

УДК 662.642:621.9.048.6

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ БУРОГО УГЛЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Москаленко Т.В., Михеев В.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия (677018, ул. пр. Ленина, 43), e-mail: labkiy@mail.ru

В настоящее время важнейшей задачей при изучении свойств углей является разработка новых и интенсификация существующих способов переработки применительно и к топливным, и к нетопливным направлениям использования углей. В рамках решения задач повышения эффективности использования бурого угля рассмотрен один из вариантов их переработки – получение гуминовых веществ и интенсификация данного процесса при помощи внешних физических воздействий, а именно – ультразвука. Показана возможность эффективного использования воздействия ультразвукового поля при экстракционной переработке бурого угля, как на стадии предварительной обработки, так и на стадии экстрагирования. В результате экспериментальных исследований установлено, что при предварительной ультразвуковой обработке бурого угля с последующим нагревом и экстракцией традиционным способом выход гуминовых веществ увеличивается с 6,7 до 24,9 %. Полученные результаты являются основой нового метода экстракции гуминовых веществ в ультразвуковом поле.

Ключевые слова: бурый уголь, гуминовые вещества, ультразвук, интенсификация, выход гуминовых кислот, тепловая обработка, экстракция.

INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF OBTAINING HUMIC SUBSTANCES FROM BROWN COAL BY MEANS OF ULTRASONIC TREATMENT

Moskalenko T.V., Mikheev V.A.

Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (43 Lenin Av., Yakutsk, Russia 677018), e-mail: labkiy@mail.ru

Currently, the most important task in the study of the properties of coal is to develop new and intensification of existing processing methods applied to the top of showers and areas of non-fuel use of coal. As part of problem solving more efficient use of brown coal one of the options for coal processing was examined. That is the production of humic substances and intensification of the process by using ultrasound. Ability to leverage the impact of ultrasonic field when processing the extraction of brown coal in the pretreatment and the extraction is shown. As a result of experimental studies found that during the preliminary ultrasonic treatment of brown coal, followed by heating and extraction yield of the traditional way of humic substances increases from 6.7 to 24.9 %. The results obtained are the foundation of a new method for the extraction of humic substances in the ultrasonic field.

Keywords: brown coal, humic substances, ultrasound, intensification, yield of humic acids, thermal treatment, extraction.

Твердые горючие ископаемые (ТГИ) объединяют полезные ископаемые органического происхождения от торфа и горючих сланцев до антрацита. Наибольший народнохозяйственный и научный интерес среди них традиционно представляют угли, являющиеся важным природным ресурсом для топливно-энергетической отрасли. В силу своих уникальных свойств угли необходимо рассматривать и как ценнейшее сырье для химической промышленности.

В настоящее время важнейшей задачей при изучении свойств углей является разработка новых и интенсификация существующих способов переработки применительно и к топливным, и к нетопливным направлениям использования углей. Одним из путей решения

этой задачи является применение воздействия физических полей как на стадии обработки сырья, так и непосредственно в процессе получения продуктов переработки из угля. Это объясняет актуальность изучения влияния физических полей (температурного, электромагнитного, ультразвукового и др.) на органическую массу твердых горючих ископаемых.

Физические методы интенсификации очень разнообразны в различных процессах. Методические основы интенсификации основываются на том, что любой процесс связан с переводом веществ (материально-энергетических потоков) из одних состояний (вход) в другие (выход), а всякое воздействие направленно влияет через определенные свойства веществ, поэтому их знание и учет при выборе воздействий является основным фактором, предопределяющим вид и характер воздействия [5].

При этом физические воздействия могут быть отнесены к одной из следующих групп:

- 1) не влияющие на свойства вещества в смысле получения по этому веществу конечного результата (нейтральные);
- 2) вызывающие приближение свойств вещества к области требуемых значений (интенсифицирующие);
- 3) вызывающие удаление свойств вещества относительно области требуемых значений (замедляющие).

После варьирования физическими воздействиями и их сочетаниями определяется их наиболее целесообразная совокупность, которая обеспечивает проведение требуемого (возможно нового) процесса. Процедура заканчивается при достижении заданной цели, т.е. при попадании свойств в область требуемых значений с учетом выполнения наложенных ограничений [2].

В связи с этим за последнее десятилетие бурное развитие получили такие новые области, как применение электромагнитных колебаний СВЧ-диапазона и ударных волн, ультразвук, лазерохимия и др. Расширение диапазона возможных воздействий на технологические процессы естественно влечет за собой требование знания свойств веществ, связанных с воздействиями различных типов.

Выбор физического воздействия, его характеристик и способа организации процесса химических превращений определяется многочисленными факторами, требующими кропотливого теоретического и опытного изучения.

Поскольку физические воздействия позволяют интенсифицировать не только макроскопические, но и микроскопические процессы атомно-молекулярного уровня, то для изучения вопроса комплексной переработки ТГИ особый интерес представляют воздействия, приводящие к химическим превращениям веществ, которые невозможны при использовании

других методов, так как между физическими и химическими явлениями существует глубокое единство.

Таким образом, в условиях современного производства, где одной из важнейших задач выступает повышение эффективности использования имеющихся ресурсов в совокупности с соблюдением возрастающих экологических требований, актуально развитие исследований, ориентированных на расширение применения нетрадиционных физических и физико-химических воздействий на сырьевой ресурс, позволяющих интенсифицировать производство продукта с добавленной стоимостью.

Задача интенсификации химико-технологических процессов переработки углей заключается в выборе или поиске наиболее эффективных воздействий или их совокупности. В процессе переработки углей в разные виды продуктов можно выделить технологические операции подготовки сырья, собственно переработки и выделения целевых продуктов. На любой из этих стадий возможно применение воздействий физическими полями. Кроме этого, возможно повышение качества продуктов переработки при наложении физических воздействий на полученный продукт.

Одним из перспективных физических методов воздействия на вещества для интенсификации технологических процессов является метод, основанный на использовании механических колебаний ультразвукового диапазона – так называемых ультразвуковых (УЗ) колебаний. Наиболее успешно УЗ колебания используются в процессах, связанных с жидкими состояниями реагентов, поскольку только в них возникает специфический процесс – ультразвуковая кавитация, обеспечивающий максимальные энергетические воздействия на различные вещества. Воздействие УЗ колебаний на различные технологические процессы в жидких средах позволяет [5]:

- 1) кратно ускорить процессы, протекающие между двумя или несколькими неоднородными средами (растворение, пропитку, экстрагирование и т.д.);
- 2) увеличить выход полезных продуктов (например, экстрактов) и придать им дополнительные свойства (например, биологическую активность).

Высокая эффективность УЗ воздействий на различные технологические процессы подтверждена многочисленными исследованиями и опытом более чем тридцатилетнего применения на ряде предприятий различных областей промышленности. Несомненные достоинства УЗ колебаний должны обеспечить их широчайшее использование при решении сложных проблем современных производств, предназначенных для выпуска конкурентоспособной продукции.

Проведенными ранее исследованиями [4] показана принципиальная возможность увеличения выхода гуминовых кислот при применении воздействия ультразвуком на бурый

уголь и торф. Целью настоящего исследования было установление степени влияния ультразвука на различных стадиях выделения гуминовых кислот из бурых углей. Ультразвуковое воздействие осуществлялось в ультразвуковой ванне типа УЗВ-9/100-ТН-РЭЛТЭК с частотой озвучивания рабочего раствора 20,35-48,4 кГц и (при необходимости) температурой нагрева до 65 °С. В качестве объекта исследований взят бурый уголь Харанорского месторождения с влажностью $W^a = 13,8 \%$, зольностью $A^d = 7,4 \%$, выходом летучих веществ $V^{daf} = 46,2 \%$. Выход свободных гуминовых кислот по ГОСТ 9517-94 составил 6,7 %. Масса проб (на сухое топливо) при проведении экспериментов составляла 100 г.

Традиционная методика выделения гуминовых кислот из бурых углей заключается в щелочной экстракции пробы при температуре 95–98 °С. В лаборатории комплексного использования углей Института горного дела Севера разработана методика выделения гуминовых кислот из бурых углей, заключающаяся в смешивании угля со щелочью при минимальном количестве воды, предварительной тепловой обработке (нагреве) полученной смеси и последующей водной экстракции. При выполнении данной серии экспериментов произведено изменение вышеприведенной методики с введением в нее ультразвукового воздействия на стадии смешивания бурого угля со щелочью, стадии предварительной тепловой обработки и (или) на стадии экстракции гуминовых веществ. Влияние ультразвукового поля оценивалось относительно выхода свободных гуминовых веществ [1] и выхода гуминовых веществ при традиционной щелочной экстракции. В связи с этим были изучены следующие варианты комбинирования традиционного и ультразвукового извлечения гуминовых кислот:

- 1 – щелочная экстракция традиционным способом (без предварительной обработки сырья);
- 2 – предварительная ультразвуковая обработка сырья и ультразвуковая экстракция;
- 3 – нагрев смеси угля со щелочью, ультразвуковая экстракция;
- 4 – предварительная ультразвуковая обработка сырья, нагрев смеси угля со щелочью, экстракция традиционным способом.

Условия проведения экспериментов по вариантам приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия проведения экспериментов

№	Параметры	Варианты			
		1	2	3	4
1	Сухая масса пробы угля, г	100			

2	Щелочь	КОН			
3	Количество щелочи, моль на 1 кг сухой беззольной массы угля	15			
4	Температура ультразвуковой обработки, °С	–	60	–	60
5	Температура тепловой обработки, °С	–	120	120	120
6	Объем воды при предварительной обработке, мл	–	500		
7	Время предварительной обработки, ч	–	1		
8	Объем воды для экстракции, мл	2500			
9	Время экстракции, ч	1			
10	Температура традиционной экстракции, °С	95	–	–	95
11	Температура ультразвуковой экстракции, °С	–	60	60	–

Полученный в ходе экспериментов экстракт после остывания фильтровался через сито с размером ячеек 0,13 мм, замерялся его объем, рН и выход гуминовых кислот весовым методом. Эксперименты проводились с трехкратным повторением.

В результате проведения экспериментов получено:

- при щелочной экстракции традиционным способом выход гуминовых кислот составил 6,2 %, что сопоставимо с их выходом, полученным по ГОСТ 9517-94;
- предварительная ультразвуковая обработка сырья и последующая ультразвуковая экстракция позволили повысить выход гуминовых кислот до 16,9 %;
- нагрев смеси угля со щелочью в сочетании с экстракцией под действием ультразвукового поля в ультразвуковой ванне позволяет увеличить выход гуминовых веществ до 19,4 %;
- предварительная ультразвуковая обработка сырья с последующим нагревом и экстракцией традиционным способом позволяет достичь наилучших результатов. При таком методе переработки сырья выход гуминовых веществ из бурого угля увеличивается до 24,9 %.

Таким образом, исследованиями ультразвукового воздействия на процесс извлечения гуминовых веществ из бурого угля в лабораторных условиях установлено, что как предварительная ультразвуковая обработка сырья, так и последующая его экстракция под воздействием ультразвукового поля приводит к увеличению выхода гуминовых кислот. Эксперименты показали, что при предварительной ультразвуковой обработке бурого угля с последующим нагревом и экстракцией традиционным способом выход гуминовых веществ

увеличивается в 4 раза по сравнению с выходом гуминовых кислот при традиционной экстракции. Полученные результаты являются основой нового метода экстракции гуминовых веществ в ультразвуковом поле.

Список литературы

1. ГОСТ 9517-94. Угли бурые и каменные. Методы определения выхода гуминовых кислот. – М.: Изд-во стандартов. – 1996.
2. Закгейгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1985. – 448 с.
3. Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии.– М.: Химия, 1990. – 208 с.
4. Москаленко Т.В., Михеев В.А., Данилов О.С. Интенсификация извлечения гуминовых кислот из торфа под воздействием магнитного и ультразвукового полей// Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (49). – С. 142-146.
5. Хмелев В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: научная монография //Алт. гос. техн. ун-т. им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд. АлтГТУ, 1997. – 160 с.

Рецензенты:

Гриб Н.Н., д.т.н., профессор, заместитель директора по науке, заведующий кафедрой «Горное дело», Технический институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри;

Матвеев А.И., д.т.н., заведующий лабораторией обогащения полезных ископаемых, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск.