



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ МОНИТОРИНГА
КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Комбинированный агрометеорологический комплекс КАМК

*В.А. Корольков^{1,2}, А.А. Тихомиров¹, А.Е. Тельминов^{1,2}, К.П. Пустовалов¹,
А.А. Азбукин²*

¹ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

²ООО "Сибаналитприбор"

г. Томск, пр. Академический 10/3, ИМКЭС СО РАН

Содержание доклада

1. Введение
2. Назначение КАМК
3. Измеряемые метеорологические величины
4. Прогнозируемые метеорологические параметры
5. Описание комплекса КАМК
6. Программное обеспечение КАМК
7. Результаты предварительных натурных измерений прототипом КАМК
8. Основные технические характеристики опытного образца КАМК
9. Заключение

1. Введение

- Данные о состоянии погоды и климата на поле позволят оценивать и эффективно использовать ресурсы климата для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства. В частности, интенсификация сельскохозяйственного производства посредством мелиорации, химизации и механизации дает наибольший экономический эффект, если при ее осуществлении правильно учитывают как благоприятные, так и неблагоприятные агроклиматические условия каждого района. Правильный **учет метеорологических условий** при определении сроков сева и внесения удобрений **увеличивает урожай на 15–75%**.
- **В России сеть специализированных агрометеорологических станций**, относящихся к Министерству сельского хозяйства, **развита очень слабо**, поэтому **освещение сельскохозяйственных территорий метеорологической информацией осуществляется, главным образом, на основе данных измерений сети метеорологических станций Росгидромета**.
- За рубежом выпускаются универсальные автоматические агрометеорологические станции (ААС) фирмами: «Delta-T Devices» и "ELE International Ltd.» (Великобритания); «Campbell Scientific Inc.», «Dynamax Inc.» и «Decagon Devices» (США); «Cimel» (Франция); «Vaisala» AWS310 (Финляндия).
- В России автоматические агрометеорологические станции разработаны и производятся в НПО "Тайфун" Росгидромет – МК-30 «Агро» и в Агрофизическом научно-исследовательском институте (ФГБНУ АФИ) – СААС-АФИ.

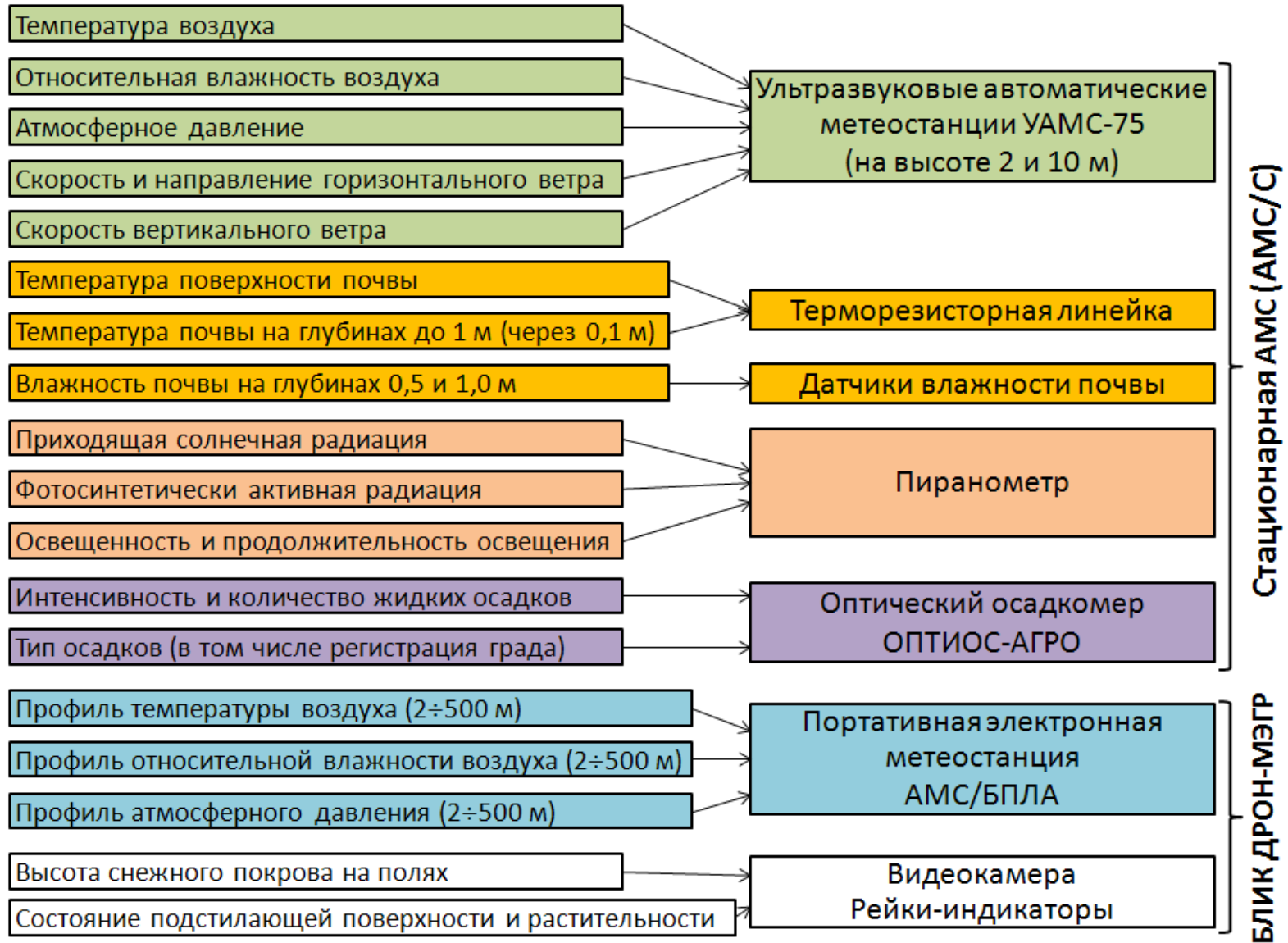
**Направления
модернизации
агрометеороло-
гической
наблюдательно-
й сети:**

- 1** формирование сети автоматических агрометеорологических измерительных постов (АИП)
- 2** формирование сети маршрутных наблюдений на основе агрометеорологических измерительных лабораторий (АИЛ)
- 3** материально-техническое переоснащение АНП, региональных и федеральных структур наблюдательной сети
- 4** создание интегрированной информационно-телекоммуникационной системы

2. Назначение КАМК

1. Измерение основных метеорологических величин современными техническими средствами на контролируемой территории.
2. Выявление и прогнозирование опасных метеорологических явлений.
3. Метеорологическое обеспечение сельскохозяйственной деятельности.
4. Метеорологическое обеспечение функционирования объектов транспортной инфраструктуры (аэродромов, морских и речных портов, автомобильных дорог), специальных объектов (космодромов, временных вертолетных площадок).
5. Метеорологическое обеспечения специальных операций (воздушное и морское десантирование людей и грузов, спасательных операций и т.д.).

3. Измеряемые метеорологические величины



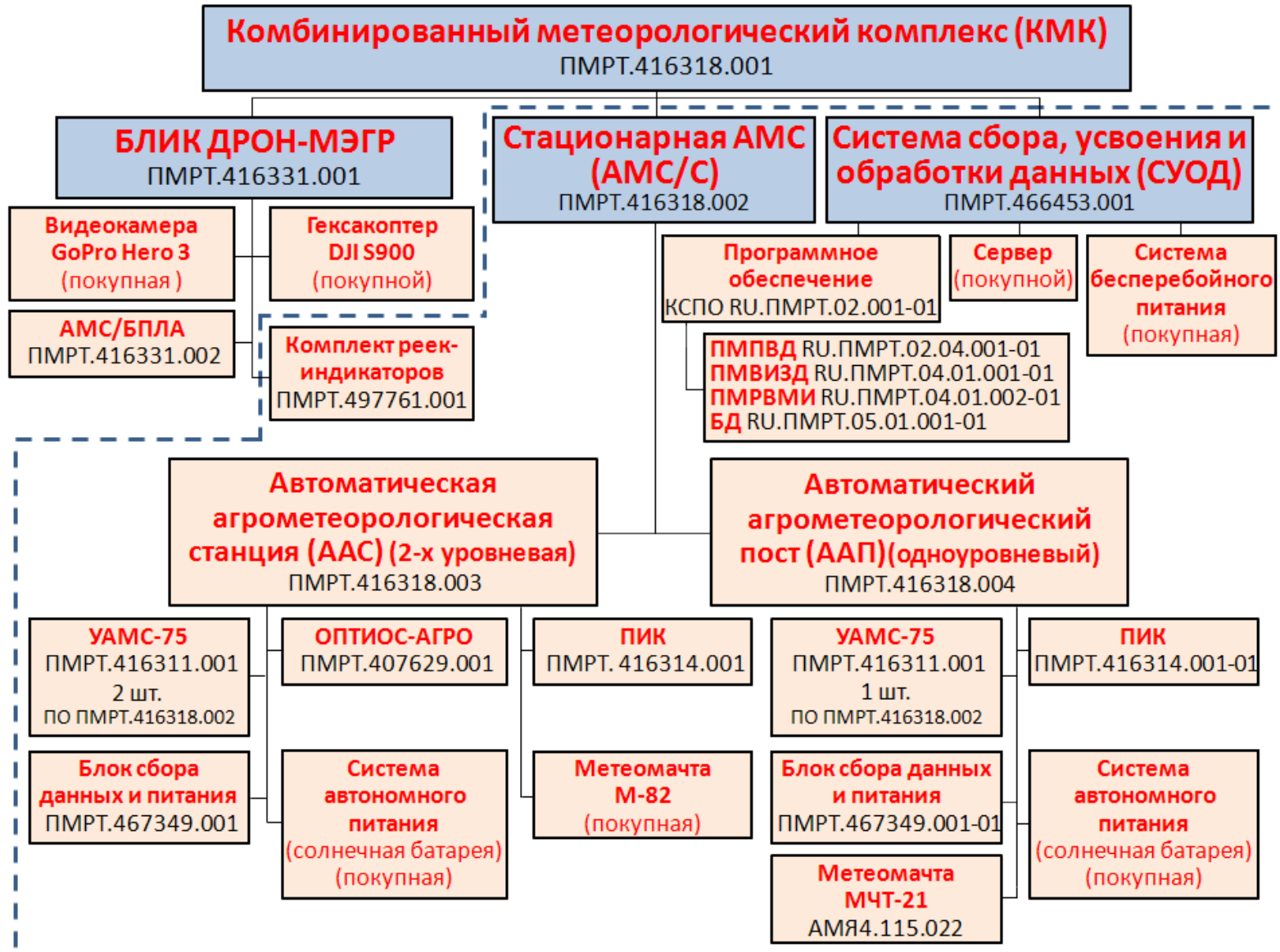
Метеорологические величины, измеряемые датчиками КАМК

4. Диагностируемые и прогнозируемые метеорологические параметры

1. Оценка глубины промерзания почвы
2. Глубина распространения биологических минимумов и максимумов температуры прорастания семян
3. Вертикальные градиенты температуры и влажности воздуха, скорости ветра в толще сельскохозяйственной растительности и прилегающем слое воздуха
4. Вертикальный градиент температуры в верхнем слое почвы
5. Суточная интенсивность испарения с поверхности (растительности)
6. Начало шквала
7. Начало шторма или урагана
8. Начало суховея
9. Начало засухи
10. Начало заморозка
11. Начало оттепели
12. Возможность возникновения заморозка
13. Возможность возникновения оттепели
14. Сверхкраткосрочный прогноз основных метеорологических величин
15. Вертикальные профили температуры, влажности и давления в АПС
16. Определение локальных температурных неоднородностей на мезомасштабной территории

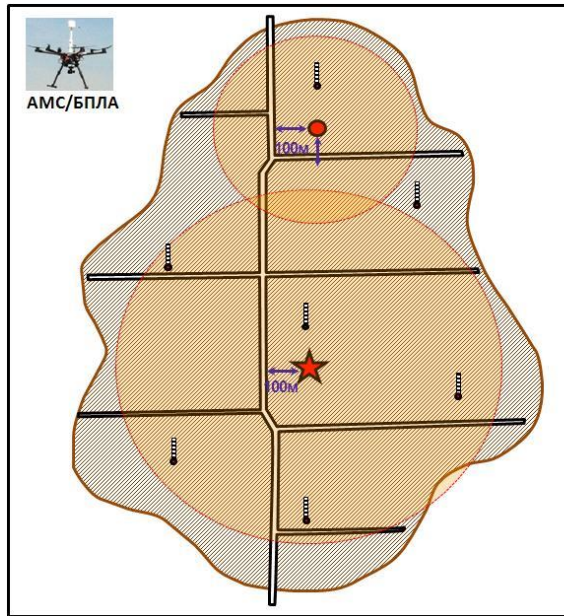
Прогнозируемые метеорологические параметры, рассчитываемые из первичных измеряемых метеорологических величин

5. Описание комплекса КАМК



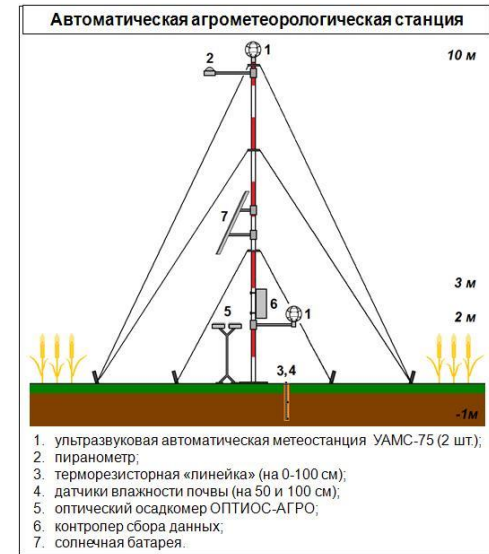
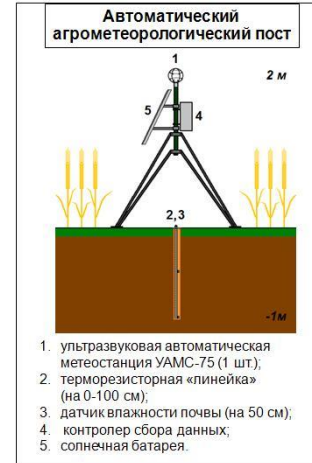
Структурная схема КАМК

5. Описание комплекса КАМК



Легенда

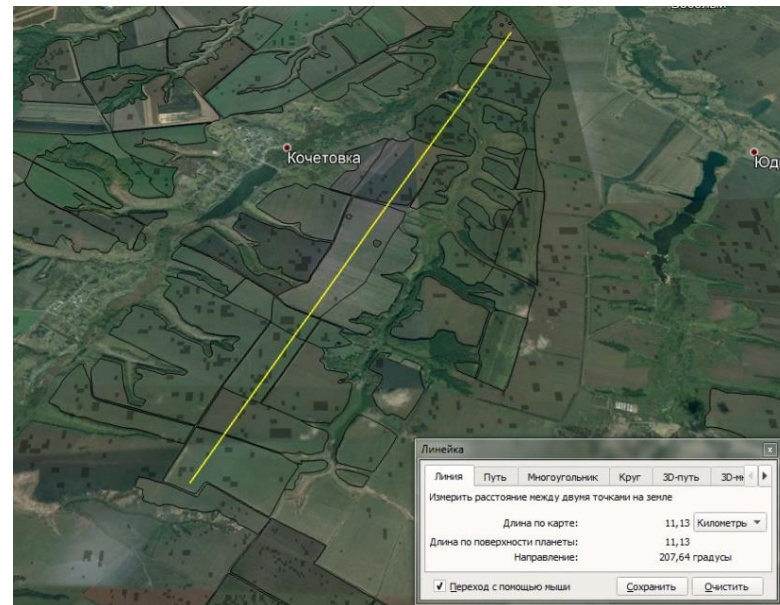
-  – с/х территория (пашня, поле)
-  – подъездные пути, дороги
-  – автоматическая агрометеорологическая станция
-  – автоматический агрометеорологический пост
-  – снегомерная рейка



БПЛА и рейки



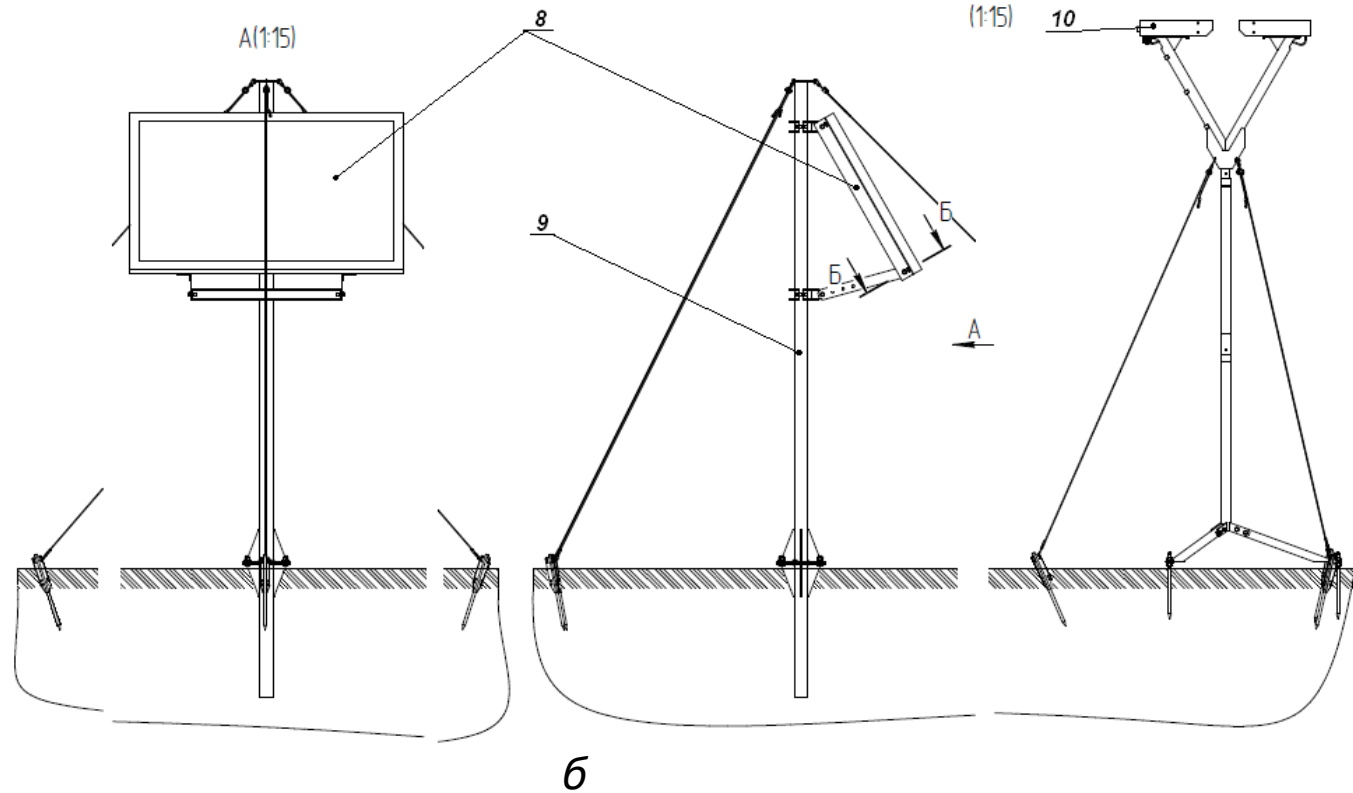
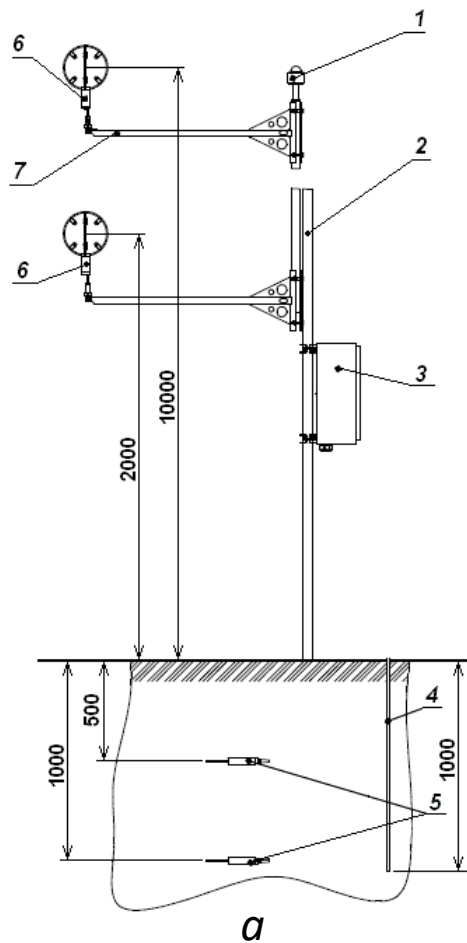
СУОД



Примерное территориальное размещение метеостанций КАМК на поле

5. Описание комплекса КАМК

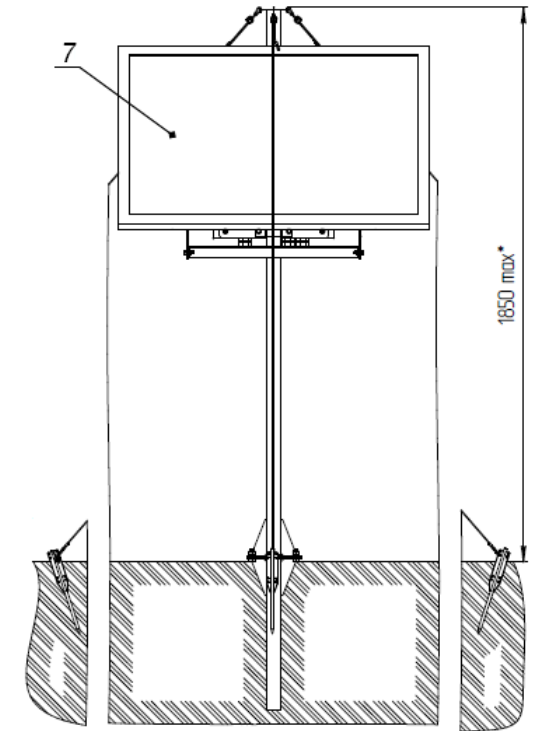
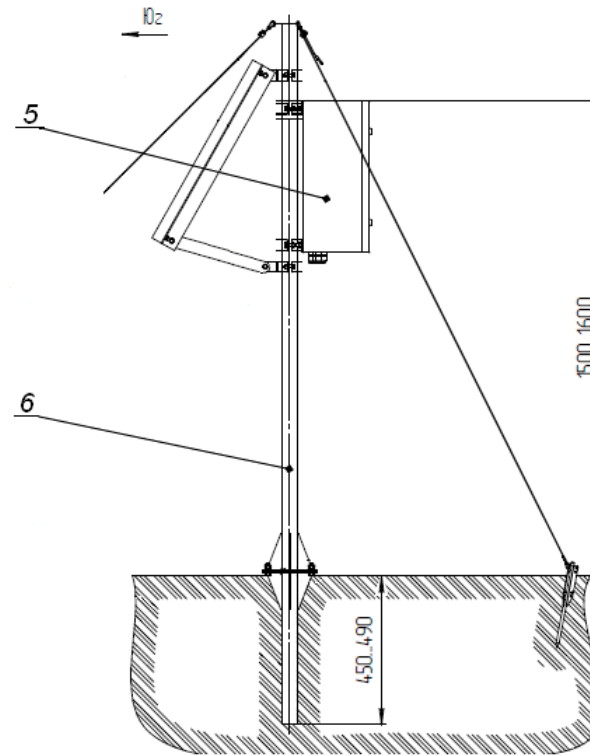
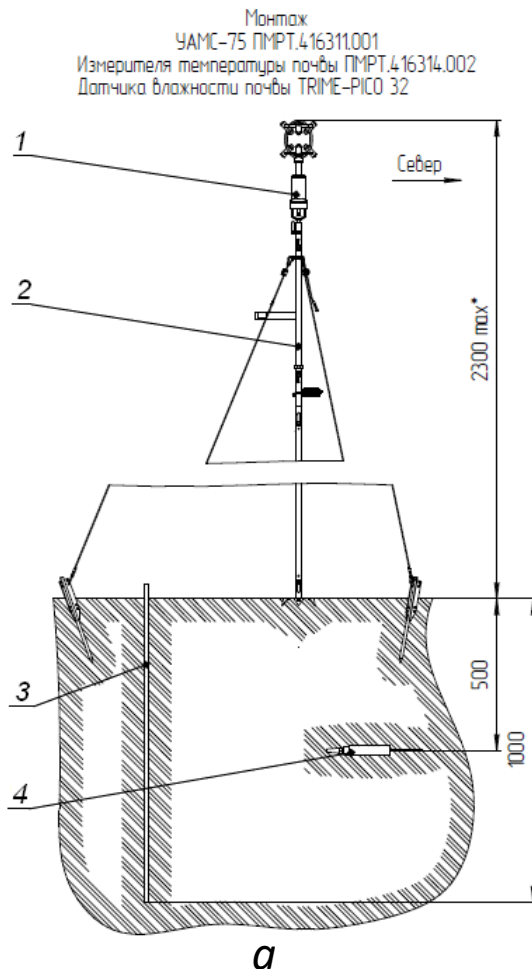
Двухуровневая агрометеорологическая станция



Пространственное размещение составных частей ААС: *a* – метеомачта М-82 с датчиками; *б* – остальные составные части ААС; 1 – пиранометр ФАР; 2 – мачта М-82; 3 – блок сбора данных и питания; 4 – датчик температуры почвы (терморезисторная линейка); 5 – датчики влажности почвы; 6 – ультразвуковые АМС; 7 – выносной кронштейн; 8 – солнечная панель; 9 – стойка; 10 – осадкомер ОПТИОС-АГРО

5. Описание комплекса КАМК Агрометеорологический пост

Монтаж солнечной батареи SilaSolar SIM100-12,
Блока сбора данных и питания ПМРТ.467349.001-01



Пространственное размещение составных частей ААП: *а* – метеомачта МСЧ-21 с датчиками; *б* – монтаж системы автономного питания и БСДП; 1 – ультразвуковая АМС; 2 – метеомачта МСЧ-21; 3 – датчик температуры почвы (терморезисторная линейка); 4 – датчики влажности почвы; 5 – блок сбора данных и питания; 6 – стойка; 7 – солнечная панель

5. Описание комплекса КАМК АМС/БПЛА



Изготовленный образец АМС/БПЛА, установленный на гексакоптер:
1 – АМС/БПЛА; 2 – навигационный блок GPS, 3 – гексакоптер DJI S900



Результаты натуральных измерений
АМС/БПЛА 02.09.2016 (г. Томск):
Единичные измерения 1 раз в 5 с;
1 – подъем за 30 минут ($v_{cp} \geq 3$ м/с).
2 – спуск – за 15 минут ($v_{cp} \geq 4$ м/с).
Погода имела неустойчивый
характер, перистые облака, в конце
эксперимента сплошная облачность.

5. Описание комплекса КАМК

Система сбора, обработки и усвоения данных (СУОД) на основе сервера и программных модулей



Структурная схема СУОД

Режим отображения

Графики
Таблица
Выгрузка CSV
Ввод данных

Тип измерителя

АКЛ Жидкие осадки	16009
АКЛ Профиль температур	16040
АМК(полный)	2920
АМК(мгновенные)	4940322
АМК-Р	6043
ДПТ-01(мгновенные)	123372
ДПТ-01(усредненные)	0
Датчик электрического поля EFS-2/50	241780
Датчик гамма фона	206254
Координаты станций	6
Осадкомер ОПТИОС	4642
Ртутный газоанализатор	0

Координаты станций

51.0592 36.3165 200

Серийный номер

16402АМК-03

Период

2017-06-20 2018-03-13
17:00:00+00 03:00:00+00

Меню модуля
визуализации

7. Результаты предварительных натуральных измерений прототипом КАМК



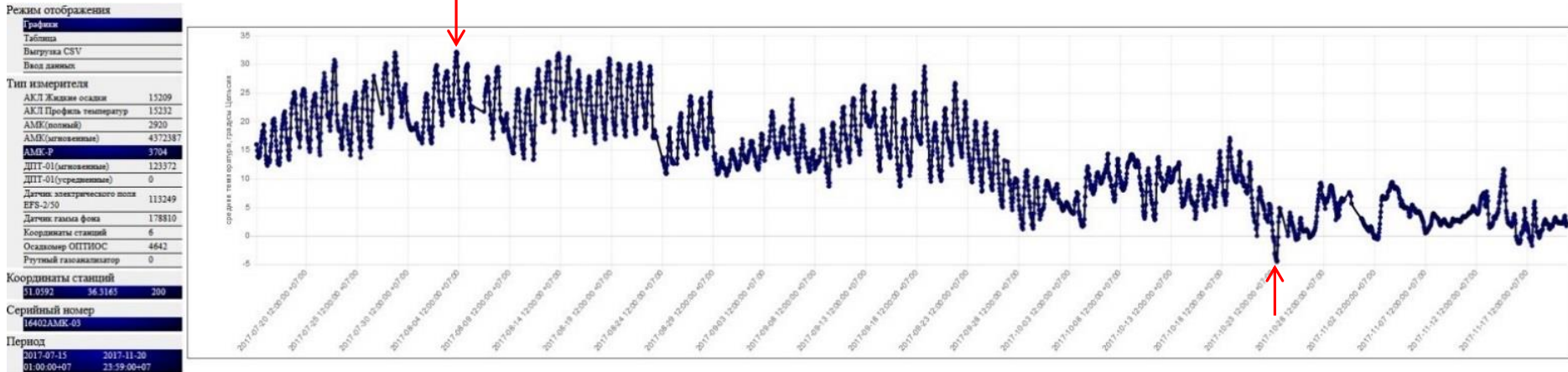
Размещение прототипа КАМК на территории АО "Белгородские молочные фермы", входящего в Группу компаний "Зеленая долина", Ивнянского района Белгородской области, вблизи хутора Зоринские Дворы, недалеко от автотрассы М2 «Москва-Крым».

С 20.06.2017 развернуты и запущены в режим рутинных измерений составные части макета КАМК: ультразвуковая метеостанция АМК-03 (трехкомпонентный вектор скорости ветра, температура, влажность и атмосферное давление) и атмосферно-почвенный комплекс АПИК (датчики температуры воздуха и почвы, пиранометр, челночный осадкомер РС). Эти датчики передают измеренные метеорологические величины на сервер ООО "Сибаналитприбор" при помощи GPRS контроллеров. На сервере производится расчет первичных метеорологических характеристик и их визуализация в графическом виде.

Внешний пользователь может визуально наблюдать результаты измерений на сайте <http://imces.ru:9005/belgorod.html> в свободном доступе (в катком виде) и <http://mon.imces.ru>.

7. Результаты предварительных натуральных измерений прототипом КАМК

Пример интерфейса модуля визуализации (<http://mon.imces.ru>)



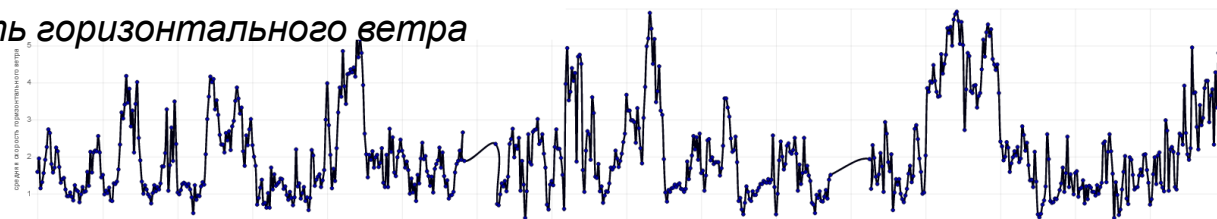
Суточный и месячный ход температуры воздуха с **июля по октябрь 2017 г.**, измеренный УАМС АМК-03, входящей в состав прототипа КАМК, который размещен в пункте с координатами $36^{\circ}19'15''$ в.д. и $51^{\circ}03'46''$ с.ш.

Сетка по шкале абсцисс проведена через 5 суток

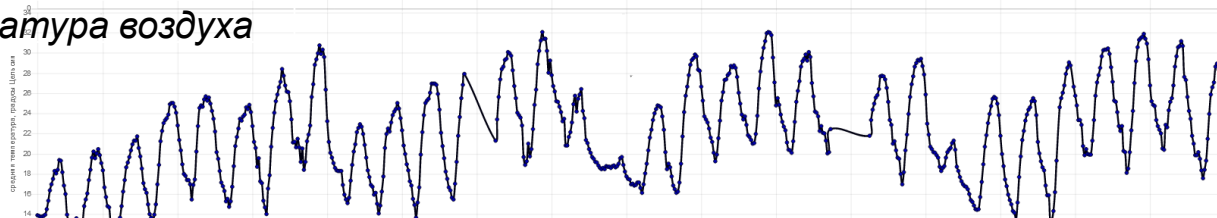
Максимальные дневные температуры в июле-августе достигали $+32^{\circ}\text{C}$, минимальные ночные – $+12^{\circ}\text{C}$. Со середины сентября наблюдалось постепенное уменьшение максимальных значений дневных температур. При этом ночные минимумы температур в конце сентября приближались к нулю. Из графика видно, что первый переход температуры через ноль был зафиксирован 23.10.2017. Максимальная температура воздуха за указанный период наблюдалась 4 августа и достигала $32,5^{\circ}\text{C}$, а минимальная температура – 23 октября и составила $-4,5^{\circ}\text{C}$.

7. Результаты предварительных натуральных измерений прототипом КАМК

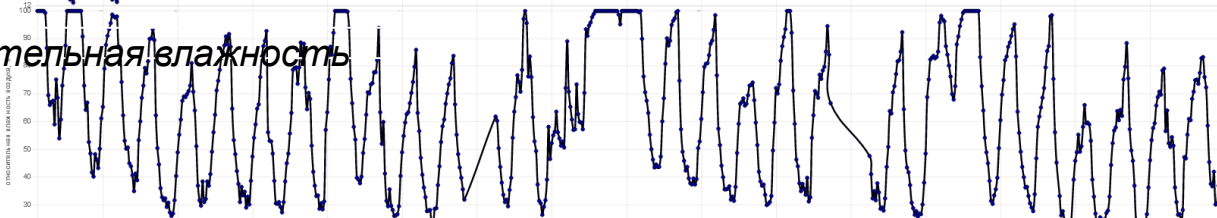
скорость горизонтального ветра



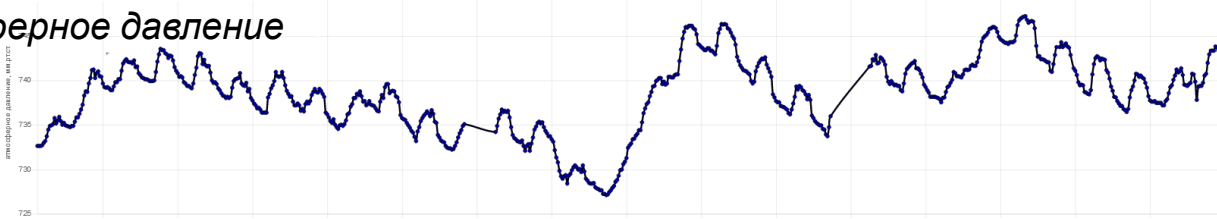
температура воздуха



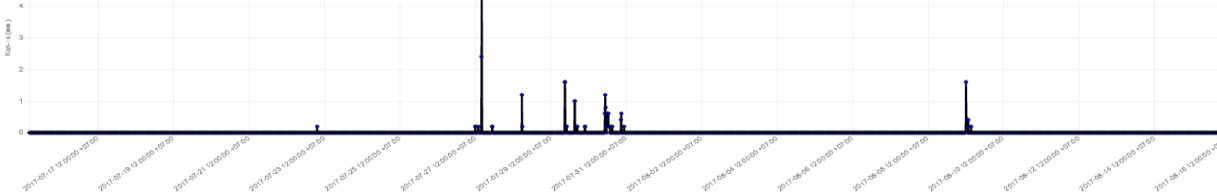
относительная влажность



атмосферное давление



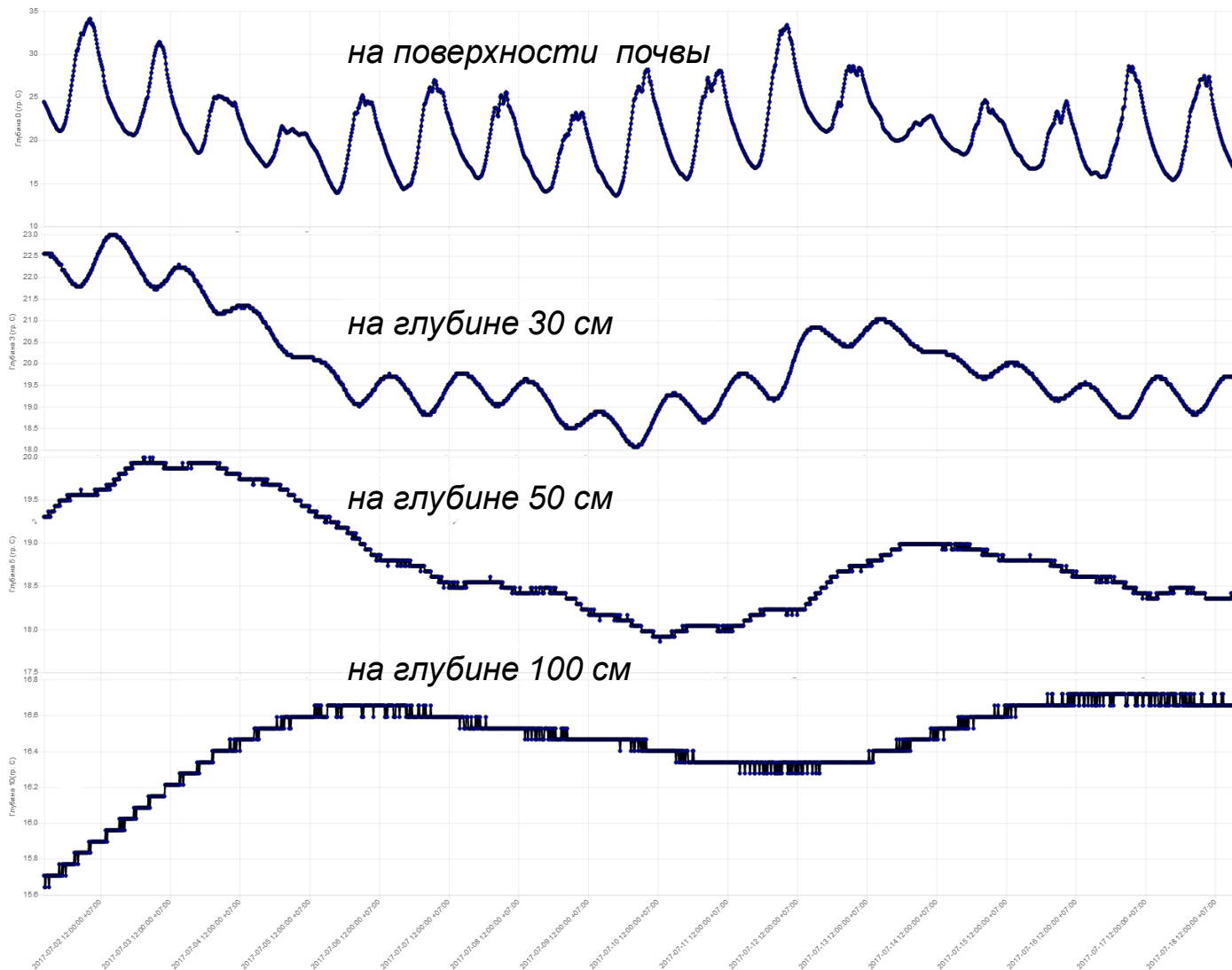
осадки



Результаты измерений за период с 15 июля по 15 августа 2017 г. Сетка по оси абсцисс проведена через 2 суток.

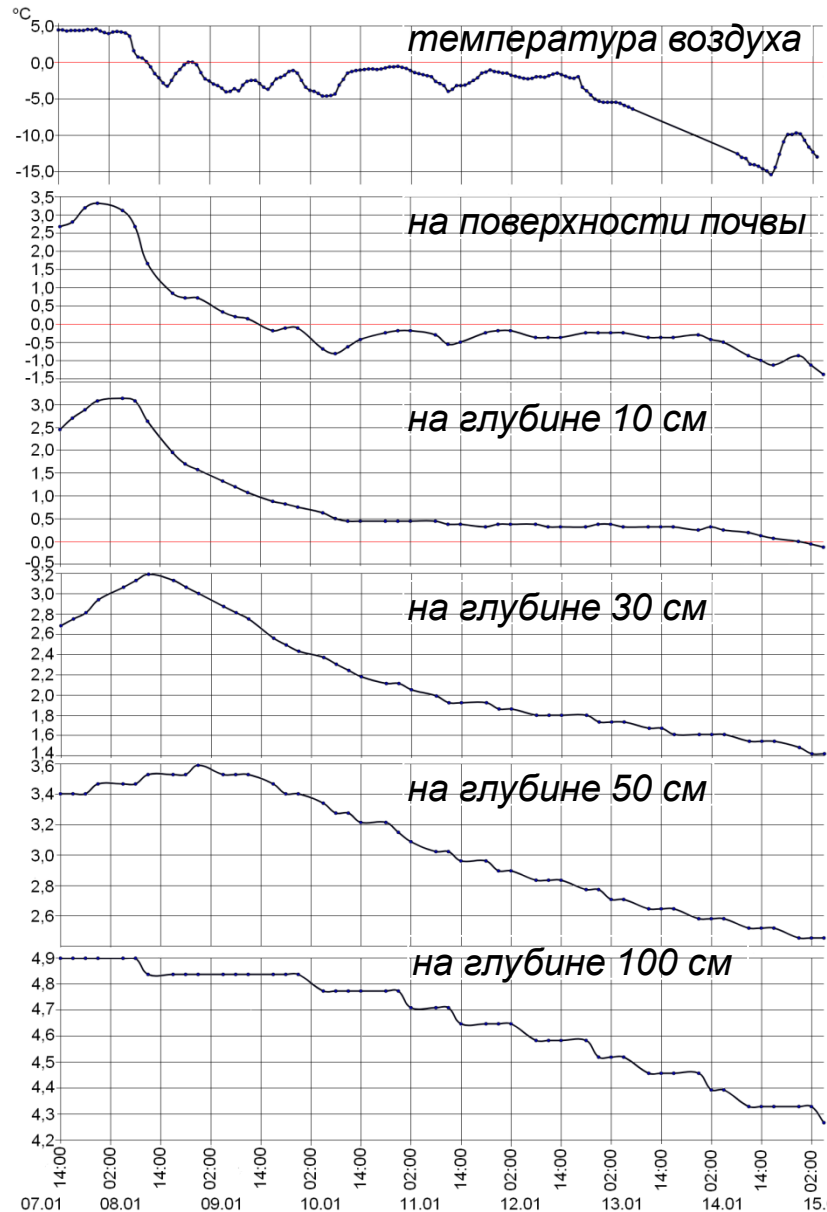
7. Результаты предварительных натуральных измерений прототипом КАМК

Измерения температуры почвы



Изменения температуры на поверхности почвы и на различных глубинах за период с 1 по 20 июля 2017 г. Сетка по шкале абсцисс проведена через 1 сутки.

7. Результаты предварительных натуральных измерений прототипом КАМК



Программа модуля визуализации автоматически выбирает шкалу изменения метеорологической величины, чтобы за заданный временной период анализа диапазон ее умещался в размерах окна

Изменения температуры воздуха и почвы за период с 07 по 15 января 2018 г.

8. Основные технические характеристики опытного образца КАМК

Измеряемая величина (обозначение)	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности измерения
Температура воздуха (T), °C	от минус 50 до +50	$\pm 0,3$, при $T \leq 20$ °C; $\pm [0,3 + 0,02(T - 20)]$ при $T > 20$ °C
Скорость горизонтального ветра (V), м/с	от 0,1 до 40	$\pm (0,2 + 0,02V)$
Направление горизонтального ветра (D), град	от 0 до 360	не хуже ± 5
Скорость вертикального ветра (w) м/с	от минус 15 до +15	$\pm (0,2 + 0,02w)$
Относительная влажность воздуха (r), %	от 15 до 99	± 3 (основная погрешность)
Атмосферное давление (P) мм рт.ст.	от 520 до 800	$\pm 1,0$ мм рт.ст.
Температура почвы (T_n) на глубинах от 0 до 100 см с дискретностью 10 см, °C	от минус 10 до +40	$\pm 0,5$
Влажность почвы (на глубинах 50 и 100 см), %	от 0 до 100	± 2 %, при T от 0 до 40 °C; при $T < 0$ °C не нормируется
Вид осадков	дождь, град, снег	не менее чем в 50% случаев регистрации осадков
Количество осадков, мм	0 ... 1000	± 10 %
Интенсивность осадков	0 ... 100 мм/час (дождь), 0...6000 шт./см ² /час (град, снег)	± 10 %
Продолжительность осадков	в часах и минутах	± 1 мин
Энергетическая освещенность солнечным излучением (в диапазоне длин волн 0,3 до 2,4 мкм), кВт/м ²	от 0,01 до 1,6	$\pm 12,5$ %

Заключение

Созданная АМС/С позволяет расширять свою конфигурацию (увеличение числа входящих в нее автоматических агрометеорологических постов) и функциональные возможности при использовании дополнительных метеорологических датчиков.

Существенным отличием разработанного комбинированного метеорологического комплекса КАМК от отечественных аналогов МК-30 "Агро" и СААС-АФИ является наличие в КАМК, кроме стационарно устанавливаемых АМС, метеорологических датчиков, размещенных на БПЛА, что обеспечивает измерение вертикальных и горизонтальных профилей основных метеорологических величин на большой пространственной территории. Кроме того, аппаратура АМС/БПЛА обеспечивает визуальный контроль за состоянием сельскохозяйственных площадей и выращиваемых на ней агрокультур, а также измерение уровня снега на полях в зимнее время.

Кроме описанного назначения разработанный КАМК может быть использован для:

- метеорологического обеспечения функционирования объектов транспортной инфраструктуры (аэродромов, морских и речных портов, автомобильных дорог) и специальных объектов (космодромов, временных вертолетных площадок);
- метеорологического обеспечения специальных операций (воздушное и морское десантирование людей и грузов, спасательных операций и т.д.).

**Благодарю
за внимание!**