

УДК 658.26:622.7

*А.В. Ляхомский, Н.А. Колмогорова, Н.Б. Дьячков,  
И.С. Шевельков*

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ РУД  
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Семинар № 22

---

Энергопотребление при обогащении полиметаллических руд составляет значительную часть энергопотребления горнодобывающих предприятий. Повышение энергоэффективности обогатительных производств приводит к повышению конкурентоспособности горнодобывающих предприятий в целом.

Горнорудные предприятия являются энергоемкими потребителями с возрастающим уровнем энергопотребления. Это связано с изменением условий добычи и переработки полезных ископаемых, уменьшением полезного содержания в руде, использованием энергоемких механизмов, внедрением природоохранных мероприятий.

Энергопотребление на горно-обогатительных предприятиях в силу влияния на него большого числа факторов, обусловленных горно-геологическими, технологическими, энергетическими, эксплуатационными и организационными особенностями производства сложно, а иногда и невозможно адекватно описать в рамках детерминистических функций. В этом случае требуется применение вероятностных методов для адекватного описания процесса энергопотребления.

Потребление энергетических ресурсов на горных предприятиях при добыче и обогащении руд в условиях различных

регионов имеет специфические особенности:

- большое число горно-геологических, технологических, производственных и других факторов;
- разнообразные климатические условия при добыче руды;
- тенденция к возрастанию потребления энергетических ресурсов из-за ухудшающихся условий ведения горных работ, снижения полезного компонента в руде;
- значительная протяженность и разветвленность распределительных сетей при добыче руды.

В технических процессах обогатительной фабрики (ОФ) Зыряновского горно-обогатительного комплекса ОАО «Казцинк» требуется использование сжатого воздуха. В числе указанных процессов – процессы флотации. Сжатый воздух подается от турбокомпрессорной по трубопроводу диаметром 1000 мм, который при входе в главный корпус ОФ разделяется на 2 трубопровода диаметрами по 800 мм.

Анализ технологических режимов обогащения руды Малевского месторождения полиметаллического типа показывает, что в период июнь-сентябрь происходит снижение извлечения меди на 0,5-1 %, всесторонний анализ

влияющих на извлечение меди факторов показал, что это обстоятельство, объясняется возможной подачей перегретого сжатого воздуха, против требуемой температуры, равной 35 °С.

В этой связи было выполнено обследование воздухопотока, с замерами его температуры и скорости. В результате обследования определены: перегрев воздуха, оценен необходимый диапазон снижения температуры, возможное количество отводимой теплоэнергии, которую можно направить на тепловые нужды фабрики. Отбор теплоэнергии следует осуществить с помощью теплового насоса.

Исходными данными для расчетов являются данные энергетического обследования воздухопотока, данные анализа процесса флотации, а также экономические данные.

Выполненное обследование воздухопотока в трубопроводах диаметром 800 мм с помощью пирометра и анемометра позволило получить следующие данные, приведенные в табл. 1.

По данным анализа процесса флотации полиметаллических руд при обеспечении нормальной температуры воздуха – 35 °С повышение извлечения меди может быть на уровне 0,5–1,0 %.

Нормализация температуры сжатого воздуха на обогатительной фабрике позволяет получить дополнительную тепловую энергию в размере 6645 Гкал/год. Для отведения тепловой энергии необходимо использовать тепловой насос.

Отведенная тепловая энергия может использоваться для тепловых нужд ОФ, а нормализация температурного режима флотации позволяет увеличить извлечение меди из медно-цинковой руды.

Температура сжатого воздуха, подаваемого из компрессорной во флотацию, обусловлена температурой наружного воздуха, подаваемого в ком-

прессор, и приращением температуры воздуха за счет сжатия.

Приращение температуры сжатого воздуха в рассматриваемом случае можно принять относительно постоянной. Следовательно, температуру сжатого воздуха, подаваемого во флотацию можно считать функцией температуры наружного воздуха, а именно:

$$T_{\text{сж.в.}} = f(T_{\text{нар.в.}} + \Delta T), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{сж.в.}}$  – температура сжатого воздуха, °С;  $T_{\text{нар.в.}}$  – температура наружного воздуха, °С;  $\Delta T$  – приращение температуры за счет сжатия воздуха,  $\Delta T = \text{const}$ .

По данным замеров  $\Delta T$  можно принять равным 55 °С.

Годовая зависимость среднемесячной температуры наружного воздуха для района г. Зырянновска, смоделированная по данным СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», приведена на рис. 1.

Обсуждение вопроса о снижении извлечения меди в летние месяцы с гл. специалистом УОП АО «Казцинк» Колмогоровой Н.В. привело к заключению о большой вероятности зависимости извлечения меди от температуры сжатого воздуха подаваемого во флотацию.

Данные об извлечении меди, представленные гл. специалистом УОП АО «Казцинк» Колмогоровой Н.В., приведены в табл. 2.

Анализ этих данных флотации показывает, что извлечение меди имеет зависимость от месяца года.

Среднее значение извлечения равно 80,5 %. Среднеквадратическое отклонение равно 1,68 %. Диапазон изменения значений извлечения 7,36 %.

Таблица 1

*Данные замеров воздухопотоков*

№ п/п	Наименование показателей	“Верхний” трубопровод	“Нижний” трубопровод
1.	Диаметр, мм	800	800
2.	Скорость воздухопотока, м/с	23,9	20,5
3.	Температура воздуха, °С	52,5	52,5
4.	Объем воздухопотока, м <sup>3</sup> /с	12,0	10,3

Таблица 2

*Сезонные данные об извлечении меди*

Годы	Месяц											
	январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сентяб.	окт.	нояб.	декаб.
2004 г.	80,57	79,88	79,53	81,03	81,78	80,81	80,49	78,66	80,19	80,02	81,31	83,27
2005 г.	83,82	81,82	81,49	80,35	80,42	79,86	77,63	77,83	76,46	81,52	81,89	81,51
2004-2005 г.г. (среднее)	82,19	80,85	80,51	80,69	81,1	80,33	79,06	78,24	78,32	80,77	81,6	82,39

Таблица 3

*Среднее извлечение меди за периоды с разной температурой сжатого воздуха*

Годы	Периоды года		
	январь-май	июнь-сентябрь	октябрь-декабрь
2004	80,56	80,04	81,53
2005	81,58	77,95	81,64
2004-2005	81,07	78,99	81,58

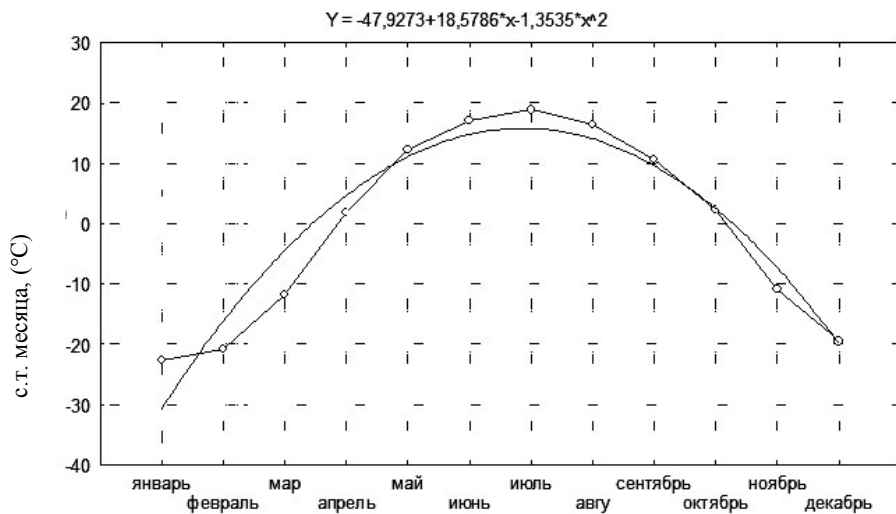


Рис. 1. Годовая зависимость средней температуры месяца для района г. Зырянска

На основании статистических данных получены зависимости извлечения меди от номера месяца года.

Указанные зависимости имеют вид

- для 2004 года  
 $Y = 81,12 - 0,41x + 0,04x^2$ , (2)

- для 2005 года  
 $Y = 86,02 - 2,08x + 0,14x^2$ , (3)

- для среднего за 2004-2005 гг.  
 $Y = 83,57 - 1,24x + 0,09x^2$ , (4)

В выражениях (2-4):

Y – процент извлечения меди, x – номер месяца в году.

Указанные зависимости приведены на рис. 2.

Анализ статистических данных об извлечении меди и средней температуры наружного воздуха позволил смоделировать корреляционные зависимости:

а) 2004 г. -  $\% \text{Cu} = 80,62 - 0,019 T_M$ ; (6)

б) 2005 г. -  $\% \text{Cu} = 80,33 - 0,11 T_M$ ; (7)

в) среднее за 2004-2005 гг. –  
 $\% \text{Cu} = 80,47 - 0,064 T_M$ ; (8)

В выражениях 6-8:

% Cu – извлечение меди,  $T_M$  – средняя температура месяца, °C.

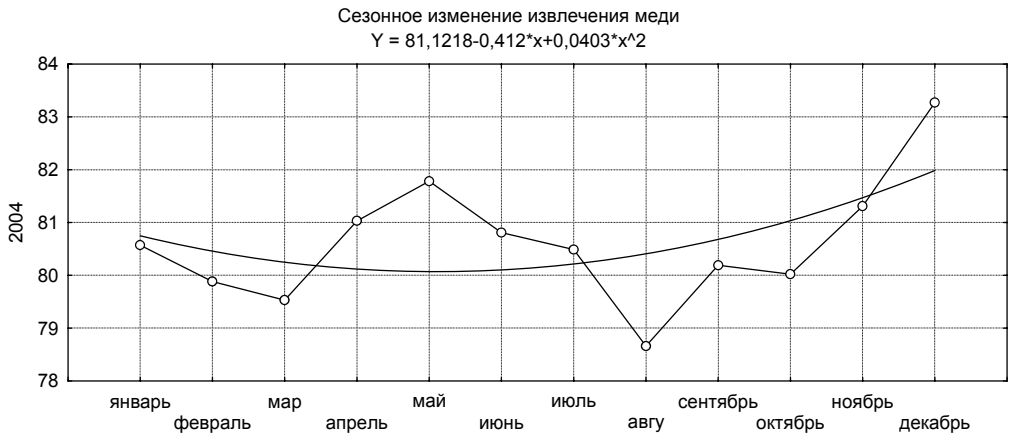
Диаграммы рассеяния и графический вид зависимостей приведен на рис. 3-5.

Анализ вышеприведенных данных позволяет сделать вывод, что в случае нормализации температуры сжатого воздуха, подаваемого во флотацию, на уровне 35 °C возможно увеличение извлечения меди.

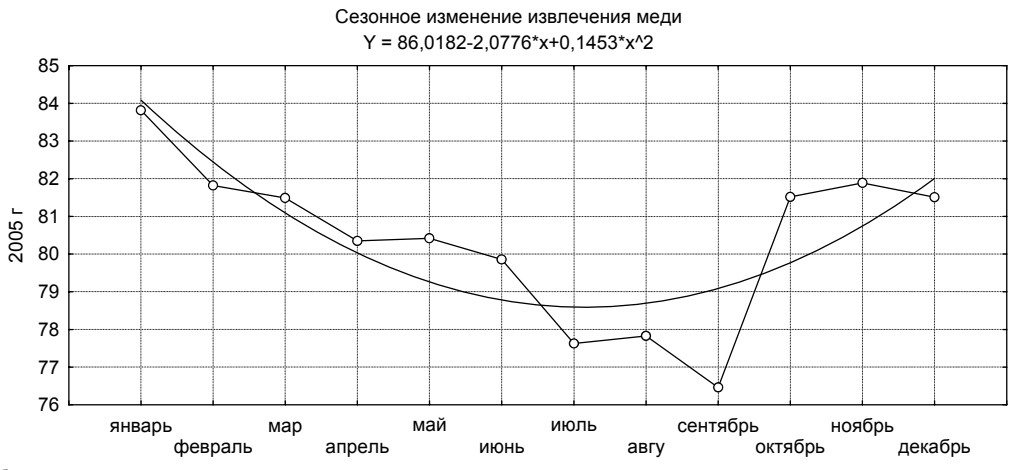
Оценку значения увеличения извлечения меди можно определить исходя из следующего. По статистическим данным среднее извлечение в разные по температуре наружного воздуха периоды составило (табл. 3).

Снижение извлечения от средней за год в период с высокой температурой (июль-сентябрь) составляет  $\Delta\% \text{Cu} = (80,50 - 78,99) \times 4 = 6,04 \%$ . В пересчете за год это составит (в среднем) 0,503 %.

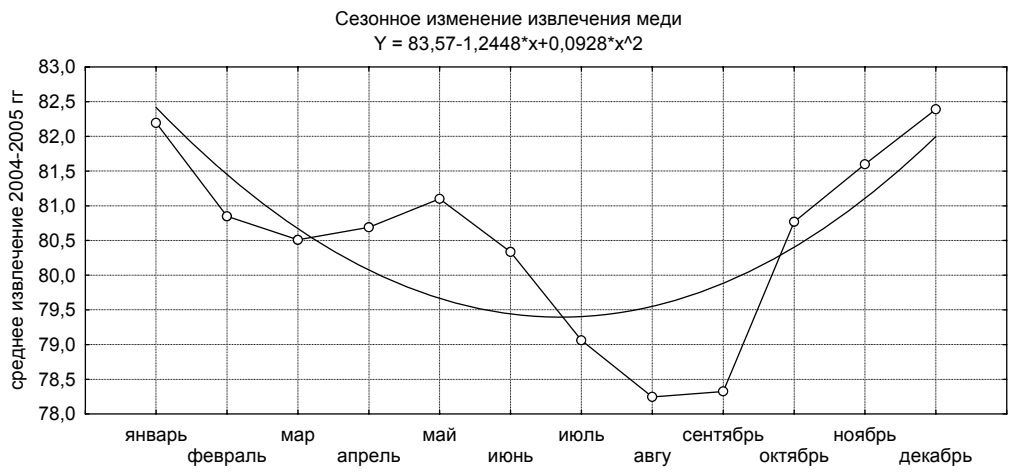
Таким образом, увеличение извлечения меди при нормализации температуры воздуха только за четыре летних месяца приводит к среднегодовому



а



б



в

**Рис. 2. Сезонное изменение извлечения меди:** а) 2004 г., б) 2005 г., в) среднее за 2004-2005 гг.

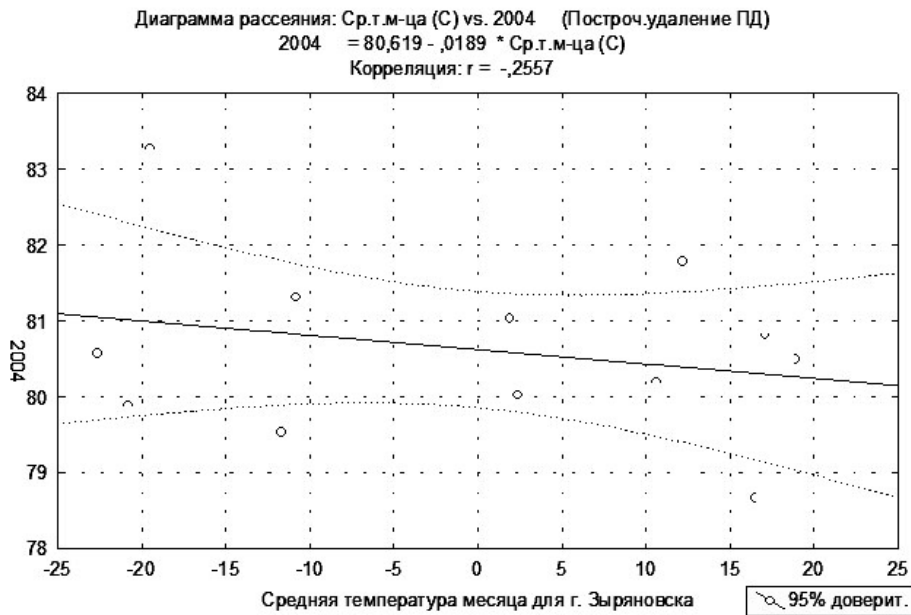


Рис 3. Корреляционная зависимость извлечения меди от средней температуры наружного воздуха (2004 г.)

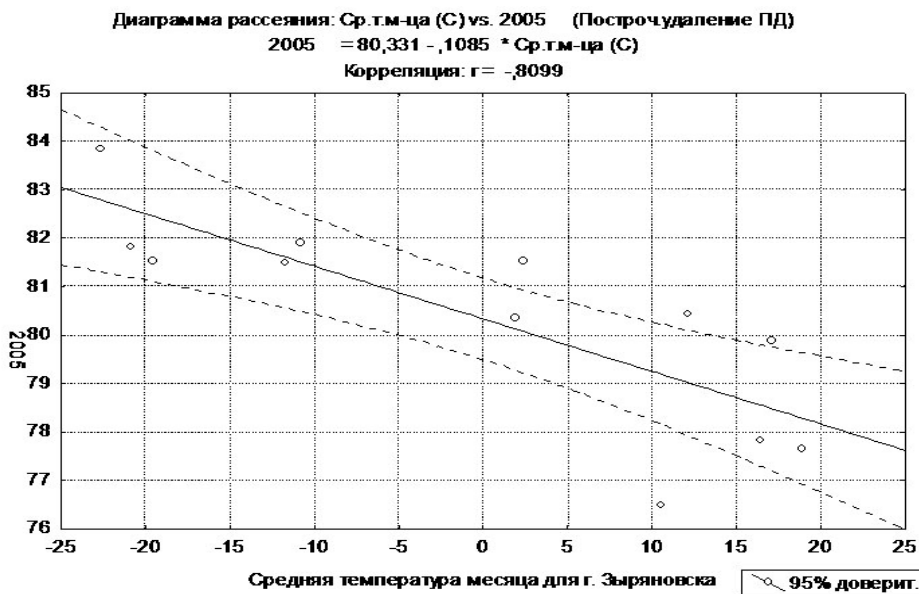
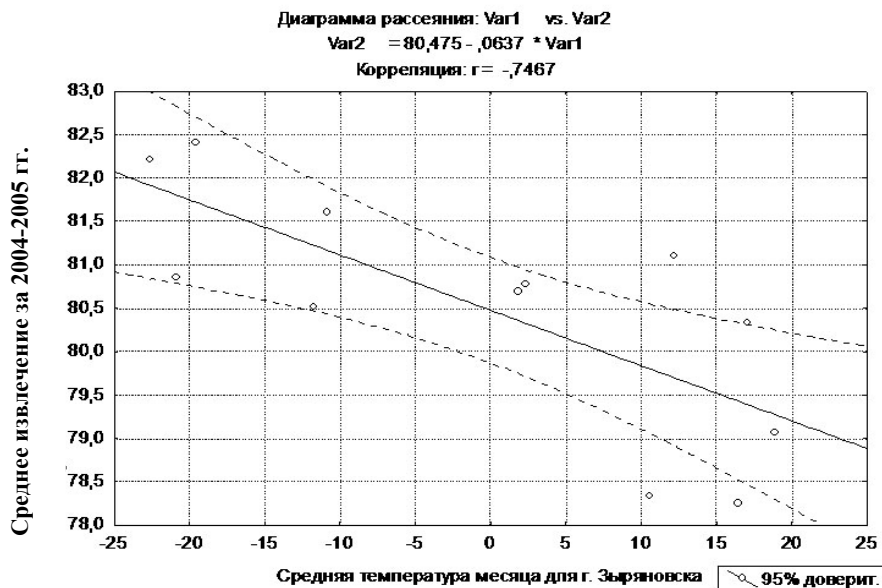


Рис 4. Корреляционная зависимость извлечения меди от средней температуры наружного воздуха (2005 г.)

увеличению на 0,5%. Эта оценка сделана на основе средних статистических данных самых жарких четырех месяцев.

При нормализации температуры в реальном процессе, когда извлечение меди будет обеспечено до высших значений



*Рис 5. Корреляционная зависимость извлечения меди от средней температуры наружного воздуха (2004-2005 гг.)*

(месяцы с холодной температурой), то эта оценка увеличится в 2-2,5 раза.

Таким образом, увеличение извлечения меди при нормализации температуры сжатого воздуха принимается

равным 0,5 % в среднегодовом исчислении (пессимистическая оценка). Оптимистической оценкой повышения извлечения меди является величина  $1 \div 1,25$  %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Энергоаудит* и нормирование расходов энергоресурсов. Сб. методических материалов. Ниж. Новгород, 1998.
2. *Энергоаудит* промышленных и коммунальных предприятий. Сост. Б.П. Варнавский, А.И. Колесников, М.Н. Федоров. М., 1999.
3. ГОСТ 27322-87 Энергобаланс промышленного предприятия, М. 1987.
4. *Рыжов П.А.* Математическая статистика в горном деле, М., «Высшая школа», 1973.
5. *Боровиков В.* «STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е. изд.», СПб.: Питер, 2003. **ГИАБ**

#### Коротко об авторах

*Ляхомский А.В.* – профессор, доктор технических наук,  
*Дьячков Н.Б.* – аспирант,  
*Колмогорова Н.А., Шевельков И.С.* –  
 Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 22 симпозиума «Неделя горняка-2007».  
 Рецензент д-р техн. наук, проф. *А.Т. Ерыгин.*