

**Т.Н. Александрова, Н.И. Грехнев, Л.Н. Липина**

## **НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Показан усовершенствованный подход системы управления отходами горнопромышленного предприятия с учетом взаимосвязи технологических и геоэкологических факторов. Разработана схема управления отходами производства, позволяющая выполнить задачу системы управления отходами (СУО), и предложены принципы формирования информационных потоков, определяющие практический механизм ее реализации.*

*Ключевые слова: экосистема, техногенные объекты, рециклинг, управление отходами.*

Сегодня экология подсказывает новые ориентиры и направления развития производства, она должна стать импульсом новых технологических решений и новых тенденций во взаимодействии производства и природы. Но это возможно лишь в том случае, если будет построена система и механизмы управления экологическими процессами, если управление будет ориентировано не на производство как таковое, а на производство экологическое. Это производство, построенное на приоритетах обеспечения цивилизованной жизнедеятельности человека через обогащение природы, т.е. через развитие тех качеств природы, которые позволяют человеку чувствовать себя существом этой природы, осуществлять гармонию своего развития в соответствии с развитием природы [1].

Подход к формированию системы управления отходами с учетом ресурсного и экологического аспектов (рис. 1).

Ресурсный потенциал образующихся на предприятии отходов задействуется как в процессе вовлечения отходов в технологический процесс самого предприятия, так и при передаче отходов другим организациям на обезвреживание и их дальнейшую переработку. Это приводит к частичной экономии используемого сырья, за счет рекуперации отходов, и к снижению объемов размещения



**Рис. 1. Подходы к формированию системы управления отходами**

отходов на предприятии. Экологический аспект представляет отходы как потенциально опасный фактор негативного воздействия на окружающую среду, нейтрализовать который можно за счет безопасного их размещения и внедрения малоотходных технологий [2, 3]. Такой подход к формированию системы управления представляется целесообразным, однако необходимо его развитие и конкретизация в зависимости от вида производства с учетом взаимосвязи технологических и геоэкологических факторов.

Состав и строение техногенных объектов определяются целым рядом факторов, важнейшими среди которых являются:

- условия образования (добыча и обогащение руд и угля, переработка концентратов руд, сжигание угля и т.д.);
- состав исходного сырья (месторождения цветных и редких металлов, полиметаллические, железорудные и другие типы коренных месторождений);
- физико-химические и механические процессы гипергенного преобразования воздействия и выветривания отвалов.

Они интенсивно окисляются, выщелачиваются и разрушаются в зоне гипергенеза, что приводит к изменению минералогического и вещественного состава техногенных отложений, выносу элементов и образованию ореолов рассеяния вокруг отвалов. Особенно это проявляется для отходов добычи и обогащения сульфидных руд, так как они при окислении и выветривании быстро разрушаются и переходят в окисленные минеральные формы, требующие при утилизации особых технологий извлечения полезных компонентов [1].

В приповерхностной зоне техногенных отложений под воздействием кислорода, воды, фильтрационных электрических полей и других факторов происходят интенсивное растворение и миграция металлов и их соединений. При этом могут образовываться обедненные и обогащенные металлом участки с восстановленными и окисленными формами его нахождения. Анализ исходного минерального и химического состава руд, позволяет установить предпосылки формирования геохимических аномалий и образования вторичных минералов в зоне гипергенеза.

Дорогостоящие мониторинговые работы в горнопромышленных комплексах позволяют оценить экологическое состояние экосферы в определенный промежуток времени, а также прогнозировать процессы ее загрязнения на ближайшее время. К сожалению, они не дают количественной оценки широкого спектра элементов, выносимых из горнопромышленной техногенной системы, а именно из хвостохранилищ. Использование компьютерного моделирования природного процесса минералообразования позволяет рассчитать объемы элементов, выносимых из хвостохранилищ, и сделать прогноз на десятилетия и даже столетия. При этом минимизация энергии Гиббса подразумевает как равновесие водного раствора с его компонентами и минералами, выпадающими из него, так и равновесие раствора и выпадающих из него минералов с геохимическим составом пород и руд.

Процессы окисления сульфидных месторождений настолько интенсивны, что температура в них поднимается до 300 градусов и выше, с обильным выделением удушливых газов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , пары  $\text{H}_2\text{O}$  и др.).

Уравнения окисления некоторых сульфидов:





Сульфат окиси железа (ярозит) в обычных условиях неустойчив и легко гидролизуется, давая гидрат окиси железа и свободную серную кислоту:

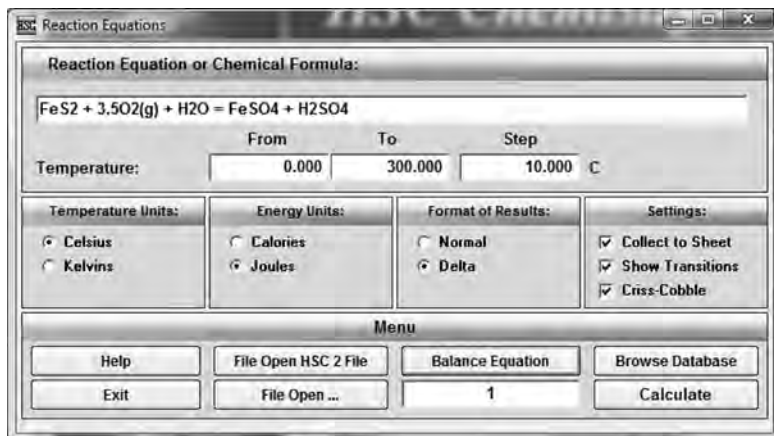
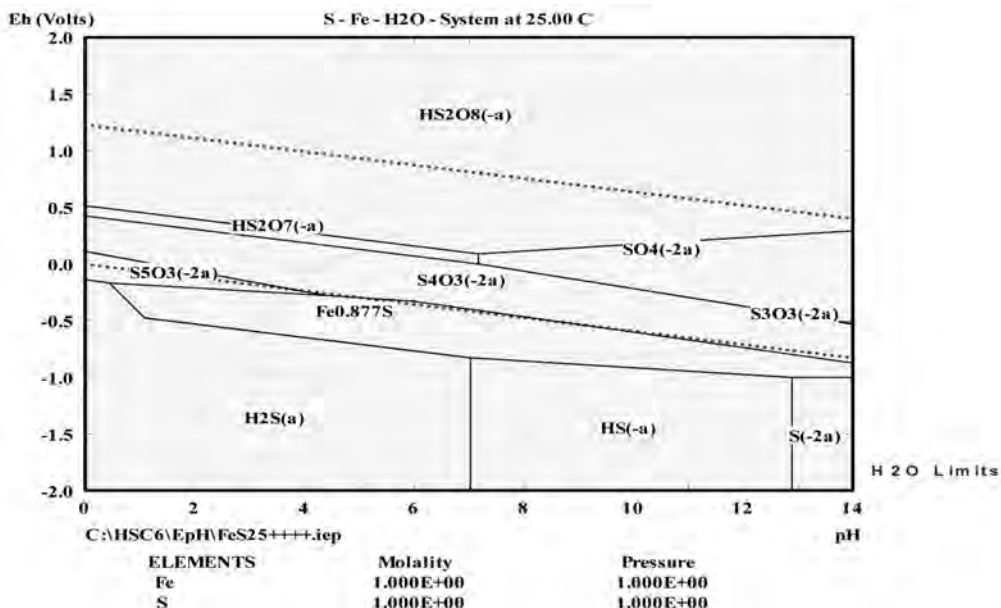


Рис. 2. Исходные данные для расчета реакции 4

	T	Cp	H	S	G	Reference
125	FeS2 + 3.5O2(g) + H2O = FeSO4 + H2SO4					
126	T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)
127	C	kJ	J/K	kJ		
128	0.000	-1289.690	-576.968	-1132.091	3.225E+216	216.509
129	10.000	-1296.160	-600.623	-1126.093	5.695E+207	207.756
130	20.000	-1285.500	-563.015	-1120.452	4.605E+199	199.663
131	30.000	-1285.507	-563.038	-1114.822	1.279E+192	192.107
132	40.000	-1285.484	-562.965	-1109.192	1.079E+185	185.033
133	50.000	-1285.435	-562.810	-1103.563	2.495E+178	178.397
134	60.000	-1285.361	-562.586	-1097.936	1.445E+172	172.160
135	70.000	-1285.265	-562.302	-1092.311	1.934E+166	166.287
136	80.000	-1285.149	-561.969	-1086.690	3.577E+160	160.746
137	90.000	-1285.015	-561.595	-1081.072	3.249E+155	155.512
138	100.000	-1284.865	-561.186	-1075.458	3.617E+150	150.558
139	110.000	-1284.699	-560.749	-1069.848	7.312E+145	145.864
140	120.000	-1284.521	-560.289	-1064.243	2.565E+141	141.409
141	130.000	-1284.330	-559.810	-1058.643	1.499E+137	137.176
142	140.000	-1284.129	-559.317	-1053.047	1.406E+133	133.148
143	150.000	-1283.918	-558.812	-1047.456	2.048E+129	129.311
144	160.000	-1283.698	-558.299	-1041.871	4.490E+125	125.652
145	170.000	-1283.471	-557.780	-1036.290	1.442E+122	122.159
146	180.000	-1283.237	-557.259	-1030.715	6.615E+118	118.821
147	190.000	-1282.998	-556.736	-1025.145	4.234E+115	115.627
148	200.000	-1282.753	-556.215	-1019.580	3.704E+112	112.569
149	210.000	-1282.503	-555.695	-1014.021	4.342E+109	109.638
150	220.000	-1282.254	-555.180	-1008.467	6.700E+106	106.826
151	230.000	-1282.001	-554.672	-1002.917	1.339E+104	104.127
152	240.000	-1281.750	-554.178	-997.373	3.413E+101	101.533
153	250.000	-1281.504	-553.704	-991.834	1.095E+099	99.039
154	260.000	-1281.266	-553.254	-986.299	4.358E+096	96.639
155	270.000	-1281.040	-552.833	-980.768	2.129E+094	94.328
156	280.000	-1280.827	-552.445	-975.242	1.262E+092	92.101
157	290.000	-1280.630	-552.091	-969.719	8.979E+089	89.953
158	300.000	-1280.454	-551.783	-964.200	7.599E+087	87.881
159						

Рис. 3. Результат расчета реакции 5



**Рис. 4. Диаграмма Пурбэ при 25 град. (S как основной элемент)**

Фрагменты программного расчета термодинамических величин реакции (4) в пакете HSC Chemistry представлены на рис. 2–4.

Диаграммы термодинамической стабильности для сульфидных минералов построены и проанализированы при различных температурах, позволили определить условия формирования кислых потоков дренажных вод.

Таким образом, состав отходов переработки золотодобывающего сырья определяется составом пород. Они являются поставщиками в природную среду тяжелых металлов: Fe, As, Sn, Cr, Mo Cu, Pb, Zn, Mn и ряда других элементов. Скорость окисления сульфидов зависит от: температуры, размеров зерен сульфида и величины поверхности соприкосновения с раствором и растворимости образующегося сульфата, скорости циркуляции раствора и т.д. При наличии только одного сульфида (опытные данные) скорость окисления убывает в такой последовательности: сфалерит > халькозин > пирротин > халькопирит > > пирит > галенит > энаргит > аргентит [4, 5]. Использование компьютерного термодинамического моделирования позволяет прогнозировать и оценивать вероятность гипергенных процессов.

Современный подход к решению проблемы отходов в развитых странах базируется на «принципе трех R»:

- Reduce – сократить объем образования отходов;
- Reuse – повторно использовать без изменения физическо-химического состояния;
- Recycle – вовлечь во вторичное использование через переработку.

Основные цели, достигаемые при вовлечении отходов в процесс рециклинга:

- снижение энергетических и экономических затрат на производство продукции по сравнению с продукцией из первичного сырья;
- снижение экологического ущерба за счет снижения добычи минерального сырья, заменяемого отходами;



**Рис. 5. Схема управления отходами производства горнопромышленного предприятия**

- снижение экологического ущерба от захоронения отходов и уменьшение отчуждаемых земельных ресурсов.

Определим систему управления отходами (СУО) как систему информационного взаимодействия между ее компонентами и окружающей средой, осуществляющей управление материальными и энергетическими потоками и обеспечивающей самоорганизацию эколого-технологической системы и ее устойчивое развитие при сохранении устойчивости экосистемы. Объектами СУО являются компоненты природно-техногенной системы (ПТС), образующие отходы или участвующие в процессах последующего обращения с ними.

На основании сформулированных теоретических положений разработана схема управления отходами производства горнопромышленного предприятия (рис. 5), позволяющая выполнить задачу СУО, и предложены принципы формирования информационных потоков, определяющие практический механизм ее реализации.

Схема управления отходами апробирована применительно основным производственным компонентам ПТС к узлам россыпной и рудной золотодобычи.

Таким образом, оценка воздействия на окружающую среду – это процесс, способствующий принятию экологически ориентированного управленческого решения по реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности посредством определения возможных неблагоприятных воздействий, оценки экологических последствий, учета общественного мнения, разработки мер по уменьшению и предотвращению воздействий на окружающую среду, что соответствует государственной политике в области экологической устойчивости Российской Федерации.

1. Трубешкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал. – 1989. – № 12. – С. 6–9.
2. Александрова Т.Н., Александров А.В. Оценка нагрузки на экосистемы с учетом технологических особенностей обогатительных процессов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – ОВ9 – С. 529–535.
3. Александрова Т.Н., Мамаев Ю.А., Крупская Л.Т., Ятлукова Н.Г. Эколого-технологическая диагностика отходов золотодобычи как источников ценных компонентов и негативного воздействия на окружающую среду // Сборник Материалов VI конгресса обогатителей стран СНГ. – М.: Альтекс, 2007. – С. 257–259.
4. Тарасенко И.А., Зиньков А.В. Экологические последствия минералого-геохимических преобразований хвостов рудогашения Sn-Ag-Pb-Zn руд (Приморье, Дальнегорский район). – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 194 с.
5. Грехнев Н.И., Липина Л.Н. Особенности геохимических реакций окисления в зоне гипергенеза в климатических условиях юга Дальнего Востока // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 4. – С. 183–194. **ГИАБ**

### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Александрова Татьяна Николаевна – доктор технических наук, профессор, e-mail: IGD@rambler.ru, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Грехнев Николай Иванович<sup>1</sup> – кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией, e-mail: grh@igd.khv.ru, Липина Любовь Николаевна<sup>1</sup> – кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: lipina@igd.khv.ru,  
<sup>1</sup> Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН.

UDC 504.064.45

### SOME APPROACHES TO THE IMPROVEMENT OF CONTROL OF MINING ENTERPRISES WASTE MANAGEMENT

Alexandrova T.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: IGD@rambler.ru, National Mineral Resource University «University of Mines», 199106, Saint-Petersburg, Russia, Grehnev N.I.<sup>1</sup>, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: grh@igd.khv.ru, Lipina L.N.<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, e-mail: lipina@igd.khv.ru,  
<sup>1</sup> Institute of Mining of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 680000, Khabarovsk, Russia.

*Advanced approach to the system of mining enterprises waste management with a glance to interconnection of technological and geoeological factors is shown in the article. The control circuit of the waste management is developed; it allows fulfilling the task of the waste management system (WMS). The principles of formation of data flow, defining the practical mechanism of WMS realization, are proposed in the article.*

*Key words: ecosystem, anthropogenic objects, recycling, waste management.*

### REFERENCES

1. Trubeckoj K.N., Umanec V.N., Nikitin M.B. *Gornyj zhurnal*. 1989, no 12, pp. 6–9.
2. Aleksandrova T.N., Aleksandrov A.V. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*. 2007. Special Issue 9, pp. 529–535.
3. Aleksandrova T.N., Mamaev Ju.A., Krupskaja L.T., Jatlukova N.G. *Sbornik Materialov VI kongressa obogatitelej stran SNG* (Collection of Materials VI Congress dresser CIS countries), Moscow, Al'teks, 2007, pp. 257–259.
4. Tarasenko I.A., Zin'kov A.V. *Jekologicheskie posledstviya mineralogo-geohimicheskij preobrazovanij hvostov rudogashhenija Sn-Ag-Pb-Zn rud (Primor'e, Dal'negorskij rajon)* (Environmental effects of mineralogical and geochemical transformations tails rudogascheniya Sn-Ag-Pb-Zn ores (Primorye region Dalnegorsky)), Vladivostok, Dal'nauka, 2001, 194 p.
5. Grehnev N.I., Lipina L.N. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh* (Features geochemical oxidation reactions in the supergene zone in climatic conditions of the southern Far East), 2014, no 4, pp. 183–194.