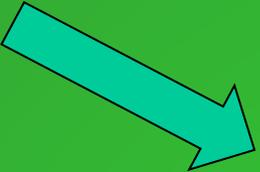
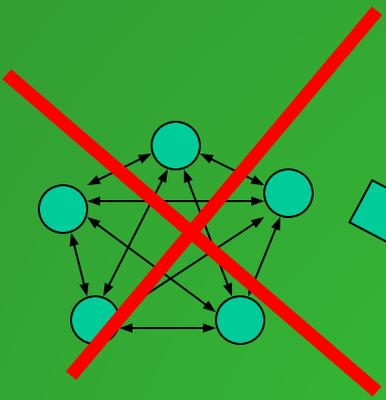


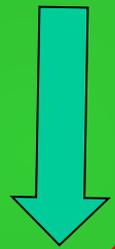
*Лекция 1*

**СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ  
ПРОИЗВОДСТВЕ**

**УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ  
КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО УРОВНЮ СЛОЖНОСТИ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТА КАК СИСТЕМЫ  
ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ  
УРОВНИ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
РАСТЕНИЙ**



**ОПТИМАЛЬНОЕ  
РЕШЕНИЕ**



**УПРАВЛЕНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВОМ**

# **ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

- **ПЛАНИРОВАНИЕ**
- **МОНИТОРИНГ**
- **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

# **УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ**

- **Декларативные знания**
- **Интегрированные банки данных  
(малопараметрические модели)**
- **Базовые модели**

# УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ

## Декларативные знания



Локальный  
агромониторинг

Производственно-  
экспертные системы

Прогнозы и  
рекомендации

опытные  
поля

Производственные  
участки



# УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ

## Интегрированные банки данных



# УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ

## Базовые модели



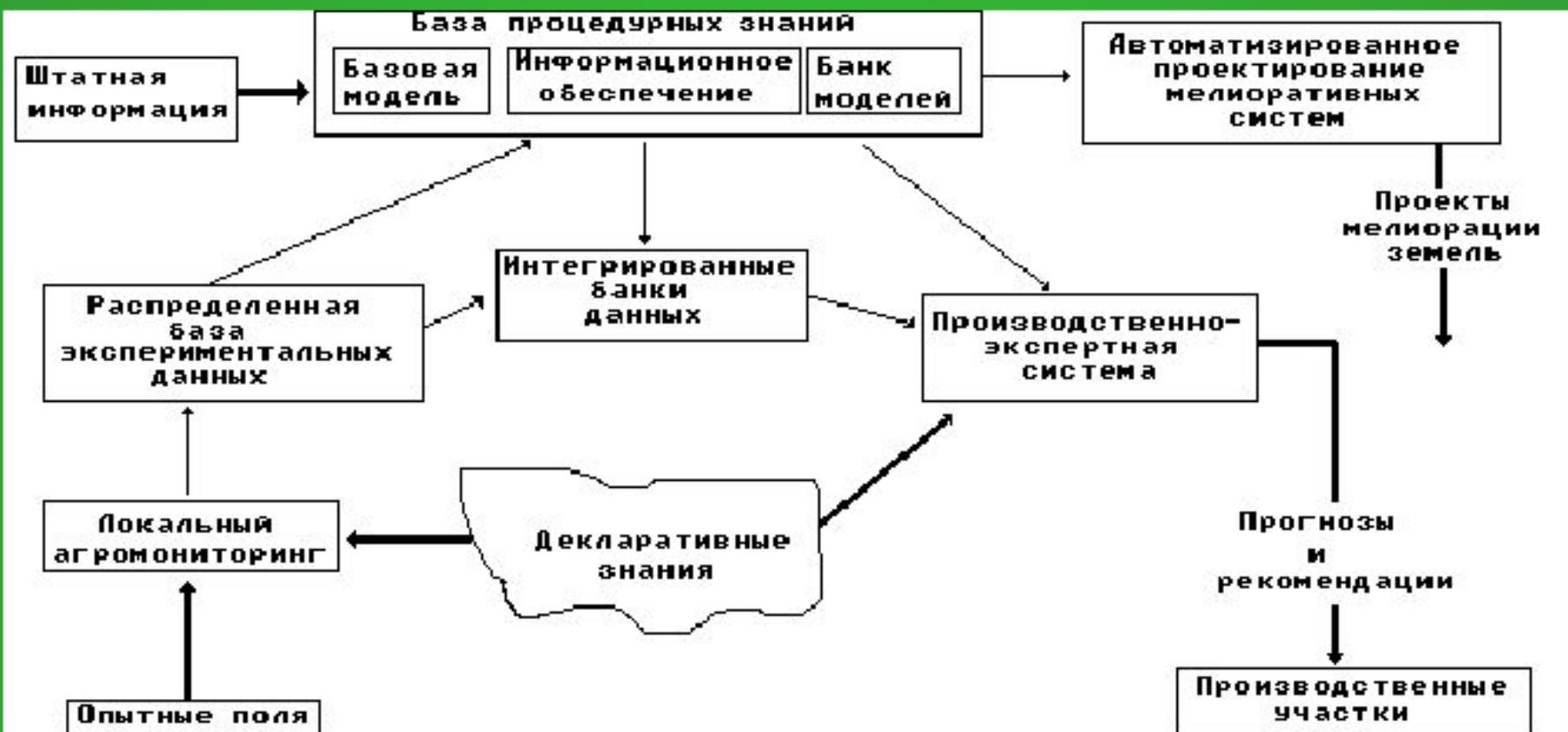


Рис.1. Схема поддержки решений при управлении агроэкосистемами  
(по Р.А.Полузэктову, 1991)

- **МОДЕЛЬ** – это все, что похоже на данный предмет, выполняет основные его функции, но им не является.

# **КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО УРОВНЮ СЛОЖНОСТИ**

- **Вербальные**
- **Табличная и графическая информация**
- **Регрессионные модели**
- **Базовые модели**

# ВЕРБАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

*описывают какой-либо процесс словами.*

— Расчеты по такой модели не проводятся, так как отсутствуют числовые параметры,

+ но она позволяет сформулировать задачи для дальнейших исследований.

*Например: "При внесении избыточных доз азотных удобрений возможно полегание посевов зерновых, усиление вредоносности группы сосущих вредителей, удлинение периода вегетации культуры и накопление нитратов и нитритов в продукции выше ПДК".*

# ТАБЛИЧНАЯ И ГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Уровень моделирования, *отражающий в таблицах, графиках, диаграммах, номограммах результаты эксперимента.*

- невозможность расчета не изучавшихся значений фактора
- нет гарантии аналогичного результата в других условиях

+ Наглядность

Урожайность соломы льна в зависимости от дозы удобрений и осадков

Доза удобрений ц/га	Осадки, мм			
	60	80	100	120
0	25	30	35	40
2	31	36	41	46
4	37	42	47	52
6	43	48	53	58

А

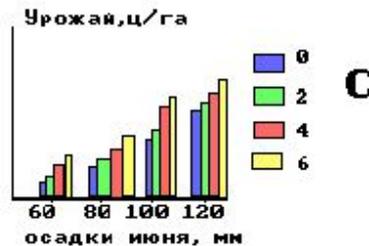
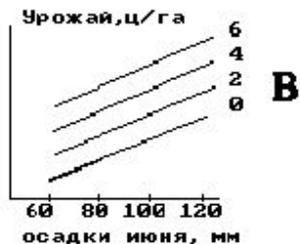


Рис.2. Представление информации в виде таблицы (А), линейного графика (В) и столбчатой диаграммы (С) (по Б.А.Доспехову).

# РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ

Этот тип моделей определяет *количественную или качественную связь изучаемого параметра с влияющими на него факторами.*

$$Y = 10 + 3X + 0,25Z,$$

где  $Y$  – урожайность соломы льна, ц/га;  
 $X$  – доза удобрений, ц/га;  
 $Z$  – сумма осадков июня, мм

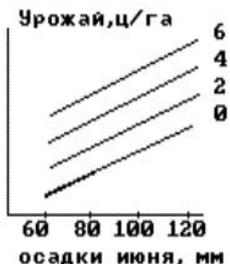
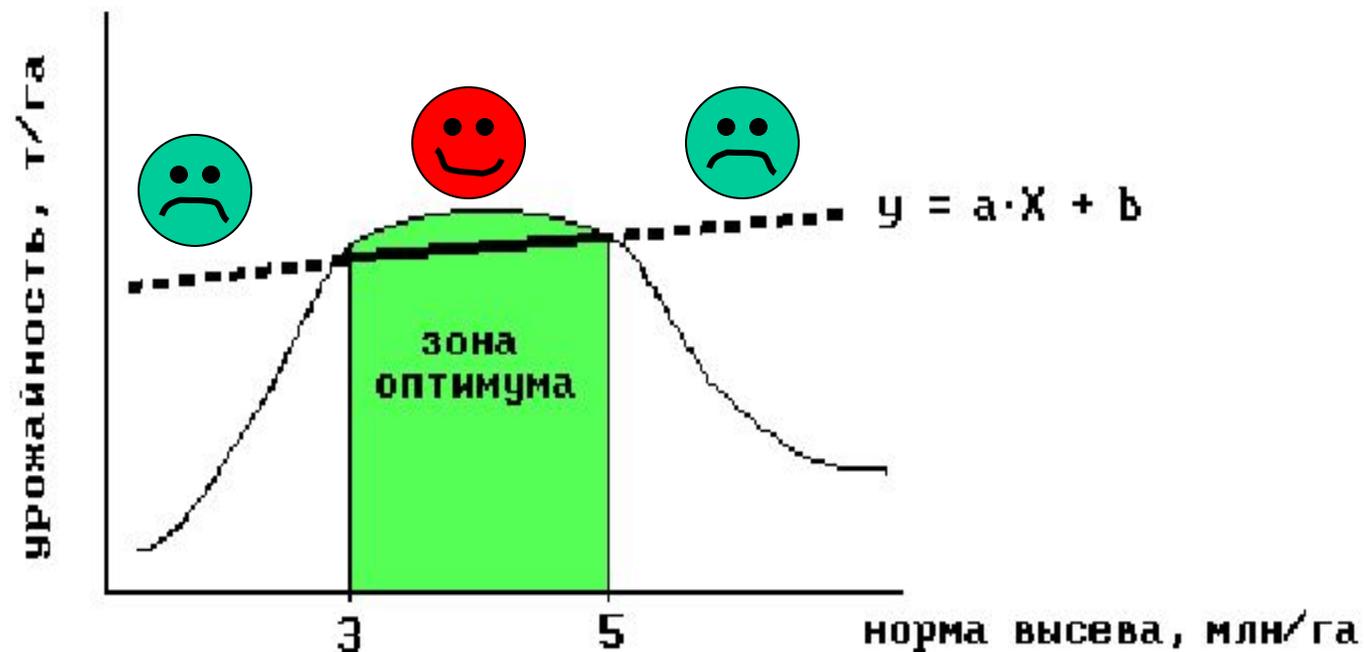


Рис.3. Пример многофакторной регрессионной модели (по Б.А.Доспехову).

- «жесткость» модели при экстраполяции
- + расчет при промежуточных значениях фактора



- — уравнение зависимости урожайности от нормы посева
- - - -** — экстраполяция уравнения

Рис.4. Выход за зону оптимума линейного графика, приводящий к погрешности работы регрессионной модели (Ориг.).

# БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ

В основу при их разработке положено *математическое описание теоретических представлений о механизмах происходящих в природе процессов.*

$$C = C_s \cdot P_s + C_w \cdot W$$

где  $C$  – теплоемкость почвы, кал/см<sup>3</sup>·К  
 $C_s$  – теплоемкость почвенного скелета, кал/см<sup>3</sup>·К  
(меняется в зависимости от механического состава почвы)  
 $P_s$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>  
(меняется в зависимости от обработки почвы и времени)  
 $C_w$  – теплоемкость почвенного раствора, кал/см<sup>3</sup>·К  
(меняется в зависимости от концентрации растворенных солей и во времени)  
 $W$  – влажность почвы, доли единицы  
(меняется во времени, в зависимости от осадков и развития корневой системы)

Рис.5. Пример расчета блока теплоемкости почвы в базовой динамической модели (по Р.А.Полузэктову).

- сложность разработки
- сложность применения
- + динамические
- + возможность совершенствования
- + возможность вставки новых модулей без нарушения общей структуры

Итак, вербальные модели не позволяют сделать расчет, табличная и графическая информация только констатирует факт, не позволяя делать расчеты и прогнозы, многофакторные регрессионные модели могут делать расчет, но слишком "жестко" привязаны к конкретным условиям, базовые динамические модели, хотя и "гибкие", но сложны в разработке и производственном использовании. Где же выход?

Выход, может, и не идеальный, но вполне приемлемый, был найден А.С.Образцовым (1990) в форме **ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ**, основанных на **СИСТЕМНОМ МЕТОДЕ**.

# СИСТЕМА И СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*СИСТЕМА* - это любая целостная совокупность элементов, находящихся во взаимодействии, объединенная в единое целое и способная выполнять заданную функцию. Следовательно, любая система характеризуется *составом, структурой* и *функцией*.

*Поиск и реализация в компьютерном варианте закона функционирования системы является задачей СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.*

# **СОСТАВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

**Коммерческая  
служба**

**Экономическая  
служба**

**Руководитель**

**Зооветеринарная  
служба**

**Строительная  
служба**

**Агрономическая  
служба**

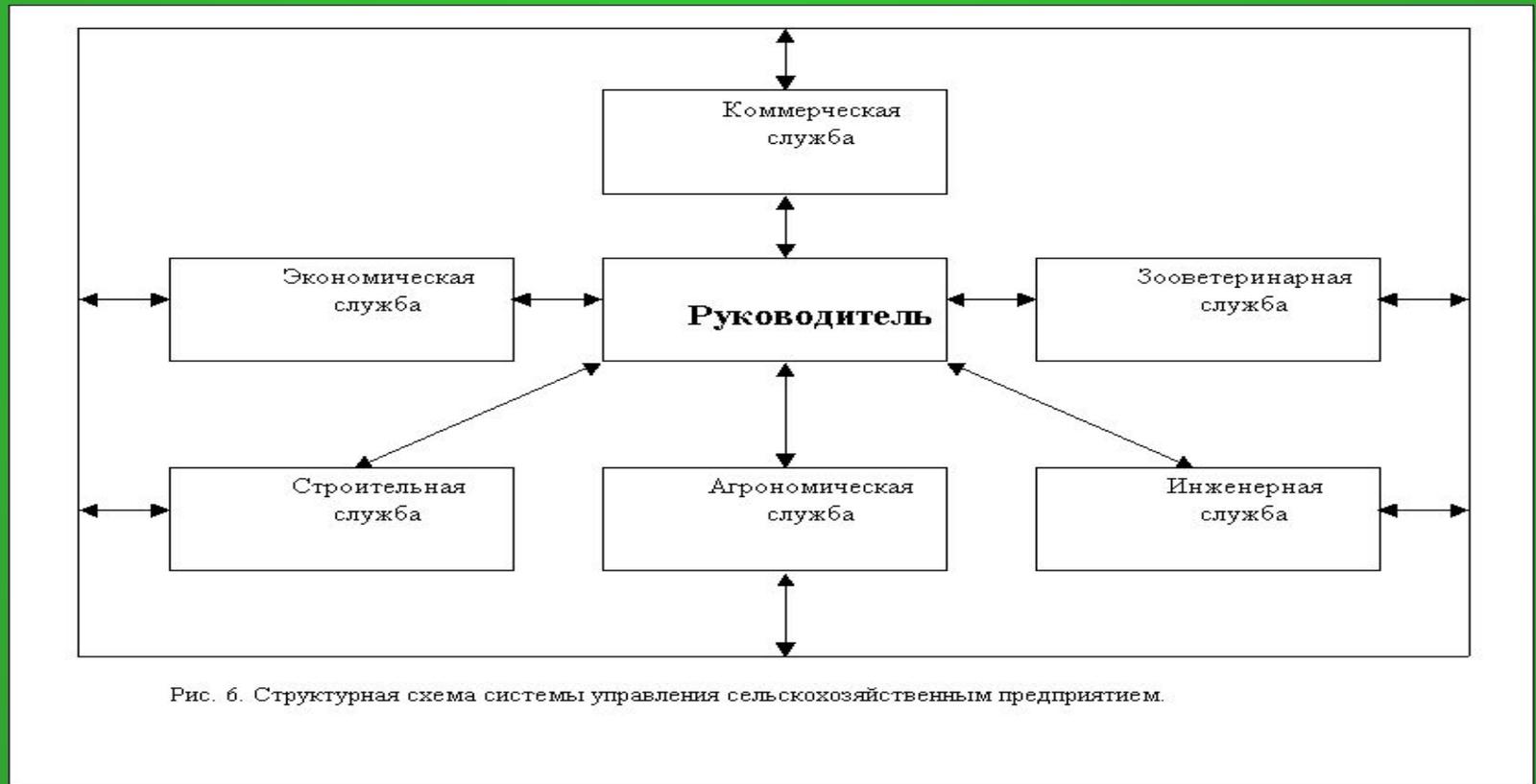
**Инженерная  
служба**

# СТРУКТУРА

## СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Все компоненты взаимодействуют с той или иной силой зависимости между собой по принципу **ОБРАТНОЙ СВЯЗИ**, то есть изменение параметров одного из компонентов ведет за собой изменение других и наоборот. Эти связи образуют **СТРУКТУРУ** системы.



# СТРУКТУРА АГРОНОМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Агрономическая служба – руководитель. Руководитель хозяйства обеспечивает общую направленность работы службы, например, производство семян рапса для получения масла. Агрономическая служба, в свою очередь, рассчитывает необходимую для этого проектную документацию и представляет ее на рассмотрение руководителя.

Агрономическая служба – экономическая служба. Технологическая документация передается экономической службе для экспертизы на рентабельность, а та возвращает заключение на принятие к исполнению или корректировку.

Агрономическая служба – инженерная служба. Если экономисты считают целесообразным и выгодным производить семена рапса, то агрономическая служба передает сведения о необходимом техническом обеспечении производства инженерной службе, которая, производит закупку или, при отсутствии заявленной машины, дополнительно согласует с агрономами замену ее на аналог.

Агрономическая служба – строительная служба. Первая дает заявку второй на строительство новых или реорганизацию существующих производственных помещений, а строители, в свою очередь выполняют работы или согласуют с агрономами возможные варианты помещений при невозможности полного удовлетворения заявки.

Агрономическая служба – зооветеринарная служба. Агрономическая служба дает зооветеринарной сведения по объемам побочной продукции, которую планируется использовать в животноводстве и получает заключение о возможности использования.

Агрономическая служба – коммерческая служба. Полученные семена рапса, о валовом сборе которых сообщает агрономическая служба, надо реализовать. Этим и занимается коммерческая служба, которая, в свою очередь, заключает контракты на объем заказа перерабатывающих предприятий и сообщает о состоянии на рынке агрономической службе.

# **ФУНКЦИЯ**

## **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

### **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

**Закон, по которому работает данная система и который в системном моделировании называется**  
**ФУНКЦИЕЙ СИСТЕМЫ.**

**Этот закон должен описывать всю структуру системы и быть способным прогнозировать, как изменится работа (функционирование) всей системы, если изменится количество или качество компонентов.**

**МОДЕЛЬ, ОПИСЫВАЮЩАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО ДОЛЖНА ИСКАТЬ  
ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ.**

**При логическом анализе системы для последующего моделирования необходимо учитывать системные принципы**

- 1. Взаимозависимость системы и внешней среды**
- 2. Целостность**
- 3. Структурность**
- 4. Иерархичность**
- 5. Множественность описания**

# Принцип *взаимозависимости системы и среды.*

- Система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой, являясь при этом ведущим, активным компонентом. Если взять наше гипотетическое предприятие, то на него воздействует в первую очередь экономическая обстановка: нет спроса на семена рапса – система функционирует в направлении снижения производства, а это поведет за собой повышение спроса, которое, в свою очередь, вызовет повышение производства и т.д.

## Принцип *целостности*.

- **Свойства всей системы нельзя сводить к свойствам суммы отдельных ее элементов. В нашем примере, изучая свойства агрономической службы нельзя судить о свойствах всего хозяйства поскольку при переходе к более высокому уровню возникают новые дополнительные свойства. Или  $2+2$  не равно  $4$  !**

# Принцип *структурности*.

- заключается в возможности описания системы через описание отдельных связей и соотношений входящих в нее элементов. Это служит основой так называемого *структурного моделирования*, когда описывается формулами не сразу вся система, как при множественном регрессионном анализе, а берется вначале два компонента и связываются между собой, затем берутся следующие два и так же связываются между собой и т.д. В дальнейшем одна взаимосвязанная пара связывается с другой.

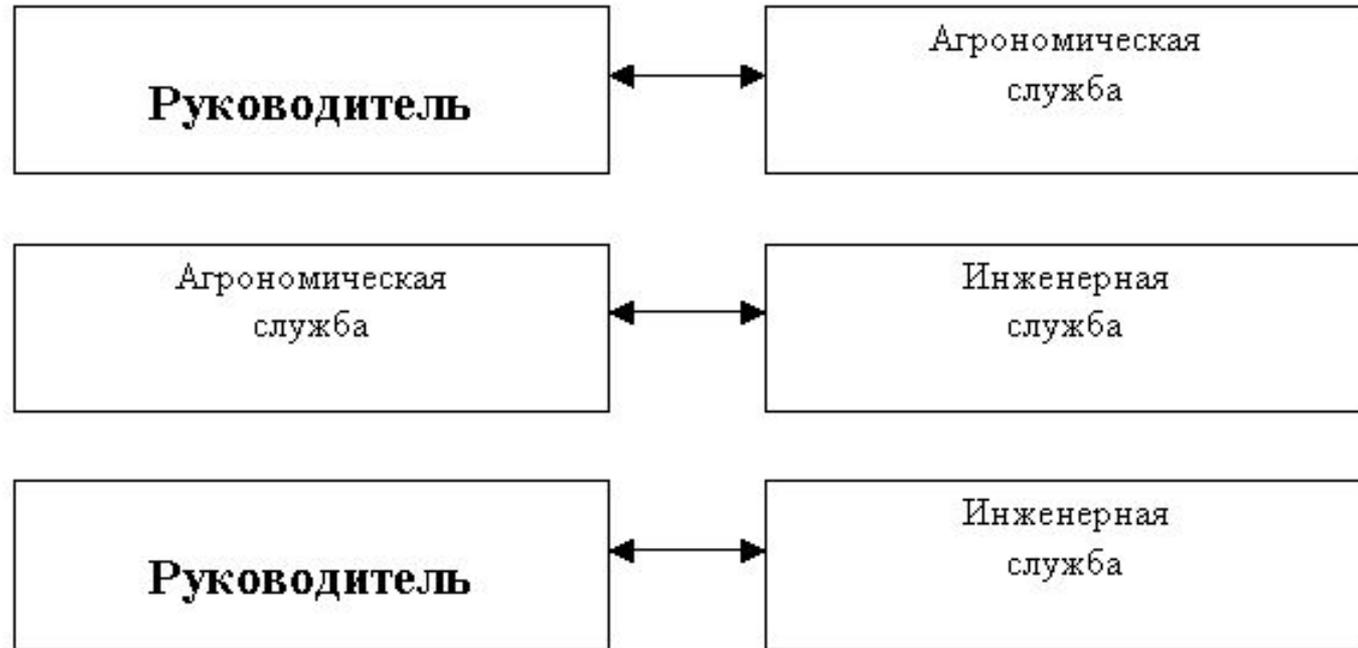


Рис. 8. Схематическая реализация принципа структурного моделирования.

# Принцип *иерархичности*.

- **Каждый компонент системы можно представить как систему более низкого уровня. Например, агрономическую службу как компонент системы сельскохозяйственного производства можно представить как систему более низкого уровня организации**

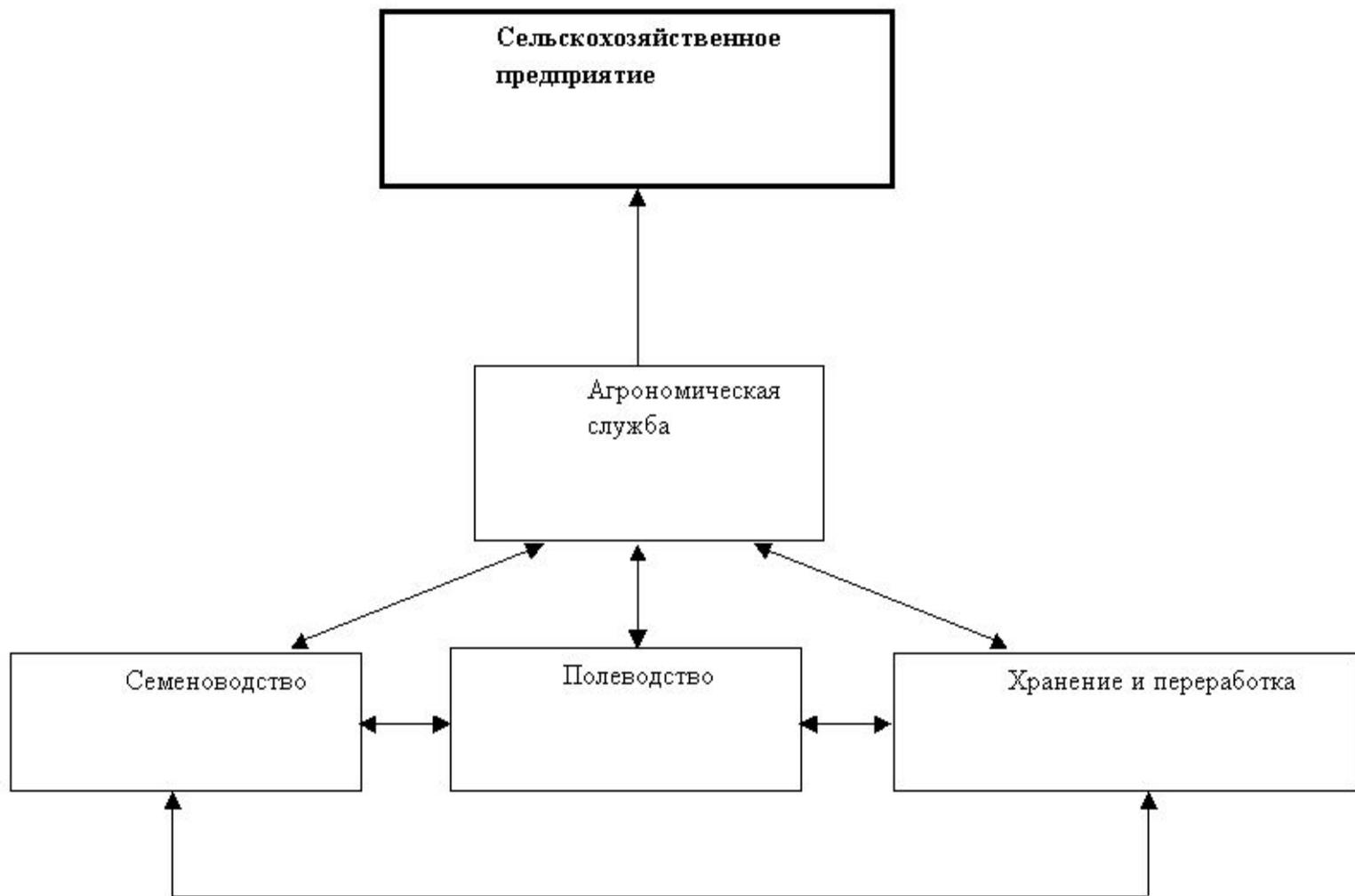


Рис. 9. Схематическая реализация принципа иерархичности.

# Принцип *множественности* *описания системы.*

- В связи с принципиальной сложностью системы ее адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает определенный аспект.

Эти принципы являются преимуществами структурного системного моделирования, в основе которого лежит описание вначале отдельных модулей общей модели, а затем связь модулей между собой

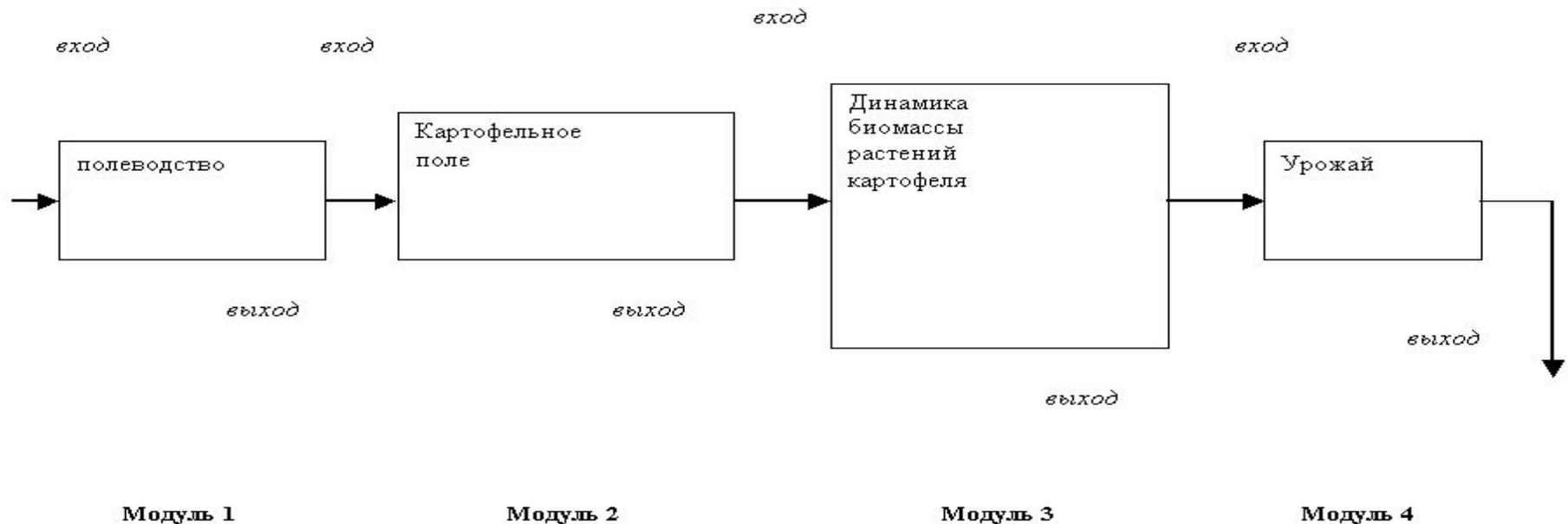


Рис. 10. Схема связи модулей модели продукционного процесса картофеля.

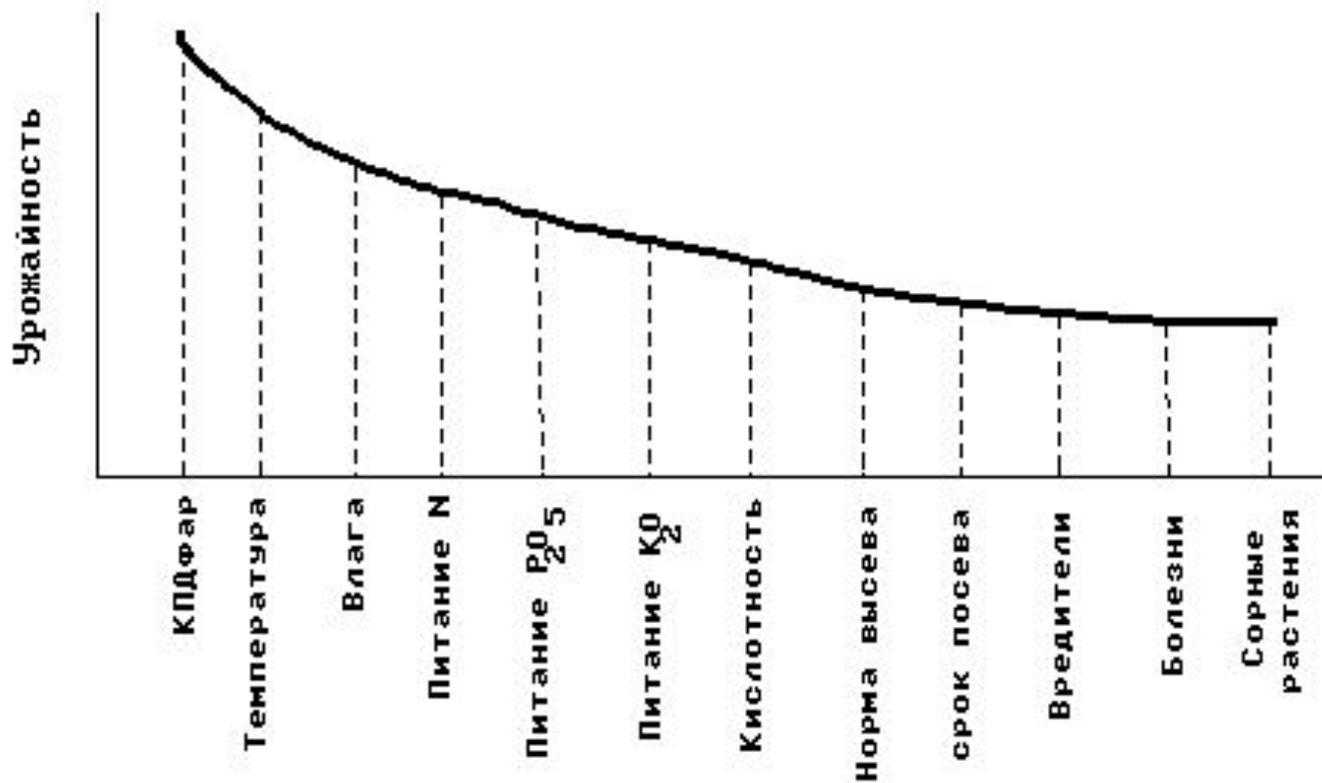
**Каждый модуль по мере накопления новых знаний может быть детализирован, то есть разбит на более мелкие, связанные между собой модули без изменения общего построения модели**

# ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ

Прежде, чем говорить о высокой или низкой урожайности, надо найти **объективный критерий для сравнения**. Этот критерий называется *потенциальная урожайность* (ПУ). Потенциальная урожайность определяется количеством поступающей на данной географической широте фотосинтетически активной радиации, которая принимает непосредственное участие в фотосинтезе, то есть процессе накопления биомассы.

**Если значение фактора выходит за зону оптимума, он становится лимитирующим, определяет уровень урожайности и заменить этот фактор другим нельзя**

**Рис.11. Зависимость снижения уровня урожайности от неоптимальности обеспеченности факторами (по И.А.Матаруевой, личное сообщение)**



*Производственная функция учитывает насколько фактическая обеспеченность фактором соответствует оптимальной и насколько снизится урожайность в случае значительного несоответствия.*

Функция оптимальности рассчитывается отдельно по каждому фактору с помощью малопараметрических регрессионных моделей, которые в общем виде представляют собой соотношение:

$$K_i = \frac{F_i \text{ факт.}}{F_i \text{ оптим.}},$$

**В общем виде производственная функция записывается следующим образом:**

$$Y = Y_q \cdot КПДфар \cdot \prod_{i=1}^n Ki,$$

# УРОВНИ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

- При разработке модели продукционного процесса основная проблема вызвана большим количеством факторов, которые необходимо включать в формулы.
- Одним из способов решения является применение принципов множественности описания системы и структурности.
- С этой целью выделяется четыре уровня продуктивности, каждый из которых служит базовым для следующего и включает один или несколько дополнительных факторов.

# Первый уровень продуктивности

характеризуется урожайностью,  
полученной при лимитирующем  
действии фотосинтетически активной  
радиации и температуры воздуха

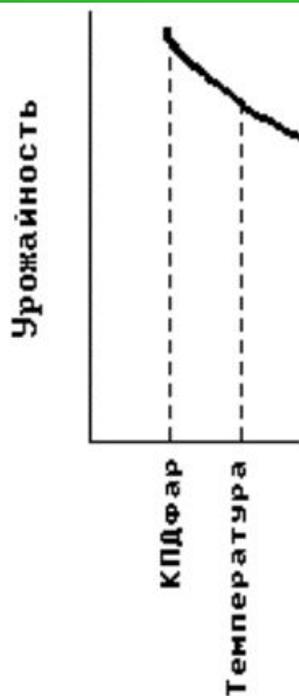


Рис.12. Факторы, определяющие первый уровень продуктивности.

# Второй уровень продуктивности

характеризуется урожайностью,  
полученной при лимитирующем  
действии фотосинтетически активной  
радиации, температуры воздуха и влаги

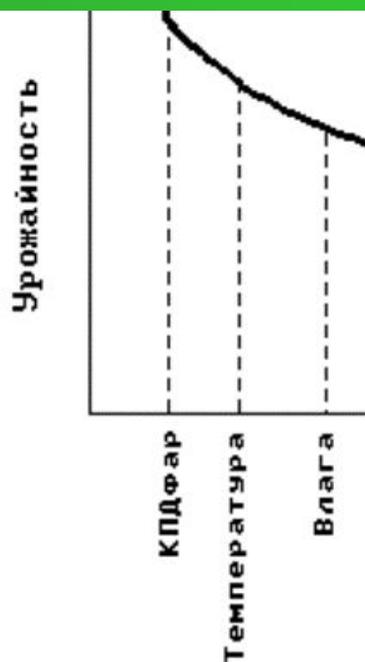


Рис.13. Факторы, определяющие  
второй уровень продуктивности

# Третий уровень продуктивности

характеризуется урожайностью, полученной при лимитирующем действии фотосинтетически активной радиации, температуры воздуха, влаги и азотного питания

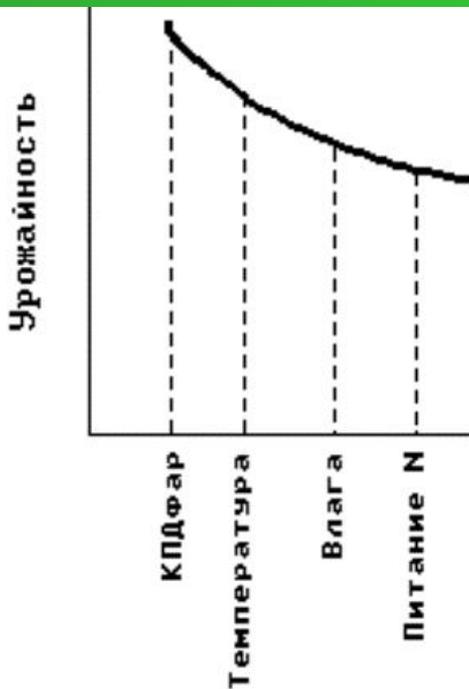
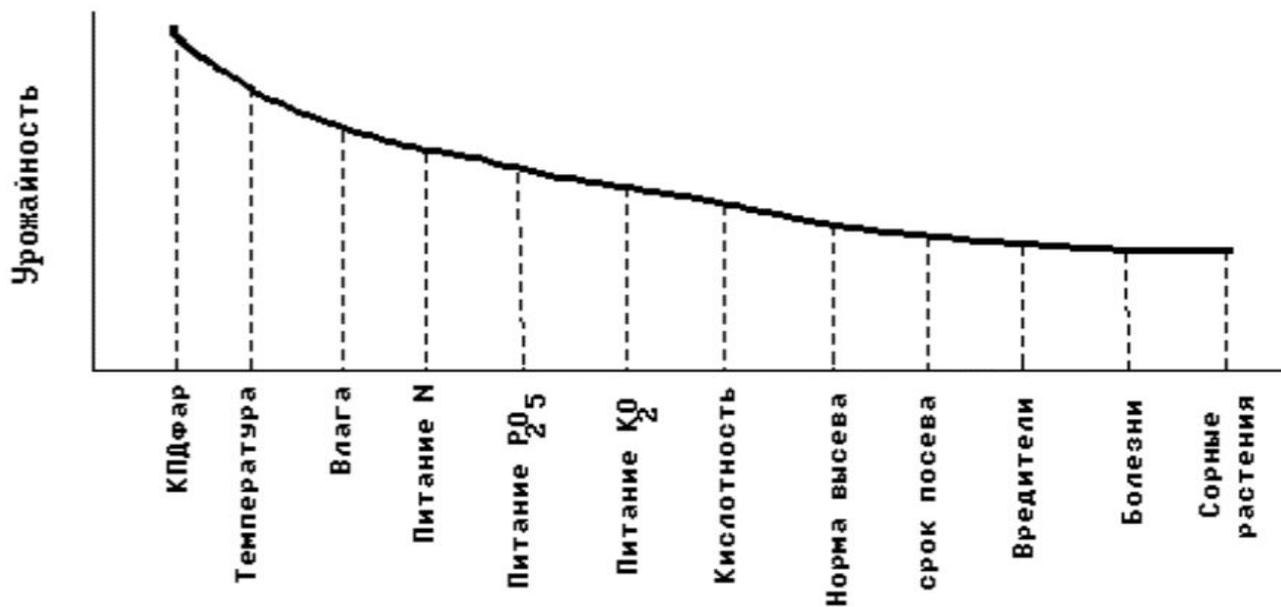


Рис.14. Факторы, определяющие третий уровень продуктивности

# Четвертый уровень продуктивности

характеризуется урожайностью, полученной при лимитирующем действии фотосинтетически активной радиации, температуры воздуха, влаги, N, P, K, вредоносных объектов и др.

Рис.11. Зависимость снижения уровня урожайности от неоптимальности обеспеченности факторами (по И.А.Матаруевой, личное сообщение)



**Благодарю за внимание!**