

УДК 622.765

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ-МОДИФИКАТОРОВ

Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,  
Магнитогорск, e-mail: erm\_73@mail.ru

Статья посвящена исследованию влияния неорганических серосодержащих солей на флотацию углей низкой стадии метаморфизма Кузнецкого и Донецкого угольных бассейнов. Показано, что низкая естественная флотуемость газовых углей обусловлена наличием микротрещин, крупных пор, кислородсодержащих групп и минеральных примесей. Исследовано влияние сульфатов алюминия, железа и магния на качественно-количественные показатели флотации углей. Установлено, что применение данных сульфатов при флотации углей в качестве реагентов-модификаторов приводит к увеличению выхода концентрата по сравнению с индивидуальным применением реагента ВКП. Показано, что повышение селективности флотации при использовании данных реагентов достигается за счет депрессии пиритсодержащих примесей углей, обусловленной повышением гидратированности поверхности пирита.

**Ключевые слова:** флотация, реагенты-модификаторы, флотуемость, пиритизированные частицы, гидрофилизация, равновесный краевой угол смачивания, депрессирующее действие

## TO THE QUESTION OF INCREASE OF SELECTIVITY OF FLOTATION ENRICHMENT OF COALS WITH APPLICATION OF THE INORGANIC REAGENTS MODIFIERS

Mullina E.R., Mishurina O.A., Chuprova L.V.

FGBOU VPO «Nosov Magnitogorsk State Technical University», Magnitogorsk,  
e-mail: erm\_73@mail.ru

Article is devoted to research of influence of inorganic sulfur-containing salts on flotation of coals of a low stage of a metamorphism of Kuznetsk and Donetsk coal basins. It is shown that the low natural flotiruyemost of gas coals is caused by existence of microcracks, a large time, oxygen-containing groups and mineral impurity. Influence of sulfates of aluminum, iron and magnesium on qualitative quantitative indices of flotation of coals is investigated. It is established that use of these sulfates at flotation of coals as reagents modifiers leads to increase in an exit of a concentrate in comparison with individual use of VKP reagent. It is shown that increase of selectivity of flotation when using these reagents is reached at the expense of the depression the piritsoverzhashchikh of impurity of coals caused by increase of a gidratirovannost of a surface of pyrites.

**Keywords:** flotation, reagents modifiers, flotiruyemost, piritizirovanny particles, gidrofilization, equilibrium regional corner of wetting, depressiruyushchy action

Для достижения стратегических целей, предусмотренных в «Долгосрочной программе развития угольной отрасли на период до 2030 г.», необходимо увеличение объемов добычи угля [4]. Однако данное обстоятельство приводит к тому, что в добычу вовлекаются высокозольные, высокосернистые и низкометаморфизованные угли, что существенно снижает качество получаемых угольных концентратов. Помимо этого наряду с традиционно нормируемыми показателями качества все большее значение приобретает показатель сернистости углей. Это обусловлено тем, что использование высокосернистых углей в промышленности приводит к коррозии и преждевременному изнашиванию технологического оборудования, к снижению качества продукции металлургического производства, а также к ухудшению экологической обстановки в районах углепользования. В связи с этим одной из актуальных задач, стоящих перед угольной промышленностью, является повышение эффективности и селективности

процессов обогащения. В настоящее время наиболее эффективным способом обогащения угольных шламов является пенная флотация [8].

Одним из наиболее рациональных и экономичных способов решения этой задачи является разработка реагентных режимов флотации углей с использованием реагентов – модификаторов, позволяющих увеличить различие в гидратированности поверхности угля и минеральных частиц [1, 3, 6].

Объектами исследования являлись газовые угли Кузнецкого и Донецкого бассейнов. Данные угли характеризуются низкой естественной флотуемостью (выход концентрата составляет 3,11% и 3,32% соответственно), обусловленной высокой скоростью и интенсивностью взаимодействия угольной поверхности с молекулами воды. Изучение физико-химических свойств этих углей позволило предположить, что подобное взаимодействие углей с водой может являться следствием высокой энергетической ненасыщенности поверхности

исследуемых углей, которая обусловлена наличием микротрещин, крупных пор, кислородсодержащих групп и минеральных примесей [1].

Исследования последних лет свидетельствуют о целесообразности модифицирования энергетически ненасыщенной поверхности углей неорганическими солями для повышения селективности флотации. В связи с этим было изучено влияние сульфатов алюминия, железа и магния на физико-химические и флотационные свойства газовых углей.

Данные соли являются доступными химическими соединениями, обладающими

хорошей растворимостью в воде, достаточной для варьирования их концентрации во флотационной пульпе. Помимо этого, в водной среде они способны к диссоциации и к гидролизу, следовательно, в период агитации процесса флотации могут образовываться катионы и анионы солей [5].

Исследование влияния неорганических солей на качественно-количественные показатели флотации донецких газовых углей проводились методом пенной флотации при расходе солей от 0,050 до 0,250 кг/т и расходе ВКП (кубового остатка ректификации продуктов синтеза 2-этилгексанола по методу оксосинтеза) 0,990 кг/т.

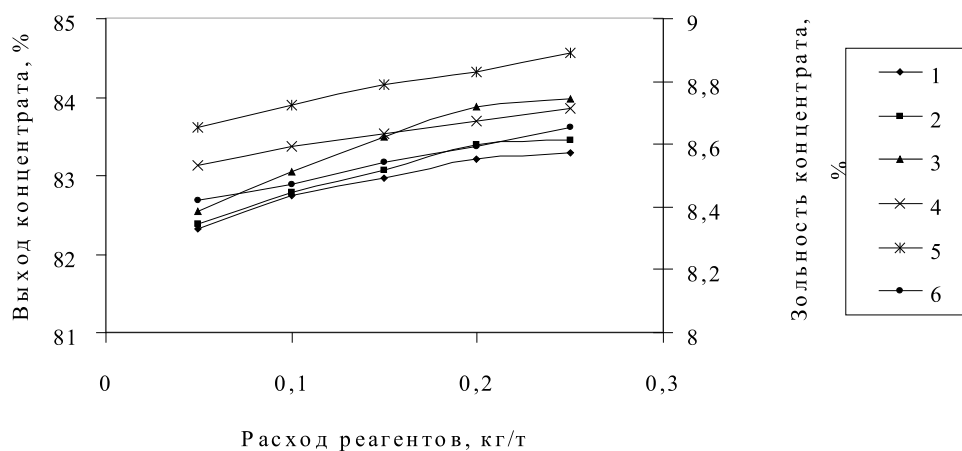


Рис. 1. Зависимость выхода концентрата (1–3) и зольности концентрата (4–6) при флотации кузнецких газовых углей от концентрации сульфата магния (1, 4), сульфата алюминия (2, 5), сульфата железа (3, 6)

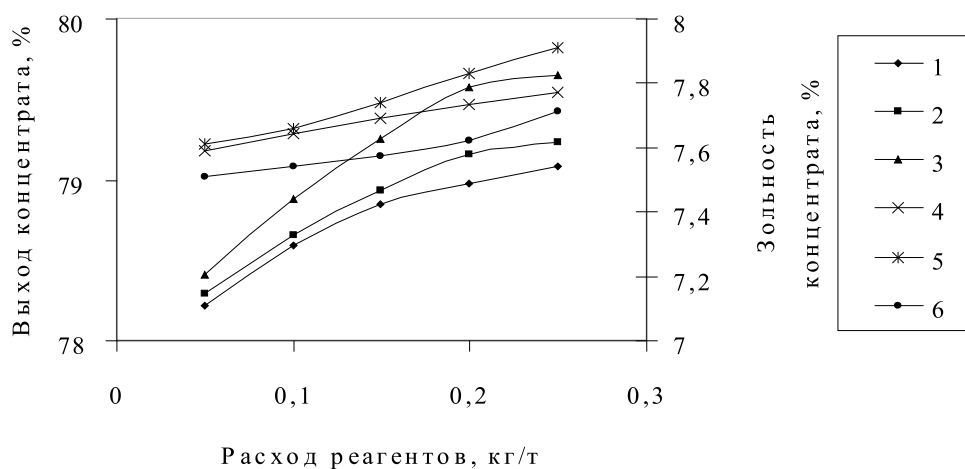


Рис. 2. Зависимость выхода концентрата (1–3) и зольности концентрата (4–6) при флотации донецких газовых углей от концентрации сульфата магния (1, 4), сульфата алюминия (2, 5), сульфата железа (3, 6)

Результаты флотации газовых углей с применением в качестве реагентов-модификаторов неорганических серосодержащих солей

Реагенты	Концентрат			Извлечение в отходы, %		
	Выход, %	Зольность, %	Извлечение горючей массы, %	минерального вещества	общей серы	пиритной серы
Кузнецкий бассейн						
ВКП	81,36	9,11	89,68	57,75	19,57	29,72
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , ВКП	83,39	8,83	92,23	58,09	20,96	30,74
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , ВКП	83,87	8,59	93,02	59,01	23,93	36,04
MgSO <sub>4</sub> , ВКП	83,21	8,67	92,17	58,89	27,09	39,98
Донецкий бассейн						
ВКП	77,38	8,02	90,46	70,89	24,72	35,49
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , ВКП	79,16	7,83	92,74	70,94	25,28	36,41
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , ВКП	79,57	7,62	93,46	71,61	29,62	43,27
MgSO <sub>4</sub> , ВКП	78,97	7,73	92,63	71,40	32,61	46,98

Примечание. Расход реагента ВКП составляет 0,990 кг/т, а реагентов-модификаторов – 0,200 кг/т.

Применение данных сульфатов при флотации кузнецких и донецких газовых углей приводит к увеличению выхода концентрата по сравнению с индивидуальным применением реагента ВКП. Так, при увеличении расхода сульфатов магния, алюминия и железа до 0,200 кг/т наблюдается максимальное увеличение выхода концентрата (рис. 1, 2).

Помимо этого, использование сульфатов позволяет улучшить селективность флотационного процесса. Применение указанных солей в качестве реагентов-модификаторов при флотации газовых углей позволяет в зависимости от расхода солей снизить зольность концентрата на 0,3–0,7%.

Повышение селективности процесса флотации при использовании неорганических солей происходит, по-видимому, за счет обменной адсорбции находящихся в растворе катионов с катионами, присутствующими на поверхности глинистых частиц, что изменяет ее электрические свойства, способствует коагуляции глинистых частиц и обуславливает частичную их депрессию [10].

В связи с этим возникла необходимость более детального изучения качественных показателей флотации, позволяющих оценить депрессирующее действие исследуемых неорганических солей по отношению к серосодержащим примесям углей, которое показало, что изучаемые в настоящей работе соли способствуют снижению содержания общей и пиритной серы в концентрате (таблица).

Для исследования механизма взаимодействия сульфатов алюминия, железа

и магния с поверхностью пиритизированных частиц углей исследовано влияние указанных солей на энергетическое состояние поверхности пирита. Изучение влияния сульфатов алюминия, железа и магния на электродный потенциал поверхности пирита свидетельствует о его возрастании в присутствии данных солей, при этом максимальное изменение ф-потенциала составляет 11 мВ → 65 мВ → 169 мВ соответственно [7, 9].

Увеличение ф-потенциала вызывает гидрофилизацию поверхности пирита, что подтверждается данными измерения краевых углов смачивания пирита в присутствии данных солей. Так, применение сульфатов алюминия, железа и магния приводит к уменьшению краевых углов смачивания пирита на 1,16° → 4,39° → 6,90° [1, 2].

Повышение гидратированности поверхности пирита обусловлено адсорбцией на отрицательных сорбционных центрах его поверхности, представленных анионами серы, аквакомплексов катионов исследуемых солей, которая приводит к образованию водородных связей между молекулами воды гидратного слоя поверхности пирита и координированными молекулами воды аквакомплексов, что обеспечивает депрессию пиритсодержащих примесей углей при флотации.

Таким образом, анализ результатов исследования влияния неорганических серосодержащих солей на флотацию газовых углей свидетельствует о целесообразности их использования в качестве реагентов – модификаторов, позволяющих повысить селективность процесса флотации углей.

### Список литературы

1. Аглямова Э.Р. Повышение селективности флотации газовых углей с применением органических и неорганических соединений // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Магнитогорск, 2002.
2. Аглямова Э.Р., Медяник Н.Л., Орехова Н.Н. Влияние неорганических серосодержащих солей на флотацию газовых углей // Вестник МГТУ. – 2003. – № 3. – С. 69 – 72.
3. Аглямова Э.Р., Савинчук Л.Г. Способ флотации угля // патент на изобретение RUS 2165799. 23.11.1999.
4. Долгосрочная программа развития угольной отрасли на период до 2030 года // Уголь. – 2012. – № 2. – С. 8–9.
5. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В. Изучение влияния неорганических солей на извлечение серосодержащих примесей при флотации углей низкой стадии метаморфизма // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 22. – С. 64–69.
6. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В. Исследование влияния сложных эфиров линейного строения на флотацию газовых углей // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 182. URL: [www.science-education.ru/122-20619](http://www.science-education.ru/122-20619) (дата обращения: 14.09.2015).
7. Муллина Э.Р., Чупрова Л.В., Мишурина О.А. Исследование влияния химических соединений различного состава на процесс флотации газовых углей // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 4–8.
8. Новак В.И., Козлов В.А. Обзор современных способов обогащения угольных шламов // ГИАБ. – 2012. – № 6. – С. 21–23.
9. Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.А. Влияние органических и неорганических соединений на флотацию углей низкой стадии метаморфизма // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 24. URL: <http://www.science-education.ru/110-9663> (дата обращения: 14.09.2015).
10. Щеголева Е.Н., Власова Н.С., Чепасова Т.П. Влияние неорганических реагентов-регуляторов на флотацию шлама ЦОФ «Карагандинская» // Проблемы обогащения твердых горючих ископаемых. – М.: Недра, 1977. – Т. 6, Вып. 1. – С. 42–47.