального канала не входят в юрисдикцию АВП и устанавливаются и обслуживаются специалистами командующей ирригационной системы. Проведение замеров расходов оросительной воды на водовыделах в фермерские хозяйства позволит оценить КПД на отдельных участках оросительной сети АВП и, при выявлении узких мест, минимизировать потери.

Построенные по данным пьезометрических наблюдений карты УГВ позволят определить потребность (для очень высоких $< 0,5 - 0,75$ м или минерализованных грунтовых водах) в дренаже (открытом и закрытом), стоимости его прокладки и сроков окупаемости затрат.

При наличии открытого дренажа необходимо отобразить его на карте АВП и проводить замеры расходов в дренах (водосливом или поплавком) во время проведения поливов (это позволит оценить КПД поливов), а также периодически замерять минерализацию дренажных вод как показателя общей засоленности пахотных земель АВП. Наличие информации о затраченной оросительной воде, эвапотранспирации и поверхностного дренажного сброса позволит оценить глубинный сброс и КПД поливов. Как следствие, скорректировать схемы (импульсный полив, полив через борозду) и параметры поливов (длина борозды, расходы в головах борозд).

Описанная в этом пункте база измерительных приборов АВП пока нигде не реализована. Частично, из-за недостатка средств, частично из-за незнания, что из такой информации можно получить.

б) Что сделано на данный момент

На данный момент в распоряжении авторов имеется:

- выпуски FAO по водопотреблению с/х культур (24, 33, 56);
- программа CROPWAT, предложенная к использованию в странах орошаемого земледелия комиссией по продовольствию при ЮНЕСКО – FAO - для расчета норм и сроков полива на основе эвапотранспирации растений;

- программа расчета потребности в оросительной воде (LandWat) на основе гидромодульного районирования и расчета расходов воды во всех отводах командующей оросительной системы;

- базы данных по проектам WUFMAS, BEST PRACTISE, CLIMATE CHANGE, FERGANA IWMI;

- технология паспортизации полей и использования информации паспортов для расчета норм внесения удобрений под заданный уровень урожая;

- двумерная модель интерполяции климатических данных;

- нелицензированная геоинформационная система MapInfo 7.5⁶;

- программа пространственных построений SURFER;

- пакет оптимизации GAMS;

- ГИС – нелицензионная система обработки спутниковой информации Idrisi32⁵;

- технология расчета потенциальной и действительно возможной урожайности ряда с/х культур;

- технологические карты возделывания основных (15) с/х культур;

- суммы эффективных температур, необходимых для полноценного развития основных культур;

- технология и опыт ведения мониторинга с/х производства;

- начата работа по созданию основной базы данных программного обеспечения;

- алгоритмы и программы под следующие задачи: выбор сроков сева, норм и сроков внесения удобрений, лимитная карта затрат на с/х производство, программа расчета прибыли от с/х производства.

в) Что предстоит сделать

Подготовка документации

- *в первой очереди ПО* – разработать формы мониторинга фермерских хозяйств и АВП;

- разработать выходные документы программного комплекса уровня хозяйства и уровня АВП.

По пункту **Картирование** необходимо:

- *в первой очереди ПО* на основе крупномасштабного космического снимка территории АВП и замеров высокоточного GPS в характерных точках построить карту АВП, включая дороги, оросители, дренажную сеть, хозяйства и поля. Иметь возможность выдать карты по любому хозяйству, отдельному полю

⁶ вести разработку ПО с использованием MapInfo и Idrisi32 можно, но для легализации произведенного программного продукта необходимо приобрести пакет MapInfo и Idrisi32 официально.

любого хозяйства. Оросительная и дренажная сеть должны отображаться на карте с установленными водосливами и пропускными способностями каналов и дрен;

- создать программное обеспечение по представлению тематических карт паспортизации полей и хозяйств;

- с использованием ГИС создать интерактивный интерфейс для выбора объектов обработки.

- *во второй очереди ПО* - считать файлы DEM территории АВП и, используя надстройки ГИС, построить высотную карту АВП и на ее основе рассчитать средние уклоны и экспозицию полей во всех хозяйствах АВП. Эта информация необходима для построения оптимальных схем орошения полей;

- разработать средствами ГИС трехмерную модель расчета климатических параметров для любой точки региона, покомандного имеющимся гидрометеорологическим станциям.

- *в третьей очереди ПО* - разработать интерактивный интерфейс размещения с/х культур на полях хозяйств;

- разработать ГИС - выдачу оптимизированной схемы размещения посевов.

По пункту **Орошение** необходимо:

- *в первой очереди ПО* - создать блок обработки оперативной информации по УГВ (данные пьезометрических скважин);

- создать блок расчета декадных расходов воды в каналах оросительной системы АВП и итоговых расходах на отводах магистрального канала на основе гидромодульного нормирования оросительной воды по с/х культурам.

- *во второй очереди ПО* - разработать альтернативный подход к определению потребности сельхоз. площадей в оросительной воде: гидромодульное районирование, моделирование водопотребления на конкретном поле (CROPVAT);

- разработать блок расчета ущерба в урожае от водных стрессов (по имеющимся алгоритмам).

- *в третьей очереди ПО* – реализовать алгоритм водоподачи, учитывающий элементы техники полива и, в конечном итоге, рассчитывающий режим работы магистрального канала в попентадном режиме;

- разработать блок оптимизации расходов в каналах оросительной системы АВП, используя пропускную способность, КПД каналов, лимитирование и график подачи воды из магистрального канала.

По пункту **Рекультивация земель** необходимо:

- *в первой очереди ПО* - определить критерии необходимости построения открытого и закрытого дренажа, закладки скважин вертикального дренажа;

- определить критерии применения планировки и глубокого рыхления.

- *во второй очереди ПО* - разработать блок проектирования и стоимостной оценке построения закрытого и открытого дренажа, закладки скважин вертикального дренажа;

- разработать блок проектирования и стоимостной оценке планировки и глубокого рыхления.

По пункту **Агрономия** необходимо:

- *в первой очереди ПО* - составить типовые технологические карты основных с/х культур в зональной привязке;

- собрать и поместить в БД для выбранных основных с/х культур рекомендуемую температуру сева (пороговую температуру) и суммы эффективных температур. Для озимых с/х культур определить сумму эффективных температур на момент перехода растений в зимнюю спячку;

- описать методику определения потерь урожая в связи с различными технологическими факторами – болезни, вредители, сорняки, обеспеченность с/х техникой и трудовыми резервами, правильность обработки почвы, наличия гипсовых прослоек и т.п.

- *во второй очереди ПО* - составить типовые технологические карты основных с/х культур в привязке к типам почв и климатическим данным;

- реализовать алгоритм расчета реально возможного урожая в зависимости от характеристик состояния почвы по гумусу, фосфору, азоту, калию и водообеспеченности;

- создать программный блок, рассчитывающий по картам обеспеченности почв гумусом, фосфором, азотом и калием необходимое количество удобрений по требуемому уровню урожая.

- *в третьей очереди ПО* - ввести в справочники методику выбора оптимальной структуры посевных площадей для фермерских хозяйств с учетом правильных севооборотов, применения повторных (промежуточных) с/х культур с целью эффективного использования земельного фонда.

По пункту **Защита растений** необходимо:

- *в первой очереди ПО* - разработать методику мониторинга и оценки возможного ущерба урожая от болезней и вредителей (в рамках проекта WUFMAS проводились аналогичные работы).

- *во второй очереди ПО* - создать блок оптимизированного выбора стратегии защиты растений с указанием хим.препаратов, их доз и сроков обработки посевов, а также стоимости работ.

По пункту **Экономика** необходимо:

- *в первой очереди ПО* - разработать блок программного подключения к биржевым сайтам Интернета и на основании информации из интернета прогнозировать цены на комплектующие и продукцию с/х производства;

- создать ценовые справочники в привязке к районам расположения АВП;

- разработать (или взять у сторонней организации) пособие по составлению бюджета фермерского хозяйства.

- *во второй очереди ПО* - разработать блок прогнозирования региональных и локальных цен на перспективу. Данный пункт весьма сложен даже для устоявшихся рыночных отношений, тем более сложность прогнозирования цен возрастает для стран с переходной экономикой. Потому в первой версии программы следует реализовать алгоритм, отслеживающие лишь тенденции изменения цен.

- *в третьей очереди ПО* – Завершить блок прогноза цен комплектующие с/х производства и продукцию основных с/х культур.

По пункту **Комплексный анализ** необходимо:

- *в первой очереди ПО* - создать оптимизационный блок подбора условий с/х производства, при которых может быть получен максимальный урожай при минимальных затратах при фиксированных посевных площадях и с/х культурах, выбранных для возделывания. Отправным моментом принимаются стартовый капитал, состояние почв, состав культур, посевные площади, водный режим, прогноз цен. Варьируются удобрения, химикаты.

- *во второй очереди ПО* - создать оптимизационный блок подбора условий с/х производства, при которых может быть получен максимальный урожай при минимальных затратах при фиксированных с/х культурах, выбранных для возделывания. Отправным моментом принимаются стартовый капитал, состояние почв, состав культур, водный режим, прогноз цен. Варьируются удобрения, химикаты, посевные площади.

- *в третьей очереди ПО* – создать оптимизационный блок подбора условий с/х производства, при которых может быть получен максимальный урожай при минимальных затратах при фиксированных посевных площадях. Отправным моментом принимаются стартовый капитал, состояние почв, посевные площади, водный режим, прогноз цен. Варьируются удобрения, химикаты, с/х культуры;

- создать оптимизационный блок подбора условий с/х производства, при которых может быть получен максимальный урожай при минимальных затратах. Отправным моментом принимаются стартовый капитал, состояние почв, водный режим, прогноз цен. Варьируются удобрения, химикаты, с/х культуры, посевные площади.

По пункту **Юридическая поддержка** необходимо:

- *в первой очереди ПО* - либо подобрать программу с законодательными документами, регламентирующими деятельность с/х производителей, либо создать такую базу в рамках проекта.

- *во второй очереди ПО* - обобщить опыт работы юристов по возникавшим в их практике вопросам, касающимся с/х производителей и внести в справочник. Создать интерфейс для пользования таким справочником;

- разработать легальные способы минимизации налогов.

Заключение

Автор отдает себе отчет в том, что далеко не все проблемы будут решены Вычислительным Комплексом. Однако, совершенно очевидно, что разрыв между наработками НИИ и фермером следует сокращать. И сокращать следует системно, с применением современных технологий. Сегодня ситуация в НИИ мало в чем изменилась. Но кардинально изменилась экономическая модель среды обитания. Фермеру следует дать удобный и простой в использовании инструмент.

Данный проект должен быть сугубо технологическим, Вычислительный Комплекс должен иметь открытую архитектуру, дружественный интерфейс и развитую систему помощи.

Необходимо выработать стандарт по данным и интерфейсу для включения в комплекс новых алгоритмов. Это позволит включать в комплекс наработки третьих лиц и организаций.

По завершении разработки ПО было бы целесообразно на имеющейся технической базе проекта организовать предприятие по:

- сопровождению вычислительного комплекса
- разработке и включению в комплекс новых алгоритмов
- внедрению комплекса в заинтересованные АВП или хозяйства

Созданный Вычислительный комплекс связан с определенными технологическими приемами земле и водопользования и должен рассматриваться как единое целое с предлагаемой им технологией сельхозпроизводства. При некоторых доработках (пересоздание юридического блока и перевод интерфейса на язык страны адаптации) может быть использован в любой стране с орошаемым земледелием (Афганистан, Пакистан, Африканский континент), что может превратить проект в коммерческий.

Использованная литература

- 1 Бондаренко И.Ф., Жуковский Е.Е. Моделирование продуктивности агросистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 264 с.
- 2 Воскресенская Н.П. Фотосинтез и спектральный состав света. М.: “Наука”, 1965.
- 3 Галямин Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 272с.
- 4 Горбачёв Р.М. Разработка вопросов эффективности переустройства ГМС в нижнем течении Амударьи // Научн. техн. отчет САНИИРИ, № 5258. – 1960. – 130 с.
- 5 Гоголев М.Н., Щуклин В.П. Контроль орошаемых земель степной зоны при программировании урожаев сельскохозяйственных культур // Научн.тр./ ВАСХНИЛ. – 1985. - № 6. – С.39-41.
- 6 Духовный А.В. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. М.: Колос, 1981. – 107 с.
- 7 Егоров В.В. Единство материального и энергетического в плодородии почв // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1986. - № 11. – С.33-36.
- 8 Легостаев В.М. Мелиорация засоленных земель. – Т.: Госиздат УзССР, 1959. – 160 с.
- 9 Нерозин С.А. Анализ продуктивности земли и воды. / Сб. Управление орошением для борьбы с процессами опустынивания в бассейне Аральского моря. Изд-во НИЦ МКВК. Ташкент, 2005.
- 10 Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе “растение – почва – воздух”. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 385 с.
- 11 Платонов В.А., Чудновский А.Ф. Моделирование агрометеорологических условий и оптимизация агротехники (АСУ ТП в земледелии). – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 260 с.
- 12 Полуэктов Р.А. Имитационные модели продуктивности агроэкосистем // Научн. тр. / АФИ. Л., 1979. – С.14-23.
- 13 Подольский А.С. Фенологический прогноз. – М.: Колос, 1974. – 120 с.
- 14 Практическое руководство по интенсивной технологии возделывания риса. Государственный Агропромышленный комитет СССР.- Москва, 1986
- 15 Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
- 16 Справочник. Программирование продуктивности полевых культур / Каюмов М.К. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
- 17 Стулина Г.В. Рекомендации по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур. – Ташкент, 1990.
- 18 Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 164 с.

- 19 Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеиздат, 1977.
- 20 Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
- 21 Уразбаев И.У., Ли В.Н. Гумус как критерий бонитировки почв // Тез. докл. VII съезда Всесоюз. общ-ва почвоведов. – Ташкент, 1985. – С.80.
- 22 Усманов В.О., Инченкова О.П., Чолпанкулов Э.Д. Последствия изменения климата для сельского хозяйства и возможные меры адаптации. Изд-во Центра гидрометеорологической службы при кабинете Министров республики Узбекистан, Бюллетень, выпуск № 7. Ташкент, 2008. С. 23-25.
- 23 Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Изд-во «VORIS-NASHRIVOT», Ташкент, 2007.
- 24 Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические основы программирования урожая. – Л.: Гидрометеиздат”, 1980. – 316 с.
- 25 Юлдашев Х. Люцерна. “Мехнат”. Ташкент. - 1990.
- 26 Cooke G.W. Fertilising for maximum yield. London. – 1982. - 453 p.
- 27 Witt C.T. de. Transpiration and crop yields. – Agr. Res.Rep. - 1958. – P.87.

Подготовлено к печати в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, массив Карасу-4, д. 11
Тел. (998 71) 265 92 95, 266 41 96
Факс (998 71) 265 27 97
Эл. почта: dukh@icwc-aral.uz; dukh@rol.uz;

Верстка: Беглов И.Ф.

Обработка графики: Грачев Е.Д.