

# РАЗДЕЛ IV

## ТЕХНОЛОГИИ. ХИМИЯ И ФИЗИКА МАТЕРИАЛОВ

### [TECHNOLOGY. CHEMISTRY AND PHYSICS OF MATERIALS]

УДК: 662.74

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-2-64-67

К.К. ЧУЛЬДУМ, М.П. КУЛИКОВА

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ТУВИНСКИХ УГЛЕЙ

Рассмотрены обогащение угля флотацией, перспективные флотационные технологии, используемые на обогатительных фабриках в России и за рубежом. Разработан лабораторный стенд флотационного обогащения тувинских углей для поиска путей понижения основности коксующихся углей Улуг-Хемского бассейна и подбора эффективных технологий по повышению качества угля.

*Ключевые слова:* уголь, флотация, установка, реагентный режим.

Рис. 2. Библ. 7 назв. С. 64–67.

K.K. CHULDUM, M.P. KULIKOVA

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

### DEVELOPMENT OF A LABORATORY UNIT FOR FLOTATION OF TUVAN COALS

Coal enrichment by flotation, promising flotation technologies used at processing plants in Russia and abroad are considered. A laboratory bench for flotation enrichment of Tuva coals has been developed to find ways to reduce the basicity of coking coals of the Ulugh-Khem basin and to select effective technologies for improving the quality of coal.

*Keywords:* coal, flotation, unit, reagent mode.

Figures 2. References 7. P. 64–67.

**ВВЕДЕНИЕ.** В настоящее время актуальной является проблема повышения качества угля, поставляемого потребителям, которое в последние годы нестабильно: смена мест добычи угля, механизация способов добычи и глубины разработки угольного пласта приводят к увеличению зольности и содержанию мелких классов в углях.

Плохое качество угля, сжигаемого в котельных и частном секторе города, затрудняет эффективную работу котлов, способствует быстрому забиванию дымоходов, что приводит к ещё более непродуктивному его сгоранию, опасности отравления угарным газом. Высокий химический недожог загрязняет атмосферный воздух продуктами неполного сгорания. Повысить качество угля особенно коксующихся марок и сократить потери с отходами в виде недожога позволит применение высокоэффективных флотационных технологий обогащения.

Для повышения качества тувинских углей и поиска высокоэффективных технологических решений их обогащения, снижения основности (в первую очередь, металлургического угля) разработан модельный стенд флотационного обогащения.

**ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ.** Угли (фракции 300–600 мм) подвергают обогащению в основном гравитационными методами, но мелкие фракции угля отделяют от вредных примесей, содержащихся в нём (пирит, гипс, самородная сера, песчаник и сланец), флотацией. Флотация — процесс обогащения каменных углей в гетерогенной системе, основанный на различной смачиваемости поверхности угля водой и зависит от свойств угля, среды и химического строения флотореагентов. Это универсальный процесс, так как минералы обладают разной удельной свободной поверхностной энергией, которую можно увеличить с помощью флотационных реагентов, избирательно закрепляющихся на поверхности частицы и изменяющих их поверхностную энергию в заданном направлении. В качестве флотореагентов (собиратели, регуляторы и пенообразователи) используют полупродукты и отходы нефтепереработки: собиратели — дизельное топливо, керосин, топливо ТС-1, термогазойль; пенообразователи Т-80 — полупродукт, образующийся при получении 1,3-диоксана: КОБС (кубовые остатки производства бутилового спирта), КЭТГОЛ (кубовые остатки от производства 2-этилгексанола) и др. (Петухов, 2016).

Процесс флотации осуществляется в флотационных машинах (ФМ–2,5, Гипрокс–52, Гипрокс–ХГИ-57, ФМУ–80Г, «Wemco», «СЕТСО» и др.), наиболее распространённые — камерные (3–4 блока) механические машины, в которых пульпа питания в процессе флотации проходит через все камеры (рис. 1).

В институте СибНИИУглеобогачение разработаны технологии для обогащения коксующихся и энергетических углей и оборудование (флотационные машины пневматического типа «Пневмофлот», механического «Флотомердн») (Усольцева и др., 2017, с. 132). В США и Австралии распространена флотация угольных шламов в колонных аппаратах «CoalPro», обеспечивающих высокое извлечение угля в пенный продукт при низкой зольности концентрата (Козлов, Пикалов, 2014, с. 67). В колонных флотомашинах исходная пульпа распределяется более равномерно, движется в противотоке восходящему потоку пузырьков и выносятся в концентратный жёлоб вверху колонны. Высокопроизводительная технология флотации StackCell™ разработана в качестве альтернативы колонным и камерным флотационным машинам, используется предварительная аэрация и эффективный подвод энергии для генерации пузырьков и интенсивного контакта с частицами угля, поэтому сокращается продолжительность флотации (Kohmuench, Mankosa, 2006).

Технологии и оборудование для флотационного обогащения постоянно модернизируются и совершенствуются, разрабатываются флотационные машины с целью увеличения глубины обогащения до 0 мм для повышения качества угольной продукции.

#### **СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ТУВИНСКИХ УГЛЕЙ.**

Главным фактором, определяющим качество работы флотационных машин, является степень аэрации пульпы. Аэрация пульпы характеризуется количеством воздуха, проходящего в единицу времени через единицу объёма пульпы. По типу аэрации пульпы флотационные машины делятся на три основные группы: механические, пневмомеха-

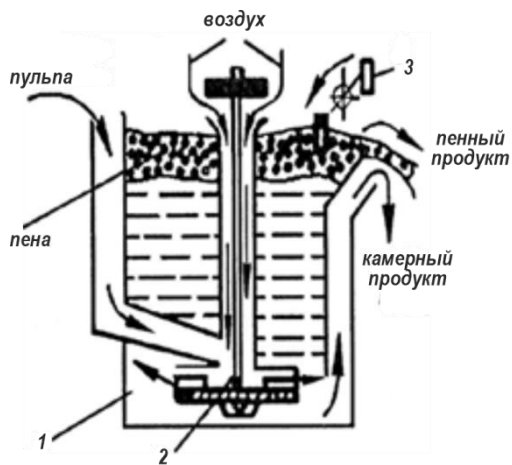


Рисунок 1. Схема механической флотационной машины

1 — корпус машины, 2 — вал для перемешивания пульпы, 3 — гребковое устройство для удаления пенного продукта.

нические, пневматические (Глембоцкий, Классен, 1981; Карамзин и др., 1974; Самыгин, 2016). Так как для механической флотационной машины потребовалось бы создание сложного импеллера, подвод более высоких мощностей и, соответственно, сложного привода, от этого типа аэрации пульпы отказались на начальном этапе выбора конструкции лабораторной установки. Также ввиду сложности реализации в лабораторных условиях отказались и от пневматической конструкции.

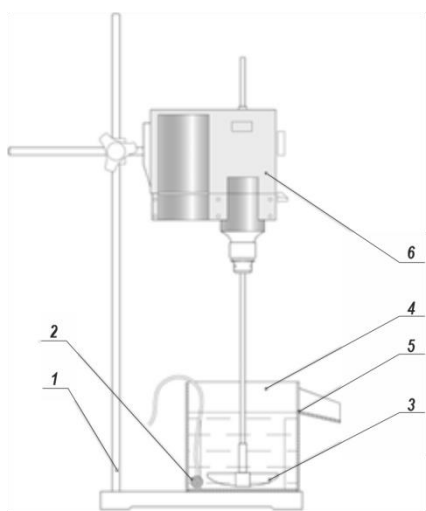


Рисунок 2. Схема лабораторной установки флотации углей (условные обозначения см. в тексте)

Для схемы лабораторной установки флотации углей (рис. 2) выбрали пневмомеханическую конструкцию.

Флотационная машина состоит из ёмкости (камеры) (4), изготовленной из нержавеющей стали и имеющей полный объём 2 л. Ёмкость по внутренним стенкам имеет вертикальные перегородки — полосы, служащие для гашения закручивания потока от крыльчатки (3). Камера имеет порог (5) со сливным желобом. Сжатый воздух подают в нижнюю часть камеры мини-компрессором через пористую керамику (2). Диспергирование и перемешивание пульпы производится фторопластовой крыльчаткой (3), приводимой во вращение лабораторной мешалкой (6), которая имеет регулируемую частоту вращения и прикреплена к станине (1)

*Принцип работы.* Лабораторная флотомашина работает в периодическом режиме. Квалифицированный по крупности уголь (-0,5 мм) с примесями, предназначенный для обогащения, загружают в камеру в виде пульпы. Добавляют необходимое количество флотационных реагентов вспенивателей и собирателей. При включении вращения крыльчатки происходит перемешивание пульпы и пенообразование за счёт подачи воздуха через пористую керамику в нижнюю часть камеры. Интенсивность перемешивания и количество воздуха регулируют для достижения оптимальных условий процесса флотации.

Всплывший пенный продукт (обогащённый уголь) удаляют из камеры через сливной желоб посредством скребка. Осевший на дно продукт (примеси) извлекают после завершения процесса.

Тувинские угли малосернистые, характеризуются невысоким показателем отражения витринита, высоким выходом летучих веществ, низкой зольностью, но высоким содержанием основных оксидов, что снижает потребительские качества угля. Уголь (ГЖ, Ж) легко флотируется, оптимальное содержание твёрдого в питании флотации составляет 80–120 кг/м<sup>3</sup>, расход собирателя — 600–1500 г/т, пенообразователя — 20–200 г/т. Для повышения эффективности применяют дробную подачу флотореагентов, продолжительность флотации 5–9 мин., она зависит от свойств флотируемого угля и условий флотации (Петухов, 2016).

Разработан лабораторный стенд для флотационного обогащения тувинских углей. На стенде флотации будут проводиться исследования по поиску путей понижения основности коксующихся углей Улуг-Хемского бассейна и подбору эффективных технологий по повышению качества угля. Угольная продукция высокого качества более конкурентоспособна на мировых рынках сбыта, а т. к. около половины российского угля экспортируется, обогащение углей Тувы становится насущной необходимостью.

## ЛИТЕРАТУРА

- Глембоцкий В.А., Класен В.И. Флотационные методы обогащения: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – М.: Недра, 1981. – 304 с.
- Кармазин В.И., Серго Е.Е. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых: Учеб. пособие для вузов по специальностям «Электрификация и автоматизация горных работ» и «Горные машины и комплексы» / Ред. доц. А.П. Жендринский и проф. В.А. Бунько. – М.: Недра, 1974. – 559 с.: ил.
- Козлов В.А, Пикалов М.Ф. Существующие флотационные технологии для обогащения угольного шлама // Уголь. – 2014. – № 2. – С. 65–69.
- Петухов В.Н. Основы теории и практика применения флотационных реагентов при обогащении углей для коксования. – Магнитогорск: Магнитогорский ГТУ им. Г.И. Носова, 2016. – 453 с.
- Самыгин В.Д. Критерии эффективности применения флотомашин // Горный информ.-аналит. бюллетень (науч.-техн. журн.). – 2016. – № 11. – С. 322–328.
- Усольцева О.И., Передерин Ю.В., Крайденко Р.И. Обогащение углей: современное состояние технологий // Ползуновский вестн. – 2017. – № 3. – С. 131–137.
- Kohmuench J.N., Mankosa M.J. An Update on the Role of Column Flotation in the Coal Industry // CPSA Journ. – 2006. – Vol. 5. – № 1. – P. 374–381.

## REFERENCES

- Glembotskiy V.A., Klassen V.I. *Flotatsionnyye metody obogashcheniya: Uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti «Obogashcheniye poleznykh iskopayemykh»* [Flotation methods of enrichment: A textbook for university students studying in the specialty «Enrichment of minerals»]. – Moscow, Nedra Publ., 1981, 304 p. (In Russ.)
- Karmazin V.I., Sergo Ye.Ye. *Protsessy i mashiny dlya obogashcheniya poleznykh iskopayemykh: Ucheb. posobiye dlya vuzov po spetsial'nostyam «Elektrifikatsiya i avtomatizatsiya gornyykh rabot» i «Gornyye mashiny i kompleksy»* [Processes and machines for mineral processing: Proc. manual for universities in the specialties «Electrification and automation of mining» and «Mining machines and complexes»] / ed. by A.P. Zhendrin'skiy, V.A. Bun'ko. Moscow, Nedra Publ., 1974, 559 p. (In Russ.)
- Kohmuench J.N., Mankosa M.J. An Update on the Role of Column Flotation in the Coal Industry. CPSA Journal, 2006, vol. 5, no. 1, pp. 374–381.
- Kozlov V.A, Pikalov M.F. Sushchestvuyushchiye flotatsionnyye tekhnologii dlya obogashcheniya ugol'nogo shlama [Existing flotation technologies for coal sludge enrichment]. *Ugol' = Coal*, 2014, no. 2, pp. 65–69. (In Russ.)
- Petukhov V.N. *Osnovy teorii i praktika primeneniya flotatsionnykh reagentov pri obogashchenii ugley dlya koksovaniya* [Fundamentals of the theory and practice of using flotation reagents in the enrichment of coals for coking]. Magnitogorsk, Magnitogorsk State Technical University named after. G.I. Nosova Publ., 2016, 453 p. (In Russ.)
- Samygin V.D. Kriterii effektivnosti primeneniya flotomashin [Criteria for the effectiveness of the use of flotation machines]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2016, no. 11, pp. 322–328. (In Russ.)
- Uso'tseva O.I., Perederin Yu.V., Kraydenko R.I. Obogashcheniye ugley: sovremennoye sostoyaniye tekhnologiy [Enrichment of coal: current state of technology]. *Polzunovskiy vestnik = Polzunovskiy Bulletin*, 2017, no. 3, pp. 131–136. (In Russ.)