

---

УДК 622.75/.77

**Перспективы сепарации сыпучих мелкодисперсных материалов при одновременном воздействии импульсных электромагнитных полей, электростатических и магнитостатических полей на свободно падающий поток сыпучих материалов в гравитационном поле**

Соловьев Л.П.

В работе проведен анализ возможностей и проблем, возникающих при реализации одновременного воздействия импульсных электромагнитных полей, электростатических и магнитостатических полей на свободно падающий поток сыпучих материалов в гравитационном поле. Отмечено, что при отдельной реализации различных способов импульсной электромагнитной, магнитостатической и электростатической сепарации, из всего объема сепарируемого мелкодисперсного материала соответственно отделяется компонент обладающий либо высокой электропроводностью, либо высокой магнитной или диэлектрической проницаемостью. Использование одновременного воздействия импульсных электромагнитных полей, электростатических и магнитостатических полей на поток сепарируемого материала резко повышает эффективность сепарации и позволяет подразделять поток сепарируемого материала на различные виды сырья. Обращено внимание, что реализация одновременного воздействия импульсных электромагнитных полей, электростатических и магнитостатических полей возможна только режиме свободного падения потока сыпучих материалов в гравитационном поле, так как это исключает посторонние воздействия на создаваемые импульсные электромагнитные, электростатические и магнитостатические поля.

*Ключевые слова:* импульсная электромагнитная, магнитостатическая, электростатическая сепарация, мелкодисперсные сыпучие материалы, режим свободного падения потока сыпучих материалов в гравитационном поле.

**Perspectives for bulk separation of fine materials, while the impact of pulsed electromagnetic fields, electrostatic and magnetostatic fields on a free falling flow of bulk materials in a gravitational field**

Solovjev L.P.

In work the analysis of opportunities and the problems arising at realization of physical ways of separation of finely dispersed bulk materials is carried out. It is noted that the continuous growth of consumption of the mineral raw materials, being accompanied decrease in concentration in ores of the necessary chemical elements, and also increase in quantity and the nomenclature of production wastes and consumption, demands more widespread introduction and improvement of physical ways of separation of finely dispersed bulk materials. It is noted that at realization of various ways of magnetic, electrodynamic and electric separation (except for triboelectrostatic separation), separation in a mode of a free fall of weight of bulks in a gravitational field isn't used. The attention to importance of application of a mode of a free fall of weight of bulks in a gravitational field, and also uses of pulse modes in electrodynamic separation that will promote increase of efficiency of separation is paid.

*Keywords:* magnetic, electrodynamic, electric and X-ray radiometric separation, finely dispersed bulk materials, mineral raw materials, production wastes and consumption.

### Введение

Увеличение уровня промышленного производства сопровождается ростом потребления минерального сырья, это вызывает необходимость использования все более бедных руд, что в свою очередь требует повышения эффективности их обогащения. Аналогичная ситуация существует в ходе утилизации отходов производства и потребления. Количественный рост населения и повышения качества потребляемых товаров и услуг вызывает необходимость увеличения объемов производства и использования все новых видов материалов. Отходы производства продукции различными отраслями промышленности, а также отходы, возникающие в процессе потребления населением различных товаров и услуг, являются многокомпонентными по своему материальному составу, и содержат большое количество химических элементов. Повышение эффективности обогащения сырья и извлечение необходимых компонентов из отходов позволяет не только повысить эффективность производства и потребления, но и уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду.

При обогащении минеральных руд и сортировке отходов производства и потребления чаще всего физические способы отделения требуемых компонентов, реализуемые в воздушной или водной среде.

Сепарация в водной среде (мокрая сепарация) по сравнению с сепарацией в воздушной среде (сухая сепарация) является более затратной, так как требует использование большого количества пресной воды и больших затрат электроэнергии. Среди физических способов сухой сепарации наибольшее распространение получило использование различных видов электромагнитных полей (импульсных электромагнитных полей, электростатических и магнитостатических полей).

Цель работы – рассмотреть перспективы сепарации сыпучих мелкодисперсных материалов при одновременном воздействии

импульсных электромагнитных полей, электростатических и магнитостатических полей на свободно падающий поток сыпучих материалов в гравитационном поле

### Сухая сепарация в магнитостатических полях

Сепарация в магнитостатических полях [1,2,3] осуществляется путем воздействия магнитного поля на поток свободнопадающего под действием гравитации мелкодисперсного сыпучего материала в воздушной среде для отделения парамагнитных и ферромагнитных компонентов от диамагнитных составляющих. В процессе сепарации вместе с магнитными и гравитационными силами на поток частиц сепарируемого материала действуют сила трения и сила сопротивления среды. Сепарация обычно осуществляется в диапазоне напряженностей магнитного поля 100 – 2000 кА/м, что более чем на два порядка превышает действующие гравитационные силы. Но при этом достаточно большое снижение эффективности сепарации дает воздействие сил трения между частицами, возникающих при перемещении частиц под воздействием магнитного поля, а также вызывающих электролизацию диэлектрических диамагнитных частиц, что приводит к их слипанию с парамагнитными и ферромагнитными частицами. Кроме того, при выделении парамагнитных компонентов, особенно в процессе обогащения полиметаллических руд, обычно получается смесь компонентов, имеющих примерно один порядок магнитной проницаемости, но отличающихся по электропроводности и диэлектрической проницаемости.

Присутствие в массе сыпучих материалов, выделенных в ходе сепарации магнитостатическим полем, компонентов отличающихся по электропроводности и диэлектрической проницаемости, дает возможность их дальнейшей сепарации импульсными электромагнитными и электростатическими полями.

### Сепарация импульсными электромагнитными полями

В основу сепарация импульсными электромагнитными полями заложен принцип наведения вихревых токов в частицах вещества с достаточно высокой электропроводностью с помощью импульсного электромагнитного поля [4]. В результате чего возникает сила, отталкивающая частицы от поверхности создающей импульсное электромагнитное поле. Величина отталкивающей силы зависит от частоты импульсного электромагнитного поля и величины электропроводности частиц. При очень малых размерах проводящих частиц (менее 1 мм), величина отталкивающей силы падает, но как указано в [4] это может быть скомпенсировано уменьшением длительности импульсов электромагнитного поля.

### Электрическая сепарация

При наличии в смеси сыпучих мелкодисперсных материалов компонентов с ярко выраженными диэлектрическими свойствами, наиболее эффективной для их выделения является сепарация электростатическими полями.

Существуют следующие разновидности электростатической сепарации [1]:

- сепарация в электростатическом поле осуществляется путем контактной зарядки проводящих частиц сыпучей массы по поверхности одного из электродов создающих электростатическое поле;

- сепарация, при которой зарядка частиц осуществляется в поле коронного разряда;

- трибоэлектростатическая сепарация осуществляется при трении частиц между собой и (или) при трении частиц о специальную поверхность (трибоэлектризирующий элемент).

В случае рассматриваемого в работе процесса сепарации потока свободнопадающего под действием гравитации мелкодисперсного сыпучего материала в воздушной среде воз-

можна реализация трибоэлектростатической сепарации осуществляемой при трении частиц между собой.

### Заключение

Использование сепарации сыпучих мелкодисперсных материалов при одновременном воздействии импульсных электромагнитных полей, электростатических и магнитостатических полей на свободно падающий поток сыпучих материалов в гравитационном поле позволяет осуществлять более полное выделение полезных компонентов из руд и вторичного сырья, и следовательно, повышать экономическую эффективность горнодобывающей промышленности и более полно использовать вторичное сырье, что в конечном итоге снизит антропогенно-техногенную нагрузку на окружающую среду.

### Литература

1. Кармазин В. В., Кармазин В. И. Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов. – М.: МГГУ, 2005.
2. Соловьев Л. П., Пронин В. А. и др. Извлечение ферромагнитных материалов из золошлаковых отходов // Экология и промышленность России. 2009, №6.
3. Соловьев Л. П., Булкин В. В. и др. Электромагнитный сепаратор с пульсирующим током // Экология и промышленность России. 2011, №7.
4. Дядин В.И., Кожевников В.Ю., Козырев А.В., Сочугов Н.С. Импульсная электродинамическая сепарация малых проводящих частиц // Письма в ЖТФ, 2008, том 34, вып. 3

### References

1. Karmazin V. V., Karmazin V. I. Magnitnye i jelektricheskie metody obogashhenija poleznyh iskopaemyh: Uchebnik dlja vuzov [Magnetic and electric methods of mineral processing: The textbook for higher education institutions]. – Moscow: MGGU, 2005.
2. Solovjev L.P., Pronin V. A. etc. Izvlechenie ferromagnitnyh materialov iz zoloshlakovyh othodov

---

[Extraction of ferromagnetic materials from zoloshlakovy waste] // *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia]. 2009, №. 6.

3. *Solovjev L.P., Bulkin V. V., etc.* Jelegtromagnitnyj separator s pul'sirujushhim tokom [Electromagnetic separator with pulsing current] // *Jekologija i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia]. 2011, №. 7.

4. *Dyadin V.I., Kozhevnikov V.Yu, Kozyrev A.V. Sochugov N. S.* Impul'snaja jelektrodinamicheskaja separacija malyh provodjashhih chastic [Pulse electrodynamic separation of small carrying-out particle] // *Pisma v ZHTF*, 2008, volume 34, issue 3.

**Статья поступила в редакцию 20 мая 2015 г.**

---

*Соловьев Лев Петрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: [solovjev47@mail.ru](mailto:solovjev47@mail.ru)

---

*Solovjev Lev Petrovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: [solovjev47@mail.ru](mailto:solovjev47@mail.ru)