

Рис. 2. Потoki, учитываемые в подходе Джексона [2].

### Литература

1. Jackson, D. Canopy Temperature And Crop Water Stress // Advances in Irrigation. Vol. 1. D. I. Hillel, Editor. Academic Press, 1982. Pp: 43–85.
2. <http://www.apogeeinstruments.com/content/CWSI.pdf>

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГО- И МАССОБМЕНА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПОЛЕ

*А. Е. Ефимов, Ю. Р. Ситдикова*

Агрофизический НИИ Россельхозакадемии, Санкт-Петербург

Энерго- и массообмен деятельной поверхности является основным фактором, определяющим микроклиматические особенности орошаемого сельскохозяйственного поля. При мониторинге микроклимата сельскохозяйственного поля используется уравнение теплового баланса. Наиболее значимой для сельского хозяйства составляющей теплового баланса является скрытый поток тепла (суммарное испарение). Суммарное испарение - это комплексный и информационный агрометеорологический показатель. Данная величина реагирует как

на сумму приходящей радиации, так и на температуру, влажность и скорость приземного слоя воздуха [2].

Получение оперативной и достоверной информации о состоянии полей и посевов сельскохозяйственных культур является важной задачей научного обслуживания экономики России. В то же время использование имеющейся метеорологической информации с ближайшей метеостанции, которая передается пользователю с некоторым запаздыванием, может оказаться не подходящим для решения конкретных сельскохозяйственных задач. В Европейских странах использование автоматических метеостанций (АМС) уже давно стало необходимым компонентом в системе управления хозяйством, однако в России вопрос о внедрении АМС только начинает рассматриваться.

Для мониторинга микроклимата в Агрофизическом институте был создан автоматизированный мобильный полевой агрометеорологический комплекс (АМПАК), который осуществляет сбор и обработку метеоданных об однородном сельскохозяйственном поле. АМПАК рассчитывает в режиме реального времени водопотребление посевов (суммарное испарение) и определяет нормы и сроки поливов [1]. Комплекс снабжен встроенным оригинальным программным обеспечением, позволяющим осуществлять дистанционное беспроводное управление режимами съёма, сбора, хранения и первичной обработки информации. Специальное программное обеспечение комплекса позволяет не только получать, передавать и сохранять первичные данные о метеопараметрах, но и рассчитывать различные характеристики потоков тепла и влаги с различным временным шагом.

Также была создана база данных для системы мониторинга микроклимата полей с оболочкой для пользователя. Принцип сбора, обработки и хранения экспериментальных данных с учётом изменяемых параметров полевого эксперимента проиллюстрирован на рис. 1. Метеорологические данные, измеряемые АМПАК'ом, передаются по беспроводной сети на компьютер оператора эксперимента (КОЭ) с временным интервалом в 90 секунд. Программный комплекс на КОЭ производит осреднение метеорологических данных с интервалом в 20 мин и осуществляет расчет параметров режима орошения, основываясь на результате осреднения. В процессе расчета используются следующие данные:

- метеорологические данные;
- внешние параметры эксперимента, задаваемые и измеряемые оператором;
- программные агенты расчета и валидации параметров водопотребления, которые входят в состав программного обеспечения АМПАК на КОЭ.

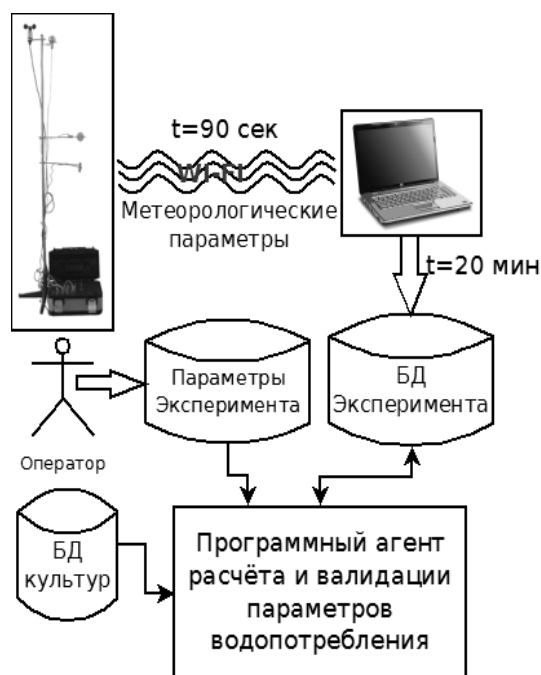


Рис. 1. Принципиальная схема накопления, передачи и хранения информации в базе данных АМПАК

Рассчитанные параметры водопотребления сохраняются в общей БД эксперимента. В нее также вносятся промежуточные результаты расчетов для более детального исследования параметров микроклимата и валидации разработанных методик. База данных эксперимента является реляционной БД со структурой, представленной на рис. 2. Она состоит из следующих таблиц:

- Основная таблица экспериментальных данных – содержит метеорологические данные, рассчитанные параметры водопотребления и промежуточные результаты обсчета данных для каждого 20-минутного интервала.
- Таблица коэффициентов развития культур – содержит кривые зависимостей стадии развития культур от дня вегетационного периода. Данные сохранены в формате, оптимальном для последующей кусочно-линейной аппроксимации, используемой в программной части АМПАКа.
- Таблица параметров эксперимента – содержит в себе последние параметры эксперимента, заданные оператором перед предыдущим запуском цикла измерения. Данные параметры должны корректироваться оператором перед каждым циклом измерения.
- Таблица внесенного полива - содержит в себе информацию о поливах, осуществленных на исследуемом поле. Заполняется оператором с помощью управляющей программы АМПАК на КОЭ.
- База данных развития культур, которая включает в себя зависимости коэффициентов развития культур от текущего дня вегетационного периода.

Name	Object	Type
ex_data	table	
id	field	INTEGER PRIMARY KEY
date	field	CHARACTER(19)
time_delta	field	REAL
t_air	field	REAL
wind_speed	field	REAL
pressure	field	REAL
rh	field	REAL
balance_radiation	field	REAL
t_surface	field	REAL
crop_height	field	REAL
proj_cover	field	REAL
crop_id	field	INTEGER
planting_date	field	CHARACTER(19)
et0	field	REAL
etr	field	REAL
etp	field	REAL
cwsj	field	REAL
irrigation_norm	field	REAL
is_valid	field	INTEGER
h	field	REAL
g	field	REAL
ri	field	REAL
ra	field	REAL
last_cfg	table	
id	field	INTEGER PRIMARY KEY
parameter	field	CHARACTER(20)
value	field	CHARACTER(40)
crop_table	table	
id	field	INTEGER PRIMARY KEY
crop_name	field	CHARACTER(40)
l_ini	field	REAL
l_dev	field	REAL
l_mid	field	REAL
l_end	field	REAL
kcb_ini	field	REAL
kcb_mid	field	REAL
kcb_end	field	REAL
watering_table	table	
id	field	INTEGER PRIMARY KEY
date	field	CHARACTER(19)
value	field	REAL
sqlite_autoindex_ex_data_1	index	
sqlite_autoindex_last_cfg_1	index	
sqlite_autoindex_crop_table_1	index	
sqlite_autoindex_watering_table_1	index	

**date** – дата

**time delta** – временной шаг

**t air** – температура воздуха (°C)

**wind speed** – скорость ветра на высоте 2 м (м/с)

**pressure** – атмосферное давление воздуха (мм. рт. ст.)

**rh** – относительная влажность воздуха (%)

**balance radiation** – балансовая радиация (Вт/м<sup>2</sup>)

**t surface** – температура поверхности почвы (°C)

**crop height** – высота посевов (м)

**proj cover** – проективное покрытие

**crop id** – индекс культуры

**planting date** – дата посадки

**et0** – эталонная эвапотранспирация (мм)

**etp** – потенциальная эвапотранспирация (мм)

**etr** – реальная эвапотранспирация (мм)

**cwsj** – индекс водного стресса

**irrigation norm** – поливная норма (м<sup>3</sup>/га)

**is valid** – валидность расчетов

**h** – турбулентный поток тепла (Вт/м<sup>2</sup>)

**g** – поток тепла в почву (Вт/м<sup>2</sup>)

**ri** – число Ричардсона

**ra** – аэродинамическое сопротивление (с/м)

Рис. 2. Структура базы данных

**Выводы.** Созданная база данных позволяет проследить динамику суммарного испарения, проводить сравнительные анализы метеопараметров с/х поля, оценить влияние погодных факторов на рост и развитие растений, эффективность агротехнических мелиоративных приемов, а также дает возможность для исследования опасных метеорологических явлений (туманы, заморозки, суховеи, засухи) на сельскохозяйственном поле.

## Литература

1. Ефимов А. Е., Ситдикова Ю. Р., Козырева Л. В., Доброхотов А. В. АМПАК (автоматизированный мобильный полевой агрометеорологический комплекс). Методические указания по использованию. Санкт-Петербург, 2013.
2. Якушев В. П., Козырева Л. В., Ситдикова Ю. Р., Ефимов А. Е. Определение норм и сроков полива при информационном обеспечении биологического водопотребления сельскохозяйственных культур // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 2. С. 16–19.