

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ БУРОГО УГЛЯ И ТОРФА

В.Н. Хмелёв, С.Н. Цыганок, В.А. Шакура, Д.С. Абраменко

Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск

Статья посвящена исследованию процесса диспергирования бурого угля и торфа, а также выявлению оптимальных параметров и условий, способствующих наиболее эффективному применению данного метода воздействия в промышленности.

Ключевые слова: диспергирование, ультразвук, бурый уголь, торф, измельчение.

ВВЕДЕНИЕ

Среди различных методов диспергирования, применяемых в настоящее время, одним из наиболее эффективных считается УЗ (ультразвуковой) способ получения материала высокой дисперсности. Однако, исследований по воздействию данным методом на многие виды материалов до сих пор не проводилось. В том числе, отсутствуют достоверные данные, описывающие эффективность диспергирования такого широко применяемого в промышленности сырья, как торф и бурый уголь [1-4].

В связи с этим, задача определения принципиальной возможности измельчения заданных материалов рассматриваемым способом, а также оценка перспектив дальнейшего применения данной технологии в производстве весьма актуальна.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основная цель работы заключается в исследовании возможности использования ультразвукового воздействия при диспергировании бурого угля и торфа, а также определении оптимальных режимов и условий, повышающих эффективность процесса.

Исходя из поставленной цели, был предложен следующий план проведения исследований:

1. Длительное ультразвуковое воздействие, позволяющее определить принципиальную возможность диспергирования заданных материалов данным методом.

2. Серия экспериментов, направленная на выявление оптимальных режимов и условий, путем изменения определенных параметров (давление, концентрация).

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В качестве исходных материалов для проведения исследований были использованы:

– бурый уголь с Мунайского угольного разреза Солонешинского района;

– торф, добываемый в окрестностях пос. Сорокино г. Бийска Алтайского края.

Предварительно бурый уголь был механически измельчен до размера не более 0.5...1 см, а затем перемолот при помощи кофемолки Bosch МКМ6003. После этого был произведен отсев крупной фракции при помощи металлического сита с ячейкой 0.3 мм.

Приведенные далее в отчете фотографии были получены при помощи микроскопа «МИКМЕД-6». При 1000 кратном увеличении, цена деления шкалы составила 10 мкм.

Методика получения фотографий с частицами различных размеров заключалась в следующем:

1. Емкость, из которой бралась проба, тщательно размешивалась.

2. Измеряемая проба бралась сверху (не более 1...2 г) и разводилась водой в пропорции 1:10 (не менее).

3. Полученная разведенная проба наносилась на предметное стекло и оставлялась до полного испарения воды.

4. Предметное стекло с нанесенной измеряемой пробой устанавливалось на предметный стол микроскопа.

5. Для наблюдения при 1000-м увеличении на предметное стекло наносилась иммерсионная жидкость (вазелиновое масло).

6. Полученные увеличенные изображения фиксировались с помощью цифрового фотоаппарата.

Фотографии измельченного бурого угля (исходное состояние) приведены на рис.1.

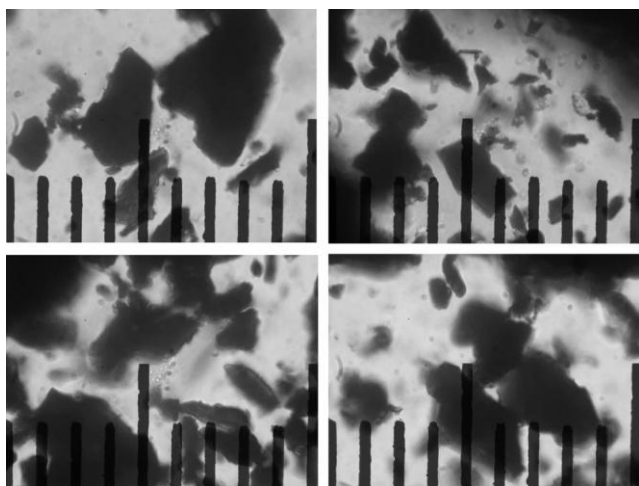


Рис.1. Бурый уголь в исходном состоянии

Торф брался в исходном состоянии, не измельчался. Фотографии торфа (исходное состояние) приведены на рис.2.

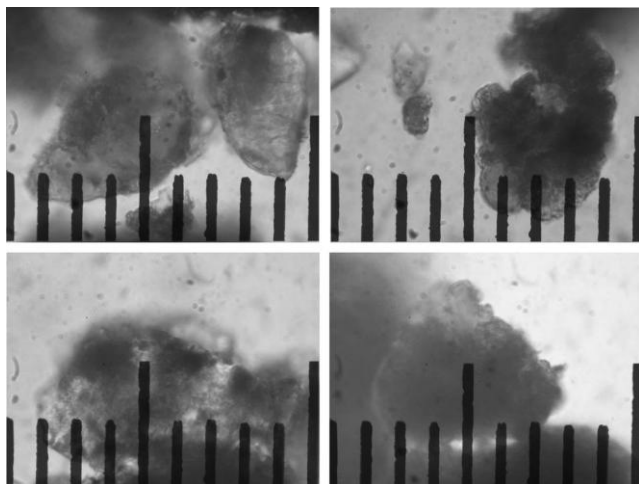


Рис.2. Торф в исходном состоянии

Таким образом, исходный средний размер частиц измельченного бурого угля был принят равным 30...40 мкм, а торфа 70...80 мкм.

ПРОВЕРКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Предварительные результаты были получены при помощи УЗ технологического аппарата «Волна-М» модель УЗТА-1/22-ОМ [5]. Его основные технические характеристики указаны в табл.1.

Табл.1 Основные технические характеристики аппарата «Волна-М» модель УЗТА-1/22-ОМ

п/п	Наименование	Значение
1	Мощность, ВА, не более	1000
2	Частота УЗ воздействия, кГц	22±1.65
3	Питание от сети переменного напряжения, В	220±22
4	Интенсивность излучения, Вт/см ² , не менее	15
5	Диаметр рабочего инструмента, мм	40

УЗ диспергирование представляет собой длительный по времени процесс, занимающий до нескольких часов.

Для компенсации нагрева обрабатываемой технологической среды вследствие поглощения акустической энергии технологический объем был заключен в водяную рубашку. Это позволило поддерживать температуру обрабатываемой технологической среды в диапазоне 40...60°C в ходе всего эксперимента.

Соотношение сырья к жидкой фазе было взято 1:10 (90 г сырья и 900 г воды). Время воздействия составило 24 часа. Избыточное давление в обрабатываемой технологической среде не создавалось.

Результаты эксперимента для бурого угля представлены на рис.3, а для торфа на рис.4.

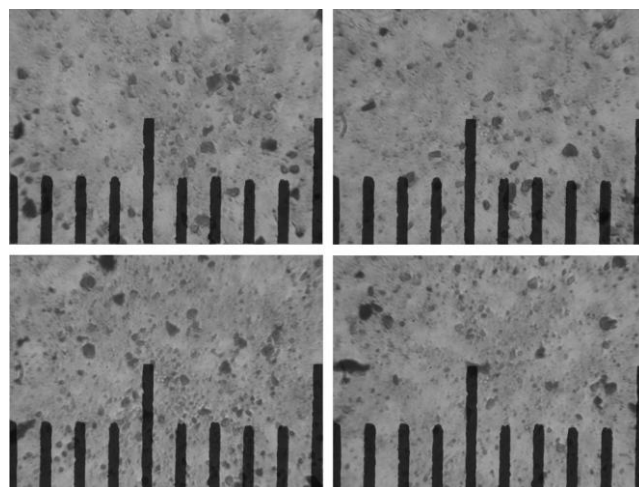


Рис.3. Бурый уголь после 24 часов УЗ обработки

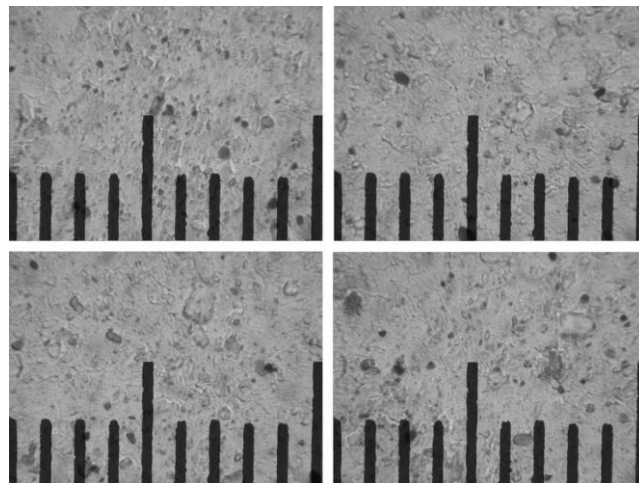


Рис.4. Торф после 24 часов УЗ обработки

Средний размер частиц полученного диспергированного бурого угля составил менее 2 мкм. Полное осаждение полученной суспензии происходило в течение 8...10 часов.

Средний размер частиц полученного диспергированного торфа составил менее 1 мкм. Наблюдаемые на рис.4 крупные пятна представляют собой агломе-

раты высохших частиц. Причем осаждение полученной суспензии не происходило в течение 7 суток, что косвенно свидетельствует о том, что был получен коллоидный раствор с размером частиц 1...100 нм. Забор промежуточных проб обрабатываемого сырья показал, что торф измельчается быстрее, чем бурый уголь.

Таким образом, в результате предварительных исследований было подтверждено, что УЗ кавитационное воздействие способствует разрушению твердых частиц в суспензиях, причем получение наночастиц достижимо.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ И УСЛОВИЙ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Задачей последующих серий измерительных опытов являлось выявление оптимальных режимов УЗ диспергирования бурого угля и торфа в условиях, максимально приближенных к промышленным [6-8].

Фото и эскиз конструктивной схемы использованной экспериментальной установки представлены на рис.5.

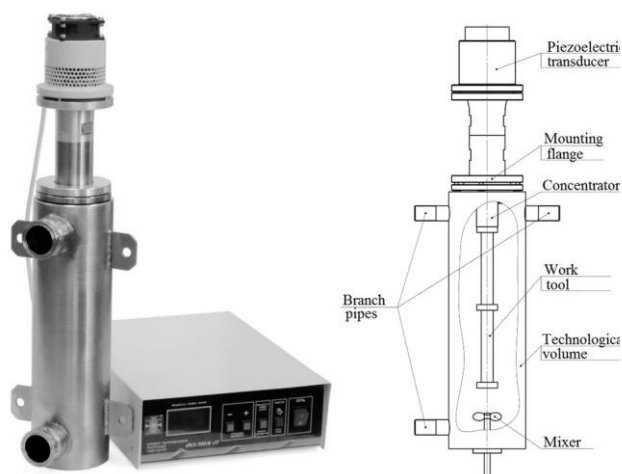


Рис.5. Экспериментальная установка

Основные технические характеристики данного аппарата указаны в табл.2.

Табл.2. Основные технические характеристики аппарата «Волна-М» модель УЗТА-1/22-ОМ (вариант исполнения №2)

п/п	Наименование	Значение
1	Мощность, ВА, не более	1000
2	Частота УЗ воздействия, кГц	22±1.65
3	Питание от сети переменного напряжения, В	220±22
4	Интенсивность излучения, Вт/см ² , не менее	10
5	Диаметр многополюсного рабочего инструмента, мм, максимальный/минимальны	30/18
6	Частота вращения, об/мин	100-250

Для создания равномерного УЗ воздействия на всю обрабатываемую технологическую среду использовалась мешалка. Патрубки применялись для создания и поддержания избыточного давления в технологическом объеме. Разовый обрабатываемый объем составил 1.5 литра. Время УЗ диспергирования – до 4

часов, т.е. технологический процесс проходил в периодическом режиме. Для компенсации нагрева и поддержания требуемой температуры весь технологический объем погружался в водяную рубашку.

Для выявления оптимальных режимов УЗ диспергирования был проведен ряд экспериментальных исследований при различном соотношении сырья к жидкой фазе, а также при разном избыточном давлении в обрабатываемой технологической среде.

УЗ диспергирование осуществлялось при соотношениях 1 : 7 и 1 : 10. Выбор таких соотношений обусловлен тем, что в случае меньшего соотношения недостаточно жидкой фазы для возникновения кавитации внутри всего обрабатываемого технологического объема. Вследствие этого образовывались застойные зоны отложения сырья даже при использовании перемешивающего устройства.

Избыточное давление было ограничено величиной 4 атм., так как его дальнейшее увеличение накладывает дополнительные требования к конструкции технологического объема и приводит к существенному увеличению мощности электронного генератора, достаточной для возникновения кавитации.

Экспериментальные исследования проводились неоднократно при равных условиях с целью набора статистических данных.

На 1.5 литра обрабатываемого технологического объема для соотношения сырья к жидкости 1 : 7 было взято 185 г сырья и 1295 г водопроводной воды, соответственно. Для соотношения 1 : 10 было взято 135 г сырья и 1350 г водопроводной воды, соответственно. Время УЗ воздействия составило 4 часа.

Результаты при 1000-м увеличении приведены на рис.6-9.

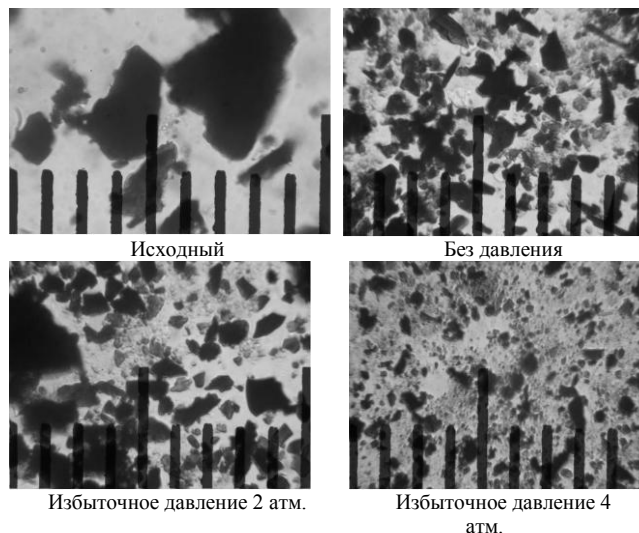


Рис.6. Бурый уголь при соотношении 1 : 7 при разном избыточном давлении

Анализируя полученные данные можно утверждать, что произошло измельчение бурого угля от среднего размера 30...40 мкм до среднего размера

2...5 мкм, т.е. 8...15 раз, хотя и присутствуют крупные частицы средним размером до 8...10 мкм.

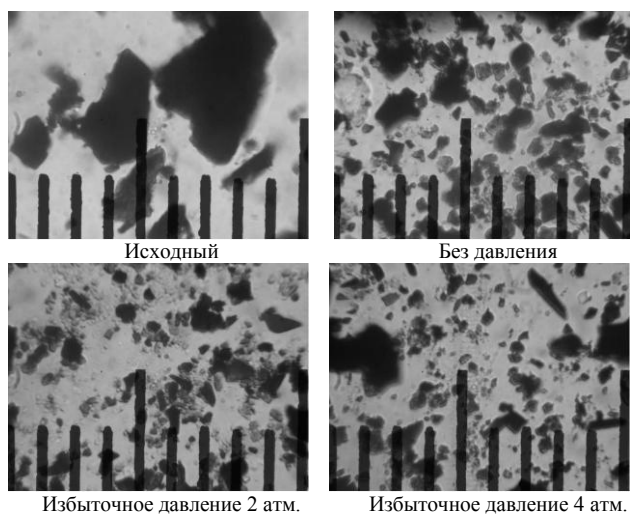


Рис.7. Бурый уголь при соотношении 1 : 10 при разном избыточном давлении

Анализируя полученные данные можно утверждать, что произошло измельчение бурого угля со среднего размера 30...40 мкм до среднего размера 2...5 мкм, т.е. 8...15 раз.

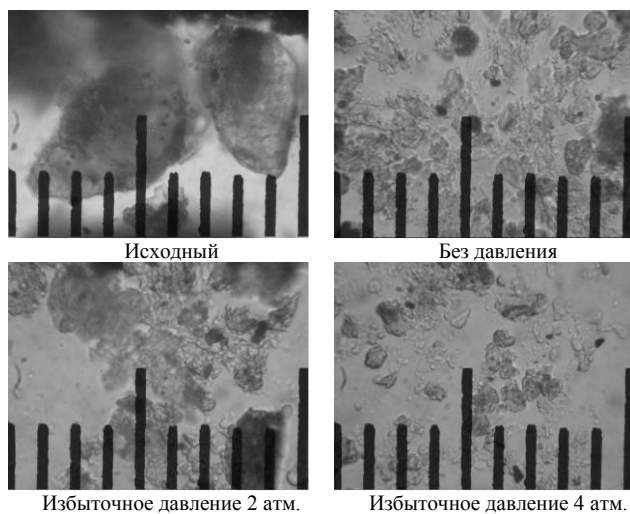


Рис.8. Торф при соотношении 1 : 7 при разном избыточном давлении

Анализируя полученные данные можно утверждать, что произошло измельчение торфа со среднего размера 70...80 мкм до среднего размера 2...5 мкм, т.е. 35...40 раз, хотя и присутствуют крупные частицы средним размером около 8...10 мкм.

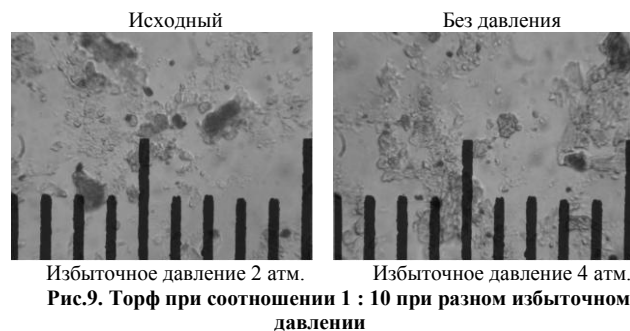
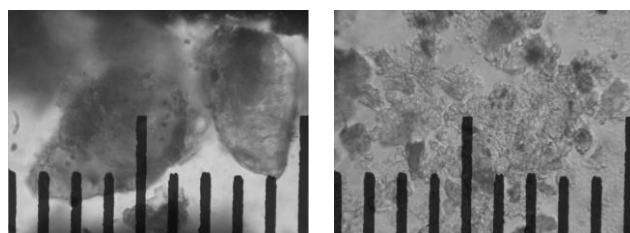


Рис.9. Торф при соотношении 1 : 10 при разном избыточном давлении

Анализируя полученные данные можно утверждать, что произошло измельчение торфа со среднего размера 70-80 мкм до среднего размера 2...5 мкм, т.е. 35...40 раз, хотя и присутствуют крупные частицы средним размером около 8...10 мкм.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Соотношения 1 : 7 для бурого угля и 1 : 10 для торфа более предпочтительны, так как они дают более равномерное распределение размеров частиц.

Повышение избыточного давления в создаваемой обрабатываемой среде оказывает не существенное влияние на размер получаемых частиц бурого угля и торфа. Поэтому можно ограничиться избыточным давлением не более 2 атм.

УЗ воздействие в течение 4 часов уменьшает размер частиц бурого угля в 8...15 раз, а торфа в 35...40 раз. Если исходная фракция используемого сырья не будет превышать 1...2 мкм, то при помощи УЗ диспергирования суспензии будет обеспечено получение частиц нанометрового диапазона.

Результаты анализа УЗ диспергирования в течении промежуточных интервалов, а также после 24 часов свидетельствуют практически о линейном (слабо экспоненциальном) характере зависимости размеров получаемых частиц от времени воздействия, что позволяет устанавливать временные интервалы воздействия для получения частиц заданных размеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Подтверждена принципиальная возможность УЗ диспергирования бурого угля и торфа до наночастиц.
2. Показана нецелесообразность повышения избыточного давления в обрабатываемой технологической среде свыше 2 атм.
3. Установлены оптимальные соотношения при УЗ диспергировании: для бурого угля 1 : 7, для торфа 1 : 10.
4. Показано, что УЗ воздействие в течение 4 часов уменьшает размер частиц бурого угля в 8...15 раз, а торфа в 35...40 раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Khmelev S.S., Levin S.V. The Application of Ultrasound at the Production of the Elements for the Heat-insulated Floor // 12th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2011, Novosibirsk, NSTU. 2011. – P. 272–274.
2. Khmelev V.N., Galakhov A.N., Shalunov A.V., Nesterov V.A., Golykh R.N., Shalunova K.V. The Development of the Agglomerator for Efficiency Increase of the Separation of Nanoscale Particles // 14th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2013: Novosibirsk, NSTU, 2013. – P 171-176.
3. Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Shakura V.A. The extract production line with the application of ultrasonic technologies // 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2014: Novosibirsk, NSTU, 2014. – P. 243–245.
4. Khmelev V.N., Golykh R.N., Shalunov A.V., Khmelev S.S., Karzakova K.A. Determination of ultrasonic effect mode providing formation of cavitation area in high-viscous and non-newtonian liquids // 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2014: Novosibirsk, NSTU, 2014. – P 203-207.
5. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. Ультразвук. Аппараты и технологии. Барнаул: АлтГТУ, 2015. – 688 с.
6. Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Khmelev S.S., Levin S.V., Khmelev M.V. Study of efficiency of ultrasonic treatment in running volumes // 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015: Novosibirsk, NSTU, 2015. – P 221 – 223.
7. Khmelev V.N., Golykh R.N., Khmelev S.S. Evaluation of optimum modes and conditions of ultrasonic cavitation influence on high-viscous and non-newtonian liquid mediums. Romanian Journal of Acoustics and Vibration. Volume XII, Issue 1, 2015, с 20-28.
8. Khmelev V.N., Barsukov R.V., Ilchenko E.V., Genne D.V., Popova N.S. Integration of control system of cavitation mode into ultrasonic technological equipment // 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2016: Novosibirsk, NSTU, 2016. – P 242-245.

Хмелев Владимир Николаевич – заместитель директора по науке, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ, тел. (3854)432581, e-mail: vnh@bti.secna.ru.

Цыганок Сергей Николаевич – доцент кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ, тел. (3854)432570, e-mail: grey@bti.secna.ru.

Шакура Владислав Анатольевич – Научный сотрудник, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ, тел. 89069443910, e-mail: shakura.va@bti.secna.ru

Абраменко Денис Сергеевич – доцент кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ, тел. (3854)432570, e-mail: grn@bti.secna.ru.

RESEARCH OF THE PROCESS OF ULTRASONIC DISPERSING ON THE EXAMPLE OF BROWN COAL AND PEAT

V.N. Khmelev, S.N. Tsyganok, V.A. Shakura, D.S. Abramenko

*Biysk Technological Institute (branch) of Altai State Technical University named after I.I. Polzunov,
Biysk,*

Abstract – The article is devoted to the investigation of the process of dispersion of brown coal and peat, as well as to the identification of optimal parameters and conditions of the effective use of this method in industry.

Index Terms – dispersing, ultrasound, brown coal, peat.

REFERENCES

1. Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Khmelev S.S., Levin S.V. The Application of Ultrasound at the Production of the Elements for the Heat-insulated Floor // 12th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2011, Novosibirsk, NSTU, 2011. – P. 272–274.
2. Khmelev V.N., Galakhov A.N., Shalunov A.V., Nesterov V.A., Golykh R.N., Shalunova K.V. The Development of the Agglomerator for Efficiency Increase of the Separation of Nanoscale Particles // 14th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2013: Novosibirsk, NSTU, 2013. – P 171-176.
3. Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Shakura V.A. The extract production line with the application of ultrasonic technologies // 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2014: Novosibirsk, NSTU, 2014. – P. 243–245.
4. Khmelev V.N., Golykh R.N., Shalunov A.V., Khmelev S.S., Karzakova K.A. Determination of ultrasonic effect mode providing formation of cavitation area in high-viscous and non-newtonian liquids // 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2014: Novosibirsk, NSTU, 2014. – P 203-207.
5. Khmelev V.N., Shalunov A.V., Khmelev S.S., Tsyganok S.N. Ultrasound. Apparatus and technology. Barnaul: AltSTU, 2015. – 688 p.
6. Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Khmelev S.S., Levin S.V., Khmelev M.V. Study of efficiency of ultrasonic treatment in running volumes // 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015: Novosibirsk, NSTU, 2015. – P 221 – 223.
7. Khmelev V.N., Golykh R.N., Khmelev S.S. Evaluation of optimum modes and conditions of ultrasonic cavitation influence on high-viscous and non-newtonian liquid mediums. Romanian Journal of Acoustics and Vibration. Volume XII, Issue 1, 2015, c 20-28.
8. Khmelev V.N., Barsukov R.V., Ilchenko E.V., Genne D.V., Popova N.S. Integration of control system of cavitation mode into ultrasonic technological equipment // 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2016: Novosibirsk, NSTU, 2016. – P 242-245.

Khmelev Vladimir Nikolaevich – deputy director for science, professor, Biysk Technological Institute, заместитель директора по науке, (3854)432581, e-mail: vnkh@bti.secna.ru.

Tsyganok Sergey Nikolaevich – associate professor at the chair of methods and means of measurement and automation, Biysk Technological Institute, (3854)432570, e-mail: grey@bti.secna.ru.

Shakura Vladislav Anatolievich - Researcher, Biysk Technological Institute (branch) Altai State Technical University, ph. 89069443910, e-mail: shakura.va@bti.secna.ru.

Abramenko Denis Sergeevich – associate professor at the chair of methods and means of measurement and automation, Biysk Technological Institute, (3854)432570, e-mail: grn@bti.secna.ru.