



**КОНФЕРЕНЦИЯ С**

**ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И  
ОКЕАНА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

# КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РАДИОФИЗИЧЕСКИМИ И ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВОГО УЧАСТКА «КАЙБАСОВО»

Сусяев В.И., Дёмин В.В., Бадьин А.В., Дорожкин К.В., Воробьёв С.Н, Журавлев В.А.,  
Половцев И.Г., Коровин Е.Ю., Ольшук А.С., Третьяков А.С., Сусяев В.В., Павлова А.А.,  
Колесниченко Ю.Я., Южаков М.С.

1. Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

2. ЗапСибНИРО, Новосибирск, Россия

[susl@tsu.ru](mailto:susl@tsu.ru), [dyomin@tsu.ru](mailto:dyomin@tsu.ru), [thzlab@mail.ru](mailto:thzlab@mail.ru), [km007@sibmail.com](mailto:km007@sibmail.com), [soil@green.tsu.ru](mailto:soil@green.tsu.ru), [ptica@mail.tsu.ru](mailto:ptica@mail.tsu.ru),  
[polovcev\\_i@mail.ru](mailto:polovcev_i@mail.ru), [korovin\\_ey@mail.tsu.ru](mailto:korovin_ey@mail.tsu.ru), [olshukov@mail.ru](mailto:olshukov@mail.ru), [alex\\_tret@sibmail.com](mailto:alex_tret@sibmail.com), [sturwal@mail.ru](mailto:sturwal@mail.ru),  
[Sandy.surname@gmail.com](mailto:Sandy.surname@gmail.com), [vancansywork@mail.ru](mailto:vancansywork@mail.ru)

Ключевые слова: голография, микроволны, водные объекты, почвы

Аннотация. В работе рассматривается комплекс средств, использующих радиофизические и оптические методы для продолжительных исследований свойств окружающей среде на тестовой станции «Кайбасово».

Национальным исследовательским Томским государственным университетом создана уникальная научная установка «Мегаустановка», которая объединяет расположенные на территории Западной Сибири исследовательские станции ТГУ, площадки мониторинга и точки регулярного проботбора, обеспечивая при этом сопоставимость информации, а так же инфраструктурную и высококвалифицированную научную поддержку, сбор, хранение и обработку данных [1]. Исследовательские станции обеспечены электричеством и средствами жизнеобеспечения, что позволяет производить продолжительные экспериментальные работы в любое время года непосредственно в изучаемом участке окружающей среды. УНУ «Мегаустановка» может быть использована в качестве сети тестовых участков для сбора информации, необходимой для дешифрования сигналов аэрокосмических средств дистанционного зондирования Земли, работающих в микроволновом диапазоне частот. В этом случае требуется создание комплекса измерительных средств, которые будут охватывать необходимую площадь тестового участка и постоянно снабжать информацией о состоянии окружающей среды с требуемой дискретностью.

К северу от Томска находится станция «Кайбасово», которая расположена около Оби. Станция интересна разнообразным ландшафтом, чередованием почвенного покрова, обилием водных объектов. В данной работе описывается комплекс радиофизических и оптических приборов, которые позволяют которые размещены на этом тестовым участке.

Измерения  $O_2$ , pH и электропроводности проводятся с использованием мультиметра WTW® Multi 3320 с электродами. Этот прибор производит измерения с неопределенностью  $O_2$

5%, рН – 0,02 единиц. Растворенный CO<sub>2</sub> определяется прибором Vaisala Carbon Dioxide Meter GM70 с инфракрасными газовыми датчиками с максимальными пределами обнаружения 1000 ppm, 3000 ppm, 10000 ppm и 20000 ppm с неопределенностью 5%.

Оценка интенсивности потоков CO<sub>2</sub> и метана из водных объектов и заболоченных ландшафтов проводится камерным методом. Для этого используются камеры объемом 8 л, изолированные фольгой от солнечного света, с отводом для забора воздуха на определение метана. В камерах установлены логгеры SenseAir Engine® K30 FR (страна производитель Швеция) с газовым инфракрасным сенсором CO<sub>2</sub> и температурный логгер Нобо. Логгеры SenseAir и Нобо синхронизируются по времени. Метеорологические измерения и уровень воды в реке измеряются автоматической станцией АПИК-СМ-07-1 (ИМКЭС).

Для мониторинга растворимых примесей и взвешенных частиц в водных объектах тестового участка, для исследования биомассы, видового состава и поведенческих функций планктонных частиц используется аппаратно-программный комплекс, разработанный в лаборатории радиофизических и оптических методов окружающей среды. Комплекс включает в себя два измерительных модуля: цифровой голографический и микроволновой, а также разработанное программное обеспечение и информационный модуль для управления измерительной системой, сбора и первичной обработки данных.

Перечисленные приборы имеют высокую стоимость, и измерения с их помощью производятся оператором или под его внимательным наблюдением.

Для наблюдения за состоянием окружающей среды предлагается использовать комплекс метеостанций, расставленных на удалении от базы тестовой территории. Под метеостанцией подразумевается комплекс устройств, который может выполнять сбор, обработку и резервирование информации о климатических параметрах, а также сможет автономно работать на протяжении длительного временного интервала. Основными критериями такой метеостанции являются надёжность, стоимость, простота тиражирования подобных устройств. Стоит отметить, что стоимость аналогичных по характеристикам метеостанций, предлагаемых рынком, на порядок выше разрабатываемой метеостанции. Система сбора данных включает в себя датчики и линии связи с микроконтроллером “Arduino Nano”. К комплектующим системы предъявляются следующие требования: датчики и линии связи должны исправно работать при температуре от -40 до +40 °С в условиях внешнего воздействия осадков (дождь, снег, град) и при прочих погодных аномалиях, срок службы датчиков в нормальных условиях эксплуатации должен быть не менее одного года, датчики должны обладать достаточной точностью.

В систему сбора данных включены датчик температуры окружающей среды, датчик температуры почвы, датчик влажности окружающей среды, датчик атмосферного давления,

датчик освещенности, датчик уровня углекислого газа. Блок-схема, описывающая необходимые составляющие части метеостанции представлена на рис. 1.

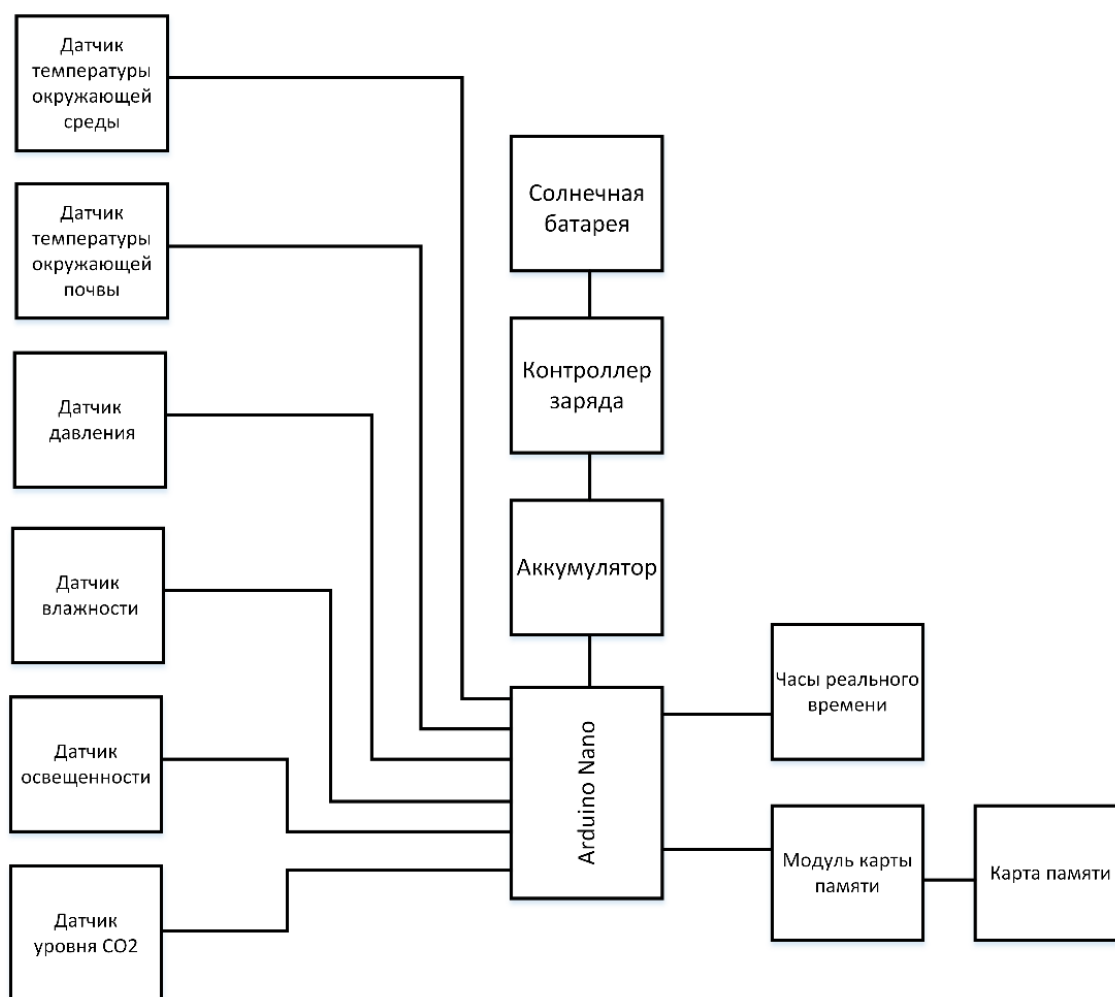


Рисунок 1 – Блок-схема автономной метеостанции

В качестве датчика температуры почвы выбран датчик DS18B20. Для измерения атмосферного давления используется датчик BMP280, который также измеряет температуру окружающего воздуха. Датчик HTU21 от Швейцарской фирмы “TE Connectivity” используется для измерения относительной влажности окружающего воздуха и резервного канала температуры. Для упрощения схемы используется универсальный датчик BME280 для измерения одновременно температуры, давления и относительной влажности окружающего воздуха. Информация о текущей дате поступает с микросхемы часов реального времени DS1307, которая дополнительно подключена к литий-ионной батарее CR2032 для бесперебойной работы в случае отключения внешнего питания. Измерение интенсивности света осуществляется посредством датчика BH1750FVI Японской фирмы “ROHM Semiconductor”. Для измерения уровня углекислого газа

используется датчик МН-Z19. Ниже приведена таблица с основными характеристиками приведенных датчиков (таблица 1).

Таблица 1 Основные характеристики датчиков

Наименование датчика	Производитель	Диапазон измерения	Точность	Эксплуатационные характеристики	Измеряемый параметр
DS18B20	Maxim Integrated	-55...+125 °С	±0,5 °С (-10+85 °С)	-55+125 °С 0...100 %RH	Температура
BME280	Bosch Sensoritec	-45...+85 °С 0...100 %RH 300...1100 гПа	±0,5 °С (25 °С) ±3 %RH ±1,0 гПа	-45+85 °С 0...100 %RH	Температура, давление, влажность
ZS-042	Maxim Integrated	-40...+85 °С	±0,25 °С	-40...+85 °С	Температура
HTU21	TE Connectivity Sensors	-10...+85 °С 0-80 %RH	±0,4 °С ±3 %RH	-40...+125 °С 0-100 %RH	Температура , влажность
GY-302	ROHM Semiconductor	1-65535 лк	±3 лк	-40...+85 °С	Освещенность
МН-Z19	Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co	0-2000 ppm	±50 ppm	0-50 °С 0-95 %RH	Уровень углекислого газа

Данные с датчиков поступают на носитель пользователю в структурированном текстовом виде. Так как данный комплекс метеостанций должен работать на протяжении длительного времени необходима система записи и сохранения данных, чтобы исключить их утерю, например, в случае отказа системы передачи данных. Для реализации такой системы используется запись на карту памяти формата “micro-SD”. После каждого сбора данных система записывает показания с датчиков в файл с расширением, пригодным для чтения в программе Excel, указывая тип собранных данных и время записи данных с точностью до минуты.

Описанный комплекс позволяет получать информацию с обширного участка в течение длительного времени.