

ралов сыграла агрессивная среда, созданная большим количеством навоза. Доза навоза в 80 т/га оказалась наиболее щадящей для минеральных зерен (в сравнении с контролем и дозой 160 т/га), в то же время её положительное влияние на состояние дерново-подзолистой почвы было весьма существенным.

### Список литературы

Бронникова М. А. Событие в микроморфологии почв: пособие по интерпретации микроморфологических признаков // Почвоведение. 2011. № 7. С. 894–898

Гагарина Э. И. Микроморфологический метод исследования почв. Изд-во СПбГУ. 2004. 155 с.

Герасимова М. И., Ковда И. В., Лебедева М. П., Турсина Т. В. Микроморфологические термины как отражение современного состояния исследований микростроения почв // Почвоведение. 2011. № 7. С. 804–817.

Добровольский Г. В. Микроморфологический контроль процессов освоения и окультуривания дерново-подзолистых почв Микроморфология антропогенно-измененных почв. М., 1988. С. 31–5.

Русанова Г. В. Микроморфология антропогенно-измененных почв. Екатеринбург. 1998. 160с.

Турсина Т. В. Микроморфология естественных и антропогенных почв. Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. М., 1988. 51 с.

Турсина Т. В., Морозова Т. Д. Основные этапы развития микроморфологии почв в России // Почвоведение 2011, № 7. С. 878–893.

УДК 631.171

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПОВ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЯ В РЕЖИМЕ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

*А. Г. Топаж, И. В. Опарина, Н. А. Глядченкова, Ю. С. Власов, Е. В. Тулин  
ГНУ АФИ Россельхозакадемии*

В статье представлена технология получения агрометеорологической информации, поставляемой автоматической агрометеорологической станцией (АМС) и ее использования для задач прогнозирования темпов развития растений и урожая в рамках системы **AGROTOOL, v.4**, включающая

- автоматизацию передачи метеоинформации, используя современные интернет-технологии в режиме удаленного доступа,
- разработку новой компьютерной программы, позволяющей осуществить выборку агрометеорологических параметров из файлов АМС и произвести их обработку и трансформацию в формат, используемый в моделях **AGROTOOL, v.4**,
- включение полученных данных в оперативную и стационарную БД **AGROTOOL, v.4** для информационного обеспечения задач моделирования и прогнозирования роста и развития растений.

**Ключевые слова:** динамическая модель, агрометеорологическая информация, интернет-технологии, удаленный доступ.

## Введение

Необходимой составляющей информационного обеспечения моделей продукционного процесса являются погодные условия. В связи с выбранным суточным шагом модели к этим условиям относятся суточные метеоданные. Всего на входе модели используются следующие метеопараметры: минимальная  $T_{min}$  и максимальная  $T_{max}$  температура воздуха, минимальная относительная влажность воздуха  $Q_{min}$ , суточная сумма осадков  $Pr$ , скорость ветра  $u$  и приходящая к посеву радиация  $R_{crop}$ . Последняя величина или измеряется, или оценивается на основании тех или иных косвенных показателей (облачность, продолжительность солнечного сияния и т.д.) Для задач прогнозирования темпов роста и развития сельскохозяйственных растений основополагающим моментом является доступность и оперативность вышеперечисленной метеоинформации [1]. Наличие автоматической агрометеорологической станции (АМС), предназначенной для сбора и архивирования первичных данных измерений, привело к постановке и решению задачи оперативного использования этих данных путем их обработки и включения в модели продукционного процесса с помощью современных интернет-технологий.

### Объекты и методы

Объектом исследования является информационное обеспечение динамических систем «почва – растительный покров – приземный воздух», которое представляет собой результаты измерений агрометеорологических параметров за вегетационный период, полученных на стационарной автоматической агрометеорологической станции с бесперебойным электропитанием, интернет-модемом и миникомпьютером, разработанной сотрудниками отдела инструментального контроля и измерительных систем АФИ. Задачей исследования является обеспечение возможности использования этих результатов для решения задач прогнозирования роста и развития сельскохозяйственных растений в рамках имитационной модели продукционного процесса. Конкретизируя объект исследования, приведем таблицу 1, в которой представлен перечень параметров, получаемых на АМС.

Таблица 1. Перечень метеопараметров, измеряемых АМС.

Выделены параметры, используемые в моделях продукционного процесса.

№	Наименование параметра	Примеры значения	Описание параметра	Пороговые значения	
				значение нижнего порога	значение верхнего порога
1	. бал	210,3	бал – Радиационный баланс (Вт/м <sup>2</sup> ) приходящей и отраженной радиации	–300	700
2	тепл_1_5	27,8	Тепловой поток в почву на глубине 5 или 20 см. (Вт/м <sup>2</sup> )	–100	300
	тепл_2_20	24,2			
3	ФАР	158,4	ФАР (Вт/м <sup>2</sup> )	0	300
4	темп_пси1	17,8	Температура сухого термометра (°C)	–5	45

№	Наименование параметра	Примеры значения	Описание параметра	Пороговые значения	
				значение нижнего порога	значение верхнего порога
5	темп_пси2	17,7	Температура влажного термометра (°С)	-5	45
6	темп_пов2	18,6	Температуры поверхности и на глубине 5, 10, 20, 50 см и 1 м почвенного профиля (°С)	-10	50
	темп_пр_5,	18,4			
	темп_пр_10,	16,3			
	темп_пр_20,	12,5			
	темп_пр_50,	8,8			
темп_пр_100	6,1				
7	темп_hih_1,	18,3	температуры воздуха, измеряемые датчиками 1, 2, 3, 4 фирмы Honeywell (°С)	-10	45
	темп_hih_2,	-			
	<b>темп_hih_3,</b>	18,6			
	темп_hih_4	-			
8	влажн_hih_1,	46,3	относительная влажность, измеряемая датчиками 1,2,3,4 фирмы Honeywell (%)	20	100
	влажн_hih_2,	0			
	влажн_hih_3,	49,3			
	влажн_hih_4	0			
9	влажн_1	45,1	значения относительной влажности, измеренные психометрическим методом	20	100
	<b>влажн_2</b>	49,1			
10	роса	28,9	показатель уровня увлажнения поверхности (кГц): 0 – сухо; 50 – полное увлажнение.	0	50
11	<b>инт_ос</b>	1,2	интегральные осадки (мм)	0	15
12	ветер	3,1	скорость ветра на высоте 1,5 метра (м/с)	0	40

Из перечисленного набора в настоящий момент реализована возможность использования трех параметров.

- Температура воздуха (°С) измеряемая один раз в час (Табл.1, строка 7);
- Влажность воздуха (%), измеряемая один раз в час (Табл.1, строка 9);
- Интенсивность осадков (мм), измеряемая раз в час (Табл.1, строка 11).

Для обработки этих данных разработана компьютерная программа, которая выбирает массивы вышеперечисленных параметров из файлов, поставляемых АМС. Затем осуществляется вычисление минимальной и максимальной температуры воздуха за каждые сутки, минимальной относительной влажности воздуха за сутки и суммарных осадков за сутки. При этом проверяется валидность значений каждого элемента массива данных согласно границам их изменений, указанных в таблице 1.

Алгоритм построения суточных метеопараметров  $T_{min}$ ,  $T_{max}$ ,  $Q_{min}$  и  $Pr$  выглядит следующим образом. Для начала введем обозначения:

$T_{min}^j$ ,  $T_{max}^j$  – минимальная и максимальная температура воздуха за сутки, °С;

$Q_{min}^j$  – минимальная относительная влажность воздуха за сутки, %;

$Pr^j$  – суммарные осадки за сутки, мм,  $j$  – номер дня;

$Tday_i^j$  – температура воздуха, °C,  $i$ -е измерение в день  $j$ ;

$Qday_i^j$  – относительная влажность воздуха, %,  $i$ -е измерение в день  $j$ ;

$Pr_i^j$  – осадки, мм,  $i$ -е измерение в день  $j$ ;

$T0_{\text{threshold}}$ ,  $T1_{\text{threshold}}$ ,  $Q0_{\text{threshold}}$ ,  $Q1_{\text{threshold}}$ ,  $Pr0_{\text{threshold}}$ ,  $Pr1_{\text{threshold}}$  – пороговые значения, принятые для нижней (0) и верхней границы (1) измерений температуры воздуха, относительной влажности воздуха и осадков соответственно. Пороговые значения приведены в таблице 1 в двух последних столбцах. На основе пороговых значений калибруем измерения:

$$Tday_i^j = \min(Tday_i^j, T1_{\text{threshold}}), \text{ для } \forall i = \{1, \dots, N\};$$

$$Tday_i^j = \max(Tday_i^j, T0_{\text{threshold}}), \text{ для } \forall i = \{1, \dots, N\};$$

$$Qday_i^j = \min(Qday_i^j, Q1_{\text{threshold}}), \text{ для } \forall i = \{1, \dots, N\};$$

$$Qday_i^j = \max(Qday_i^j, Q0_{\text{threshold}}), \text{ для } \forall i = \{1, \dots, N\};$$

$$Pr_i^j = \min(Pr_i^j, Pr1_{\text{threshold}}), \text{ для } \forall i = \{1, \dots, N\};$$

$$Pr_i^j = \max(Pr_i^j, Pr0_{\text{threshold}}), \text{ для } \forall i = \{1, \dots, N\}, \text{ где } N - \text{число измерений за сутки.}$$

Затем осуществляется вычисление суточных метеоданных на основе обработанных измерений.

$$T_{\min}^j = \min_{i=1}^N \{Tday_i^j\}; T_{\max}^j = \max_{i=1}^N \{Tday_i^j\};$$

$$Q_{\min}^j = \min_{i=1}^N \{Qday_i^j\}; Pr^j = \sum_{i=1}^N Pr_i^j, \text{ где } j \text{ номер дня.}$$

Технически, алгоритм получения и использования оперативной метеорологической информации в модельных расчетах сводится к следующим операциям. Комплекс измерений метеорологических параметров, осуществляемых автоматической метеостанцией (АМС), с помощью радиомодема с настраиваемой периодичностью отправляется на внешний почтовый сервер в виде вложения установленного формата к стандартному электронному письму. Программный модуль импорта и обработки данных анализирует текущее состояние архива почтовых сообщений на внешнем сервере, выбирает новые (не обработанные при запуске предыдущего сеанса работы) сообщения и анализирует содержащуюся в них информацию, вычисляя по данным срочных наблюдений суточные значения метеопараметров  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $Q_{\min}$  и  $Pr$ . Полученный набор данных экспортируется либо в стационарную базу данных полевого опыта, пополняя таблицу метеорологической информации для выбранной местности, либо непосредственно в оперативную базу данных текущего варианта расчета. Последнее позволяет в on-line режиме осуществлять мониторинг и прогнозирование динамики продукционного процесса моделируемой культуры в ходе отслеживаемого сезона вегетации [2]. На рис. 1 приводится описанная схема использования оперативной метеорологической информации в динамической модели продукционного процесса с/х растений.

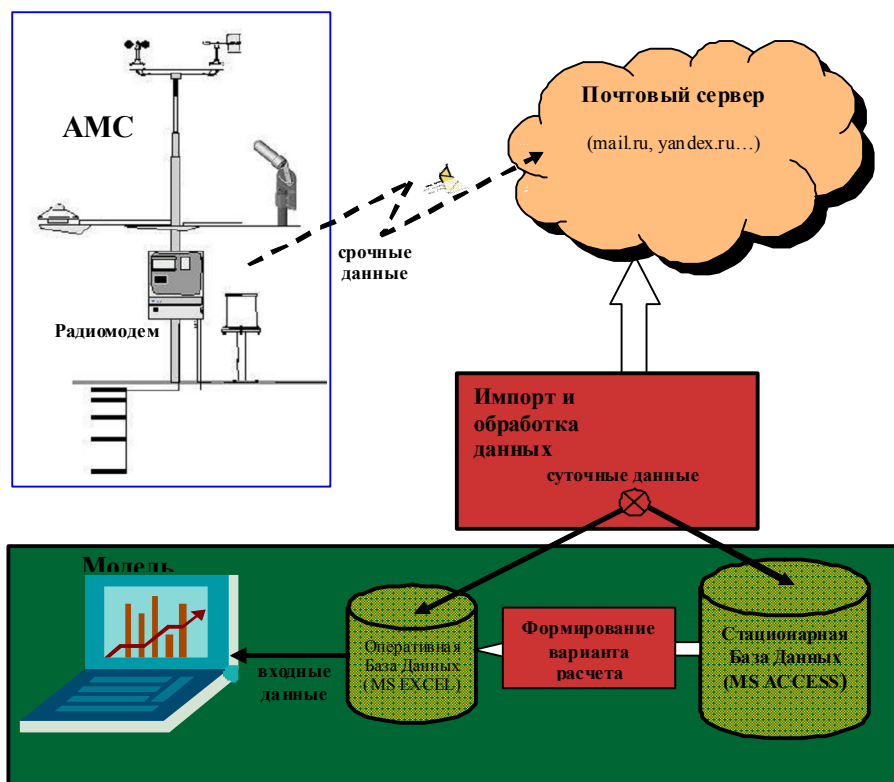


Рис. 1. Схема функционирования измерительно-моделирующего комплекса АМС + AGROTOOL, v.4

## Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований разработана и программно реализована новая компьютерная программа, обеспечивающая интерфейс взаимодействия *AGROTOOL, v.4*. (Сектор математического моделирования агроэкосистем) и АМС (Лаборатория средств инструментального контроля) с целью использования агрометеорологической информации для задач прогнозирования темпов развития растений и урожая в режиме удаленного доступа. Система верифицирована в течение сезона вегетации 2012 года. На приведенных ниже графиках представлены результаты сравнения ряда агрометеорологических параметров, полученных на Автоматизированной метеостанции (АМС) с данными, измеренными стационарным агрометеорологическим постом Меньковской опытной станции (МОС), а именно:

- Сравнительный график максимальной суточной температуры воздуха (рис. 2);
- Сравнительный график минимальной относительной влажности воздуха (рис. 3);
- Сравнительный график суточных сумм атмосферных осадков (рис. 4),

Как нетрудно заметить, графики показывают хорошее совпадение для температуры воздуха и относительной влажности. При этом ситуация с осадками оставляет желать лучшего. К сожалению, пока нет возможности устранить сбои в показаниях профиля температуры почвы и осадкомера, возникающие иногда вследствие перегрева местного стабилизатора на мачте комплекса при температуре воздуха выше 27 градусов.



Рис. 2. Сравнение экспериментальных значений максимальных температур, полученных на Меньковской опытной станции (МОС) и на АМС



Рис. 3. Сравнение экспериментальных значений минимальной относительной влажности воздуха (%), полученных на Меньковской опытной станции (МОС) и на АМС

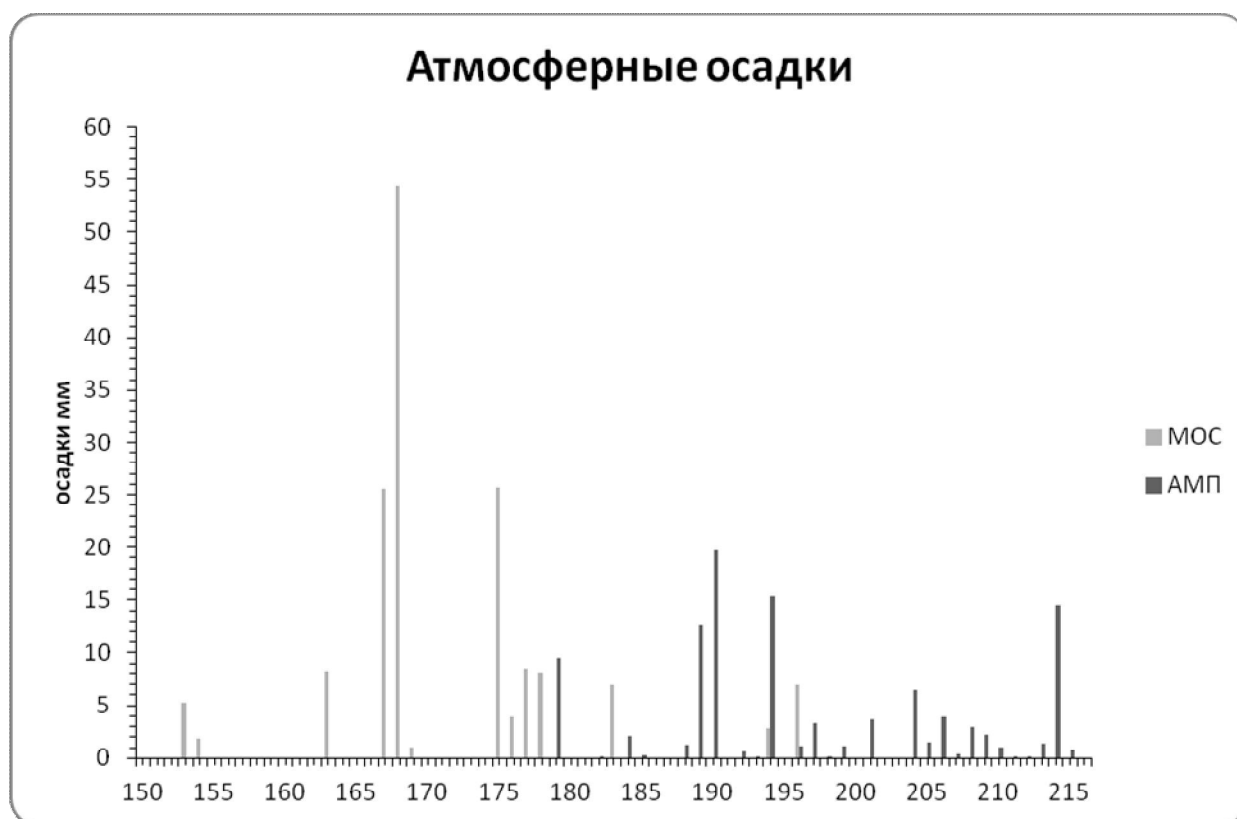


Рис. 4. Сравнение экспериментальных значений суточных осадков, полученных на Меньковской опытной станции (МОС) и на АМС.

Перспективы развития предложенной технологии в первую очередь связаны с расширением списка получаемых с АМС характеристик. Так, наибольший интерес для дальнейших исследований представляют температура и влажность верхних слоев почвы в предпосевной период, так как они играют важную роль в модели прогноза сроков сева, которая находится на стадии разработки и нуждается в идентификации параметров на основе экспериментальных данных, получаемых, в частности, на АМС. Кроме того, в настоящее время начаты работы по внедрению предложенных алгоритмов в систему поливариантного анализа динамических моделей агроэкосистемы [3] с целью создания автоматизированной системы оперативного сопровождения полевых опытов и производственных посевов в ходе вегетационного сезона.

#### Список литературы

1. Полуэктов Р. А., Смоляр Э. И., Терлеев В. В., Топаж А. Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. СПб.: Изд-во С. Петерб. ун-та, 2006. 396 с.
2. Полуэктов Р.А., Терлеев В. В., Глядченкова Н.А. Оперативное прогнозирование хода продукционного процесса зерновых культур и картофеля на МОС: результаты многолетних прогнозов // Материалы коорд. совещания АФИ. СПб.: АФИ, 2010. С. 21–26.
3. Полуэктов Р. А., Топаж А. Г., Кобылянский С. Г., Полуэктов М. А. Автоматизация компьютерного эксперимента с математическими моделями // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 2. С. 61–3.