

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Федотова Павла Сергеевича «Гибкая технология сложных серосодержащих фосфорно-калийных удобрений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ

### **Актуальность темы диссертации**

Представленная к защите кандидатская диссертация Федотова П.С. посвящена развитию технологии сложных серосодержащих фосфорно-калийных удобрений. Эта тема является актуальной, поскольку направлена на повышение плодородия и устранение существующего дефицита соединений фосфора и калия в почвах РФ. Создание технологии сложных серосодержащих фосфорно-калийных удобрений в гранулированной форме позволит расширить ассортимент выпускаемых удобрений с использованием доступных сырьевых источников – неупаренной экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), серной кислоты, конверсионного мела и хлористого калия. Кроме того, создание гибкой технологии производства различных марок удобрений позволит расширить рынки сбыта и повысить экономическую стабильность химических предприятий отрасли.

### **Новизна проведенных исследований и полученных результатов**

В диссертационной работе приведены результаты физико-химических и технологических исследований по получению фосфорно-калийных серосодержащих удобрений (PKS-удобрений). Автором освоены методы расчета, сложные методики химических и физико-химических методов анализа компонентов PKS-удобрения, выполнен большой объем экспериментов и анализов, изучены основные закономерности процессов

получения PKS-удобрений. Установлено влияние соотношения исходных реагентов на химический и фазовый состав PKS-удобрений различных марок и их основные физико-механические свойства. Впервые экспериментально получены зависимости влияния влажности пульп, температуры и степени нейтрализации смеси ЭФК и серной кислоты мелом на реологические свойства реакционных пульп, образующихся в процессе получения PKS удобрений. Установлено, что минимальное значение влажности реакционных пульп определяется реологическими свойствами нейтрализованных фосфатно-сульфатных пульп до введения в них хлористого калия. Предложена математическая модель для расчета вязкости нейтрализованных фосфатно-сульфатных пульп в зависимости от основных факторов, влияющих на указанный параметр. Предложено описание химических превращений, протекающих в интервале температур 90-150°C в многокомпонентных системах, образующихся в процессе получения PKS-удобрений на стадиях гранулирования и сушки гранул, и приводящих к образованию неусвояемых пирофосфатов кальция. Показано, что введение хлористого калия способствует протеканию указанных превращений при более низких значениях температуры (130-140°C), по сравнению с системами без хлористого калия (выше 150°C). Научная новизна полученных автором экспериментальных данных и сделанных выводов не вызывает сомнения.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов исследования: дифференциального термического анализа, рентгенофазового анализа, измерений вязкости с использованием ротационного реометра. Результаты исследований доложены

научной общественности на конференциях различного уровня и не вызывают сомнений. Основное содержание диссертации изложено в 7 статьях, из них 3 статьи опубликованы в журналах перечня ВАК.

### **Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики**

В результате исследований определены технологические параметры стадий нейтрализации смеси кислот конверсионным мелом, гранулирования и сушки продуктов. Установлены минимальные значения влажности реакционных пульп, при которых обеспечивается их подвижность на всех стадиях технологического процесса. Экспериментально исследована и технологически оценена возможность использования альтернативных сырьевых компонентов для получения PKS-удобрений по разработанному способу. Обоснована и разработана технологическая схема процесса получения фосфорно-калийных серосодержащих удобрений. Заслуживает уважения то, что автор большое внимание уделил практической реализации результатов исследований: получены 2 патента на изобретения, составлены и выданы исходные данные для проектирования цеха по производству гранулированных PKS-удобрений производительностью 100 тыс. тонн физической массы в год. Проведена промышленная реализация разработанной технологии в ЗАО «Метаким», подтвердившая данные лабораторных исследований. Логическим завершением работы явилось проведение вегетационных испытаний по изучению действия промышленного образца PKS-удобрения марки 0-20-20 на урожай ячменя и рапса на дерново-подзолистой супесчаной почве с участием кафедры агрономической, биологической химии, радиологии и БЖД Российского государственного аграрного университета - МСХА им. К.А. Тимирязева. Эти результаты свидетельствуют о весомой практической значимости диссертационной работы Федотова П.С.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертационная работа Федотова П.С. состоит из введения, 3 глав, выводов, списка литературы из 90 наименований и приложений. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста, включает 31 рисунок и 17 таблиц. Решение сформулированных автором теоретических и экспериментальных задач привело к достижению поставленной цели работы, что следует из детального обсуждения полученных результатов. Федотовым П.С. выполнен большой объем экспериментальной работы и проведена хорошо аргументированная интерпретация результатов. Полученные в работе данные являются новыми и оригинальными.

Автореферат включает основной материал и положения диссертации и позволяет составить целостное впечатление о работе. Хочется особо подчеркнуть логичное изложение материала, хороший стиль и четкость формулировок диссертации. Опубликованные автором научные статьи и тезисы докладов отвечают содержанию диссертации. Тема диссертации, поставленные цель и задачи исследования, использованные методы, полученные результаты и сформулированные выводы соответствуют заявленной специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

### **Вопросы и замечания по диссертационной работе**

1. На стр. 6 автореферата и на стр.56 в диссертации указывается, что «неньютоновский характер течения пульп обусловлен наличием значительного количества твердой фазы, представленной в основном кристаллами сульфата кальция и дикальцийфосфата, которые взаимодействуя друг с другом, создают сопротивление течению пульпы». Необходимо объяснить характер такого взаимодействия. Почему введение хлористого калия в пульпу не приводит к увеличению вязкости реакционных пульп ?

2. На стр.11 автореферата и на стр. 89 в диссертации указано, что причиной снижения статической прочности гранул с ростом нормы мела в реакционной пульпе является увеличение содержания кристаллов малорастворимого дикальцийфосфата, которые не принимают участия в массовой кристаллизации. Это следует пояснить, поскольку существуют известные способы упрочнения гранул путем введения ультрадисперсных малорастворимых веществ, способствующих образованию большого числа центров кристаллизации и кристаллизационных связей в гранулах. При этом необходимо учитывать условия, природу и прочность формируемых кристаллитов.

3. Чем объясняется факт, что с увеличением нормы мела прочность гранул снижается, а слеживаемость гранул при этом не зависит от нормы мела? Обычно с уменьшением прочности слеживаемость гранул возрастает.

4. На стр.11 автореферата и на стр. 89 в диссертации приведено неточное выражение и неясное объяснение возрастания прочности гранул с увеличением соотношения  $P_2O_5/K_2O$  «умножением кристаллизационных процессов при гранулировании и сушке гранул».

5. Согласно описанию главы 3 диссертации (стр.103) для производства комплексных PKS-удобрений могут использоваться альтернативные источники сырья (фосфогипс, молотые доломит, известняк), которые содержат примеси: оксиды магния, алюминия, железа и соединения фтора. Как эти примеси влияют на процессы конверсии и нейтрализации, на качество получаемого удобрения?

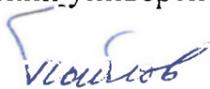
## Заключение

В целом, несмотря на отмеченные замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, связанную с разработкой гибкой технологии серосодержащих фосфорно-калийных удобрений.

Работа удовлетворяет всем требованиям, установленным в п. 9 Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатской диссертации, а ее автор Федотов Павел Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

Официальный оппонент:  
доктор технических наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический университет»  
заведующий кафедрой  
«Химические технологии»



Пойлов Владимир Зотович

(Шифр и номенклатура специальности, по которой защищена диссертация:  
05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Почтовый адрес: 614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, 29  
Тел.: +7-(342)-239-16-08  
e-mail: [Poilov@pstu.ru](mailto:Poilov@pstu.ru).

Подпись Пойлова В.З.

ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ПНИПУ

 В.И. Макаревич

23» кабета 2016 г.

