



DOI: 10.31643/2020/6445.10

УДК 669+519.2

МРНТИ 53.03.11

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

Мониторинг качественных и количественных показателей технологических схем производства меди на предприятиях Казахстана

Кажикенова С. Ш.

Received: 17 February 2020 / Peer reviewed: 29 February 2020 / Accepted: 06 March 2020

Абстракт. Получены новые расчетные формулы для оценки технологической неопределенности и завершенности каждого передела и схемы в целом. Установлена высокая корреляция идеальной иерархической структуры сложных систем со структурой технологических схем реальных металлургических производств меди. Тем самым решена проблема по теоретическому обоснованию и практическому применению единых информационных закономерностей для сравнительной оценки конкурирующих технологических схем и совершенствования действующих металлургических производств, обеспечивающих достижение поставленной цели наиболее технологичным способом. Исследования, проводимые в нашей работе, являются полностью оригинальными. Достаточно высокий научный уровень работы определяется использованием современных информационных технологий при решении практических задач в производстве с целью сравнительной оценки и совершенствования отдельных технологических процессов и схем в целом на основе единого показателя, который отображает объективную комплексную технологическую ценность химико-металлургического (и любого другого) производства на основе фундаментальных законов сохранения. Получены формулы для расчета комплексной неопределенности и полноты технологической схемы в целом на примере типичных металлургических производств, прежде всего, цветных металлов, характеризующихся наибольшим разнообразием. Предложены новые аспекты энтропийно-информационного анализа химико-металлургических процессов и технологических схем в целом, новые расчетные формулы для определения уровней и системных характеристик технологических систем.

Ключевые слова: энтропия, информационный анализ, производство меди, металлургические процессы, технологические схемы, закон сохранения, содержание, извлечение.

Information about the author / Сведения об авторе:

Kazhikenova S. Sh. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Karaganda State Technical University, Kazakhstan. E-mail: sauleshka555@mail.ru; ORCID ID: 0000-0002-6937-1577

Кажикенова С. Ш. - Доктор технических наук, профессор, Карагандинский государственный технический университет, Казахстан. E-mail: sauleshka555@mail.ru; ORCID ID: 0000-0002-6937-1577

Введение

При разработке химико-металлургических процессов и их практической реализации широко используются открытые в XIX в. всеобщие законы сохранения. Так, закон сохранения и превращения энергии воплощен в началах термодинамики и применяется на практике для составления тепловых балансов процессов. Закон сохранения массы обязательно учитывается в кинетике химических реакций и в материальных балансах процессов. Однако новый и столь же универсальный закон сохранения суммы информации и энтропии (или

закон сохранения максимума энтропии), сформулированный в середине XX в., пока что используется только для абстрактного анализа любых сложных систем, но не для конкретных процессов при реализации сложных химико-металлургических схем. Между тем этот закон можно было бы применить для определения баланса между неопределенностью и завершенностью технологических переделов или схемы в целом, то есть для экспертной оценки любых производственных процессов. Следует иметь в виду, что предлагаемый подход к определению объективной меры совершенства и

полноты технологической самоорганизации любых процессов является дополнением к известным методам термодинамического, кинетического, теплотехнического, экономического и экологического анализа. В определенном отношении новый подход можно рассматривать как развитие энтропийного анализа, при котором учитывалось только стремление энтропии к максимуму. В нашем подходе это стремление учитывается совместно с информационной составляющей, причем не в энергетических единицах, а в информационных битах.

Добычу медьсодержащих руд на территории Республики Казахстан осуществляют дочерние компании АО «Казахмыс», дочерние структуры АО «Казцинк», Актюбинская медная компания, «Майкаинзолото». Основное количество производимого медного концентрата используется для выпуска рафинированной меди, часть выпущенного в Республике медного концентрата экспортируется. Мощности по выпуску рафинированной меди в Казахстане имеются на 4-х предприятиях. К ним, прежде всего, относятся дочерние подразделения компании «Казахмыс» - ПО «Жезказганцветмет» и ПО «Балхашцветмет». Небольшое количество рафинированной меди производится АО «Казцинк» - на площадке Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината. В 2015 году дан старт работе Бозшакольского горно-обогатительного комбината ТОО «KAZ Minerals Vozshakol» в Павлодарской области.

Целью наших исследований является мониторинг качественных и количественных показателей технологических схем производства меди в зависимости от способа плавки на металлургических предприятиях Казахстана.

Исследуемая в работе проблема является весьма актуальной, направлена на объединение разрозненных до сих пор показателей по содержанию и извлечению ценных компонентов в технологических продуктах и их использование для выбора рациональных технологических схем и процессов в цветной и черной металлургии. Практическая значимость полученных на основе подобного подхода результатов для науки состоит в возможности использования единых информационных критериев для экспертной оценки конкурирующих схем на стадии выбора альтернативных проектов, так и способов усовершенствования существующих технологий, что особенно важно в условиях рыночных отношений.

Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований с целью мониторинга реальных производственных схем на металлургических предприятиях Казахстана ПО «Жезказганцветмет», ПО «Балхашцветмет», АО «Казцинк», ТОО «KAZ Minerals Vozshakol» с точки зрения энтропийно-информационных закономерностей Шеннона нами предложены расчетные формулы, устанавливающие критерий качественной оценки рассматриваемых металлургических процессов.

Для энтропийно-информационного анализа любых объектов широко используется статистическая формула Шеннона для выражения неопределенности любой системы [1,2]:

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где p_i – вероятность обнаружения какого-либо однородного элемента системы в их множестве

$$N; \sum_{i=1}^N p_i = 1, p_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, N.$$

Для конкретного численного выражения степени детерминации и стохастичности рассмотрим формулу Р.Хартли, которая применительно к уровневой имеет вид:

$$H_{n(\max)} = k^n \log N_0, \quad (2)$$

Рассмотрим технологическую схему с длиной кода $k=2$, то есть k в данном случае это выборка из множества – элемент и не элемент, содержащихся в продукте. Технологический смысл этого ограничения сводится к тому, что детерминация системы в первом приближении оценивается по одному какому-то элементу, главному и целевому, например, по меди и железу, а остальные принимаются в каждом переделе как единый остаток, то есть не элемент. Тогда (2) примет вид:

$$H_{n(\max)} = 2^n \log N_0 = 2^n \log_2 2 = 2^n$$

В таблице 1 приведены расчетные показатели уровневой (дифференцированной) и системной (интегральной) детерминации для первых десяти уровней построенной на основании формулы (2) абстрактной технологической системы [3].

Таблица 1 - Расчетные показатели на каждом уровне технологической схемы переделов в иерархической системе для $k, N_0 = 2$

n	$I_n(d)$ бит/эл.	$H_{n(max)}$ бит/эл.	$d_n = \frac{I_n(d)}{H_{n(max)}}$	$I_{\sum_n}(d)$ бит/эл.	$H_{\sum_n(max)}$ бит/эл.	$d_{\sum_n} = \frac{I_{\sum_n}(d)}{H_{\sum_n(max)}}$
0	0	1,0	0	0	1,0	0
1	1,00	2,0	0,50	1,00	3,0	0,33
2	3,33	4,0	0,83	4,33	7,0	0,62
3	7,67	8,0	0,96	12,0	15,0	0,80
4	15,9	16,0	0,99	27,9	31,0	0,90
5	32,0	32,0	1,0	59,8	63,0	0,95
6	64,0	64,0	1,0	124,0	127,0	0,98
7	128,0	128,0	1,0	252,0	255,0	0,99
8	256,0	256,0	1,0	508,0	511,0	0,99
9	512,0	512,0	1,0	1020,0	1023,0	0,998
10	1024,0	1024,0	1,0	2044,0	2047,0	0,999

В качестве характеристики вероятности обнаружения главного элемента системы можно принять его содержание, выраженное в долях единицы. Тогда применительно к единственному контролируруемому элементу системы обычные математические расчеты для выражения информационной неопределенности становятся более краткими и сводятся к следующему. Если p – вероятность обнаружения в продукте или перехода при извлечении контролируемого элемента, то неопределенность каждого из этих событий равна обратной величине от его определенной идентификации. В нашем варианте оценки неопределенности поведения только одного элемента системы эта неопределенность выразится следующей формулой:

$$H = \log_2 \frac{1}{p} = -\log_2 p = -\frac{\ln p}{\ln 2} \quad (3)$$

Определим качество технологических переделов и переделных продуктов на основании сравнительного анализа конкурирующих схем по единому обобщенному критерию комплексной неопределенности и завершенности технологической схемы производства меди. Поскольку извлечение любого компонента пропорционально его содержанию в исходном веществе и обратно пропорционально содержанию в продукте, то:

$$\beta_0 \cong \frac{\alpha_{\text{з.к.}}}{\alpha_{\text{р.м.}}} \cdot 100\%,$$

где β_0 – показатель извлечения на нулевом уровне схемы, $\alpha_{\text{з.к.}}, \alpha_{\text{р.м.}}$ – показатели

содержания в земной коре и в рудном месторождении.

Так как по справочным данным [1] для меди $\alpha_{\text{з.к.}} = 0,010\%$, $\alpha_{\text{р.м.}} \cong 1,0\%$, то в первом приближении извлечение меди из земной коры в рудное месторождение можно оценить как:

$$\beta_{0, \text{медь}} \cong \frac{0,010}{1,0} \cdot 100\% = 1,0\%.$$

На основании информационной формулы Шеннона (1) проведем энтропийно-информационный анализ каждого технологического передела для расчета комплексной неопределенности и завершенности технологической схемы в целом на примере производств меди. Для оценки комплексной неопределенности H_k на основе аддитивных свойств энтропии находим этот показатель как сумму вкладов неопределенности как по извлечению и содержанию, так и по переделам технологической схемы:

$$H_k = \sum_{i=0}^n H_i, \text{ бит/эл.} \quad (4)$$

Получив характеристику комплексной неопределенности технологической схемы H_k можно с помощью обращенной формулы [3]

$$p_k = \exp(-H_k \ln 2) = 2^{-H_k}, \text{ доли единицы (д.е.).} \quad (5)$$

найти соответствующую ей характеристику комплексной определенности технологической схемы производства меди и стали. Здесь впервые показатели содержания и извлечения используются объединенно как единые оценки детерминации технологического передела и для

схемы в целом. Следует подчеркнуть, что данная величина P_k будучи рассчитанная через информационную характеристику H_k учитывает ценность каждого добавленного процента или его доли не аддитивно, а синергетически.

Проведем энтропийно-информационный анализ качества технологических продуктов, а вместе с тем и технологических операций, приводящих к получению этих продуктов, по результатам технологических переделов производства меди в зависимости от способа плавки (таблицы 2-10).

Таблица 2 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу отражательной плавки

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,1900	2,3959	0,8250	0,2776	2,6735	0,1568
Плавка	0,2750	1,8625	0,9490	0,0755	1,9380	0,2610
Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9280	0,1078	0,1443	0,9048
Огневое рафинирование	0,9920	0,0116	0,9830	0,0247	0,0363	0,9751
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	10,9505	-	7,1296	18,0801	-

Таблица 3 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу медно-серной плавки

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,1050	3,2515	0,8270	0,2740	3,5255	0,0868
Плавка	0,2300	2,1203	0,9225	0,1164	2,2367	0,2122
Конвертирование	0,8000	0,3219	0,9250	0,1125	0,4344	0,7400
Огневое рафинирование	0,9920	0,0116	0,9570	0,0634	0,0750	0,9493
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	12,3493	-	7,2103	19,5596	-

Таблица 4 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу электроплавки

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,2050	2,2863	0,9500	0,0740	2,3603	0,1948
Плавка	0,3750	1,4150	0,9660	0,0499	1,4649	0,3623
Конвертирование	0,9850	0,0218	0,9435	0,0839	0,1057	0,9294
Огневое рафинирование	0,9920	0,0116	0,9870	0,0189	0,0305	0,9791
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	10,3787	-	6,8707	17,2494	-

Таблица 5 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу «УОРКА»

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,2150	2,2176	0,9270	0,1094	2,3270	0,1993
Плавка	0,5900	0,7612	0,9715	0,0417	0,8029	0,5732
Конвертирование	0,9885	0,0167	0,9285	0,1070	0,1237	0,9178

Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9860	0,0203	0,0304	0,9791
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	9,6496	-	6,9224	16,5720	-

Таблица 6 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу плавки в жидкой ванне

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,2400	2,0589	0,9610	0,0574	2,1163	0,2306
Плавка	0,5950	0,7490	0,9730	0,0395	0,7885	0,5789
Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9470	0,0786	0,1151	0,9233
Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9810	0,0277	0,0378	0,9741
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	9,4985	-	6,8472	16,3457	-

Таблица 7 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу ПВС

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,2650	1,9159	0,9215	0,1179	2,0338	0,2442
Плавка	0,5700	0,8110	0,9625	0,0551	0,8661	0,5486
Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9385	0,0916	0,1281	0,9150
Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9825	0,0255	0,0356	0,9756
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	9,4175	-	6,9341	16,3516	-

Таблица 8 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу кислородно-факельной плавки

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,2650	1,9159	0,9215	0,1179	2,0338	0,2442
Плавка	0,5700	0,8110	0,9625	0,0551	0,8661	0,5486
Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9385	0,0916	0,1281	0,9150
Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9825	0,0255	0,0356	0,9756
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	9,4175	-	6,9341	16,3516	-

Таблица 9 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу КИВЦЭТ плавки

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	$H_{\alpha'}$, бит	β	$H_{\beta'}$, бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,2500	2,0000	0,9650	0,0514	2,0514	0,2413
Плавка	0,6000	0,7370	0,9810	0,0277	0,7647	0,5886
Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9215	0,1179	0,1544	0,8984
Огневое рафинирование	0,9950	0,0072	0,9870	0,0189	0,0261	0,9821
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998

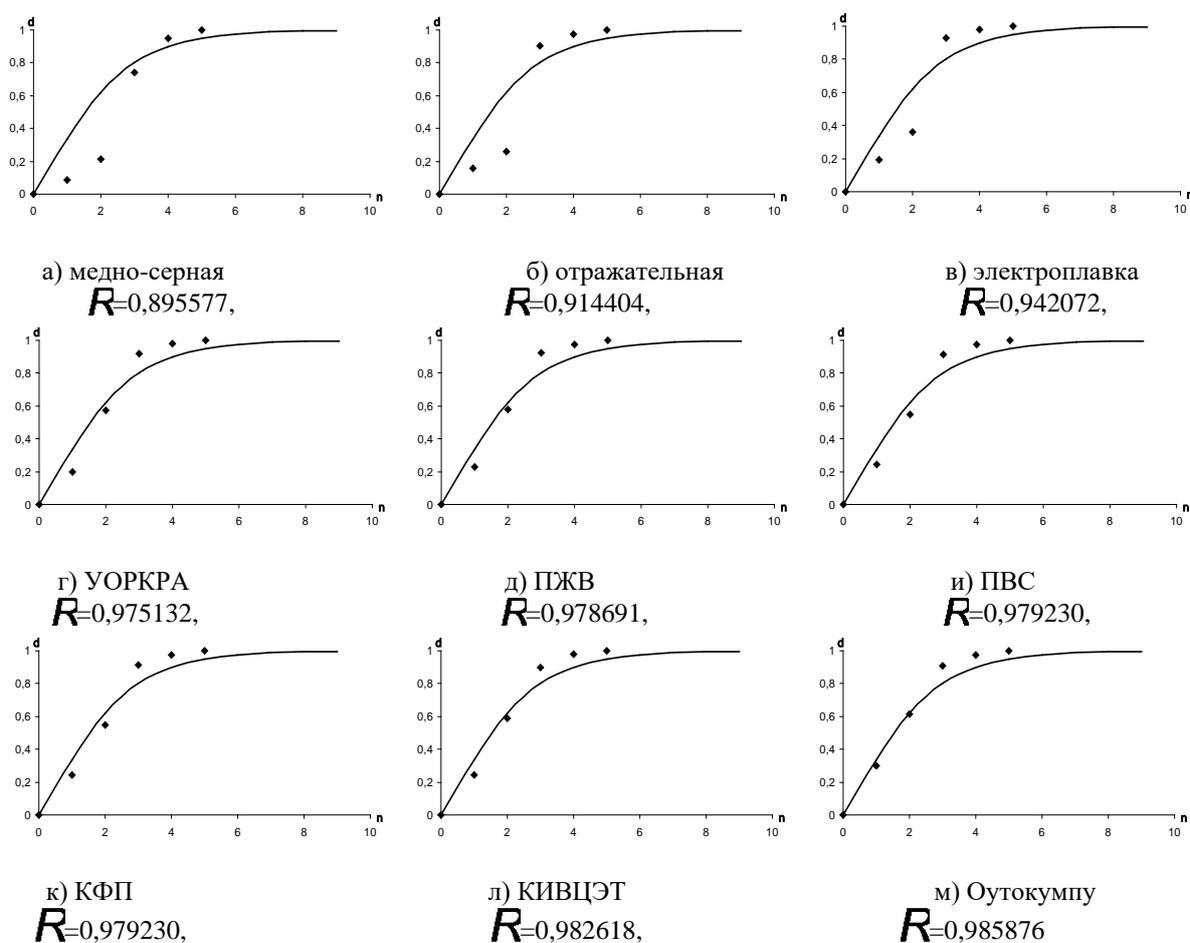
H_k , бит	-	9,4247	-	6,8599	16,2846	-
-------------	---	--------	---	--------	---------	---

Таблица 10 - Мониторинг технологических переделов производства меди по способу «Оутокумпу»

Технологические переделы	Содержание α		Извлечение β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
	α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
Обогащение	0,3050	1,7131	0,9770	0,0336	1,7467	0,2980
Плавка	0,6200	0,6897	0,9870	0,0189	0,7086	0,6119
Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9320	0,1016	0,1381	0,9087
Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9840	0,0233	0,0334	0,9771
Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
H_k , бит	-	9,0934	-	6,8214	15,9148	-

Сопоставление расчетных данных по предлагаемой интегральной модели с практическими данными технологии производства меди проиллюстрируем в координатах n, d в соответствии с рисунком 1, расположив графики по мере возрастания их

корреляционной зависимости. Тесноту связи справочных и рассчитанных по предлагаемой модели данных оценим с помощью коэффициента нелинейной множественной корреляции.



n – номер уровня, d – детерминация

Рисунок 1 – Сопоставление расчетных данных по интегральной модели (линии) с объединенными практическими показателями содержания и извлечения (точки) для различных технологий производства меди

В результате проведенных исследований с целью мониторинга реальных производственных схем на металлургических предприятиях Казахстана ПО «Жезказганцветмет», ПО «Балхашцветмет», АО «Казцинк», ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» выявляется высокая корреляционная зависимость для автогенных процессов, среди которых ведущее место занимает финская плавка - «Оутокумпу». Наименьшей корреляционной зависимостью с новой моделью связаны шахтная и отражательная плавки, что в действительности указывает на то, что эти способы плавки далеко не удовлетворяют требованиям к современному металлургическому процессу [4]. На основании проведенных исследований [1,2,4,6] по способам плавки цветных металлов на примере производства меди нами установлены приоритетные автогенные процессы. Как показывает опыт развития металлургического производства, технология переработки медных, никелевых и некоторых свинцово-цинковых руд совершенствуется на базе автогенных процессов [8,9]. Данный факт подтверждается приведенными в данной работе расчетами, полученными на основе информационной энтропии Шеннона.

Выводы

В качестве основных инструментов комплексного энтропийно-информационного анализа различных металлургических процессов производства цветных металлов с целью их усовершенствования использован новый метод оценки комплексной неопределенности технологической схемы, позволяющий установить ее надежность на основе фундаментальных закономерностей теории информации. Полученные информационные формулы для расчета уровневой и комплексной неопределенности и завершенности технологических переделов и схем могут быть использованы не только в металлургической, но и в любой другой технологии [10 - 15].

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного заказа по бюджетной подпрограмме 101 «Грантовое финансирование научных исследований», по приоритету «Интеллектуальный потенциал страны», подприоритет «Фундаментальные исследования в области естественных наук» 2012 – 2014 годы, № госрегистрации 0112PK02722 «Фундаментальные характеристики надежности технологических процессов как основа достижения требуемого качества продукции в области цветной и черной металлургии».

Ссылка на данную статью: Кажикенова С. Ш. Мониторинг качественных и количественных показателей технологических схем производства меди на предприятиях Казахстана // *Комплексное использование минерального сырья.* № 1 (312), 2020 стр. 79-86. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.10>

Cite this article as: Kazhikenova S. Sh. Monitoring of qualitative and quantitative indicators technological schemes for the production of copper at the enterprises of Kazakhstan [Monitoring of qualitative and quantitative indicators technological schemes for the production of copper at the enterprises of Kazakhstan] // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources.* No. 1 (312), 2020 pp. 79-86. (In Russian). <https://doi.org/10.31643/2020/6445.10>

Сапалық және сандық көрсеткіштерді бақылау мыс өндірісінің технологиялық сұлбалары Қазақстанның кәсіпорындарында

Кажикенова С. Ш.

Түйіндемe. Әрбір процестің технологиялық белгісіздігін және толықтығын және схемасын бағалау үшін жаңа есептеу формулалары алынады. Күрделі жүйелердің идеалды иерархиялық құрылымы мен нақты металлургиялық мыс өндірістерінің технологиялық схемаларының құрылымы арасында жоғары корреляция пайда болады. Осылайша, бәсекелес технологиялық схемаларды салыстырмалы бағалау және қазіргі металлургиялық салаларды жетілдіру үшін теориялық негіздеу және бірыңғай ақпараттық заңдарды практикалық қолдану мәселесі ең технологиялық жолмен мақсатқа жетуді қамтамасыз етеді. Біздің жұмысымызда жүргізілетін зерттеулер толығымен өзіндік болып табылады. Жұмыстың айтарлықтай жоғары ғылыми деңгейі маңызды сақталу заңдарының негізінде химия-металлургиялық (және кез келген басқа) өндірістің объективті кешенді технологиялық құндылығын бейнелей-тін, тұтас алғанда бірыңғай көрсеткіш негізінде жеке технологиялық процестер мен сұлбаларды салыстырмалы бағалау және жетілдіру мақсатында өндірістегі практикалық міндеттерді шешу кезінде қазіргі ақпараттық технологияларды пайдаланумен анықталады. Тұтас алғанда типтік металлургия, бірінші кезекте, аса үлкен алуан түрлілікпен ерекшеленетін, түсті металдар өндірістерінің мысалында технологиялық сұлбаның кешенді

анықталмағандығын және аяқталғандығын есептеу үшін әрбір технологиялық операцияның алынған анықталмағандығы және аяқталғандығы формулаларын қолдану қарастырылған. Химия-металлургиялық процестерді және тұтас алғанда технологиялық сұлбаларды энтропия-ақпараттық талдаудың жаңа аспектілері, технологиялық жүйелердің деңгейлік және жүйелік детерминацияларын анықтау үшін жаңа есептеу формулалары ұсынылған.

Түйін сөздер: энтропия, ақпаратты талдау, мыс өндіру, металлургиялық процестер, технологиялық схемалар, сақталу заңы, мазмұны, өндіру.

Monitoring of qualitative and quantitative indicators technological schemes for the production of copper at the enterprises of Kazakhstan

Kazhikenova S.Sh.

Abstract. New calculation formulas for estimating the technological uncertainty and completeness of each process and the scheme as a whole are derived. A high correlation is established between the ideal hierarchical structure of complex systems and the structure of technological schemes for real metallurgical copper productions. Thus, the problem of theoretical substantiation and practical application of unified information laws for the comparative assessment of competing technological schemes and improvement of existing metallurgical industries, ensuring the achievement of the goal in the most technological way, is solved. The studies carried out in the work are completely original. A significantly high scientific level of the work is defined by the use of modern information technologies in solving practical problems in the production with the aim of comparative estimation and improving individual technological processes and schemes on the whole on the basis of the unified index which represents an objective complex technological value of chemical-and-metallurgical (and any other) production on the basis of fundamental laws of conservation. There is considered using the formulae obtained for uncertainty and completeness of each technological operation for calculating the complex uncertainty and completeness of the technological scheme on the whole on the example of typical metallurgical productions, first of all, nonferrous metals characterized with the most variety. There are suggested new aspects of entropy-and-information analysis of chemical-and-metallurgical processes and technological schemes on the whole, new calculation formulae for determining the level and system determinations of technological systems.

Keywords: entropy, information analysis, copper production, metallurgical processes, technological schemes, conservation law, content, extraction.

Литература

- [1] Kazhikenova S.Sh. , Information estimation on extraction and contents of technological redistribution at steel production // *Geomaterials. - Scientific Research Publishing, USA, 2012. – Vol.2. - №1. – P.24-27.* <https://doi.org/10.4236/gm.2012.21004>
- [2] Кажикенова С., Малышев В.П. Синергетическое совершенство производства стали путем рафинирования чугуна // *Известия вузов. Черная металлургия. - М., 2012.№1.С.5-8.*
- [3] Хартли Р. Передача информации / *Теория информации и ее приложения. – М.: ИЛ, 1959. – С. 5-35.*
- [4] Кажикенова С.Ш. Мониторинг технологических схем в производстве черных металлов // *Новые огнеупоры. – 2016.-№7. –С. 33-36.*
- [5] Malyshev V. P., Kazhikenova S.Sh., Turdukozhaeva A. A Qualitative and Quantitative Evaluation of the Technological Processes in the Metallurgy of Nonferrous Metals // *Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2009. - Vol. 50. No.4. – pp. 335–337.* <https://doi.org/10.3103/s106782120904004x>
- [6] Гудима Н. В., Шейн Я. П. Краткий справочник по металлургии цветных металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 536 с.
- [7] Kazhikenova S.Sh. Monitoring of Process Flow Diagrams in the Production of Ferrous Metals // *Refractories and Industrial Ceramics. – SpringerLink, 2016. - Vol.57, № 4. – P. 360-363* <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9984-8>
- [8] Тарасов А. В. Производство цветных металлов и сплавов. Справочник в 3-х томах. – М.: Металлургия, 2001.
- [9] Кожахметов С.М. Исследования в области теории и технологии автогенных процессов: Избранные труды. – Алматы, 2005. – 460с.
- [10] Volodin V. N., Tuleushev Y. Zh., Kenzhaliyev B. K., Trebukhov S. A. Thermal degradation of hard alloys of the niobium-cadmium system at low pressure // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a [Complex Use of Mineral Resources]. № 1 (312), 2020. pp. 41-47.* <https://doi.org/10.31643/2020/6445.05>

- [11] Kenzhaliyev B.K, Surkova T.Y, Yessimova D.M. Concentration of rare-earth elements by sorption from sulphate solutions // *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'a* [Complex Use of Mineral Resources]. 2019. 3, 5-9. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.22>
- [12] Kenzhaliyev B. K. Innovative technologies providing enhancement of nonferrous, precious, rare and rare earth metals extraction // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a* [Complex Use of Mineral Resources]. – 2019. – №3 (310). -Page: 64-75. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.30>
- [13] Zhabbasbayev, U., Ramazanova, G., Kenzhaliev, B., Sattinova, Z., & Shakhov, S. Experimental and calculated data of the beryllium oxide slurry solidification. *Applied Thermal Engineering*, 96, 2016, 593–599. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.11.114>
- [14] Malyshev V. P., Makasheva A. M. Distribution and entropy of Boltzmann as infinite convergent consequences // *Bulletin of the University of Karaganda-Physics*. – 2018. – Vol.3, (91).- P. 42-58
- [15] Malyshev V. P., Makasheva A. M., Zubrina Yu. S. Gambling as a Social Evil Which Has Been Grown on the Real Probability of a Random Win // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. – 2015. – Vol.5. - P.115-118

References

- [1] Kazhikenova S.Sh. , Information estimation on extraction and contents of technological redistribution at steel production // *Geomaterials*. - Scientific Research Publishing, USA, **2012**. – Vol.2. - №1. – P.24-27, (In Eng.). <https://doi.org/10.4236/gm.2012.21004>
- [2] Kazhikenova S., Malyshev V.P. Sinergeticheskoye sovershenstvo proizvodstva stali putem rafinirovaniya chuguna // *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya* [Synergetic perfection of steel production by refining cast iron // *News of universities. Ferrous metallurgy*]. - M., **2012**. №1.p.5-8. (In Rus.).
- [3] Khartli R. Peredacha informatsii / *Teoriya informatsii i yeye prilozheniya* [Information Transfer / Information Theory and Its Applications]. – M., **1959**. – P. 5-35. (In Rus.).
- [4] Kazhikenova S.SH. Monitoring tekhnologicheskikh skhem v proizvodstve chernykh metallov // *Novyye ognepopy* [Monitoring of technological schemes in the production of ferrous metals // *New refractories*]. – **2016**.-№7. –p. 33-36. (In Rus.).
- [5] Malyshev V. P., Kazhikenova S.Sh., Turdukozhaeva A. A Qualitative and Quantitative Evaluation of the Technological Processes in the Metallurgy of Nonferrous Metals // *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. – **2009**. - Vol. 50. No.4. – pp. 335–337, (In Eng.) <https://doi.org/10.3103/s106782120904004x>
- [6] Gudima N. V., Sheyn Ya. P. *Kratkiy spravochnik po metallurgii tsvetnykh metallov*. – M.: Metallurgiya [A brief guide to the metallurgy of non-ferrous metals. - M.: Metallurgy], **1975**. p. 536 (In Rus.).
- [7] Kazhikenova S.Sh. Monitoring of Process Flow Diagrams in the Production of Ferrous Metals // *Refractories and Industrial Ceramics*. – SpringerLink, **2016**. - Vol.57, № 4. – P. 360-363, (In Eng.). <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9984-8>
- [8] Tarasov A. V. *Proizvodstvo tsvetnykh metallov i splavov. Spravochnik v 3-kh tomakh*. – M.: Metallurgiya [Production of non-ferrous metals and alloys. Reference book in 3 volumes. - M.: Metallurgy], **2001**. (In Rus.).
- [9] Kozhakhmetov S.M. *Issledovaniya v oblasti teorii i tekhnologii avtogennykh protsessov: Izbrannyye trudy* [Research in the theory and technology of autogenous processes], Almaty, **2005**. p. 460. (In Rus.).
- [10] Volodin V. N., Tuleushev Y. Zh., Kenzhaliyev B. K., Trebukhov S. A. Thermal degradation of hard alloys of the niobium-cadmium system at low pressure // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a* [Complex Use of Mineral Resources]. № 1 (312), **2020**. pp. 41-47. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.05> (In Eng.).
- [11] Kenzhaliyev B.K, Surkova T.Y, Yessimova D.M. Concentration of rare-earth elements by sorption from sulphate solutions // *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'a* [Complex Use of Mineral Resources]. **2019**. 3, 5-9. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.22> (In Eng.).
- [12] Kenzhaliyev B. K. Innovative technologies providing enhancement of nonferrous, precious, rare and rare earth metals extraction // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a* [Complex Use of Mineral Resources]. – **2019**. – №3 (310). -Page: 64-75. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.30> (In Eng.).
- [13] Zhabbasbayev, U., Ramazanova, G., Kenzhaliev, B., Sattinova, Z., & Shakhov, S. Experimental and calculated data of the beryllium oxide slurry solidification. *Applied Thermal Engineering*, 96, **2016**, 593–599. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.11.114> (In Eng.).
- [14] Malyshev V. P., Makasheva A. M. Distribution and entropy of Boltzmann as infinite convergent consequences // *Bulletin of the University of Karaganda-Physics*. – **2018**. – Vol.3, (91).- P. 42-58, (In Eng.).
- [15] Malyshev V. P., Makasheva A. M., Zubrina Yu. S. Gambling as a Social Evil Which Has Been Grown on the Real Probability of a Random Win // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. – **2015**. – Vol.5. - P.115-118, (In Eng.).