

УДК 543.07

СИСТЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО АНАЛИЗА ПОЧВ (МЕТОДЫ ЧИРИКОВА, МАЧИГИНА И КИРСАНОВА) SYSTEMS OF THE HIGH-SPEED ANALYSIS OF SOIL (CHIRIKOV'S, MACHIGIN'S AND KIRSANOV'S METHODS)

В.А. Бузановский, НПО «Химвавтоматика», Сельскохозяйственная ул., 12 а, Москва, Россия, 129226, тел.: (495) 181-37-88, e-mail: vab1960@rambler.ru

V.A. Buzanovsky, Research-and-production Association «Khimavtomatika», Sel'skokhozyaystvennaya st., 12 a, Moscow, Russian Federation, 129226, tel.: (495) 181-37-88, e-mail: vab1960@rambler.ru

Представлены результаты разработки систем высокоскоростного анализа почв по методам Чирикова, Мачигина и Кирсанова. Критерием синтеза систем являлась наименьшая стоимость измерительной информации, а ограничениями синтеза — требуемые точность и производительность анализа.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, почва, состав, высокоскоростной анализ.

Results of system engineering of the high-speed analysis of soil by Chirikov's, Machigin's and Kirsanov's methods are submitted. Criterion of synthesis of systems was the minimum cost of the measurement information and restrictions of synthesis were required accuracy and productivity of the analysis.

Key words: information and measuring system, soil, structure, the high-speed analysis.

Информационно-измерительные системы физико-химического состава и свойств веществ получили широкое распространение практически во многих отраслях народного хозяйства и науки, в том числе и в агрохимии. Синтез систем названного класса связан с определением схем построения, обеспечивающих соответствие технико-экономических характеристик систем предъявляемым к ним требованиям. Для достижения указанного соответствия необходимо руководствоваться принципами, изложенными в работе [1].

Статья посвящена анализу систем высокоскоростного анализа почв по методам Чирикова, Мачигина и Кирсанова, созданным для зональных агрохимических лабораторий на основе этих принципов.

Агрохимический анализ подвижных соединений фосфора и калия проводится в соответствии с методиками выполнения измерений (МВИ), регламентируемыми государственными стандартами [2—4]. При этом детектирование названных компонентов включает:

1) извлечение подвижных форм фосфора и калия из почв экстрагирующими растворами;

2) последующее определение фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоколориметре и калия на пламенном фотометре.

Анализ по методу Чирикова осуществляется в черноземах, серых лесных и других почвах. Измерение содержания подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина проводится в сероземах, черноземах, серо-бурых, бурых, каштановых и других почвах. Метод Кирсанова используется для анализа подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных и других почв.

Диапазоны и погрешности измерений концентраций подвижных форм фосфора и калия в почвах согласно государственным стандартам [2—4] представлены в таблице.

| Диапазоны и погрешности измерений концентраций компонентов в почвах по методам Чирикова, Мачигина и Кирсанова | | | |
|---|-------------------------|---------------------------|---|
| Наименование стандарта | Наименование компонента | Диапазон измерений, мг/кг | Относительная погрешность измерений, не более % |
| ГОСТ 26204-91 (метод Чирикова) | Фосфор | 50—250 | 30 |
| | Калий | 50—250 | 20 |
| ГОСТ 26205-91 (метод Мачигина) | Фосфор | 20—80 | 35 |
| | Калий | 80—400 | 20 |
| ГОСТ 26207-91 (метод Кирсанова) | Фосфор | 50—250 | 30 |
| | Калий | 100—500 | 25 |

При разработке систем, предназначенных для выполнения анализа почв по этим методам, в качестве критерия синтеза применялась наименьшая стоимость получения измерительной информации, а ограничениями синтеза являлись:

1) соответствие погрешностей определения содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах требованиям государственных стандартов [2—4];

2) обеспечение производительности измерений до 2000 анализов по каждому из определяемых компонентов за рабочую смену.

Помимо этого разрабатывавшиеся системы должны были состоять из технических средств, выпускавшихся отечественной промышленностью. Следует отметить, что стоимость получаемой измерительной информации складывается из стоимости технических средств системы, а также затрат, связанных с ее эксплуатацией, в том числе затрат по пополнению расходных материалов.

Согласно приведенным требованиям задачи синтеза указанных систем были отнесены к задачам типа 1:3 [1]. Основные этапы их решения рассмотрены ниже.

Основные этапы синтеза системы анализа почв по методу Чирикова.

Изучение МВИ, регламентируемой стандартом [2], явилось основой для разработки структурной схемы системы. При этом идентичность операций по извлечению подвижных форм фосфора и калия обусловила целесообразность применения общей подсистемы отбора пробы, и в результате была предложена только одна структурная схема (рис. 1). Заметим, что система, соответствующая данной схеме, идентифицируется как базовая система типа 1.3 [1].

Далее был проведен анализ технических средств, выпускавшихся отечественной промышленностью и позволявших реализовать представленную структурную схему (рис. 1). Оказалось, что выпускавшиеся технические средства обеспечивали выполнение большинства операций по отбору и преобразованию пробы только вручную, что не удовлетворяло требованиям, предъявлявшимся к производительности измерений. Данное обстоятельство явилось одной из причин разработки агрегатного комплекса средств аналитической техники для подготовки жидких сред при лабораторном анализе АСАТ-ПЖ-Л. В состав названного агрегатного комплекса входили: весовой комплекс с устройством пропорционального дозирования ВКПД-40Г-М; блок экстрагирования БЭ-2; устройства фильтрования и дозирования УФД-3; дозаторы жидкостей ДАЖ-115 и ДАЖ-115.1-1; комплекс отбора и дозирования КОД-1; фотоколориметрический комплекс КИ-ФК; пламенно-фотометрический комплекс КИ-ПФ.

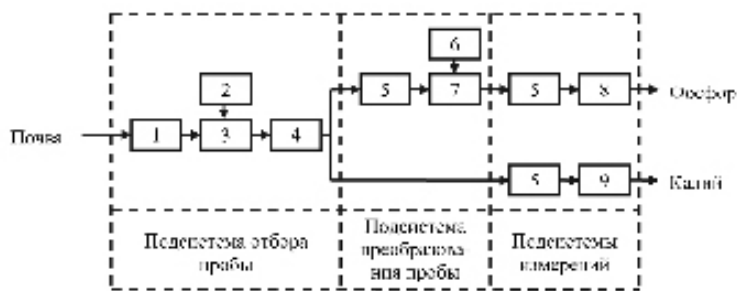


Рис. 1. Структурная схема системы анализа почв по методу Чирикова:

1 — весовой комплекс; 2 — дозатор экстрагирующего раствора; 3 — блок экстрагирования; 4 — блок фильтрации; 5 — дозатор отбора раствора; 6 — дозатор реагента; 7 — блок проведения химической реакции; 8 — фотоколориметр; 9 — пламенный фотометр

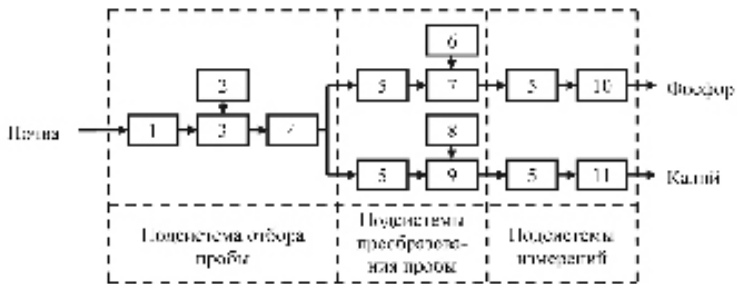


Рис. 2. Структурная схема системы анализа почв по методу Мачигина:

1 — весовой комплекс; 2 — дозатор экстрагирующего раствора; 3 — блок экстрагирования; 4 — блок фильтрации; 5 — дозатор отбора раствора; 6 — дозатор реагента; 7 — блок проведения химической реакции; 8 — дозатор разбавляющего раствора; 9 — смеситель; 10 — фотоколориметр; 11 — пламенный фотометр

Весовой комплекс с устройством пропорционального дозирования ВКПД-40г-М обеспечивал автоматическое взвешивание образца почвы и добавление к нему требуемого количества жидкого реагента. Блок экстрагирования БЭ-2, а также устройство фильтрации и дозирования УФД-3 автоматизировали соответствующие операции. Дозаторы жидкостей ДАЖ-115 и ДАЖ-115.1-1, являющиеся основными составными частями комплекса отбора и дозирования КОД-1, осуществляли автоматический отбор и дозирование жидкостей по заданной программе. Фотоколориметрический комплекс КИ-ФК и пламенно-фотометрический комплекс КИ-ПФ обеспечивали автоматический отбор и подачу на анализ исследовавшихся жидкостей.

Создание технических средств, входивших в агрегатный комплекс АСАТ-ПЖ-Л, ликвидировало указанный недостаток и позволило реализовать следующую структурную схему (рис. 1). Исследование системы, построенной по этой схеме, показало, что она обеспечивала требуемую производительность анализа, а проведенное экспериментальное изучение определило значения режимных параметров системы, обуславливающие наименьшее потребление расходных материалов при удовлетворении требованиям к метрологическим характеристикам измерений (табл.). В число названных режимных параметров входили: масса анализируемой почвы; объемы почвенного фильтрата, отбиравшиеся в измерительных каналах; объем дозированного раствора реагента в измерительном канале фосфора. Указанное изучение проводилось с учетом:

- 1) величин объемов проб, требовавшихся для подачи на измерения в фотоколориметрический и пламенно-фотометрический комплексы КИ-ФК и КИ-ПФ;
- 2) диапазонов измерений названных фотоколориметрического и пламенно-фотометрического комплексов;
- 3) возможностей по отбору и дозированию жидкостей дозаторами типа ДАЖ-115, входившими в комплекс отбора и дозирования КОД-1;

4) диапазонов взвешивания почвенного образца и добавления объема экстрагирующего раствора весовым комплексом с пропорциональным дозированием ВКПД-40г-М;

5) требований, предъявлявшихся к диапазонам измерений концентраций подвижных форм фосфора и калия (табл.).

Основные этапы синтеза системы анализа почв по методу Мачигина.

Аналогично МВИ согласно государственному стандарту [2] методика, регламентируемая стандартом [3], предусматривала идентичное проведение операций по извлечению подвижных форм фосфора и калия. Вследствие этого для системы анализа почв по методу Мачигина первоначально была выбрана представленная структурная схема (рис. 1). Однако при изучении возможности ее реализации на основе технических средств агрегатного комплекса АСАТ-ПЖ-Л было установлено, что данная схема позволяла выполнять анализ с требовавшейся погрешностью измерений только в диапазоне концентраций калия менее 300 мг/кг, что не соответствовало предъявлявшимся требованиям (табл.).

В сложившихся условиях была проанализирована возможность изменения соотношения между массой анализируемой почвы и объемом добавлявшегося экстрагирующего раствора. При этом было выяснено, что изменение соотношения между массой почвы и объемом экстрагирующего раствора нарушало правила извлечения подвижных форм фосфора и калия, регламентируемые государственным стандартом [3], а также приводило к увеличению погрешности измерений концентраций фосфора в требовавшемся диапазоне измерений.

В связи со сказанным было проведено изменение структурной схемы системы, заключавшееся во включении в измерительный канал калия элементов, обеспечивавших разбавление почвенного фильтрата (рис. 2). Отметим, что система, соответствующая данной структурной схеме, классифицируется как базовая система типа 1.1 [1]. Исследование предложенной схемы определило значения режимных параметров технических средств, обеспечивавшие наименьшее потребление расходных материалов при метрологических характеристиках измерений, удовлетворявших требованиям, представленным в таблице. Указанное исследование также было проведено экспериментально. При этом были учтены:


- 1) величины объемов проб, требовавшиеся для подачи на измерения в фотоколориметрический и пламенно-фотометрический комплексы КИ-ФК и КИ-ПФ;
- 2) диапазоны измерений названных фотоколориметрического и пламенно-фотометрического комплексов;
- 3) возможности по отбору и дозированию жидкостей дозаторами типа ДАЖ-115, входившими в комплексы отбора и дозирования КОД-1;
- 4) диапазоны взвешивания почвенного образца и добавления объема экстрагирующего раствора весовым комплексом с пропорциональным дозированием ВКПД-40г-М;
- 5) требования, предъявлявшиеся к диапазонам измерений концентраций подвижных форм фосфора и калия (табл. 1).

Основные этапы синтеза системы анализа почв по методу Кирсанова.

Синтез системы анализа почв по методу Кирсанова (в соответствии с государственным стандартом [4]) практически совпадал с синтезом системы анализа почв по методу Мачигина.

Полученные результаты использованы при разработке автоматизированных систем высокоскоростного анализа

почв по методу Чирикова АСВА-П(Ч), по методу Мачигина АСВА-П(М) и по методу Кирсанова АСВА-П(К). Указанные системы прошли апробацию в ЦНИИ агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ныне

ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова). Результаты испытаний систем подтвердили соответствие точности и производительности их измерений предъявлявшимся требованиям. 

Литература

1. Бузановский В.А. Аспекты синтеза информационно-измерительных систем физико-химического состава и свойств веществ // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2008. — № 1. — С. 31—36.
2. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.
3. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.
4. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.