

УДК 622.7

Г. ДАВААЦЭРЭН, вице президент по технологиям и исследованиям, Монголын Алт (МАК)  
Ц. ЦЭГМИД, ХХК-ний менеджер по качеству, Монголын Алт (МАК)  
М. БАЗАРРАГЧАА, инженер проекта, Монголын Алт (МАК),  
Б. СЭРДАМБА, инженер исследователь, Монголын Алт (МАК)

## КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБОГАТИМОСТЬ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАРИЙНСУХАЙТ, МОНГОЛИЯ

Приведены результаты исследования керновых проб месторождения Нарийнсухайт, определения обогатимости углей, теоретического баланса продуктов и моделирования на базе этого технологической схемы обогащения.

Представленные исследования позволяют заключить, что значительное содержание зольности (до 19%) и серы (1.41%) рядового угля требует его дальнейшей переработки. Исследования обогатимости угля месторождения Нарийнсухайт показывают, что данный уголь относится к легкообогатимым. С использованием лабораторной установки определен индекс Хардгроува как показатель твердости и хрупкости угля. Уголь месторождения Нарийнсухайт относится к мягким, имеет высокую размолоспособность и является легкошламуемым.

**Ключевые слова:** уголь, обогатимость, технология, обогащение, схема.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** В 2010 году добыча угля в Монголии составила 25 млн.т, из них 18 млн. т экспортировалось в КНР. Уголь как главный источник тепла и энергии, играет важную роль в экономическом развитии страны. Геологический запас угля в Монголии оценивается 173,3 млрд. т, из которого бурый уголь занимает почти 70%. По результатам детальной разведки, проведенной на более чем 300 месторождениях Монголии, оценка промышленного запаса угля составляет более чем 21,5 млрд. т.

Дальнейший рост экономического развития в топливно-энергетическом балансе страны требует улучшения качества добываемых продуктов. При этом обогащение угля занимает важное место в повышении эффективности топливно-энергетического хозяйства страны и должно улучшить дальнейший экспортный потенциал.

**Анализ исследований и публикаций.** Корпорация Монголын Алт (МАК) является одной из ведущих горных компаний в Монголии, занимающихся добычей и разработкой угольных месторождений. Угольный карьер месторождения Нарийнсухайт корпорации МАК находится в южной части страны, вблизи от границы КНР, годовая мощность карьера составляет 10 млн. т. В настоящее время рядовой уголь из карьера полностью идет на экспорт в КНР и рыночная ситуация в регионе требует улучшения качества экспортируемого продукта.

С этой целью корпорация МАК развивает проект углеобогадательной фабрики с годовой производительностью 7 млн. т.

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы является исследование качественных характеристик и обогатимости угля данного месторождения.

**Изложение материала и результаты.** В 2012 году компания МАК завершила детальную геологическую разведку месторождения Нарийнсухайт и керновые пробы разведки были использованы для испытания на обогатимость. Перед этим все пробы были подвергнуты определению содержания зольности, влаги, серы и выхода летучих веществ по стандартным методам ISO. По результатам технического анализа был проведен математико-статистический анализ и определены основные параметры распределения вышеназванных компонентов.

Проведены фракционные анализы, в результате которых сделана оценка обогатимости пробы данного угля с использованием стандартных методик на основе кривых обогатимости Анри.

Далее результаты фракционных анализов были использованы для моделирования показателей обогатительной фабрики с помощью известного компьютерного пакета METSIM и определены основные проектные показатели.

Более чем 2000 данных проб геологоразведки подвергались статистическому анализу, результаты которого приведены в табл. 1. Распределение показателей представлено на рис. 1.

С целью определения взаимосвязи между исследуемыми характеристиками составлена корреляционная матрица, которая показана в табл. 2.

Таблица 1 – Общие статистические характеристики показателей

	$W^{ar}, \%$	$A^{ar}, \%$	$V^{daf}, \%$	$S^t, \%$	$Q_{ar}, \text{ ккал/кг}$	FSI
Число	1913	1913	1913	1817	1913	1912
Среднее число	8.67	<b><u>18.17</u></b>	42.72	<b><u>1.18</u></b>	5409.68	3.81
Максимальное значение	25.15	72.58	61.46	4.76	7442.09	9
Минимальное значение	0.42	3.51	22.33	0.03	744.76	0
Сред. квадрат.	4.57	11.73	5.72	0.54	1124.18	2.03

Таблица 2 – Корреляционная матрица

	$W^{ar}$	$A^{ar}$	$S^t$	$V^{daf}$	$Q_{ar}$
$W^{ar}$	1.0	-0.0412	-0.0725	0.0189	-0.319
$A^{ar}$		1.0	<b><u>0.769</u></b>	<b>0.189</b>	<b><u>-0.897</u></b>
$S^t$			<b>1.0</b>	<b>0.269</b>	<b><u>-0.714</u></b>
$V^{daf}$				1.0	-0.208
$Q_{ar}$					1.0

Обозначения:  $W_{ar}$  - влажность, %;  
 $A_{dry}$  - зольность, %;  
 $V_{daf}$  - выход летучих веществ, %;  
 $S^t$  - сера, %;  
 $Q_{ar}$  - теплота сгорания, ккал/кг.

Из табл. 2 видно, что коэффициент корреляции между теплотой сгорания и зольность равен ( $r=-0.897$ ). И еще имеется связь между зольностью и содержанием серы.

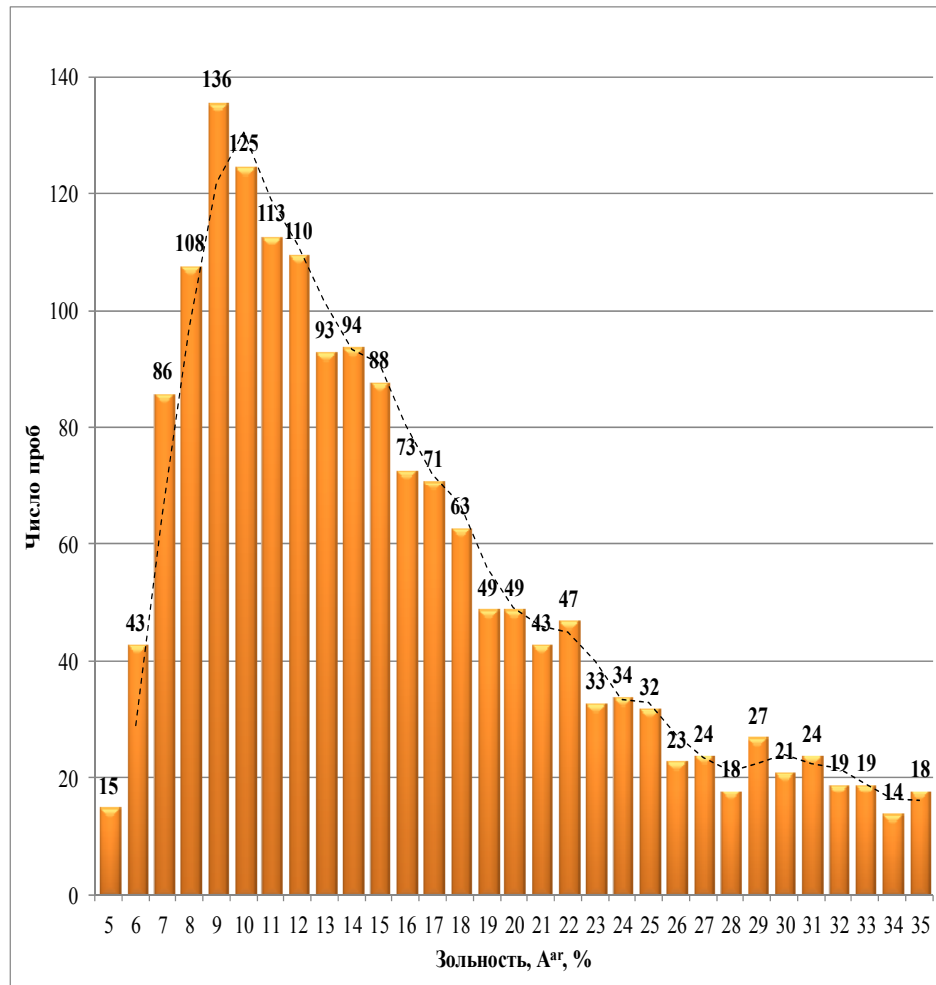


Рис. 1. Распределение значений зольности

С целью определения твердости и оценки шламообразования угля был определен индекс Хардгроува (HGI) с использованием специальной лабораторной установки. По результатам данных, приведенных в табл. 3, HGI составляет 95,5 и можно считать, что уголь относится к категории мягких, что необходимо учитывать при выборе технологии переработки угля данного месторождения.

Таблица 3 – Индекс твердости по Хардгроуву

Масса	+0.071мм, гр	-0.071мм, гр	HGI
50.32	39.93	10.15	95.5

На основании геологических данных были выбраны керновые пробы и из них подготовлена представительная проба, необходимая для проведения фракционного и ситового анализов. Характеристики пробы показаны в табл. 4, 5 и 6.

Таблица 4 – Технический анализ исходного угля

Влажность, $W^{ar}$ , %	Зольность, $A^{dry}$ , %	Сод. летуч, $V^{daf}$ , %	Содержание серы, $S^t$ , %	Теплота сгорания, $Q_{ar}$ , ккал/кг
11.12	17.50	37.99	1.41	5437.85

Таблица 5 – Результаты ситового анализа

Классы, мм	Выход, %	Зольность, $A^{dry}$ , %
+1-50	68.31	17.75
0-1	31.69	16.91
Всего	100	17.48

Таблица 6 – Фракционный состав(+0,125-50мм)

Плотность, г/см <sup>3</sup>	Шихта,%	Выход, □	Зольность, %, $A_{dry}$	Всплывшие		Потонувшие	
				□, %	$A_{dry}$ , %	□, %	$A_{dry}$ , %
+1-50 мм							
<1.3	37.05	49.67	6.73	49.67	6.73	100.00	17.75
1.3-1.4	16.23	21.76	10.19	71.43	7.79	50.33	28.63
1.4-1.5	6.26	8.39	19.31	79.82	9.00	28.57	42.67
1.5-1.6	3.71	4.98	25.66	84.80	9.97	20.18	52.38
1.6-1.7	1.85	2.47	32.52	87.27	10.61	15.20	61.12
1.7-1.9	2.39	3.21	42.81	90.48	11.76	12.73	66.68
1.9-2.0	1.07	1.44	57.73	91.92	12.47	9.52	74.73
>2.0	6.03	8.08	77.76	100.00	17.75	8.08	77.76
Всего	74.59	100.00	17.75				
+0.125-1 мм							
<1.3	8.24	42.21	7.98	42.21	7.98	100.00	16.91
1.3-1.4	6.40	32.79	8.66	75.00	8.28	57.79	23.43
1.4-1.5	2.04	10.44	21.22	85.45	9.86	25.00	42.80
1.5-1.6	0.59	3.02	45.60	88.47	11.08	14.55	58.29
1.6-1.8	1.32	6.79	49.80	95.25	13.84	11.53	61.61
>1.8	0.93	4.75	78.50	100.00	16.91	4.75	78.50
Всего	19.52	100.00	16.91				

По данным фракционного анализа построены кривые Анри и определен теоретический баланс продуктов (рис. 2, табл. 7).

Далее было выполнено моделирование проектных показателей с помощью пакета программ METSIM, результаты которого приведены в табл. 8 и на рис. 3. На базе испытания обогатимости выбрана технологическая схема с использованием отсадочной машины и спиралей. Результаты моделирования показывают, что при обогащении рядового угля с зольностью 19% можно получить концентрат с зольностью 6% при выходе 72%.

Таблица 7 – Теоретический баланс продуктов (+1-50мм)

Продукты	$\gamma$ , %	$A^{dry}$ , %	$S^t$ , %	$Q_{ar}$ , ккал/кг
Концентрат	80.50	8.00		
Промпродукт	9.50	31.16		
Отходы	10.00	74.00		
Всего	100	16.80		

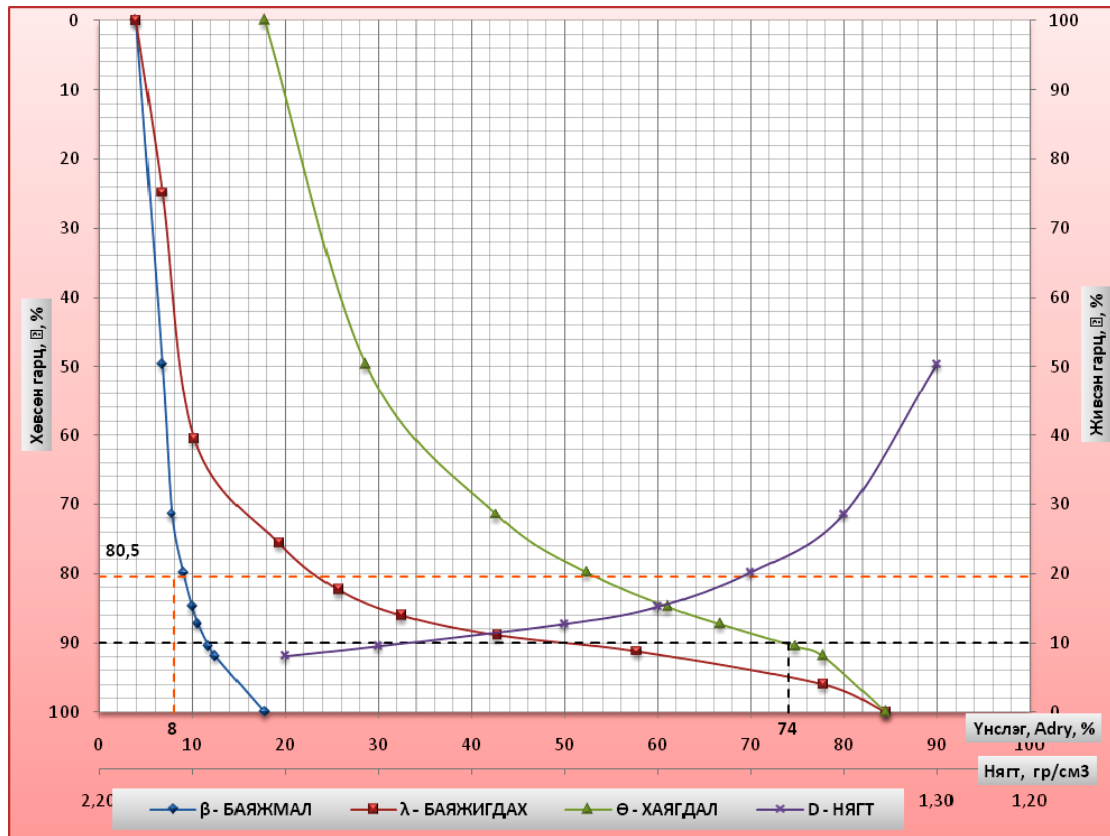


Рис. 2. Кривые обогатимости Анри (+1-50мм)

Такоже виявлено, що вміст сірки в концентраті значно зменшується порівняно з ним у питанні.

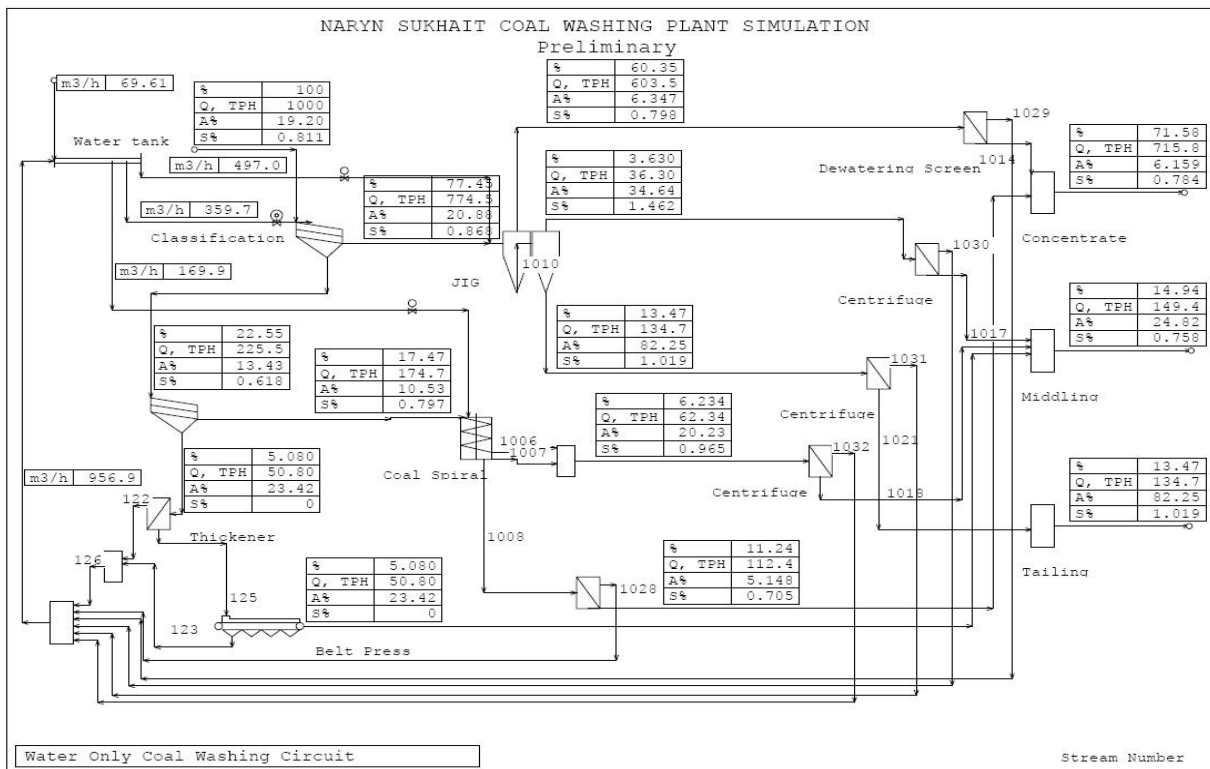


Рис. 3. Результат работы пакета METSIM

Таблица 8 – Результаты моделирования технологической схемы

Продукты	A <sup>dry</sup> , %	S <sup>t</sup> , %	Q <sub>ар</sub> , ккал/кг
Концентрат	6.16	0.78	7646
Промпродукт	24.82	0.76	5773
Отходы	82.25	1.02	730.4
Исходный уголь	19.20	1.41	6402

### Выводы и направления дальнейших исследований

Выполненные исследования позволяют заключить, что значительное содержание зольности (до 19%) и серы (1.41) рядового угля требует его дальнейшей переработки. Исследования обогатимости угля месторождения Нарийнсухайт показывают, что данный уголь относится к легкообогатимым. С использованием лабораторной установки был определен индекс Хардгроува как показатель твердости и хрупкости угля. По данным индекса Хардгроува уголь месторождения Нарийнсухайт относится к мягким, имеет высокую размолоспособность и является легкошламуемым. Это необходимо учесть при выборе технологической схемы обогащения.

Моделирование выбранной схемы обогащения с помощью пакета программ METSIM показало, что при обогащении можно получить концентрат с низким содержанием зольности и серы.

### Список использованной литературы

1. Очирбат П. Нүүрсний аж үйлдвэрийн хөгжлийн стратеги ба экологи / П. Очирбат. – УБ, 2002.
2. Цэдэндорж С. Инженерийн лавлах VII боть, Ашигт малтмалын баяжуулалтын технологи / С. Цэдэндорж. – бусад УБ, 2010.
3. Joseph W. Leonard, III. COAL PREPARATION Littleton C / Joseph W. Leonard. – 1991.
4. Rick Q.Honaker. INTERNATIONAL COAL PREPARATION CONGRESS 2010 conference proceedings C / Rick Q.Honaker. – 2010.
5. Barbara J.Arnold. Design the Coal Preparation Plant of the future C / Barbara J.Arnold, Mark S.Klima, Peter J.Bethell. – 2007.
6. Чантурия В.А. Техника и технология обогащения углей. Справочное руководство / В.А. Чантурия. – М., 1995.
7. Артюшин С.П. Сборник задач по обогащению углей / С.П. Артюшин. – М.: Недра, 1979. – 222с.
8. Обратное водоснабжение углеобогатительных фабрик / [И.С. Благоев, М.А. Борц, Б.И. Вахрамеев, Е.Г. Тресков.]. – М.: Недра, 1980. – 214 с.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gedavaa.blogspot.com/>.

Надійшла до редакції 25.12.2013

Г. Даваацэрен, Ц. Цегмид, М. Базаррагчаа, Б. Сердамба

### ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЗБАГАЧУВАНІСТЬ ВУГІЛЛЯ РОДОВИЩА НАРІЙНСУХАЙТ, МОНГОЛІЯ

Приведені результати дослідження кернових проб родовища Нарийнсухайт, визначення збагачуваності вугілля, теоретичного балансу продуктів і моделювання на базі цього технологічної схеми збагачення. Представлені дослідження дозволяють зробити висновки, що значний вміст зольності (до 19%) і сірки (1.41%) рядового вугілля вимагає його подальшої переробки. Дослідження збагачуваності вугілля родовища Нарийнсухайт показують, що дане вугілля відноситься до легкозбагачуваних. З використанням лабораторної установки визначено індекс Хардгроува як показник твердості та крихкості вугілля. Вугілля родовища Нарийнсухайт відноситься до м'яких, має високу размелоздатність та легко шламується.

Ключові слова: вугілля, збагачуваність, технологія, збагачення, схема.

G. Davaatseren, Ts. Tsegmid, M. Bazarragchaa, B. Serdamba

#### QUALITY DESCRIPTIONS AND COAL WASHABILITY OF NARYINSUHAI DEPOSIT, MONGOLIA

The research results of core samples from Nariynsuhayt field are presented. The coal washability and the theoretical balance products were defined. Based on the technological scheme the enrichment process was simulated.

Presented studies suggest that a significant ash content ( 19 %) and sulfur ( 1.41%) in raw coal requires it to be further processed. Studies of coal washability at Nariynsuhayt field show that this coal can be easily enrichable . Using a laboratory setup Hardgrouv index is defined for evaluation of hardness and brittleness of coal. Coal at Nariynsuhayt deposits relates to soft, has a high grindability and can easily become slime.

Keywords: coal, washability, technology, coal preparation, flowsheet.