

Е.И. Питаленко. – К.: «Техника», 1983. – 100 с.

7. Курносов А.Т. Научные предпосылки к созданию средств механизированной выемки и применения монтажных ниш крутых пластов / А.Т. Курносов, А.Ф. Булат, В.С. Возиянов. – Депонир. ВИНТИ 6.09.83, №5731, 1983. – 27 с.

8. А.с. 609902 СССР, МКИ³ E21D 23/00. Гидравлическая шахтная стойка/ В.Т. Глушко, А.Т. Курносов, А.Ф. Булат, Н.А. Шаповал. – Оpubл. 1978, Бюл. № 21.

9. Крепление углеспускных и вентиляционных печей крутонаклонных и крутых пластов / А.Т. Курносав, А.А. Яланский, А.Ф. Булат, М.Д. Свизинский. / «Технология добычи угля подземным способом». – М.: ЦНИЭИ уголь, 1977. С. 32-34.

УДК 550.34.016:620.173 623.345

Канд.техн.наук Ю.Н. Пилипенко,
инж. Э.С. Ключев
(ИГТМ НАН Украины)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЯ И ШЛАМА МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Досліджено активаційна здатність вугілля і шламу різного гранулометричного складу методом ІЧ-спектроскопії. Встановлено особливості структури органічної речовини вугілля і ступінь його окислення.

DETERMINATION OF ACTIVATION ABILITY OF COALS AND WASH SLURRY WASTES BY IR-SPECTROSCOPY METHOD

The activation ability of coals and wash slurry wastes of different granulometric compositions was investigated. The peculiarities of coal organic matter structure and value of its oxidation by means of IR-spectroscopy were determined.

На шахтах Украины ежегодно регистрируется от 6 до 36 эндогенных пожаров. Они стабильно остаются на втором месте после экзогенных по величине наносимого ущерба, который, например, в 1999 году составил около 8 млн. гривен или 21,4% от потерь, нанесенных авариями в угольной отрасли. За последние годы эндогенными пожарами были выведены из эксплуатации самые производительные в Украине выемочные поля на шахтах им. А.Ф. Засядько, им. Г.Г. Капустина, «Привольнянская», им. В.М. Бажанова, парализована работа шахт «Булавинская» и «Ольховатская».

Эндогенные пожары возникают из-за самонагревания угля в труднодоступных местах: в выработанном или закрепном пространстве, в целиках, за изоляционными перемычками, в пластах-спутниках. Подавление очагов горения в таких условиях затруднено, чем обусловлена самая высокая продолжительность ликвидации таких аварий. Обозначилась тенденция к увеличению продолжительности и трудоемкости их тушения. Не менее опасными являются взрывы метана при пожарах или при переходе горнами работами зон флексур и участков метастабильного состояния системы «уголь-газ» [1,2]. Кроме того, на обогатительных фабриках Украины в настоящее время имеется 39 шламонакопителей и 47 отстойников, содержащих более 170 млн. тонн углеотходов [3]. В этой проблеме остается неопределенным механизм механохимических преобразований, приводящий к изменению активационной способности угля и углеотходов. Потому решение этой задачи имеет важное практическое значение. Цель рабо-

ты – разработать оценочные показатели активационной способности углеотходов методом ИК-спектроскопии с учетом степени окисленности угля и шлама.

Термоактивационная ИК-спектроскопия получила широкое распространение при исследовании сложных органических соединений и основана на воздействии внешним тепловым полем на геоматериал по определенному закону, приводящему к структурным и фазовым превращениям на границе «флюид-твердый скелет».

Методика изучения физических явлений, оказывающих влияние на процессы релаксации в насыщенных газом и жидкостью горных породах и углях, заключается в следующем. Для наиболее полного извлечения информации из спектров углей при структурно-групповом анализе необходима обоснованная идентификация полос поглощения и оптимальный вариант изменения их интенсивности, связанный в определенной степени с выбором базовых линий, которые отражают структуру и качественные показатели угля. С этой целью разработаны методические положения выполнения экспериментальных исследований свойств ИК-параметров и гранулометрического состава угольных проб, отражающих структуру и вещественный состав геоматериала. Подготовка проб проводилась в условиях, предотвращающих качественные и количественные изменения в образцах. Параметрические исследования структуры углей вытекают из необходимости проведения измельчения геоматериала для увеличения реакционной способности аналитических проб. Величина удельной поверхности определяется по данным ситового анализа из выражения [4]:

$$\frac{S}{V} = \frac{G}{G_o} \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{d_i},$$

где S – поверхность пробы угля объема V ; V - первоначальный объем угля; G_i – выход продукта измельчения с размером ячейки d_i ; G – вес аналитической навески геоматериала.

Методика обработки результатов наблюдений сводилась к сопоставлению данных, полученных с использованием различных базовых линий. Их выбор проводился с учетом факторов, отражающих в наибольшей степени соответствие спектральной характеристики содержанию данного структурного фрагмента или группы. Одним из критериев обоснованности проведения базовых линий могут служить коэффициенты корреляции между значениями оптических плотностей полос поглощения, обусловленных валентными и деформационным колебаниями, отнесенными к одним и тем же группам. Критерий наличия корреляционной связи между оптическими плотностями полос поглощения выбирали на основании распределения Стьюдента [5]. При 44 степенях свободы и уровне значимости 0,05 коэффициент корреляции более 0,3 указывает на тесноту связи. Задавшись силой связи $\rho_o = 0,6$, получили коэффициент корреляции 0,74, удовлетворяющий этой силе с вероятностью 0,95 при данном числе опытов. Для проведения градации среды более высоких значений коэффициентов корреляции выбран второй уровень силы связи $\rho_o = 0,8$, обеспечение которого при

аналогичных условиях требует значения коэффициента корреляции 0,9.

Экспериментальные работы проведены на ИК-спектрометре СПЕКОРД-75 и современном ИК-Фурье-спектрометре в режиме экспресс-определений структурных особенностей органических соединений до и после термической обработки геоматериала. Термодеструкция угля и шлама выполнена с применением дериватографов «Q – 1000» и «Q – 1600».

Первичные материалы для изучения вещественного состава твердого остатка приведены на рис. 1 и 2 в виде типовых диаграмм, полученных на основании исследования ИК-спектров после термодеструкции навесок угля и шлама.

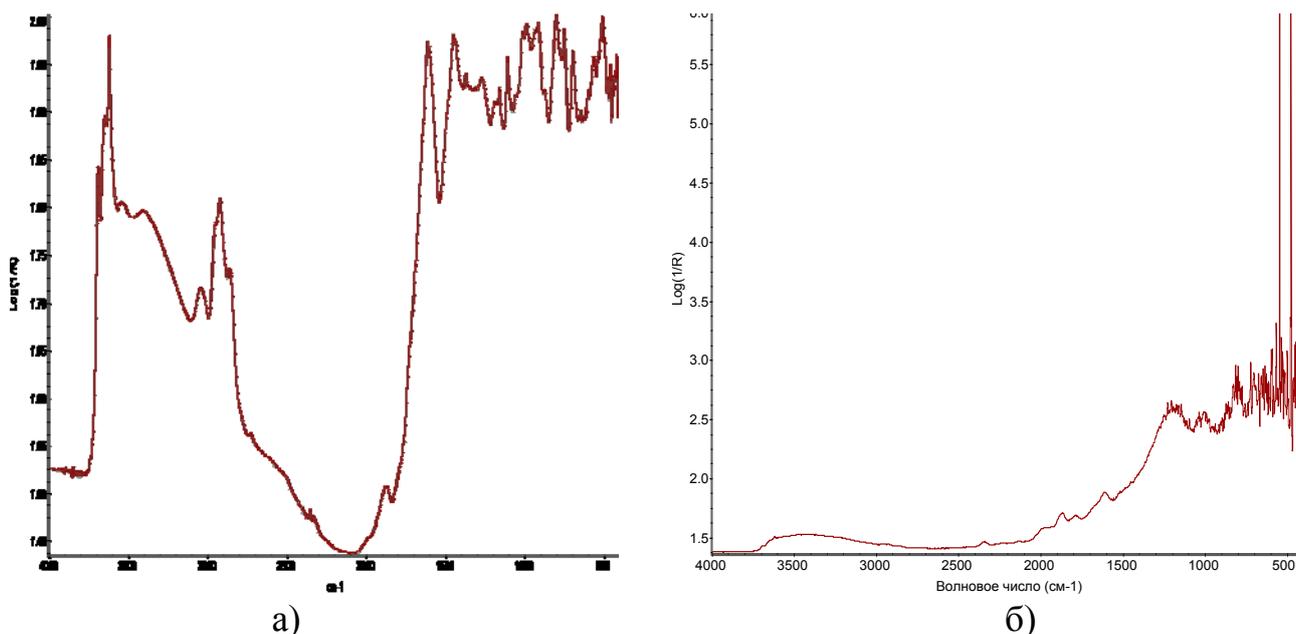


Рис. 1 – ИК-спектры продуктов активации (проба шлама) до (а) и после (б) термодеструкции

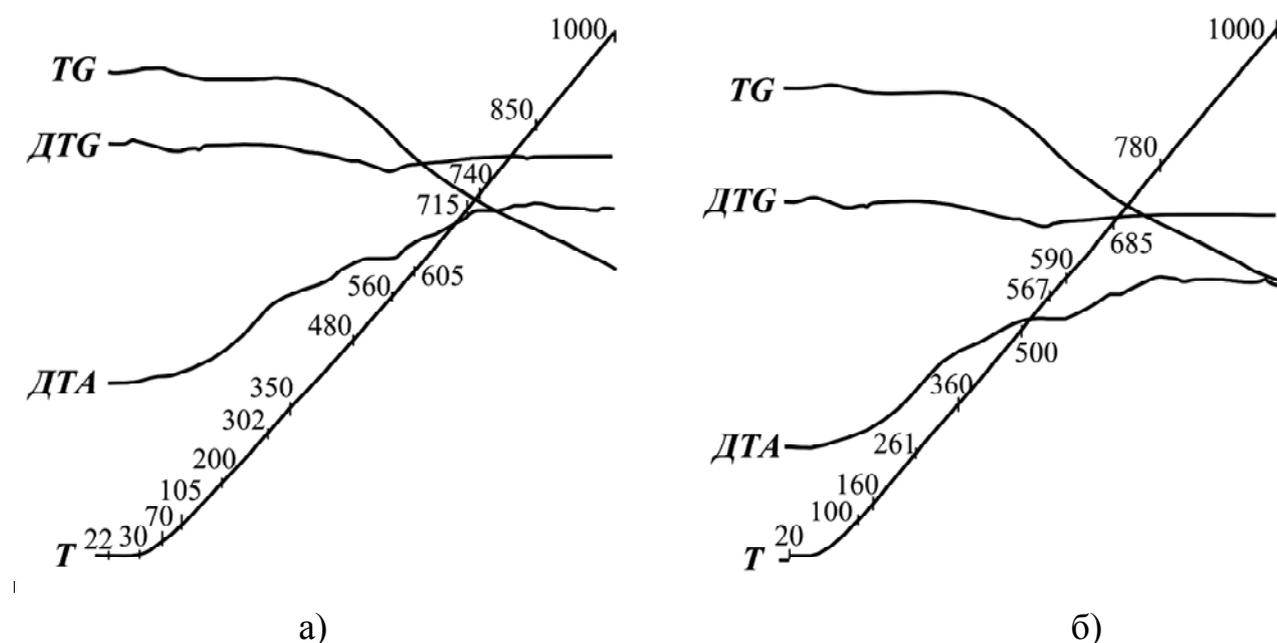


Рис. 2 – Дериватограммы шлама (а) и угля (б) Львовско-Волинского бассейна

Основные результаты работ выполнены с учетом необходимости определе-

ния наиболее эффективных режимов термической переработки твердых топлив, так как для управления этими процессами требуется обоснованный выбор математической модели. Решение этой задачи связано, прежде всего, с математическим описанием процесса термической деструкции геоматериала, которое должно основываться на принципах, аналогичных применяемым для математического описания поведения высокомолекулярных и других органических соединений при воздействии на них температурного поля. Такая модель должна, в частности, отражать особенности динамики потери массы при нагреве исследуемых веществ [6].

Обработка более 30 дериватограмм и ИК-спектрограмм показала, что характер их изменения имеет существенные различия в термоэффектах окисленных углей и шлама, что оказывает влияние на теплотворные способности сырья. На исследованных кривых прослеживается слабо заметное уменьшение интенсивности левой (низкотемпературной) части экзотермического эффекта по мере роста степени окисленности. В интервале температур 0 – 570°C из точки О отложены два взаимно перпендикулярных отрезка до пересечения с кривой ДТА. Выделенный участок кривой отражает интенсивное тепловое изменение угольного вещества при его нагревании. При интерпретации дериватограмм определялись следующие параметры: угол α , длина и высота левой (низкотемпературной) части экзотермического эффекта, соответственно, ОА и ОН, длина выделенного участка кривой ДТА.

Так как в результате термообработки образуется твердый остаток, представляющий смесь простых веществ, то методами химической термодинамики для многокомпонентных гетерогенных систем можно рассчитать основные показатели удельной теплоты сгорания. Такие расчеты для ряда органических соединений отражают характерные особенности, присущие основным группам углей Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов. Оценить эффективность способа переработки угля и шлама можно, используя пересчет низшей теплоты сгорания из одного состояния топлива в другое. Критерием оценки основных способов переработки угля и шлама являются качественные показатели низкосортного угля и шлама, их теплотворная способность и технология термической переработки. Результаты термоактивации образцов угля и шлама Львовско-Волынского бассейна представлены в табл. 1

Таблица 1–Параметры термоактивации образцов геоматериала

Показатели удельной теплоты сгорания, кДж/кг		Исследуемый геоматериал		
		Гумусовый уголь	Сапропелевый уголь	Шлам
Аналитической пробы топлива, $Q^a_{\text{б}}$		27891,2	12859,2	13772,6
Условно горючей массы $Q^r_{\text{б}}$		28935,8	30971,1	25192,2
Высшая теплота сгорания	Аналитической пробы $Q^a_{\text{в}}$	27802,4	12808,9	13488,7
	Рабочего топлива $Q^p_{\text{в}}$	27802,4	12808,9	13488,7
	Абсолютно сухого топлива $Q_{\text{в}}$	28439,4	13037,1	13656,6
	Условно горючей массы $Q^r_{\text{в}}$	28843,7	30849,9	24673,0
Низшая теплота сгорания	Рабочего топлива $Q^p_{\text{н}}$	26511,2	12231,9	13044,0
	Условно горючей массы $Q^r_{\text{н}}$	27651,2	29567,4	23390,5

Анализ технологических требований к некондиционному углю и шламу для энергетических целей показал, что их одновременная переработка возможна только при условии доведения качественных показателей, которые регламентируются ГОСТ 8389-8 и ГОСТ 2408.2-81. Кроме технологического критерия выбора способа переработки угля и шлама, важнейшим фактором являются экологические последствия переработки.

Установлены функциональные зависимости для низкосортного угля и шлама для основных технологических показателей. Для оценки эффективности энергии активации в зависимости от степени окисленности низкосортных углей и шлама применен упрощенный способ расчета (по кривым изменения температуры образца (T) и скорости потери массы (ДТГ)) по уравнению [4]

$$E_{эф} = \frac{4,57T_2T_1(\lg k_2 - \lg k_1)}{(T_2 - T_1)100},$$

где T_2 и T_1 – значение температур для двух фиксированных точек; k_1 и k_2 – соответствующие им значения $-\lg \frac{m_k - m_\tau}{m_k}$.

Результаты обработки термодеструкции угля следующие:

– для слабоокисленных углей Львовско-Волынского бассейна

$$E_{эф} = \frac{4,57 \cdot 750 \cdot 590(1,167 - 0,097)}{(750 - 590)100} = 135 \text{ кДж/моль};$$

– для сильноокисленных углей $E_{эф} = 41$ кДж/моль;

– для окисленного шлама $E_{эф} = 56$ кДж/моль;

– для неокисленного шлама $E_{эф} = 89$ кДж/моль.

Интенсивность газовыделения первого периода находится в интервале 380-420°C. При температурах свыше 450°C количество выделяющихся газов уменьшается, затем до 700°C интенсивность газовыделения растёт. Основное количество газов выделяется в интервале 400-550°C. Для углей марок Г, ГД основной интервал газовыделения находится в диапазоне 400-500°C, а для углей марки Ж – 490-650°C. Интенсивность газовыделения для марки К усиливается при 600 и 700°C, а после 750°C снижается.

При нагреве бинарной смеси углей марок Г и Д начало основного периода газовыделения на 100°C выше, чем у газового угля и такое же для угля марки Ж. Диапазон температур интенсивного газовыделения находятся в интервале 550-590°C, а окончание выделения газов происходит при 740°C, занимая промежуточное положение по сравнению с исходными углями. Число интервалов газовыделения, температура их проявления и интенсивность газовыделения в них выражают индивидуальные черты преобразования углей, они зависят от структурных особенностей слагающих компонентов и степени метаморфизма исходного сырья.

Приведенные результаты составили основу для выполнения количествен-

ных расчетов и качественного анализа степени окисленности углей и шлама при оценке их энергетических параметров с учетом активационной способности. Степень окисленности угля по содержанию кислорода определяется из выражения

$$k_o = \frac{D_{2920}}{D_{1260} + D_{3040}}$$

Содержание углерода в исходной пробе после термообработки определяется из уравнения регрессии

$$P_c = \frac{D_{2920}}{0,1(D_{2920} + D_{2860} + D_{1260})}$$

Полоса 2920 см^{-1} при использовании локальной базовой линии, по сравнению с традиционной, имеет немного более высокий коэффициент корреляции с содержанием кислорода (соответственно 0,85), и, наоборот, несколько меньший по абсолютной величине коэффициент корреляции с содержанием углерода (соответственно 0,90). Незначительная разница в коэффициентах корреляции подтверждает отнесение этой полосы к разряду малочувствительных к способу проведения базовой линии, что может быть объяснено слабым перекрыванием этой полосы с соседними.

Сравнительный анализ результатов испытаний и статистическая обработка экспериментальных данных позволили установить зависимости степени окисленности от энергетических показателей для различных групп низкосортных углей и шлама. Так, с увеличением степени окисленности низкосортных углей и шлама величина энергии активации снижается для низкосортных углей до 30 %, а шлама – до 18 %.

Анализируя характер динамики образования летучих продуктов проб угля шахт «Алмазная», «Добропольская» ГХК «Добропольеуголь», им. А.Ф. Засядько, «Красноармейская-Западная», а также шахт «Червоноградская» и «Междуреченская» Львовско-Волынского бассейна, следует отметить, что температурный интервал интенсивной деструкции зависит от химического состава угля и смещается в область более высоких температур по мере увеличения степени метаморфизма.

На основе исследований механизмов возникновения и особенностей проявления термодеструкции в геоматериалах определена взаимосвязь гранулометрического состава и структурно-текстурных особенностей угля и шлама. Получены исходные параметры для разработки методических положений математического моделирования термоактивационных явлений, возникающих при нагревании угля и шлама, что имеет важное значение для установления закономерностей и совершенствования на этой основе способов получения информации о составе углеотходов и их пригодности для переработки при термическом воздействии на геоматериал и определения их реакционной способности.

Приведенные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы и наметить перспективные направления применения показателей активационной способности угля и шлама для решения практических задач.

Выводы

1. Выполненные исследования показали, что выбор способа проведения базовой линии для расчета оптических плотностей полос поглощения является важным методическим элементом при исследовании динамики термодеструкции углей различной степени метаморфизма

2. Оценить эффективность способа переработки угля и шлама можно, используя пересчет низшей теплоты сгорания из одного состояния топлива в другое. Критериями оценки основных способов переработки угля и шлама являются качественные показатели исходного сырья, их теплотворная способность, технология термической переработки и активационная способность.

3. Сравнительный анализ результатов испытаний и статистическая обработка экспериментальных данных позволили установить зависимости степени окисленности от энергетических показателей для различных групп низкосортных углей и шлама. Так, с увеличением степени окисленности низкосортных углей и шлама величина энергии активации снижается для низкосортных углей до 30 %, а для шлама – до 18 %.

4. При нагреве бинарной смеси число интервалов газовыделения, температура их проявления и интенсивность газовыделения отражают индивидуальные черты преобразования углей и зависят от структурных особенностей слагающих компонентов и степени метаморфизма исходного сырья.

Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении разработки способов оценки качественных показателей угля и шлама для повторной переработки и математического моделирования термоактивационных явлений, а также при решении горно-геологических задач по определению зон метастабильного состояния и потенциально опасных мест самонагревания угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саранчук В.И. Флотирование углей реагентами из продуктов коксохимии / В.И. Саранчук, И.А. Аровин, Л.Я. Галушко. – Донецк: Східний видавничий дім, Кальміус, 2006. – 192 с.
2. Основи хімії та фізики горючих копалин / В.І. Саранчук, М.О. Ільшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький: [навч. посіб. для студентів]. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – 640 с.
3. Влияние состава сернистых углей Украины на выделение сероводорода при гидрогенизации / А.М.Осипов, С.Н. Ляшук, З.В. Бойко, Гришук С.В. // Химия твердого топлива.-2003.-№ 5.-С.68-75.
4. Тайц Е. М. Методы анализа и испытания углей как сырья для промышленного использования / Е. М. Тайц, Н. Г. Титов, Н. В. Шишаков. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 316 с.
5. Применение расширенного базиса структурных параметров для расчета энтальпии и атомизации соединений, моделирующих строение углей / И.А. Иванов, А.М. Гюльмалиев, Т.Г. Гладун [и др.] // Химия твердого топлива.-2003.-№ 1.-С.30-41.
6. Булат А. Ф. Численное и экспериментальное исследование процессов тепломассообмена при разработке технологии плазменного розжига пылеугольного топлива / А.Ф. Булат, А.И. Волошин, П.И. Кудинов // Промышленная теплотехника. – 2003. – Т.25, №4, – С.26 – 28.
7. Иванов И.А. Регрессивные зависимости технологических показателей углей от их элементного состава / И.А. Иванов, С.Г. Гагарин, А.М. Гюльмалиев // Химия твердого топлива.-2003.-№ 5.-С.9-16.

Д-р техн. наук В.П. Надутый,
канд. техн. наук В.В. Чельшикина
(ИГТМ НАН Украины)

ФИЛЬТРАЦИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Викладено дослідження процесів технології фільтрації залізорудного концентрату з використанням магнітних полів. Магнітні поля було створено у дискових вакуум-фільтрах і гідросепараторах. Обладнання пройшло випробування і залучено до постійної експлуатації на збагачувальній фабриці ВАТ «Лебединський ГЗК».

IRON-ORE CONCENTRAT FILTRATION WITH USED OF MAGNETIC FIELDS

Here are described the iron-ore concentrate filtration technology process with used magnetic fields. This fields was creating in dick vacuum filter and in hidroseparators . Equipments were tested and put into regular service at the ore-processing factory of joint stock company “Lebedinky Mininng & Dressing Plant”.

Основная тенденция развития фильтровального оборудования состоит в снижении энергоемкости процесса и влажности осадка (кека). Эти задачи решаются, в основном, путем совершенствования конструкции фильтров и разработки более эффективной технологии отвода фильтрата, способа отдувки и пр. Большое внимание уделяется поиску новых фильтровальных материалов – синтетических тканей, пористых металлов (например, прессованного титана), композитов из асбеста, пористого стекла и др.

Наряду с этим ведутся работы по применению при фильтрации дополнительных воздействий физических полей или химических реагентов. Результатом таких воздействий является структурирование частиц твердой фазы суспензии. Полагается, что структурирование увеличивает толщину канальцев для прохождения жидкости при отводе фильтрата, за счет чего возрастает скорость фильтрации и снижается влажность осадка.

Однако дополнительные воздействия, например использование поверхностно-активных веществ, перегретого пара, газа-теплоносителя, акустических полей, как правило, удорожают и без того не дешевый процесс фильтрации (около 40% всех затрат на обогащение). Исключением является использование при фильтрации магнитных полей, создаваемых постоянными магнитами, которые не влекут за собой дополнительных эксплуатационных затрат.

Известны работы по применению магнитных полей при сушке железорудного концентрата на конвейерной ленте и в лабораторных [1] и промышленных [2] барабанных вакуум-фильтрах. Однако эти способы имеют низкую производительность. Так, при фильтрации железорудных концентратов барабанные фильтры повсеместно были вытеснены дисковыми вакуум-фильтрами, которые, при примерно тех же габаритах, имеют в несколько раз большую площадь фильтрования. В литературе не выявлено информации по применению магнитных полей в конструкции дисковых вакуум-фильтров. Этот вопрос изучался в