

УДК 53.08 – 632.95

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СИСТЕМНОГО МОНИТОРИНГА ПЕСТИЦИДОВ В БИОСФЕРЕ

**Седалищев В.Н., Ударцева О.В.**

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
Барнаул, e-mail: oblad@mail.ru*

Использование на протяжении ряда лет химического способа защиты растений дает положительный экономический эффект. Но, вместе с тем, назрела необходимость оценки экологичности данного процесса. Применяемые в настоящее время методы и средства контроля состояния природной среды в процессе внесения пестицидов имеют ряд недостатков. Одним из перспективных вариантов системного мониторинга окружающей среды является использование беспроводных сенсорных сетей, что позволит обеспечить контроль определенных параметров внесения пестицидов на больших территориях.

**Ключевые слова:** беспроводные сенсорные сети, системный мониторинг пестицидов, контроль экологических параметров, средства защиты растений

## THE USE OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR SYSTEM MONITORING OF PESTICIDES IN THE BIOSPHERE

**Sedalischev V.N., Udartseva O.V.**

*Altai State Technical University im. I.I. Polzunova, Barnaul, e-mail: oblad@mail.ru*

In the past decade, chemical plant protection method has become the main, due to its high efficiency, simplicity and affordability, which has resulted in enormous economic benefits. However, the question is this process environmentally friendly. To solve it as a tool for surveillance, monitoring and forecasting are encouraged to use systematic monitoring of toxic residues of pesticides in the environment, food. Currently used by the physico-chemical and biological methods to control the content of pesticides in soil and roots are complex and long lasting. This article offers options for monitoring pesticides in the environment using wireless sensor networks, which allow for control of certain parameters on large areas. Physical method for controlled dispersion of spraying pesticide compounds is piezoquartz microweighing method.

**Keywords:** wireless sensor networks, monitoring of pesticides, control of environmental parameters, plant protection products

Совершенствование приборов и методов измерения параметров технологических процессов связано с необходимостью решения большого комплекса как научно-технических, так и экологических вопросов. При этом одной из важнейших является задача повышения эффективности средств измерения за счет улучшения метрологических, технических и эксплуатационных характеристик первичных преобразователей и приборов на их основе. Повышению эффективности средств измерения служит и осуществляемая в настоящее время интеллектуализация измерительного процесса. Под понятием интеллектуализации процессов получения и обработки измерительной информации, в нашем случае, подразумевается большой круг задач, направленных на повышение надежности, точности, быстродействия не только измерительных устройств, но и устройств передачи и обработки измерительной информации.

Особую актуальность обретает данная задача при разработке методов и средств для осуществлении контроля экологических параметров внесения химических средств защиты растений (пестицидов).

В последнее десятилетие химический способ защиты растений стал основным, благодаря высокой эффективности, просто-

те и доступности. Создание и широкое использование синтетических органических пестицидов дало огромный экономический выигрыш и привело к росту мирового производства продовольствия и сырья для промышленности.

Наряду с очевидным положительным эффектом, со временем стали проявляться и отрицательные последствия широкого применения химических средств защиты растений: накопление их в почве, водоемах, возникновение устойчивых к ним популяций вредных организмов, нарушение естественных биоценозов и потенциальная угроза здоровью человека [1, 2].

В этой связи возникла необходимость всестороннего изучения экотоксикологии пестицидов и принятия мер по контролю за процессом внесения и содержания их в почве и по структуре растений.

Важным инструментом в предотвращении негативных последствий применения и глобальной миграции пестицидов является системный мониторинг их токсических остатков в объектах окружающей среды, растениеводческой продукции и продуктах питания.

Применяемые в настоящее время физико-химические и биологические методы контроля содержания пестицидов в корнях, почве и листьях растений име-

ют ряд недостатков. Данные исследования связаны с отбором проб и последующим анализом содержания пестицидов в лабораторных условиях, для чего необходима тщательная очистка экстрактов, длителен сам процесс лабораторного анализа, не всегда удовлетворительные избирательность и чувствительность, используется дорогостоящее оборудование. Оперативный вариант получения информации о концентрации химических веществ в почве, на растениях, метеорологических параметрах внесения пестицидов также не возможен.

Одним из перспективных вариантов мониторинга пестицидов в окружающей среде видится в использовании беспроводных сенсорных сетей, что позволит обеспечить контроль определенных параметров на больших территориях. Объединенные в беспроводную сенсорную сеть пьезокварцевые датчики образуют распределенную, самоорганизующуюся систему сбора, обработки и передачи информации.

Сенсоры в реальном времени определяют основные параметры состояния почв (влажность, температуру), которые необходимо учитывать при внесении пестицидов. Другая группа датчиков информируется о концентрации пестицидов по структуре растения.

В основу системы входят три основных элемента:

- набор беспроводных сенсоров;
- блок координатор;
- специальное программное обеспечение.

Беспроводные сенсоры сети состоят из миниатюрных вычислительно-коммуникационных устройств. На данном устройстве размещаются процессор, память, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, радиочастотный приемопередатчик, источник питания и датчики. Датчики могут быть самыми разнообразными (в зависимости от химического состава пестицида), они подключаются через цифровые и аналоговые коннекторы. Сенсоры используются только для сбора, первичной обработки и передачи сенсорных данных.

Основная функциональная обработка данных, собираемых сенсорами, осуществляется на узле или шлюзе, который представляет собой мощный компьютер. Для получения сигналом узел должен быть оснащен антенной. Но в любом случае доступными для узла оказываются только сенсоры, находящиеся близко от него, т.е. узел не получает информации от каждого сенсора. Проблема получения сенсорной информации решается следующим образом. Сенсоры могут обмениваться между собой информацией с помощью приемопередатчиков, работающих в радиодиапазоне. Это,

во-первых, сенсорная информация, считываемая с датчиков, а во-вторых, информация о состоянии устройств и результатах процесса передачи данных. Информация передается от одних сенсоров другим по цепочке, и в итоге ближайшие к узлу сенсоры сбрасывают ему всю аккумулированную информацию. Если часть сенсоров выходит из строя, работа сенсорной сети после реконфигурации должна продолжаться [2].

Для выполнения функций на каждый сенсор устанавливается специализированная операционная система. В настоящее время в большинстве беспроводных сенсорных сетей используется Tiny OS-OC, разработанная в Университете в Беркли. TinyOS-OC – это управляемая событиями операционная система реального времени, рассчитанная на работу в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Она позволяет сенсорам автоматически устанавливать связи с соседями и формировать сенсорную сеть заданной топологии.

Важнейшим фактор при работе беспроводных сенсорных сетей является ограниченная емкость батарей, устанавливаемых в системе. Следует учитывать, что заменить батареи чаще всего невозможно. В связи с этим необходимо выполнять на сенсорах только простейшую первичную обработку, ориентированную на уменьшение объема передаваемой информации, и, самое главное, минимизировать число циклов приема и передачи данных. Для решения этой задачи разработаны специальные коммуникационные протоколы, наиболее известными из которых являются протоколы альянса ZigBee. Для протоколов беспроводных сенсорных сетей ZigBee использовал разработанный ранее стандарт IEEE 802.15.4, который описывает физический уровень и уровень доступа к среде для беспроводных сетей передачи данных на небольшие расстояния с низким энергопотреблением, но с высокой степенью надежности.

Проблемой работы сенсорных сетей являются и помехи, создаваемые посторонними источниками радиосигналов, а также недостаточная энергоемкость, в результате чего сенсоры могут выходить из строя.

Во всех таких случаях схемы обмена данными должны модифицироваться. Поскольку одной из важнейших функций TinyOS является автоматический выбор схемы организации сети и маршрутов передачи данных, беспроводные сенсорные сети по существу являются самонастраиваемыми.

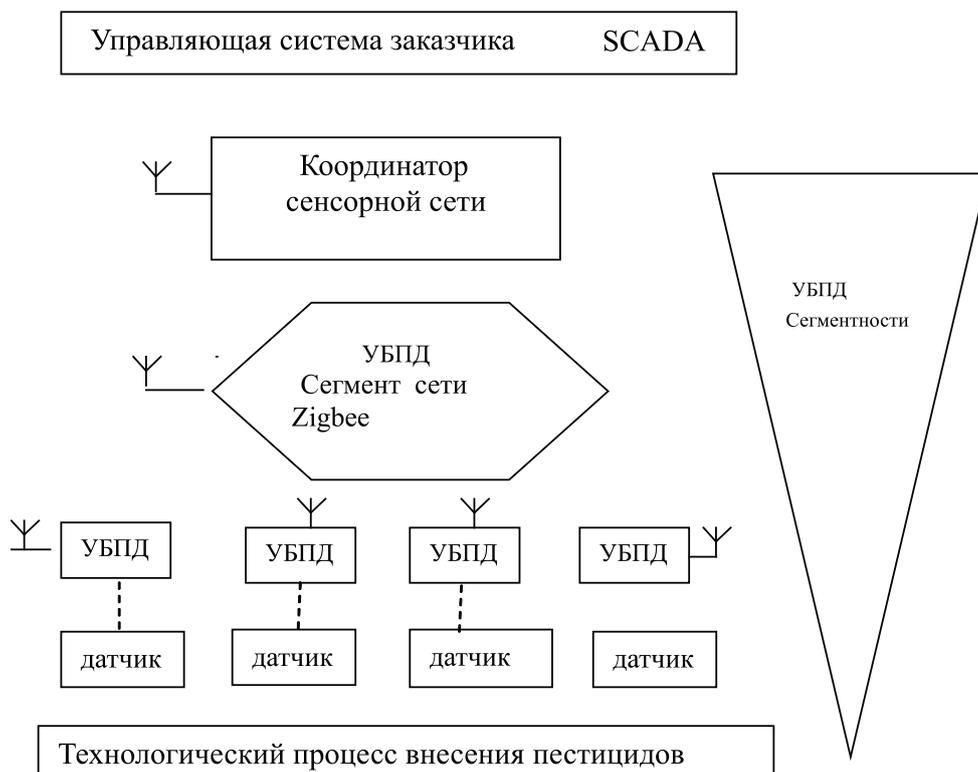
Узел беспроводной передачи данных может выступать как контроллер различных датчиков, а также как ретранслятор сети ZigBee [3].

Преимущество использования беспроводных сенсорных сетей для контроля параметров внесения аэрозольных пестицидов заключается в возможности избежать помех посторонних источников радиосигналов, т.к. сенсорную сеть предполагается использовать в полевых условиях.

Для осуществления мониторинга аэрозольных пестицидов беспроводные сенсоры

размещаются по ранее определенным точкам поля с целью определения уровня концентрации аэрозольных пестицидов и эффективности проведения процесса химизации (рисунок).

Так как в настоящее время все средства аэрозольного распыления снабжены системой навигации GPS, точечное расположение сенсоров позволит оценить и равномерность распределения аэрозольных пестицидов по полю.



Пример интеграции беспроводных сенсорных сетей в системе мониторинга пестицидов

Предложенный метод использования в качестве инструмента системного мониторинга – беспроводную сенсорную сеть имеет ряд преимуществ перед традиционными методами оценки химического загрязнения почв. Во-первых, оценка всех параметров проводится во время распыления аэрозольных пестицидов, во-вторых, – представляется возможность определить эффективность процесса химической обработки растений, в-третьих, исходя из дисперсности аэрозольных частиц, предположить равномерность распределения [5].

По результатам исследования можно принять решение о необходимости оптимизации процесса химической обработки почв по экологическому параметру, об уровне консервативного загрязнения почв пестицидами, по содержанию влаги в почве и т.д.

**Список литературы**

1. Лунев М.И. Мониторинг пестицидов в окружающей среде и продукции: эколого-токсикологические и ана-

литические аспекты // Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева. – М., 2005. – №3. – С. 27–33.

2. Сергиевский М. Беспроводные сенсорные сети // Компьютер Пресс. – М., 2009. – №8. – С. 12–17.

3. Комаров М.М. Система мониторинга окружающей обстановки на основе беспроводной сенсорной сети // Научно-техническая конференция молодых специалистов МИЭИ: тезисы докладов. – М.: МИЭМ, 2009. – С. 145–146.

4. Стецов Г.Я. Современные экологически безопасные системы фитосанитарной оптимизации растениеводства в Сибири (теория, методология, практика). – Новосибирск, 2009. – 116 с.

5. Задорожный О.Г. Разработка методов и средств контроля аэрозольного распыления для оптимизации применения пестицидов: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Барнаул, 2007. – 18 с.

**Рецензенты:**

Новоселов А.Л., д.т.н., профессор Алтайского государственного университета, г. Барнаул.

Антонов А.В., д.т.н., декан факультета кибернетики, профессор Обнинского института Атомной энергетики Национального ядерного университета МИФИ, г. Обнинск.

Работа поступила в редакцию 29.11.2011.