

# Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

*Найдина Т.А.*

## Актуальность темы

1. Ежегодное оперативное прогнозирование урожайности зерна озимой ржи в Калужской области для задач Росгидромета по динамической модели
2. За последние десятилетия наземные наблюдения значительно пополнились спутниковыми данными в виде вегетационных индексов NDVI озимых культур
3. Существует возможность оперативного получения спутниковых данных каждую декаду для использования в прогностических моделях

*Использование спутниковых данных позволяет увеличить количество измеряемых параметров в динамической модели формирования урожая зерна озимой ржи*

## *Цель работы*

*Разработка методики прогноза урожайности зерна озимой ржи в целом по Калужской области с использованием спутниковой информации*

## Входные спутниковые данные

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Измеряемые яркости каналов сканера MODIS:

*NIR* – ближнего инфракрасного (0,84 – 0,88 мкм)

*RED* – красного (0,62 – 0,67 мкм)

### Обоснование выбора NDVI озимых культур, полученных с сервиса ВЕГА

- 1) Достаточно высокое пространственное разрешение MODIS (до 250 м)
- 2) Получение и обработка NDVI осуществляется ИКИ РАН на единой методологической основе
- 3) Наличие непрерывного 22-летнего ряда наблюдений среднеобластных значений NDVI озимых культур по Калужской области
- 4) Возможность получения среднеобластного NDVI в оперативном режиме для использования при прогнозировании урожайности зерна озимой ржи

# Задача

Реализация динамической модели продукционного процесса озимой ржи в двух вариантах.

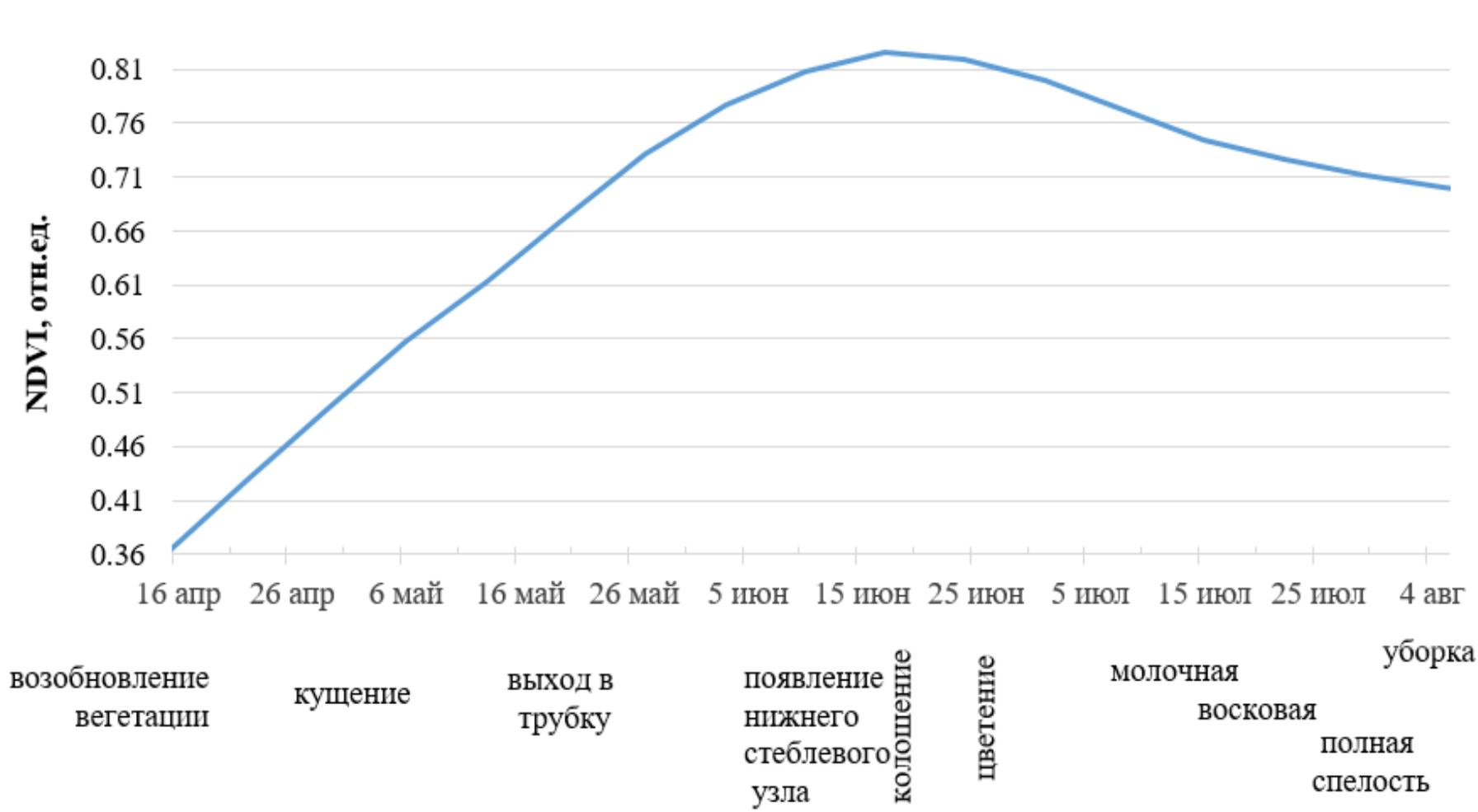
Для расчета интенсивности газообмена посевов использовать:

- только агрометеорологические данные
- агрометеорологические данные и значения вегетационного индекса NDVI озимых культур

Среда разработки – Lazarus (язык Free Pascal).

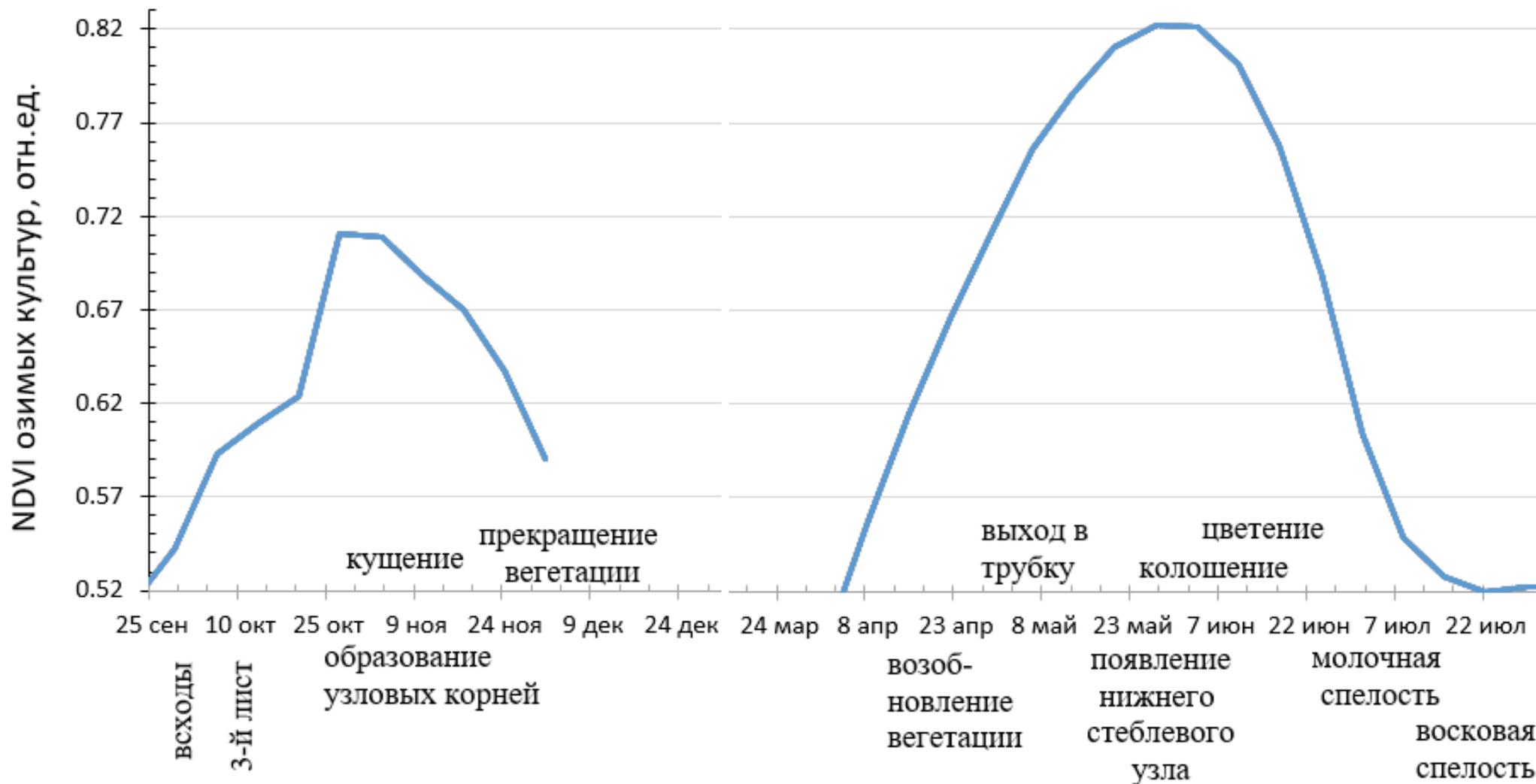
## Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

*NDVI озимых культур и фазы развития озимой ржи в Калужской области в 2021 г.*



## Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

*NDVI озимых культур и фазы развития озимой ржи в Брянской области в 2020 – 2021 гг.*



## Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

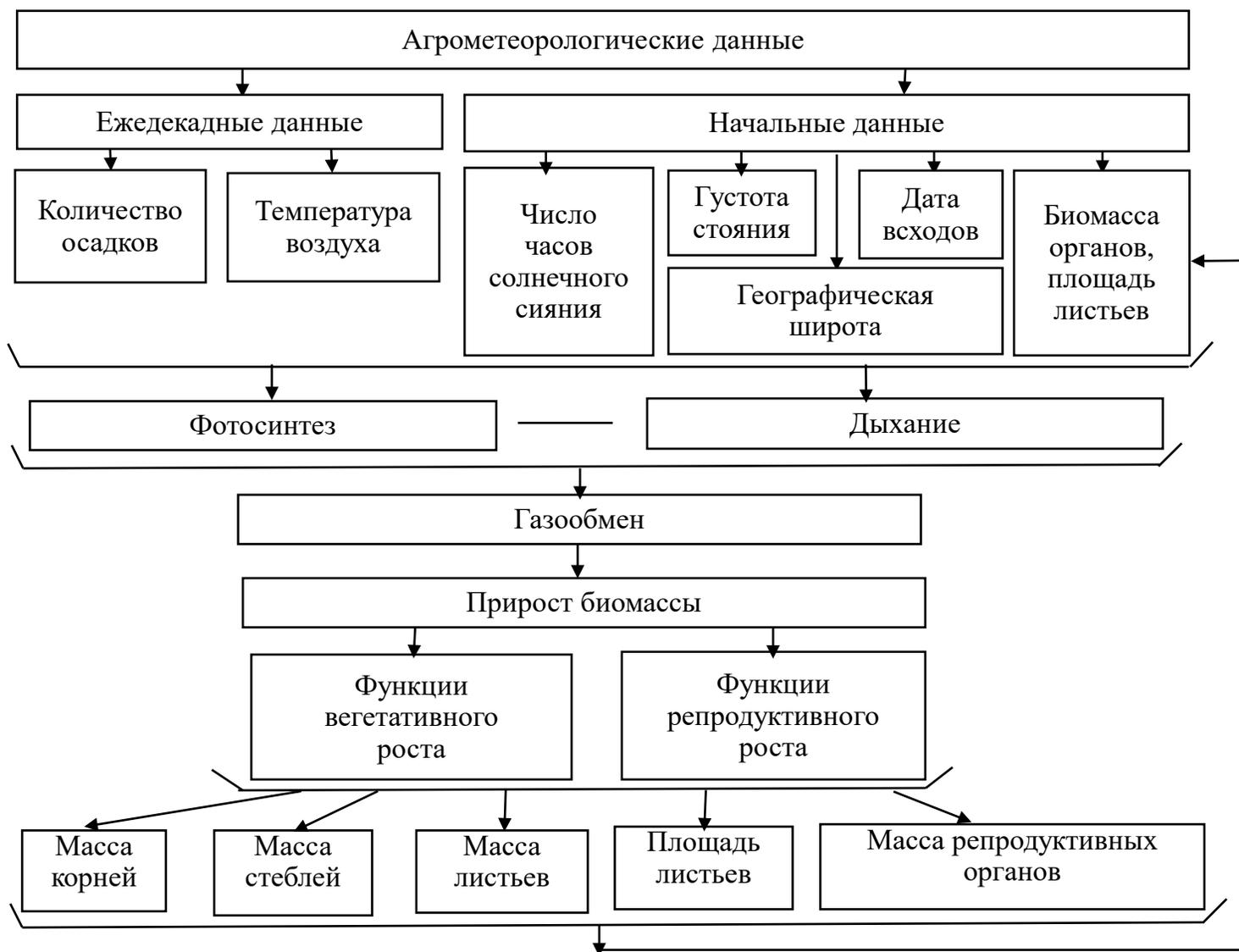


Схема динамической модели с использованием только агрометеорологических данных

## Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

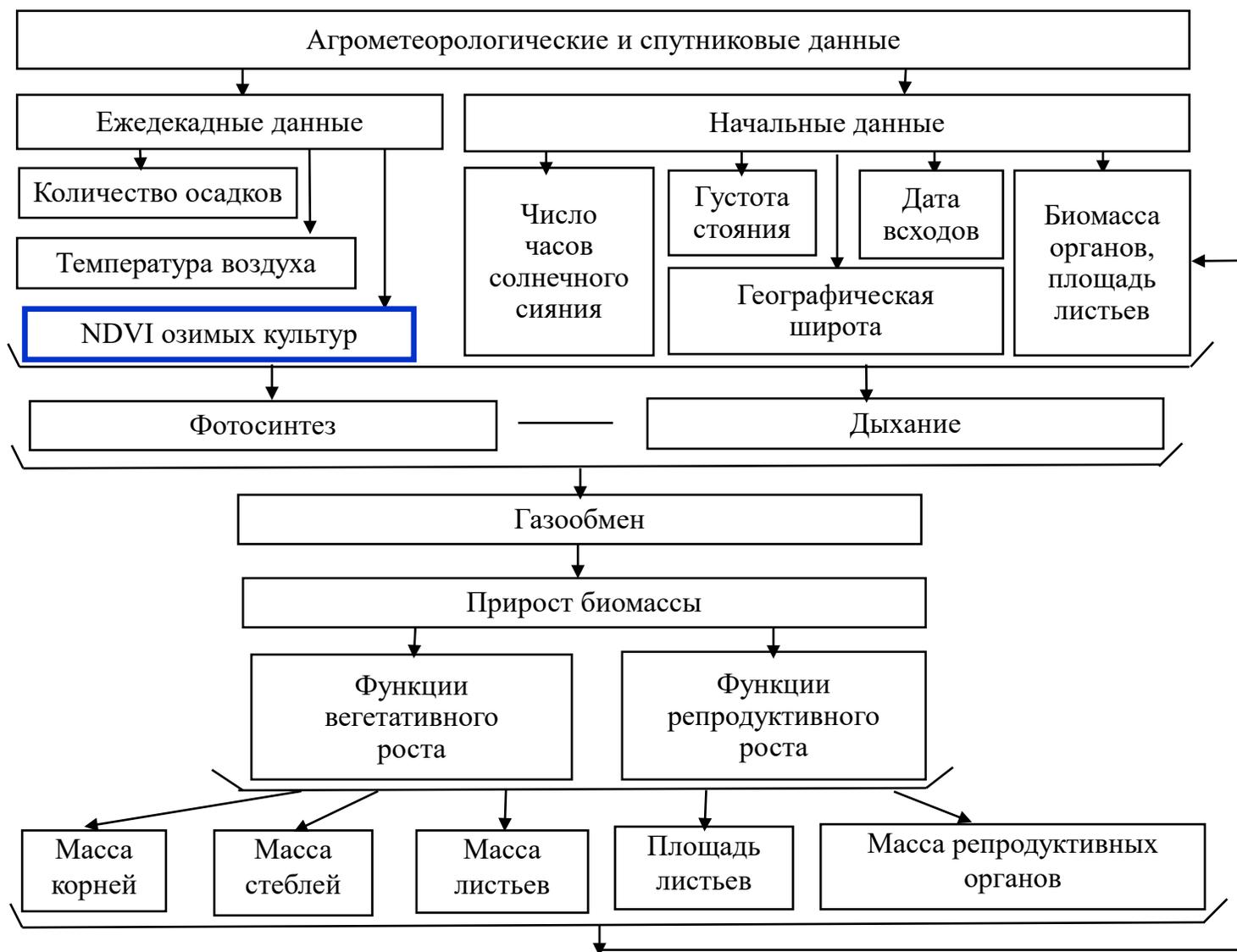


Схема динамической модели озимой ржи с использованием агрометеорологических и спутниковых данных

Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

Общий прирост биомассы  $\frac{\Delta M^j}{\Delta t} = P^j - R^j,$

Газообмен

Основные уравнения динамической модели биопродуктивности озимой ржи

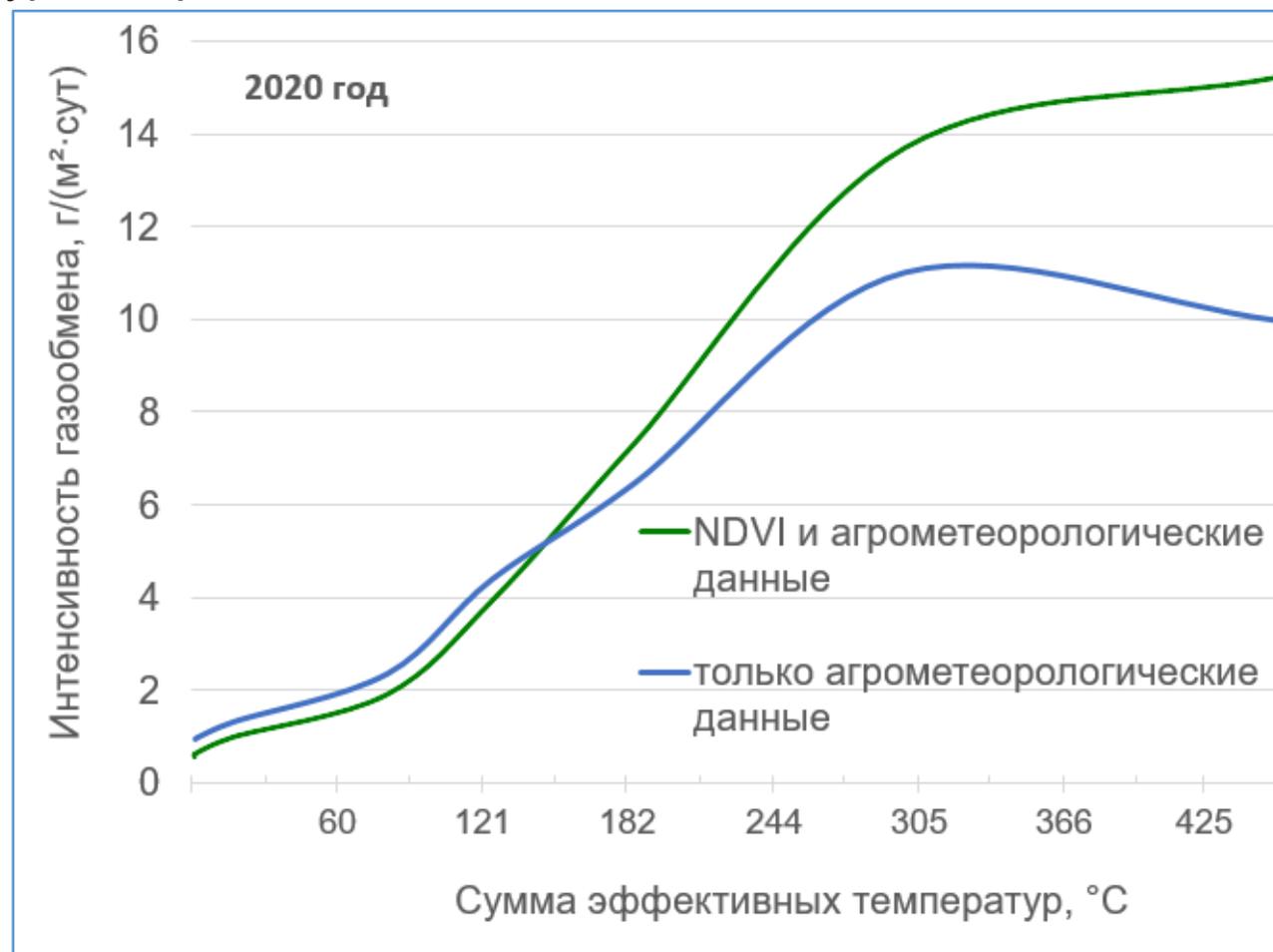
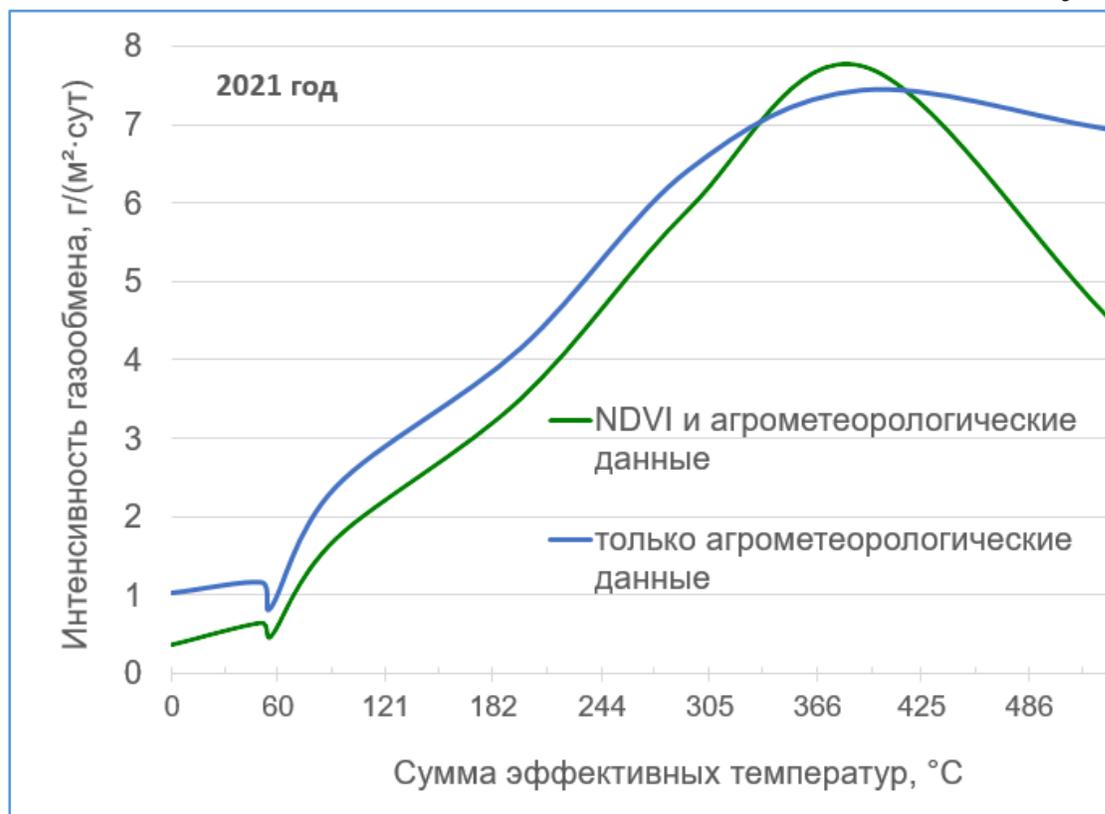
Суммарный фотосинтез  $P^j = \varepsilon \cdot P_0^j \cdot \alpha^j \cdot \psi^j \cdot \gamma^j \cdot L^j \cdot \tau^j$

Суммарное дыхание  $R^j = k_R^j (k_1 M^j + k_2 P^j)$  **NDVI**

$$\left. \begin{aligned} m_i^{j+1} &= m_i^j + \left( \beta_i^j \frac{\Delta M^j}{\Delta t} - \nu_i^j m_i^j \right) n \\ m_p^{j+1} &= m_p^j + \left( \beta_p^j \frac{\Delta M^j}{\Delta t} + \sum_i^{l,s,r} \nu_i^j m_i^j \right) n \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &i \in l(\text{листья}), \\ &r(\text{корни}), \\ &s(\text{стебли}), \\ &p - \text{початки}. \end{aligned}$$

## Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

### Использование NDVI озимых культур для расчета интенсивности газообмена



#### Преимущества использования NDVI:

- 1) NDVI – это измеренные данные
- 2) NDVI отражает закономерность роста растений: в начальный период скорость прироста биомассы низкая
- 3) NDVI – комплексный показатель, отражающий состояние посевов

Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи на примере Калужской области

## Результаты авторских испытаний, 2017 – 2021 гг.

Год	Факт, ц/га	Доверительный интервал, ц/га	Прогноз урожайности, ц/га		Ошибка прогноза, ц/га		Оправдываемость, %	
			NDVI и агрометеоданные	агрометеоданные	NDVI и агрометеоданные	агрометеоданные	NDVI и агрометеоданные	агрометеоданные
2017	19,1	±2,3	17,0	18,4	-2,1	-0,7	89,2	96,4
2018	18,1	±2,2	14,2	17,1	-3,9	-1,0	78,7	94,3
2019	15,8	±2,3	14,7	15,4	-1,1	-0,4	93,3	97,6
2020	21,9	±2,4	23,6	15,0	1,7	-6,9	92,2	68,5
2021	15,1	±2,6	14,9	19,2	-0,2	4,1	98,4	72,5
<b>Среднее значение</b>					<b>1,8</b>	<b>2,6</b>	<b>90,3</b>	<b>85,9</b>

# Результаты

*Средняя за 2017 – 2021 гг. относительная ошибка испытываемых прогнозов урожайности зерна озимой ржи для Калужской области*

- с использованием только наземной информации составила 14,1%*
- с использованием вегетационных индексов NDVI озимых культур для расчета интенсивности газообмена в модели составила 9,7%*

## *Выводы*

*Использование спутниковых данных в динамической модели биопродуктивности озимой ржи для прогнозирования урожайности является целесообразным*