

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Егорова Виталия Валерьевича «Исследование и разработка технологии очистки растворов цинкового производства от фторид-ионов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 –  
Металлургия черных, цветных и редких металлов

В последние годы общемировой практикой при производстве цинка является все большее вовлечение в переработку вторичного цинксодержащего сырья. Аналогичная тенденция прослеживается и в российской цинковой промышленности, где наряду с традиционными цинксодержащими отходами (лом, изгарь, дроссы и т.п.), в переработку вовлекаются цинксодержащие пыли медеплавильных и сталеплавильных предприятий. Указанное сырье характеризуется значительным содержанием примесей, в том числе хлора и фтора, что требует внесения изменений в существующие технологические процессы и разработки и внедрения новых приемов и технологий для обеспечения выпуска качественной товарной продукции.

В связи с этим, тема диссертационной работы Егорова В.В. является **актуальной** с точки зрения научного обоснования и поиска технологически и экономически обоснованных методов очистки цинковых растворов от фторид-ионов. **Актуальны** также предложенные в диссертации результаты разработки новых видов сорбентов для очистки цинковых растворов от фторид-иона с оптимальным сочетанием физико-химических свойств.

Результаты работы отличаются несомненной **научной новизной** в части выявления закономерностей химических и адсорбционных взаимодействий между гидроксо соединениями алюминия, железа (III) и фторид-ионами в водных растворах сульфата цинка. В результате изучения влияния процессов комплексообразования на активность фторид-ионов определены формы комплексов, которые образуются в системах  $Al-F-H_2O$  и  $Fe(III)-F-H_2O$ .

Наиболее интересной с научной точки зрения являются **новые результаты** по определению скоростей реакции растворения оксидной пленки алюминия и восстановления цинка алюминием. На основании экспериментальных и расчетных данных автором предложена модель формирования полостей в поверхностном слое алюминиевых матриц и выдвинута новая теория, объясняющая механизм воздействия фторид-иона на величину адгезии между цинком и алюминиевыми катодными матрицами.

**Значимость для науки и производства полученных в диссертационной работе результатов** заключается в разработке автором на основе теоретических расчетов и экспериментальных исследований новых сорбентов для очистки растворов от фторид-ионов и решении вопросов практического применения наноразмерных сорбентов в промышленном производстве путем получения композиционного сорбента с формированием сорбционно-активного соединения железа на поверхности частиц инертного материала. Автором предложена технологическая схема очистки сульфатного цинкового раствора от фторид-иона, проработаны режимные параметры технологических операций, разработаны предложения по выводу фтора из технологической схемы.

**В диссертационной работе сформулированы, научно обоснованы и экспериментально подтверждены с использованием современных методов исследований следующие научные положения и выводы:**

- показано, что в соответствии с термодинамической моделью системы F-Fe-H<sub>2</sub>O образуется комплекс  $[\text{FeF}]^{2+}$ , который в условиях катодной поляризации разрушается и ионы фтора вступают в реакцию с оксидной пленкой на поверхности алюминиевого катода;

- на основании потенциометрических исследований процессов комплексообразования установлено, что присутствие в растворе ионов железа значительно снижает активность фторид-ионов;

- получены зависимости времени растворения оксидной пленки на поверхности алюминиевого катода от концентрации фторид-иона.

**Практическая значимость** диссертационной работы Егорова В.В. заключается в предложенной технологической схеме очистки цинксодержащих растворов от фторид-иона.

На основании проведенных исследований предложены параметры и режимы технологических операций, которые позволяют проводить как синтез железосодержащего сорбента, так и очистку цинксодержащих растворов от фторид-иона до концентраций, позволяющих стабильно вести процесс электроэкстракции цинка из растворов и последующую его сдирку с катодных матриц в автоматическом режиме.

**К основным достоинствам** диссертационной работы следует отнести глубокую теоретическую проработку выносимых на защиту положений, обоснованность и практическую значимость выводов и рекомендаций.

Материал диссертации изложен строгим научным языком, материалы предыдущих исследований в полной мере представлены в литературном обзоре, результаты опубликованы в виде научных статей, апробированы на

научных конференциях. **Диссертация** представляет собой законченную научную работу, имеющую теоретическую и практическую ценность; автор при выполнении поставленных задач проявил высокий уровень исследовательской квалификации.

В ходе ознакомления с диссертацией и авторефератом возник ряд вопросов, требующих пояснения, и замечаний:

1. В таблице 2.1 приведены сравнительные характеристики неорганических сорбентов. Почему исследование по сорбции фторид-иона было сосредоточено на применении акагенеита, а не на смеси гидроксидов железа и алюминия, имеющих более высокую СОЕ и приемлемый диапазон рН?
2. **Стр.60, табл.33.** В названии таблицы указано, что диапазон изменения рF ( -4,5 - -2,0). На основании чего выбран этот диапазон, в то время как на рис.3.11 рассматриваемый диапазон рF от -9,0 до +2,0?
3. **Стр.62.** Почему для проведения потенциометрических исследований выбран состав растворов с концентрацией серной кислоты 100 г/дм<sup>3</sup>?
4. **Стр.63, п.3.4.1.** Из текста раздела не понятно, подвергался ли диск алюминия предварительному оксидированию перед началом экспериментов?
5. В главах 3 (**Стр.62, 67**) и 4 (**Стр.79, 84**) при проведении потенциометрических исследований, изучении влияния концентрации фторид-иона и изучении свойств синтезированных сорбентов используются модельные растворы различного состава? Как тогда сравнивать полученные результаты?
6. Возможно ли использование железосодержащего раствора, полученного после отмывки носителя сорбента от слоя ярозита для приготовления новой порции сорбента?
7. Необходимо пояснить, куда выводится избыток раствора после синтеза сорбента с высоким солесодержанием и кислотностью (96 г/л Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 20 г/л FeSO<sub>4</sub>, 20 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)? Каким образом он может быть переработан?
8. Рассматривалась ли автором возможность применения сорбционных колонн вместо реакторов с перемешиванием для операций сорбции/десорбции? Каким образом это повлияет на производительность и состав применяемого оборудования?
9. Стр.113. Исходя из данных рисунка 5.2 следует, что рост доли катодов, направляемых на растворение, приводит к снижению удельного расхода электроэнергии. Необходимо пояснить данное утверждение.

В целом диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым в п 9 «Положения о присуждении ученой степени» от 24 сентября 2013 г. №842 к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертационной работы «Исследование и разработка технологии очистки растворов цинкового производства от фторид-ионов» Егоров Виталий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,  
заместитель технического директора  
по металлургии – начальник управления  
стратегического планирования  
ООО «УГМК-Холдинг»,  
кандидат технических наук

Якорнов Сергей Александрович

19.10.2018 г.  
ООО «УГМК-Холдинг»  
624091, Свердловская область,  
г. Верхняя Пышма, Успенский проспект, д.1  
Тел.: (34368) 9-66-15  
E-mail: s.yakornov@ugmk.com

Подпись Якорнова Сергея Александровича заверяю

Якорнов  
Сергей Александрович  
главный специалист  
управления кадров  
ООО «УГМК-Холдинг»