



Рисунок 1. Результаты нелинейной аппроксимации временного ряда урожайности.

Основная структура хаотической системы при самоорганизации, содержащая в себе всю информацию о системе, а именно странный аттрактор динамической системы, может быть восстановлен через измерение одной наблюдаемой этой системы – курса акций, фиксированной как временной ряд.

На основе ряда построен аттрактор системы для размерности вложения равной трем. Внутренняя структура системы такова, что курс акций стремиться

к определенной притягивающей траектории в 40-45 рублей. Можно утверждать, что адекватные прогнозы можно сделать только для цен курсов акций, формирующих область притяжения аттрактора. Наибольший показатель Ляпунова для динамики курса акций «Лукойл» в этот период составляет 0.5763 бит/день. Это означает, что можно делать адекватные прогнозы на $1/0.5763 = 1.735$ дня.

Современные системы автоматизации

СЕНСОРЫ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ. (ОБЗОР)

Белянкин С.Е.

В данной работе, будут рассмотрены физические принципы работы и основные характеристики следующих газоаналитических сенсоров: оптические сенсоры, сенсоры на основе органических соединений, сенсоры на основе тонких пленок оксидов металлов. Более подробно будут рассмотрены последние, как одни из наиболее перспективных.

1. Оптические сенсоры

Поглощение электромагнитного излучения молекулой газа может привести не только к возбуждению электрона, но также к изменениям колебательной энергии и вращательной энергии. Поглощение видимого ультрафиолетового и рентгеновского излучений вызывает изменение электронной энергии молекул. Поглощение инфракрасного излучения приводит к изменениям колебательных и вращательных состояний молекул. Эти эффекты используются в абсорбционной спектроскопии, которая является методом определения химического состава газа, поскольку получаемые спектры поглощения однозначно характеризуют его. Измерение интенсивности электромагнитного излучения, поглощаемого газовой смесью, зави-

сит от природы газа и позволяет, таким образом, определить концентрацию данного газа в смеси [1].

Оптические сенсоры можно разделить на две подгруппы: активного и пассивного типов.

В сенсорах активного типа имеется чувствительный слой, в котором на молекулярном или фазовом уровне введены молекулы аналитических реагентов, вступающие в специфическое взаимодействие с молекулами контролируемого сенсором газа.

Оптические сенсоры, в которых отсутствует реагентная фаза, являются пассивными.

2. Сенсоры на основе органических соединений

Одно из важнейших направлений в газовом анализе – контроль токсичных неорганических газов: NO_x , H_2S , NH_3 и др.

Фталоцианины рассматриваются как один из наиболее перспективных материалов для определения оксидов азота. Чувствительностью к NO_x обладают пленки CuPc (Pc – фталоцианин), PbPc , TiPc_2 и CuTTBPc (тетратретбутилзамещенный фталоцианин меди). Селективный по отношению к монооксиду углерода, метану и кислороду SAW – преобразователь на NH_3 , функционирующий при комнатной температуре, разработан на основе полипиррола, химически связанного с поверхностью предварительно сформированной методом Ленгмюра–Блоджетт пленки стеарата железа. Чувствительна к аммиаку также хеморе-

зисторы на основе фталоцианина индия, легированного ионами кислорода.

Создание газочувствительных покрытий для газовых сенсоров с улучшенными характеристиками осуществляется двумя основными методами: синтезом новых соединений; модификацией свойств уже известных. Однако анализ результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что наиболее значительные улучшения характеристик сенсоров наблюдаются при использовании подхода, основанного на применении композитных материалов. Данный способ заключается в использовании смесей двух и более компонентов, один из которых высокочувствителен к определенному газу, а другой инертен по отношению к первому веществу и аналиту. Функция инертного компонента сводится к приданию новых качеств композиту. Как пример, происходит существенное повышение быстродействия, чувствительности и возможность снижения рабочей температуры со 150 до 30...40 °С сенсора на NO при использовании вместо чистого фталоцианина его смеси с арахиновой кислотой.

2. Сенсоры на основе тонких пленок оксидов металлов

Основными представителями тонкопленочных датчиков являются датчики на основе оксида олова. Они представляют собой трубчатую подложку из оксида алюминия, на которую нанесен тонкий слой оксида олова (SnO₂). Для обеспечения более высокой чувствительности этого полупроводника к конкретному типу газовой примеси его легируют элементами, обладающими каталитическими свойствами (Pt, Cu, Ni, Pd). Датчик нагревается до рабочей температуры (около 400 °С) при помощи нагревательного элемента, выполненного в едином конструктиве с датчиком.

Рассмотрим физический принцип работы этого датчика. При нагреве поликристаллических оксидов металлов, в частности SnO₂, молекулы кислорода из воздуха адсорбируются на поверхности этих оксидов и, захватывая электрон из материала, становятся ионами. Отрицательно заряженные ионы отталкивают электроны проводимости от поверхности, уменьшая их концентрацию и оставляя нескомпенсированные положительно заряженные донорные центры, и формируют потенциальный рельеф поверхности. Состав оксида SnO_{2-x} говорит о наличии вакантных ионов кислорода, которые являются донорами.

На границах кристаллитов существует потенциальный барьер, определяющий электропроводность. Ионы кислорода, адсорбированные на поверхности, повышают барьер и значительно увеличивают сопротивление для протекающего тока. Появление восстанавливающего газа приводит к его реакции с кислородом на поверхности с последующим испарением продуктов реакции и уменьшает сопротивление датчика. Зависимость сопротивления датчика от концентрации восстанавливающего газа (для некоторого диапазона концентраций этого газа) может быть выражена следующим уравнением:

$$R = A(C)^{-\alpha} \quad (1)$$

где R – электрическое сопротивление сенсора; A , α – константы; C – концентрация газа.

3.1. Характеристики TGS-датчиков

- При понижении парциального давления кислорода сопротивление датчика уменьшается.

- Согласно формуле (1), зависимость сопротивления датчика от концентрации газа носит экспоненциальный характер (линейна в логарифмическом масштабе) в пределах рабочего диапазона концентраций газа (от единиц до нескольких тысяч долей ppm).

- Сопротивление чувствительного элемента очень быстро снижается при воздействии восстанавливающего газа, а затем возвращается за короткое время к первоначальному значению после помещения в чистый воздух. Скорость реакции датчика зависит от его модели и от типа воздействующего газа.

- Когда после хранения (в выключенном состоянии) газовый датчик включают в условиях атмосферы воздуха, для него характерен переходной режим. В первые секунды после включения R_S (где R_S – сопротивление датчика при определении им концентрации газа в окружающей среде) резко понижается в связи с нагревом датчика независимо от присутствующих газов, а затем достигает устойчивого уровня, соответствующего окружающей атмосфере. Продолжительность переходного процесса зависит от типа датчика, от атмосферных условий во время хранения и от длительности хранения. Эту особенность датчика необходимо учитывать при проектировании схемы, так как она может привести к ложному срабатыванию сигнализации в момент включения электропитания.

- Так как принцип детектирования TGS-датчика основан на хемосорбции и десорбции газов на поверхности чувствительной пленки, температура и влажность окружающей среды, определяющие скорость химических реакций, влияют на характеристики чувствительности датчика. При использовании TGS-датчиков должна быть предусмотрена схема компенсации зависимости их чувствительности от температуры.

- TGS-датчики обладают достаточно высокой долговременной стабильностью, поэтому они пригодны для работы в устройствах, не требующих постоянного обслуживания.

3.2. Меры предосторожности при использовании газовых датчиков

Недопустимые ситуации: воздействие паров кремнийорганических соединений, воздействие высококоррозионных сред, загрязнение щелочными металлами, контакт с водой, переохлаждение, подача повышенного напряжения, подача несоответствующего напряжения

Нежелательные ситуации: конденсация влаги, использование датчика в газовой среде, имеющей высокую плотность, хранение TGS-датчика в течение длительного времени, длительное воздействие неблагоприятной среды, вибрация, удар, воздействие паяльного флюса.

3.3. Выходной сигнал датчика

В настоящее время для обработки выходного сигнала TGS-датчика нередко применяют микропроцессоры, как правило, недорогие, которые могут служить в качестве компаратора и выполнять некоторые другие полезные функции. Например, функцию ком-

пенсации температурной зависимости, автокалибровки и т.д.

3.4. Схемы обнаружения повреждения датчика

Повреждение нагревателя датчика может быть обнаружено с помощью резистора, последовательно соединенного с нагревателем. О появлении повреждения будет свидетельствовать отсутствие напряжения, падающего на этом резисторе.

3.5. Корпус детектирующего устройства

- Датчик внутри корпуса детектирующего устрой-

ства должен быть отделен перегородками, имеющими достаточное число широких разрезов для быстрого распространения газа.

- Конструировать корпус следует так, чтобы он рассеивал максимальное количество тепла.

И в заключении, рассмотрим таблицу характеристик тонкопленочных сенсоров для различных газов [3].

Таблица 1. Характеристики сенсоров и анализируемые газы

Анализируемое вещество	Чувствительное вещество сенсора
Оксид углерода CO	Напыленные в кислороде слои SnO ₂ ; рабочая температура 250 – 500 °С.
Сероводород H ₂ S	Слой SnO ₂ с добавкой алюминия
Пропан C ₃ H ₈	SnO ₂ + 1% PdCl ₂ + Mg(NO ₃) ₂ с добавками Nb(U, Ti, Mo)
Водород H ₂	Напыленный слой SnO ₂ с добавкой 1% SbO ₃

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павленко В. А. Газоанализаторы.
2. Тхоржевский В.П. Автоматический анализ химического состава газов.

3. Виглеб Г. Датчики. Пер. с нем. - М.: Мир, 1989. - 196 с.

Проблемы физиологии растений

НАКОПЛЕНИЕ ЦИНКА И МЕДИ У ЗЛАКОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ПОСТУПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЭКОСИСТЕМЫ НИЖНЕЙ САКСОНИИ (ГЕРМАНИЯ)

Кайгородов Р.В.

*Пермский государственный университет,
Пермь*

В сельском хозяйстве Германии в качестве удобрений широко используются биологические отходы животноводства. Органические продукты животного происхождения обогащены цинком (до 5000 мг/кг сухого веса) и медью (до 750 мг/кг сухого веса). Повышенное содержание цинка и меди в органических продуктах обусловлено использованием этих микроэлементов в кормовых добавках в животноводстве. В результате внесения органических удобрений в агроэкосистемы поступают большие количества цинка и меди. Известно, что питательные микроэлементы цинк и медь при высоких концентрациях в почве (от 300 мг Zn/кг и от 100 мг Cu/кг) оказывают фитотоксическое действие на культурные растения.

В данной работе были изучены масштабы поступления цинка и меди в исследуемые почвы с органическими удобрениями, накопление в почвах и растениях.

В исследуемые почвы ежегодно вносят 22,5 м³/га органических удобрений, что в пересчете на сухое вещество составляет 809 кг/га. С ними средним поступает 2,00 кг/га цинка что вдвое превышает средние германские показатели. Внос меди составляет 0,35 кг/га в год и находится на средне германском уровне.

Валовое содержание цинка (18 – 35 мг/кг) и меди (8 – 15 мг/кг) в почвах не превышает, установленные законом, предельно допустимые концентрации для сельскохозяйственных почв и находятся в пределах фонового содержания, установленных для незагрязненных тяжелыми металлами сельскохозяйственных почв. Однако по сравнению с контрольной почвой (без внесения биологических отходов) содержание цинка и меди в исследуемых почвах повышено в 1,5 – 2 раза, особенно в пахотном слое. Доля подвижных фракций цинка и меди (экстрагируемых 0,1 М раствором ЕДТА рН= 4,6) в пахотном слое составила 20 – 30% от общего содержания. Количество цинка и меди в почвенном растворе (водная вытяжка при соотношении почвы к раствору 1:5) очень ограничено и составило десятые доли процента от валового запаса элементов в почве.

В качестве растительных объектов были использованы различные виды злаков – овес (*Avena sativa L.*, сорт „Alfred“), ячмень (*Hordeum vulgare L.* сорт „Lümerit“) и пшеница (*Triticum aestivum L.*, сорт „Beskay“).

Как показали исследования, изученные злаки накапливают в 10 – 20 раз больше цинка, чем меди. Содержание цинка в зерне было в 2 – 5 раз выше по сравнению с соломой. Среди всех исследованных злаков овес отличался наибольшей концентрацией цинка, как в зерне (56,4 мг/кг сухого веса), так и в соломе (31,0 мг/кг сухого веса).

Содержание меди было выше в соломе, чем в зерне злаков.