

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.52.84.006

УДК 622.7

© О. Л. Алексеева, 2025

О.Л. АЛЕКСЕЕВА

ведущий инженер отдела комплексного использования минерального сырья

Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

e-mail: rssm38@mail.ru

АНАЛИЗ ОБОГАТИМОСТИ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ ПРЕДПРИЯТИЙ КОМПАНИИ «КУЗБАССРАЗЕЗУГОЛЬ»

Исследовалась обогатимость шламов трёх разрезов Кемеровской области – Кузбасса. Анализ приведенных данных указывает на легкую обогатимость угольных шламов Кедровского угольного разреза всех классов крупности. В пробе угольных шламов Бачатского угольного разреза легко обогатимым можно считать класс крупности от 2 до 0,2 мм. Для угольных шламов Краснобродского угольного разреза легко обогатим — диапазон классов крупности от 2 до 0,25 мм.

Ключевые слова: ШЛАМЫ, ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ, КЛАСС КРУПНОСТИ, ЗОЛЬНОСТЬ, ОБОГАТИМОСТЬ.

По некоторым данным, ежегодные объемы складируемых на территории Российской Федерации отходов обогащения углей, руд и минерального сырья составляют около 15 млн. т. Только в Новокузнецке три обогатительные фабрики каждый год выбрасывают вблизи города 1 млн. т отходов углеобогащения. В настоящее время большинство углеобогатительных фабрик Кузбасса имеют устаревшее оборудование и технологии, в результате чего качество обогащения угля не соответствует ни международным стандартам, ни техническим отраслевым нормам. В итоге содержание угля в отходах обогащения колеблется в лучшем случае от 17 до 26%, но может достигать, в зависимости от марки угля, и 60%, что приводит к ежегодным потерям его в Кузбассе от 12 до 15 млн. т.

Уровень использования отходов угольной промышленности составляет примерно 50% от количества образующихся. Это приводит к развитию комплекса экологических проблем. Основным способом решения является включение отходов в производственный оборот, т.е. перевод отходов в категорию сырья и осуществление комплексной переработки угля [1].

Объектом исследования являлись пробы угольных шламов Краснобродского, Бачатского и Кедровского угольных разрезов,

Кемеровская область-Кузбасс взятые из отвалов.

Обогатимость характеризует способность углей к разделению на продукты различного качества. Для оценки обогатимости используют графические и аналитические методы.

Графические методы основаны на использовании данных довольно трудоемкого и подробного фракционного анализа, поэтому редко находят применение на практике. Аналитический метод оценки обогатимости регламентирован ГОСТ 10100–84.

По этому стандарту показатель обогатимости (Т) представляет собой отношение суммарного выхода промежуточных фракций к выходу беспородной массы. К промежуточным относят фракции плотностью 1500–1800 кг/м³ для каменных углей, если зольность фракций менее 1500 кг/м³ не превышает 10% (в противном случае — фракции 1400–1800 кг/м³) и для антрацитов фракции 1800–2000 кг/м³.

$$T = \frac{\gamma_{\text{п.п}}}{100 - \gamma_{\text{п}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $\gamma_{\text{п.п}}$ — выход промежуточной фракции, %; $\gamma_{\text{п}}$ — выход породной фракции (плотностью более 1800 кг/м³ для каменных углей и более 2000 кг/м³ для антрацитов).

Таблица 1

Сводная таблица результатов ситового и фракционного анализов пробы угольных шламов «Кедровского угольного разреза»

Классы крупности, мм	$\gamma_{исх}$, %	Ad, %	Легкая <1500			
			$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %	
+5*	3,56	28,50	2,70	75,67	-	
-5+2	7,65	13,30	7,23	94,48	8,29	
-2+1	9,32	10,20	9,11	97,84	8,35	
-1+0,5	10,22	11,20	9,93	97,20	9,25	
-0,5+0,25	14,40	10,90	13,70	95,14	8,22	
-0,25+0,2	4,70	15,70	4,27	90,82	7,87	
-0,2+0,125	13,22	25,50	10,85	82,11	8,97	
-0,125+0,071	10,46	35,60	7,31	69,89	10,27	
-0,071+0,04	9,55	44,40	5,76	60,27	13,15	
-0,04+0,0	16,92	48,90	12,73	75,25	33,10	
Итого:	100,00	26,04	83,59	-	12,49	
Классы крупности, мм	Промежуточная 1500 – 2000			Тяжелая > 2000		
	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %
+5*	0,02	0,55	-	0,84	23,78	-
-5+2	0,01	0,08	48,15	0,41	5,44	89,14
-2+1	0,02	0,16	51,32	0,19	2,00	87,45
-1+0,5	0,02	0,15	41,84	0,27	2,65	83,69
-0,5+0,25	0,05	0,36	36,07	0,65	4,50	81,98
-0,25+0,2	0,02	0,40	26,11	0,41	8,78	86,25
-0,2+0,125	0,09	0,66	12,62	2,28	17,23	89,17
-0,125+0,071	0,03	0,33	38,24	3,12	29,78	88,49
-0,071+0,04	0,02	0,21	11,63	3,77	39,52	89,05
-0,04+0,0	0,10	0,58	31,25	4,09	24,17	91,27
Итого:	0,38	-	25,68	16,03	-	84,39

Таблица 2

Фракционный состав пробы угольных шламов «Кедровского угольного разреза» по выделенным диапазонам классов крупности, расчет показателя обогатимости.

Класс +2 мм							
Плотность	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %	Всплывающие фракции		T, %	Категория обогати- мости
				$\gamma_{кл}$, %	Ad, %		
Легкая <1500	9,93	88,58	8,29	88,58	8,29	0,30 (0,27·100/ 88,85)	I (легкая)
Промежуточная 1500 - 2000	0,03	0,27	48,15	88,85	8,32		
Тяжелая > 2000	1,25	11,15	89,14	-	-		
Итого:	11,21	100,00	12,72	-	-		

Продолжение таблицы 2

Класс -2+0,071 мм						
Легкая <1500	55,17	88,53	8,82	88,53	8,82	0,42 (0,37·100/ 88,10) I (легкая)
Промежуточная 1500 - 2000	0,23	0,37	27,76	88,90	8,89	
Тяжелая > 2000	6,92	11,10	87,75	-	-	
Итого:	62,32	100,00	17,64	-	-	
Класс -0,071+0,0 мм						
Легкая <1500	18,49	69,85	26,89	69,85	26,89	0,65 (0,45·100/ 69,85) I (легкая)
Промежуточная 1500 - 2000	0,12	0,45	27,89	70,30	26,89	
Тяжелая > 2000	7,86	29,70	90,20	-	-	
Итого:	26,47	100,00	45,70	-	-	

Таблица 3

Сводная таблица результатов ситового и фракционного анализов пробы
угольных шламов «Бачатского угольного разреза»

Классы крупности, мм	$\gamma_{исх}$, %	A ^d , %	Легкая <1500		
			$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	A ^d , %
+5*	0,46	28,50	0,37	80,43	-
-5+2	2,31	13,30	1,60	69,26	-
-2+1	14,12	10,20	8,94	63,31	14,39
-1+0,5	27,11	11,20	18,00	66,39	11,63
-0,5+0,25	24,33	10,90	13,76	56,56	12,22
-0,25+0,2	5,95	15,70	2,51	42,24	14,67
-0,2+0,125	10,47	25,50	3,16	30,15	15,66
-0,125+0,071	7,85	35,60	1,55	19,71	14,83
-0,071+0,04	3,34	44,40	0,79	23,67	16,89
-0,04+0,0	4,06	48,90	1,24	30,55	37,71
Итого:	100,00	26,04	51,92	-	13,48
Классы крупности, мм	Промежуточная 1500 - 2000			Тяжелая > 2000	
	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	A ^d , %	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %
+5*	-	-	-	0,09	19,57
-5+2	0,01	0,43	-	0,70	30,30
-2+1	0,11	0,78	64,31	5,07	35,91
-1+0,5	0,21	0,79	65,16	8,90	32,82
-0,5+0,25	0,41	1,70	65,49	10,16	41,74
-0,25+0,2	0,14	2,32	66,51	3,30	55,44
-0,2+0,125	0,19	1,79	67,63	7,12	68,06
-0,125+0,071	0,10	1,23	56,61	6,20	79,06
-0,071+0,04	0,03	0,78	55,25	2,52	75,55
-0,04+0,0	0,16	4,02	40,65	2,66	65,43
Итого:	1,36	-	62,36	46,72	-
					90,14

Таблица 4

Фракционный состав пробы угольных шламов «Кедровского угольного разреза» по выделенным диапазонам классов крупности, расчет показателя обогатимости.

Класс +2 мм							
Плотность	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %	Всплывающие фракции		T, %	Категория обогатимости
				$\gamma_{кл}$, %	Ad, %		
Легкая <1500	1,98	71,48	-	71,48	-	0,50 (0,36·100/ 71,84)	I (легкая)
Промежуточная 1500 - 2000	0,01	0,36	-	71,84	-		
Тяжелая > 2000	0,78	28,16	-	-	-		
Итого:	2,77	100,00	-	-	-		
Класс -2+0,2 мм							
Легкая <1500	43,21	60,43	12,57	60,43	12,57	1,99 (1,23·100/ 61,66)	I (легкая)
Промежуточная 1500 - 2000	0,88	1,23	65,42	61,66	13,62		
Тяжелая > 2000	27,42	38,34	89,29	-	-		
Итого:	71,51	100,00	42,64	-	-		
Класс -0,2+0,0 мм							
Легкая <1500	6,90	26,83	19,21	26,83	19,21	6,25 (1,79·100/ 28,62)	II (средняя)
Промежуточная 1500 - 2000	0,46	1,79	56,56	28,62	21,56		
Тяжелая > 2000	18,36	71,38	91,40	-	-		
Итого:	25,72	100,00	71,42	-	-		

По ГОСТ 10100–84 в зависимости от значений показателя обогатимости Т (формула 1) угли делят на четыре категории: I — легкая $\leq 5\%$, II — средняя $>5\% \leq 10\%$, III — трудная $>10\% \leq 15\%$ и IV — очень трудная $>15\%$.

Фракционный состав угольных шламов по классам крупности с расчетом показателя обогатимости для Кедровского угольного разреза представлен в таблицах 1 и 2.

Фракционный состав угольных шламов по классам крупности с расчетом показателя обогатимости для Бачатского угольного разреза представлен в таблицах 3 и 4.

Фракционный состав угольных шламов по классам крупности с расчетом показателя обогатимости для Краснобродского угольного разреза представлен в таблицах 5 и 6.

Анализ приведенных данных (с учётом показателя зольности полученного сухого

топлива до 10%) указывает на легкую обогатимость угольных шламов «Кедровского угольного разреза». В пробе угольных шламов «Бачатского угольного разреза» легко обогатимым можно считать класс крупности от 2 до 0,2 мм. Для угольных шламов «Краснобродского угольного разреза» легко обогатим — диапазон классов крупности от 2 до 0,25 мм.

Причем, исходя из гранулометрической характеристики, близкий продукт по требуемому качеству (до 10% зольности), теоретически может быть получен в случае шламов Кедровского угольного разреза гравитационным методом, только из класса — 2 мм, для Бачатского разреза только из класса — 2+0,2 мм, для Краснобродского разреза — от 2 до 0,25 мм. Для обогащения шламов подобных классов крупности целесообразно применить метод винтовой сепарации [2–5].

Таблица 5

Сводная таблица результатов ситового и фракционного анализов пробы угольных шламов «Краснобродского угольного разреза»

Классы крупности, мм	$\gamma_{исх}$, %	Ad, %	Легкая <1500			
			$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %	
+5*	0,16	83,50	0,01	7,69	-	
-5+2	0,80	52,80	0,45	56,34	-	
-2+1	9,03	31,50	6,36	70,44	10,27	
-1+0,5	24,29	39,30	15,16	62,42	10,85	
-0,5+0,25	26,06	50,20	12,78	49,05	12,72	
-0,25+0,2	5,59	60,20	0,03	0,60	11,28	
-0,2+0,125	14,08	65,10	4,47	31,76	11,33	
-0,125+0,071	7,58	65,80	2,42	31,92	10,02	
-0,071+0,04	5,53	61,70	1,95	35,22	10,64	
-0,04+0,0	6,88	63,90	2,66	38,70	38,15	
Итого:	100,00	51,35	46,29	-	12,60	
Классы крупности, мм	Промежуточная 1500–2000			Тяжелая > 2000		
	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	Ad, %
+5*	-	-	-	0,15	92,31	-
-5+2	0,35	43,66	-	-	-	-
-2+1	0,20	2,24	59,74	2,47	27,32	87,40
-1+0,5	0,39	1,61	60,72	8,74	35,97	87,39
-0,5+0,25	0,21	0,80	63,71	13,07	50,15	88,38
-0,25+0,2	0,04	0,63	59,30	5,52	98,78	88,94
-0,2+0,125	0,01	0,10	52,51	9,60	68,14	90,27
-0,125+0,071	0,11	1,44	54,60	5,05	66,64	90,88
-0,071+0,04	0,11	2,15	-	3,47	62,63	90,73
-0,04+0,0	0,94	13,60	54,48	3,28	47,70	86,82
Итого:	2,36	-	67,77	51,35	-	89,92

Работы выполнены в рамках комплексного научно-технического проекта при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2022-1192 «Переработка хвостов угольных обогатительных фабрик с целью получения товарного угольного концентратата» при поддержке комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий

в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1144-р от 11 мая 2022 г.

Таблица 6

Фракционный состав пробы угольных шламов «Краснобродского угольного разреза»
по выделенным диапазонам классов крупности, расчет показателя обогатимости.

Плотность	Класс +2 мм					T, %	Категория обогатимости
	$\gamma_{исх}$, %	$\gamma_{кл}$, %	A^d , %	Всплывающие фракции	$\gamma_{кл}$, %		
Легкая <1500	0,46	47,92	-	47,92	-	43,21 (36,46·100/ 84,38)	IV (очень трудная)
Промежуточная 1500 - 2000	0,35	36,46	-	84,38	-		
Тяжелая > 2000	0,15	15,62	-	-	-		
Итого:	0,96	100,00	-	-	-		
Класс -2+0,25 мм							
Легкая <1500	35,99	60,61	10,90	60,61	10,90	2,52 (1,57·100/ 62,18)	I (легкая)
Промежуточная 1500 - 2000	0,93	1,57	52,93	62,18	11,95		
Тяжелая > 2000	22,46	37,82	95,00	-	-		
Итого:	59,38	100,00	43,37		-		
Класс -0,25+0,0 мм							
Легкая <1500	11,53	29,07	17,12	29,07	17,12	9,50 (3,05·100/ 32,12)	II (средняя)
Промежуточная 1500 - 2000	1,21	3,05	49,26	32,12	20,17		
Тяжелая > 2000	26,92	67,88	89,75	-	-		
Итого:	39,66	100,00	67,40	-	-		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щадов В.М. Переработка углей в России в XXI веке // Уголь. 2007. № 8. С. 28-31.
2. Барский Л.А., Митрофанов С.И., Самыгин В.Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. М.: Недра, 1974. 352 с.
3. Справочник по обогащению руд. М.: Недра, 1982. Том 1. 367 с.
4. Иванов В.Д., Прокопьев С.А. Винтовые аппараты для обогащения руд и песков в России. М.: Дакси, 2000. 238 с.
5. Берт Р.О. Технология гравитационного обогащения М.: Недра, 1990. 574 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.52.84.006

UDC 622.7

© O. L. Alekseeva, 2025

O. L. ALEKSEEVA

Senior Engineer of the Department of Integrated Use of Mineral Raw Materials
Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk
e-mail: rssm38@mail.ru

ANALYSIS OF THE ENRICHMENT CAPACITY OF COAL SLUDGE FROM KUZBASSRAZREZUGOL ENTERPRISES

The level of use of coal industry waste is approximately 50% of the amount generated. The enrichment capacity of sludge from three sections of the Kemerovo region-Kuzbass was studied. The analysis of the above data indicates the easy enrichment of coal sludge from the Kedrovsky coal mine of all size classes. In the sample of coal sludge from the Bachatsky coal mine, the size class from 2 to 0.2 mm can be considered easily enriched. For coal sludge from the Krasnobrodsky coal mine, it is easy to enrich — the range of fineness classes is from 2 to 0.25 mm. Moreover, based on the granulometric characteristics, a similar product in terms of the required quality (up to 10% ash content) can theoretically be obtained in the case of sludge from the Kedrovsky coal mine using the gravity method, only from class — 2 mm, for the Bachatsky section only from class — 2 + 0.2 mm, for the Krasnobrodsky section — from 2 to 0.25 mm. It is advisable to use the screw separation method to enrich slurries of similar fineness classes.

Keywords: SLUDGE, FRACTIONAL COMPOSITION, SIZE CLASS, ASH CONTENT, ENRICHMENT CAPACITY.

REFERENCES

1. Shchadov V. M. Coal processing in Russia in the XXI century // Coal. 2007. No. 8. P. 28–31. [In Russ.].
2. Barsky L.A., Mitrofanov S.I., Samygin V.D. Study of minerals for enrichment. Moscow: Nedra, 1974. 352 p. [In Russ.].
3. Handbook of ore processing edited by Bogdanov O.S. Moscow: Nedra, 1982. Vol. 1. 367 p. [In Russ.].
4. Ivanov V.D., Prokopyev S.A. Screw devices for ore and sand processing in Russia. Moscow: Daksi, 2000. 238 p. [In Russ.].
5. Bert R.O. Technology of gravity enrichment, Moscow: Nedra, 1990. 574 p. [In Russ.].