

УДК 338.45:666.9.002.3

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Г.С. Боранкулова

*В статье дан анализ показателей эколого-экономической оценки загрязненности промышленных отходов Таразского металлургического завода.*

Основой сырьевой базы промышленности строительных материалов (ПСМ) традиционно рассматривались так называемые нерудные ископаемые, т.е. местное минеральное сырьё: пески, глины, гипсовый камень, гранит, базальт и другие породы. Однако запасы экологически чистого минерального сырья ограничены.

Известно, что в породах естественного происхождения всегда присутствуют помимо основных (Ca, Al, Si, Fe, Mg,) и второстепенных (K, Na, S, Se, C), редкие элементы – это, как правило, тяжёлые металлы, химические загрязнители. Содержание химических элементов в твёрдых отходах металлургического производства приведено в табл. 1.

Содержание естественных радионуклидов (ЕРН) в твёрдых отходах характеризуется большим разбросом показателей эффективной удельной активности. Повышенной (> 370 Бк/кг) эффективной удельной активностью отличаются вскрышные породы, хвосты обогащения. Шлаки характеризуются меньшей эффективной удельной активностью.

Отмеченная ограниченность экологически чистой сырьевой базы ПСМ, а также необходимость снижения антропогенного давления на окружающую природную среду обусловили вовлечение в производственный оборот с одной стороны менее экологически чистых, т.е. природно-загрязнённых сырьевых источников, с другой – вторичных сырьевых ресурсов отходов производства потребления [1].

Наряду с химическими загрязнителями в отходах металлургического комплекса представлены и ЕРН, которые содержат в своём составе элементы, принадлежащие семействам урана-238, тория-232 и калия-40. Содержащиеся в них токсичные вещества (ЕРН, продукты их распада и тяжёлые металлы) представляют некоторую опасность для человека и окружающей среды.

Таблица 1

Содержание химических элементов в твёрдых отходах металлургического производства, мг/кг

Элемент	ПДК	Доменный шлак		Сталеплавильный шлак		Отработанные формовочные смеси		Минеральный шлам		Хвосты обогащения	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Pb	32	400	1200	336	972	15,5	21,4	48	932	354	1123
Cr	6	98	202	74	162	2,4	7,2	-	-	83	184
Co	5	22	128	14	112	1,4	2,8	0,82	4,3	18	119
Ni	35	95	172	68	152	1,1	1,8	24	36	84	166
Zn	23	350	1180	254	878	-	-	12	48	318	920
Cu	23	520	1340	315	1128	4,1	12,4	24	426	480	1260
As	2	14	18	10	12	-	-	1,2	1,5	12	14

Учитывая, что удалить их невозможно или очень сложно, получение экологически безопасных строительных материалов (СМ) из загрязнённого природного сырья и промышленных отходов является перспективным направлением расширения сырьевой базы промышленности СМ, снижения стоимости продукции, предотвращения образования новых отвалов и уменьшения потребности в оборудовании новых полигонов. В табл. 2 приведено содержание радиоактивных веществ в отходах Таразского металлургического завода.

Таблица 2

Содержание радиоактивных веществ в отходах Таразского металлургического завода

Отходы	Ra-226	Th-232	K-40	A <sub>эфф</sub>
Доменный шлак	<u>122</u>	<u>114</u>	<u>112</u>	<u>132</u>
	134	122	124	206
Сталеплавильный шлак	<u>122</u>	<u>110</u>	<u>106</u>	<u>124</u>
	134	127	121	198
Отработанные формовочные смеси	<u>42</u>	<u>45</u>	<u>43</u>	<u>46,4</u>
	61	67	64	60,9
Минеральный шлам	<u>41</u>	<u>44</u>	<u>42</u>	<u>52</u>
	44	76	74	78
Хвосты обогащения	<u>142</u>	<u>134</u>	<u>128</u>	<u>152</u>
	174	166	162	214

*Примечание.* В числителе даны минимальные значения, в знаменателе – максимальные.

Одинаковый или схожий химический и минеральный состав природного и техногенного сырья (отходов), а также единое направление их использования позволяют рассматривать промышленные отходы и местные материалы как единую сырьевую базу стройиндустрии. Это в свою очередь предопределяет необходимость комплексной оценки экологической (химико-радиационной) загрязненности реальных и потенциальных сырьевых источников с целью первоочередного вовлечения в производство предпочтительных.

Для оценки уровня общей загрязненности сырьевого источника предлагается использовать показатель экологической загрязненности, определяемый по формуле:

$$П_{эз} = \sum_{i=1}^n (m_i \cdot k_{pi}) + k \sum_{j=1}^m (m_j \cdot k_{xj}), \quad (1)$$

где  $m_i$  и  $m_j$  – массовые доли радиоактивных (естественных радионуклидов) и химически загрязняющих веществ в одной тонне сырья соответственно,

отн. ед.,  $k$  – коэффициент, учитывающий совместное действие различных химических загрязнителей [1],  $k_{pi}$  – коэффициент относительной опасности естественных радионуклидов, определяемый как  $k_{pi} = A_{эфф} / 370$ , отн. ед.,  $k_{xj}$  – коэффициент относительной эколого-экономической опасности загрязняющих веществ, определяется по [2].

Рассчитанные по формуле (1) показатели экологической загрязненности сырья и промышленных отходов данных табл. 2 показали, что наименьшие его значения характерны для отработанных формовочных смесей, а наибольшие для минерального шлама и хвостов.

Для эколого-экономической оценки сырья, отходов и произведенных из них СМ предлагается следующая формула:

$$P_{ээ} = \sum_{i=1}^n (m_i \cdot A_{эфф}) + \sum_{j=1}^n (m_j \cdot H_{nj}), \quad (2)$$

где  $P_{ээ}$  – показатель эколого-экономической оценки сырья, отходов и СМ, т/т;  $m_i$  – массовая доля радиоактивного загрязняющего вещества, отн. ед. (т/т);  $A_{эфф}$  – эффективность удельной активности ЕРН загрязненного сырья, отходов, СМ;  $m_j$  – масса химического ЗВ (ТМ), содержащее в сырье, отходе или СМ;  $H_{nj}$  – норматив платы за выбросы ЗВ в атмосферу, т/т.

Значения эколого-экономических показателей загрязненности промышленных отходов металлургического комплекса рассчитанные по формуле (2) и данным табл. 1 представлены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели экологической загрязненности промышленных отходов на 1 т, отн. ед.

Сырьё	$P_{ээ \min}$	$P_{ээ \max}$	$P_{ээ \text{ ср.}}$
Доменный шлак	0,56	0,82	0,69
Сталеплавильный шлак	0,48	0,71	0,59
Отработанные формовочные смеси	0,15	0,17	0,16
Минеральный шлак	0,21	1,82	1,02
Хвосты обогащения	0,78	0,94	0,86

Анализ показателей эколого-экономической оценки загрязненности рассмотренных промышленных отходов свидетельствует, что они больше всего у хвостов обогащения и меньше всего у отработанных формовочных смесей. Основной вклад в оценку эколого-экономической за-

грязненности большинства рассмотренных отходов вносят естественные радионуклиды. Например, для хвостов обогащения 61,2 % величины  $P_{э}$  приходится на естественные радионуклиды и 38,8 % на тяжелые металлы. Для доменных шлаков 75 % величины показателя эколого-экономической оценки загрязненности приходится на естественные радионуклиды и 25 % на тяжелые металлы, несмотря на их высокое содержание.

Таблица 4

Показатели эколого-экономической загрязненности промышленных отходов металлургического завода

Отходы	$P_{э}$ , тг/т
Доменный шлак	112,45
Сталеплавильный шлак	103,88
Отработанные формовочные смеси	70,43
Минеральный шлам	75,82
Хвосты обогащения	158,3

Предлагаемые математические зависимости позволяют с эколого-экономических позиций оценить загрязненность промышленных отходов и одновременное присутствие в них тяжелых металлов и радиоактивных веществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анитова Т. А. Теория организации. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 367 с.
2. Методика определения экологического ущерба – М., Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 71 с.

ТарГУ им. М.Х. Дулати, г. Тараз

#### **МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНДІРІСТІҢ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ**

Г.С. Боранкулова

*Тараз металлургиялық зауытының қатты қалдықтарын эколого-экономикалық бағалау көрсеткіштері көрсетілген.*