



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Д.В. Юновидова

**«Программно-аппаратный рентгенофлуоресцентно–оптический комплекс для анализа сложных фосфорсодержащих удобрений», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики»**

Диссертация Д.В. Юновидова посвящена исследованию сложных фосфорсодержащих минеральных удобрений и их параметров качества методами рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) и оптической регистрации с использованием хемометрических алгоритмов. Целью работы является создание единого программно-аппаратного комплекса на основе энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра и оптического регистратора для повышения эффективности и надежности контроля качества выпускаемых сложных фосфорсодержащих удобрений.

Это является актуальной задачей, поскольку, несмотря на широкое распространение в аналитической и производственной практике, развитость математического аппарата и разнообразие приборного парка, рентгенофлуоресцентный метод не нашел широкого применения в контроле технологических процессов промышленного производства минеральных удобрений. При этом современный уровень развития рентгеноспектральных технологий, компьютерной техники и методов анализа больших пакетов данных принципиально позволяет применять эти методы для комплексного анализа таких сложных объектов, что, несомненно, представляет большой практический интерес для дальнейшего повышения эффективности технологий производства и качества конечного продукта.

В диссертации разработана целостная и в определенном смысле завершенная, вплоть до создания единой программно-аппаратной схемы, концепция комплексного использования различных экспериментальных методов и современного математического аппарата обработки экспериментальных данных для решения одной из актуальных аналитических задач, решение которой каждым из методов в отдельности недоступно. Особого внимания заслуживает разработка алгоритма и создание базы данных физико-химических свойств продуктов производства на основе матрицы «объекты-признаки», позволяющей дальнейший классификационный и регрессионный экспресс-анализ с использованием оригинальной методики пробоподготовки.

Результаты апробации, проведенной, например, в Балаковском филиале АО «Апатит» при переходе производства с марки NP(S) 12-40(10) на марку NP(S+S)+Zn 12-40(6+3)+1 с элементной серой показали, что использование предложенного программно-аппаратного комплекса позволило значительно сократить время получения аналитической информации (от типичных для РФА 60-ти до 10-ти минут) и фактически описывать качество переходного процесса в режиме «онлайн». Это существенно повышает эффективность использования методов РФА в промышленности с учетом современных требований к автоматизации контроля производства и открывает широкие перспективы для их дальнейшего развития в условиях четвертой промышленной революции.

Также следует отметить, что предложенный программно-аппаратный комплекс расширяет спектр аналитических задач, традиционно решаемых РФА. В частности, он дает возможность строить «карты качества» выпускаемой продукции, представляющие собой графики зависимости фактора формы от фракционного состава и позволяющие выделить область качественного продукта по ГОСТ и ТУ для каждого типа и марки выпускаемых гранулятов. Или определять количество кондиционирующих добавок на гранулах, являющихся самым дорогим реактивом, используемым при производстве минеральных удобрений, что существенно повышает эффективность контроля их расхода в процессе производства.

Одним из спорных моментов предлагаемого алгоритма обработки рентгеновских спектров и выделения характеристических линий представляется то, что найденные спектральные пики, энергетические положения которых не совпадают с энергиями  $K\alpha$  или  $L\alpha$  линий выделенных химических элементов (Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Fe, Zn, Sr, Mo, Mo некогерентный) полностью отбрасываются. С одной стороны, это выглядит оправданным, т.к. позволяет снижать содержание шумовых компонентов в данных, а при контроле производственных процессов маловероятно появление в пробе неожиданных элементов. С другой стороны, вероятность появления загрязняющих примесей остается ненулевой даже в самых отработанных процессах, например, за счет изменения состава используемых сырьевых компонентов. Не исключена ситуация, когда неучтенный компонент пробы может существенно повлиять на спектральное проявление контролируемых элементов (за счет дополнительного поглощения или вторичного возбуждения аналитических линий, изменения фонового сигнала и т.п.), так что используемые оптимизированные методики будут давать искаженные результаты. Тут есть определенный потенциал для улучшения методик и повышения стабильности их работы в различных производственных ситуациях.

Следует отметить также недостатки в плане оформления материала: на графиках счетов разложения по методу главных компонент не всегда конкретно указаны приведенные компоненты (номера) и величины объясненных дисперсий соответственно.

Тем не менее, указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов. Диссертационная работа Юновидова Д.В. выполнена на высоком научном уровне, отвечающем требованиям ВАК, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

кандидат физико-математических наук  
старший методист РФА  
«Bruker Nano GmbH»



Е.С. Блохина

подпись Е.С.Блохиной удостоверяю  
**Bruker Nano GmbH**  
**Am Studio 2D**  
**12489 Berlin - Germany**



вице-президент инжиниринг  
«Bruker Nano GmbH»  
Dr. Oliver Boslau