

УДК 504.062:[658.567.1:622.713]

## ПРОЦЕДУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЭТАПНОЙ ПЕРЕРАБОТКОЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОТХОДОВ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ

*Новичихин А.В., д.т.н., доцент, зав. кафедрой транспорта и логистики (novitchihin@pochta.ru)*

*Шорохова А.В., старший преподаватель кафедры бизнеса и инноваций (shoroxova\_a@mail.ru)*

Сибирский государственный индустриальный университет  
(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

**Аннотация.** Обоснована разработка процедур управления поэтапной переработкой железорудных отходов горнопромышленных районов, обеспечивающих полный цикл рационального природопользования посредством внедрения безотходных и малоотходных технологий с последующей рекультивацией и созданием зон отдыха населения. Разработана процедура для действующих предприятий, состоящая из структуры и последовательности этапов работ, карты отработки отстойника, технологической подготовки оборудования, календарного плана. Этапы выполняются параллельно и заключаются в переработке отходов, рекультивации, поиске, анализе и выборе тендеров на создание рекреационных зон. Переработка отходов и восстановление земель осуществляются в период функционирования горнопромышленного предприятия. Ввод в эксплуатацию территорий, предназначенных для отдыха жителей горнопромышленных районов, проводится после ликвидации организации. Процедура управления поэтапной переработкой железорудных отходов для ликвидированных предприятий состоит из следующих этапов: поиска источников финансирования для утилизации техногенных ресурсов и рекультивации нарушенных земель посредством продажи имеющихся основных фондов (зданий, сооружений и оборудования) и привлечения внешних инвестиций, в том числе государственных. При недостаточном финансировании часть железорудных отходов используется в качестве строительных или закладочных материалов для осуществления восстановительных работ. Процедура управления поэтапной переработкой железорудных отходов для внедряемых проектов включает в себя периодический мониторинг образования техногенных ресурсов и нарушения земельного покрова. При образовании отходов проводится анализ существующих технологий, направленных на их утилизацию и рекультивацию нарушенных земель. Проведение периодического мониторинга позволяет предотвратить потенциальный экологический ущерб. В период функционирования предприятия осуществляется поэтапное создание зон отдыха с последующим вводом в эксплуатацию после его ликвидации. На основе предложенных процедур управления поэтапной переработкой железорудных отходов разработаны сценарии внедрения безотходных и малоотходных технологий для Таштагольского района Кемеровской области. Проведено их моделирование на основе программного комплекса, реализованного в среде SciLab. Поставлена и решена задача ранжирования сценариев переработки.

**Ключевые слова:** малоотходные и безотходные технологии, процедуры управления, горнопромышленные районы, рекультивация нарушенных земель, утилизация, рациональное природопользование, отходы, рекреационные зоны.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-7-565-572

В настоящее время социальная и экологическая обстановка во многих горнопромышленных районах [1, 2] является напряженной по причине стабильного роста объемов добычи и переработки железной руды, обуславливающих увеличение железорудных отходов в Российской Федерации [3, 4]. При этом уровень их переработки в стране составляет 53 % [5] и является крайне недостаточным для обеспечения полного цикла рационального природопользования – значимого вызова развития современной промышленности и безопасности будущих поколений.

Большинство существующих процедур снижения техногенной нагрузки ориентированы на ограничение уровня выбросов [6] и внедрение экономически неэффективных малоотходных производств [7 – 10] без поэтапной интеграции переработки, восстановления и создания зон отдыха [11 – 14]. Ухудшение экологической обстановки в течение последних десятилетий привело к снижению показателей уровня жизни населения горнопромышленных районов по сравнению со среднероссийскими показателя-

ми [15, 16] и увеличению миграции экономически активной его части.

Одним из перспективных направлений создания благоприятной социальной и экологической обстановки промышленных районов является разработка и внедрение механизмов и соответствующих им процедур управления социально-экологической безопасностью [17], обеспечивающих использование отходов производства с последующим внедрением зон отдыха на рекультивированных территориях [18, 19], уменьшение уровня загрязнения природной среды и создание новых рабочих мест.

Таким образом, актуальной научно-прикладной задачей является разработка процедур управления поэтапной переработкой железорудных отходов горнопромышленных районов для снижения техногенной нагрузки горнопромышленных предприятий и обеспечения полного цикла рационального природопользования.

Для действующих предприятий процедура управления поэтапной переработкой железорудных отходов

(рис. 1) заключается в реализации следующих компонентов:

- структуры и последовательности этапов работ, карты отработки отстойника (табл. 1);
- технологической подготовки (выбор оборудования, материалов, рабочего персонала, должностных инструкций и прочее);
- календарного плана мероприятий по переработке отходов, рекультивации земель и создания зон отдыха.

Данная процедура состоит из следующих подэтапов: оценки показателей сценариев внедрения малоотходных и безотходных технологий (подэтап 1), при наличии отходов (подэтап 2) поэтапных переработки (подэтап 4а) и рекультивация (подэтап 5а). Параллельно осуществляется поиск проекта создания рекреационных зон (подэтапы 3 и 4б) с последующим

выбором (подэтап 5б) и разработкой проектной документации (подэтап 6б). Рекреационные зоны создаются (подэтап 9) при условии полной выемки отходов (подэтап 6а), выбора проекта зон отдыха (подэтап 7б) и рекультивации нарушенных земель (подэтап 8).

На первых этапах (табл. 1) осуществляется выемка, переработка отходов из отстойника с последующей рекультивацией освобожденных земель. Аналогичные процессы проводятся во всех оставшихся отстойниках (с этапа 1 по этапы  $n - 5$ ). Для создания рекреационных зон подготавливается прилегающая территория предприятия: при необходимости осуществляется демонтаж транспортной инфраструктуры с последующим восстановлением земляного покрытия и посадкой садово-паркового газона (этапы с  $n - 5$  по  $n$ ). Одновременно проводятся поиск и реализация тендера на зоны отдыха (этапы с  $n - 3$  по  $n$ ) – территория и здания предприятий

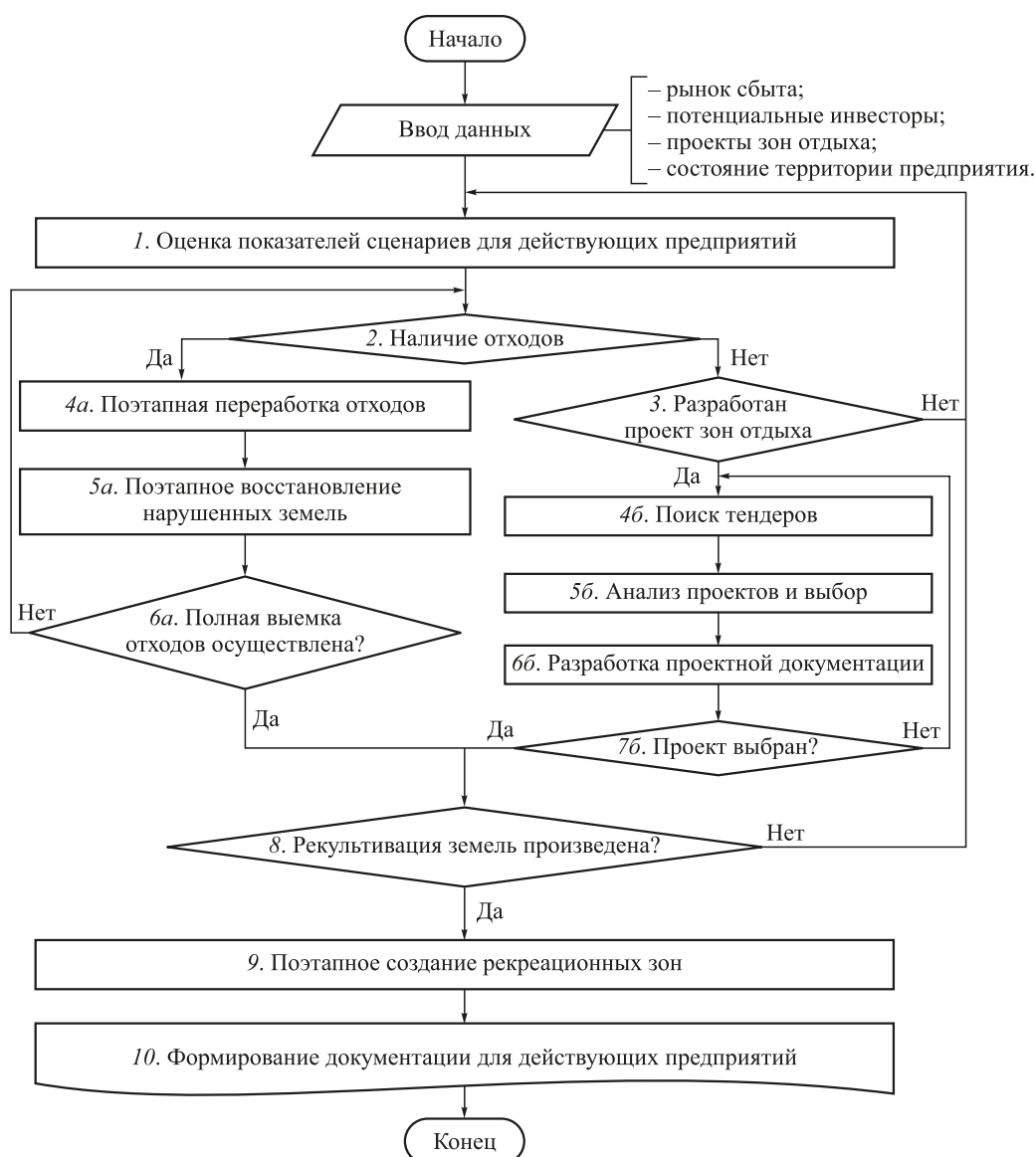


Рис. 1. Процедура управления поэтапной переработкой железорудных отходов для действующих предприятий

Fig. 1. Procedure of step-by-step processing of iron ore wastes management for operating enterprises

## Карта планирования мероприятий полного цикла рационального природопользования

Table 1. Planning scheme of full cycle rational environmental management activities

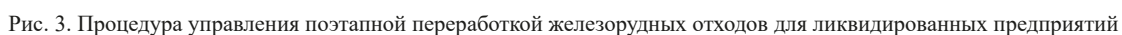
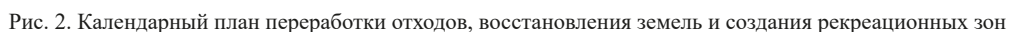
Последовательность мероприятия	Объект	Исходное состояние	1-й этап восстановления	k-й этап восстановления	Заключительный этап
Этап 1	Отстойник / отвал 1		Выемка отходов 	Выемка отходов 	Выемка отходов 
			Восстановление земель 	Восстановление земель 	Восстановленные земли для создания зон 
Этап 2	Отстойник / отвал 1		Выемка отходов 	Выемка отходов 	Выемка отходов 
			Восстановление земель 	Восстановление земель 	Восстановленные земли для создания зон 
...	...	...	...	...	...
Этапы n-5 – n	Прилегающая территория	Насыпные и/или асфальтированные дороги, ж/д пути	Демонтаж ж/д пути и различных покрытий (асфальтных, насыпных) / модернизация	Восстановление земляного покрытия	Посадка садово-паркового газона
Этапы (тендер) n-3 – n	Котлованы	Восстановленные отвалы/отстойники, траншеи	Укрепление бортов котлованов для создания водных объектов / засыпание	Запуск рыб в искусственные водоемы/ удобрение засыпанных котлованов	Акклиматизация и разведение / посадка садово-паркового газона
Этап n	Здания и сооружения	Здания и сооружения горнопромышленного предприятия	Демонтаж и продажа оборудования	Демонтаж / модернизация зданий и сооружений для создания зон отдыха (парки, торгово-развлекательные комплексы)	Готовые здания и сооружения для ввода в эксплуатацию

подготавливаются под реализуемый проект зон отдыха (этап  $n$ ).

Мероприятия по реализации внедрения безотходных и малоотходных технологий (рис. 2) осуществляются поэтапно и параллельно (этапы с 1 по  $n$ ). Подготовительные работы для постройки рекреационных зон проводятся в период функционирования горнопромышленного предприятия. После полной выемки отвалов из отстойника (этап  $n - 5$ ) осуществляется поиск тендера на проект рекреационных зон. Ввод в эксплуатацию зон отдыха осуществляется после ликвидации предприятия (этап  $n + 2$ ). В отличие от типовых проектов по рекультивации, где процесс восстановления земель занимает более 5 лет, разработанный календарный план позволяет ввести в эксплуатацию зоны отдыха спустя короткий промежуток времени (до 3 лет) после ликвидации горнопромышленного предприятия.

Процедура управления поэтапной переработкой железорудных отходов для ликвидированных предприятий (рис. 3) отличается направленностью на утилизацию отходов и поиск источников внешнего финансирования. На основе оценки показателей сценариев внедрения малоотходных и безотходных технологий для ликвидированных предприятий (подэтап 1) проводится проверка на наличие денежных средств и основных фондов (подэтап 2). Финансирование работ по переработке отходов и рекультивации нарушенных земель осуществляется за счет продажи основных фондов ликвидированного предприятия (подэтап 3) и привлечения инвесторов (подэтап 4), а также государственного субсидирования.

На последующих подэтапах осуществляют переработку отходов (подэтапы 5 и 9) и рекультивацию нарушенных земель (подэтапы 6 и 10). В случае недоста-



568

точного объема финансирования внедрения технологий по переработке отходов часть техногенных ресурсов используется в качестве строительных материалов при создании зон отдыха или перевозится другим предприятием для дальнейшей утилизации. При отсутствии основных фондов ликвидированного предприятия финансирование работ осуществляется за счет привлечения инвестиций (подэтап 8). Создание зон отдыха (подэтап 12) проводится после переработки (утилизации) отходов и рекультивации земель (подэтапы 7 и 11).

Процедура управления поэтапной переработкой железорудных отходов для внедряемых проектов представлена на рис. 4.

Осуществляется оценка показателей сценариев внедрения малоотходных и безотходных технологий

(подэтап 1 для мониторинга образования отходов (подэтап 2) и нарушений земельного покрова (подэтап 3). При выявлении нарушений, производится анализ современных технологий по переработке отходов (подэтапы 4а и 4б) и рекультивации земель с их последующей реализацией (подэтапы 5а и 5б). Проведение периодического мониторинга обеспечивает предотвращение экологического ущерба (подэтап 7). Далее поэтапно создаются рекреационные зоны (подэтап 8) с вводом их в эксплуатацию при завершении последней стадии жизненного цикла горнопромышленного предприятия (подэтап 9) – ликвидации.

На основе предложенных процедур управления разработаны сценарии внедрения малоотходных и безотходных технологий для условий Таштагольского

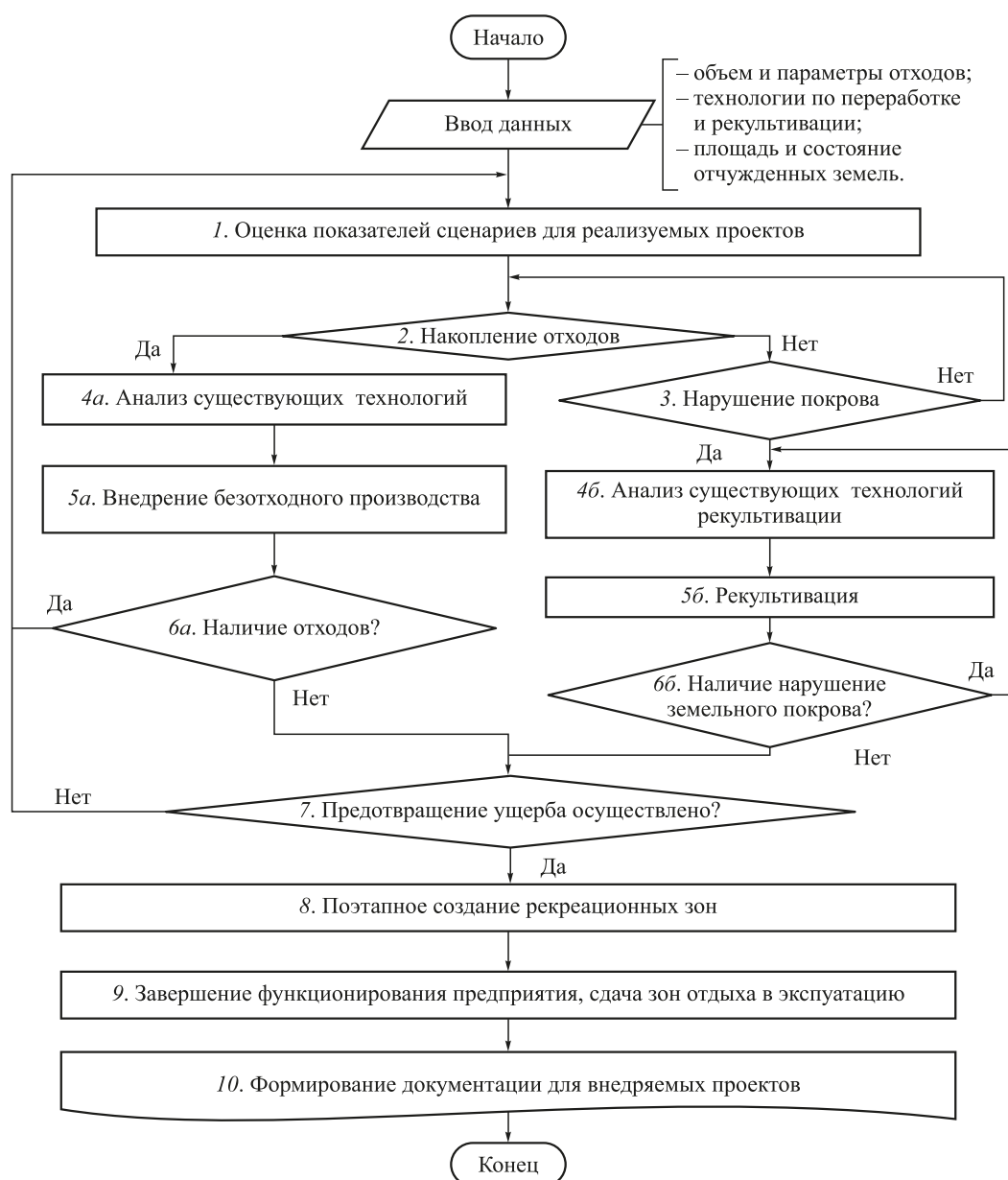


Рис. 4. Процедура управления поэтапной переработкой железорудных отходов для внедряемых проектов

Fig. 4. Procedure of step-by-step processing of iron ore wastes management for projects under implementation

района Кемеровской области. Данные сценарии направлены на строительство комплекса по переработке хвостов в период 2017 – 2018 гг. с получением продукции и созданием озелененных парков отдыха:

1) СМ – материалов для строительных нужд (отсыпка дорог, насыпей, дамб и пр.);

2) ЖКСВ – железорудного концентрата методом кучного выщелачивания серной кислотой, озелененные парки отдыха;

3) ЖКБВ – железорудного концентрата методом биологического выщелачивания;

4) ЗКБВ – золоторудного концентрата методом биологического выщелачивания;

5) ЗКЦВ – золоторудного концентрата выщелачиванием цианистым раствором.

Ввод в эксплуатацию комплекса по переработке осуществляется в 2019 г., выход на проектную мощность в 2020 г. Поэтапное восстановление освобожденных территорий производится с 2020 г. Строительство рекреационных зон планируется с 2031 г.

Моделирование разработанных сценариев [19] осуществлено на основе программного комплекса [18], реализованного в среде SciLab. Для отбора приоритетных сценариев осуществляется их многофакторное ранжирование. Задачу ранжирования сценариев можно сформулировать следующим образом.

**Задача.** Имеется множество сценариев  $A_s$ ,  $s \in [1, S]$ . Каждый  $s$ -й сценарий характеризуется критериями  $f_x$ ,  $x \in [1, 3]$ : экономический эффект –  $f_1$ ; площади нарушенных и восстановленных земель –  $f_2$ ; численность населения с нормативными социо-культурными показателями –  $f_3$ . Критерии включают в себя три уровня социально-экологической безопасности (СЭБ): низкий (Н)  $f_{H_x} \in [0; Y_{x1}]$ , умеренный (С)  $f_{C_x} \in [Y_{x1}; Y_{x2}]$  и высокий (В)  $f_{V_x} \in [Y_{x2}; 1]$ , где  $Y_{x1}$  и  $Y_{x2}$  – значения границ между низким и умеренным, умеренным и высоким уровнями СЭБ соответственно. При этом каждый  $s$ -й сценарий характеризуется  $w$ -м количеством высокого,  $g$ -м количеством умеренного и  $b$ -м количеством низкого уровней СЭБ.

**Требуется** ранжировать сценарии. Сценарию  $A_1^{rank(1)}$ , превосходящего сценарий  $A_0^{rank(z)}$  по  $w$ -му количеству высокого уровня СЭБ, присваивается первый ранг, если выполняется следующее:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (Kp_{tmmi} + Kz_{tmmi} - Gi_{tmmi}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $Kp_{tmmi}$  и  $Kz_{tmmi}$  – соответственно капитальные затраты для внедрения безотходных технологий и создания зон отдыха на  $t$ -м периоде времени в  $m$ -м районе на  $n$ -предприятии на  $i$ -м этапе эколого-технологического предела, руб;  $Gi_{tmmi}$  – государственные, частные и другие субсидии, руб.

При условиях:

Т а б л и ц а 2

**Ранжирование сценариев внедрения малоотходных и безотходных технологий на примере Таштагольского района**

*Table 2. Low-waste and waste-less technologies introduction scenarios ranking through the example of the Tashtagol district*

Сценарий	$f_1$ , млн. руб	$f_2$ , тыс. м <sup>2</sup>	$f_3$ , чел.	Уровни СЭБ			Ранг
				$f_1$	$f_2$	$f_3$	
СМ	841,02	9,65	114	В	В	С	2
ЖКСВ	601,50	9,50	166	В	В	В	1
ЖКБВ	412,11	9,50	161	С	В	В	2
ЗКБВ	590,50	9,70	164	В	В	В	1
ЗКЦВ	263,00	9,30	121	Н	В	Н	–

$$w(A_1^{rank(1)}) \geq w(A_s^{rank(z)}) \text{ при } z \in [1, 3]. \quad (2)$$

Сценарии, характеризующиеся количеством  $w = 3$ , являются приоритетными,  $w = 2$  – стабилизирующими,  $w = 1$  – перспективными (или регулирующие, направляющие).

Значения  $Y_{x1}$  и  $Y_{x2}$  определяются методом экспертных решений [20] и могут быть изменены в соответствии с социальными, экономическими и экологическими условиями горнопромышленного района. Ранжирование разработанных сценариев представлено в табл. 2.

На основе ранжирования определены два приоритетных сценария – ЖКСВ и ЗКБВ, а также стабилизирующие – СМ, ЖКБВ. Окончательный выбор сценариев из множества равновыгодных (одного ранга) проводится с учетом предпочтений лица, принимающего решения.

**Выводы.** Процедуры поэтапной переработки железорудных отходов горнопромышленных районов отличаются алгоритмической структурой для действующих, ликвидированных предприятий и внедряемых проектов в связи с их документационными, технологическими и финансовыми особенностями жизненного цикла предприятия. Разработанные процедуры основаны на календарном плане, параллельных поэтапных процессов переработки и восстановления нарушенных земель и обеспечивают полный цикл рационального природопользования, максимизацию экономического эффекта внедрения безотходных технологий, повышение социальных и экологических показателей горнопромышленных районов.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Barnett J. The meaning of environment security: ecological politics and policy in the new security era. – London, New York: Zed Books. 2001. 184 p.
2. Barry J., Eckersley R. The state and the global ecological crisis. – Cambridge: MA Mit Press, 2005. 230 p.



3. Mouravykh A.I. A chapter from the book «Security of Russia. Environmental protection problems, sustainable development and ecological security». – Moscow. 2000. 150 p.
4. Статистическая информация по вопросам охраны окружающей среды по регионам Сибирского федерального округа (СФО) за 2015 год [Электронный ресурс] // Экология и природные ресурсы Кемеровской области. Режим доступа: <http://ecokem.ru/wp-content/uploads/2016/09/СФО-за-20151.pdf> (Дата обращения 29.05.2017).
5. Образование отходов производства и потребления по видам экономической деятельности по Российской Федерации за 2015 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/environment](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment) (Дата обращения 29.05.2017).
6. Астахов А.С. Экологическая безопасность и эффективность природопользования. 2-е изд., стер. – М.: Горная книга, 2009. – 323 с.
7. Putz H.-J. Final fate of residues from the German recovered paper processing industry // 7 Research Forum on Recycling, Quebec City, Sept. 27 – 29. – PARTAC. 2004. P. 239 – 244.
8. Mineral processing plant design, practice and control. Vol. 1. SME Symposium proceedings, Vancouver, B.C., Canada, Oct. 20 – 24, 2002. 1264 p.
9. Choi J., Park K., Hong J., Kim H., Park J. Arsenic removal from mine tailings for recycling via flotation // Materials Transactions. 2013. Vol. 54. No. 12. P. 2291 – 2296.
10. Toloken S. Mining industry may use recycled plastic in shafts // Waste News. 2004. Vol. 10. No. 7. P. 7.
11. Burdzieva O.G., Golik V.I. Development of effective mining wastes recycling technologies on the basis of mechanochemical activation // The Ninth International Conference on Material Technologies and Modeling MMT-2016 Proceedings. 2016. P. 87 – 95.
12. Geise G., LeGalley E., Krekeler M.P.S. Mineralogical and geochemical investigations of silicate-rich mine waste from a kyanite mine in central Virginia: implications for mine waste recycling // Environmental Earth Sciences. 2011. Vol. 62. No. 1. P. 185 – 196.
13. Wang G., Zhang S., Xu X., Zhong Q., Zhang C., Jia Y., Li T., Deng O., Li Y. Heavy metal removal by glia washing: optimization, redistribution, recycling, and changes in soil fertility // The Science of the Total Environment. 2016. Vol. 569 – 570. P. 557 – 568.
14. Lowrie R. SME Mining Reference Handbook. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME) // Electronic edition published. 2009. 448 p.
15. Демографический ежегодник Кемеровской области: Статистический сборник. – Кемерово: Кемеровостат, 2015. – 214 с.
16. Демографический ежегодник России: Статистический сборник. – М.: Росстат, 2015. – 264 с.
17. Шорохова А.В., Новичихин А.В. Социально-экологическая безопасность горнопромышленных районов: разработка и конкретизация организационно-технологического механизма управления // Экономика и менеджмент системы управления. 2016. № 4.1. С. 194 – 200.
18. Шорохова А.В., Новичихин А.В. Имитационные модели социально-экологической безопасности горнопромышленных районов // Экономика и менеджмент системы управления. 2016. № 4. С. 93 – 100.
19. Шорохова А.В. Результаты моделирования процессов переработки и использования отходов с последующей социокультурной рекультивацией освобожденных территорий // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 1. С. 94 – 96.
20. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.

Поступила 1 июня 2017 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2017. Vol. 60. No. 7, pp. 565–572.

## PROCEDURES FOR STAGE PROCESSING OF IRON-ORE WASTES IN INDUSTRIAL MINING AREAS

*A.V. Novichikhin, A.V. Shorokhova*

**Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia**

**Abstract.** Authors substantiate development of management procedures for the step-by-step processing of iron ore wastes of mining regions that provide a full cycle of rational nature management through the introduction of waste-free and low-waste technologies, followed by reclamation and creation of recreation areas for people. Procedure for operating enterprises has been developed, that consists of structure and sequence of operation stages, sump recovery scheme, technological preparation of equipment, calendar plan. Stages are carried out in parallel and consist of waste recycling, reclamation, search, analysis and selection of tenders for recreational areas development. Waste processing and land reclamation are carried out during operation of mining enterprise. Commissioning of the territories intended for recreation of mining areas population is carried out after enterprise liquidation. Management of step-by-step processing of iron ore wastes for closed enterprises consists of the following stages: search for finance support for technogenic resources utilization and reclamation of disturbed land through the sale of available fixed assets (buildings, structures and equipment) and call for investments, including the state ones. In case of insufficient financing, part of iron ore waste is used as construction or packing material for reclamation. Management of the step-by-step processing of iron ore wastes for the projects under implementation includes non-continuous monitoring of man-made resources formation and land disturbance. When wastes are generated, an analysis of existing technologies aimed at their utilization and reclamation of disturbed lands is carried out. Non-continuous monitoring

helps to prevent potential environmental damage. During operation of enterprise, step-by-step development of recreation zones is carried out with its subsequent commissioning after the enterprise liquidation. Based on the proposed management of step-by-step processing of iron ore waste, scenarios for waste-free and low-waste technologies introduction in the Tashtagol District of the Kemerovo Region have been developed. Their simulation was carried out in SciLab. The problem of processing scenarios ranking has been stated and solved.

**Keywords:** low-waste and waste-less technologies, management procedures, mining areas, reclamation of disturbed lands, utilization, rational use of nature, waste, recreational areas.

**DOI:** 10.17073/0368-0797-2017-7-565-572

## REFERENCES

1. Barnett J. *The meaning of environment security: ecological politics and policy in the new security era*. London, New York: Zed Books, 2001, 184 p.
2. Barry J., Eckersley R. *The state and the global ecological crisis*. Cambridge: MA Mit Press, 2005, 230 p.
3. Mouravykh A.I. *Security of Russia. Environmental protection problems, sustainable development and ecological security*. Moscow, 2000, 150 p.
4. *Statisticheskaya informatsiya po voprosam okhrany okruzhayushchei sredy po regionam Sibirskogo federal'nogo okruga (SFO) za 2015 god* [Statistic information on environmental protection in the regions of the Siberian Federal District (SFD) in 2015]. *Ekologiya i prirodnye resursy Kemerovskoi oblasti* [Ecology and nature resour-

- ces of Kemerovo region]. Available at URL: <http://ecokem.ru/wp-content/uploads/2016/09/ЦФО-за-20151.pdf> (Accessed 22.05.2017). (In Russ.).
5. *Obrazovanie otkhodov proizvodstva i potrebleniya po vidam ekonomicheskoi deyatel'nosti po Rossiiskoi Federatsii za 2015 god* [Generation of production and consumption wastes by types of economic activity in the Russian Federation in 2015]. Available at URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/environment](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment) (Accessed 29.05.2017). (In Russ.).
6. Astakhov A.S. *Ekologicheskaya bezopasnost' i effektivnost' prirodopol'zovaniya* [Ecologic safety and efficiency of nature management.]. 2 nd ed. Moscow: Gornaya kniga, 2009, 323 p. (In Russ.).
7. Putz H.-J. Final fate of residues from the German recovered paper processing industry. *7 Research Forum on Recycling. Quebec City, Sept. 27–29. PARTAC, 2004*, pp. 239–244.
8. Mineral processing plant design, practice and control. Vol. 1. *SME Symposium proceedings, Vancouver, B.C., Canada, Oct. 20 – 24, 2002*. 1264 p.
9. Choi J., Park K., Hong J., Kim H., Park J. Arsenic removal from mine tailings for recycling via flotation. *Materials Transactions*. 2013, vol. 54, no. 12, pp. 2291–2296.
10. Toloken S. Mining industry may use recycled plastic in shafts. *Waste News*. 2004, vol. 10, no. 7, p. 7.
11. Burdzieva O.G., Golik V.I. Development of effective mining waste recycling technologies on the basis of mechanochemical activation. *The Ninth International Conference on Material Technologies and Modeling MMT-2016 Proceedings*. 2016, pp. 87–95.
12. Geise G., LeGalley E., Krekeler M.P.S. Mineralogical and geochemical investigations of silicate-rich mine waste from a kyanite mine in central Virginia: implications for mine waste recycling. *Environmental Earth Sciences*. 2011, vol. 62, no. 1, pp. 185–196.
13. Wang G., Zhang S., Xu X., Zhong Q., Zhang C., Jia Y., Li T., Deng O., Li Y. Heavy metal removal by gl'da washing: optimization, redistribution, recycling, and changes in soil fertility. *The Science of the Total Environment*. 2016, vol. 569–570, pp. 557–568.
14. Lowrie R. *SME Mining Reference Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME). Electronic edition published. 2009, 448 p.
15. *Demograficheskii ezhegodnik Kemerovskoi oblasti: Statisticheskii sbornik* [Demographic yearbook of the Kemerovo region: Statistical digest]. Kemerovo: Kemerovostat, 2015, 214 p. (In Russ.).
16. *Demograficheskii ezhegodnik Rossii: Statisticheskii sbornik* [Demographic yearbook of the Russian Federation: Statistical digest]. Moscow: Rosstat, 2015, 264 p. (In Russ.).
17. Shorokhova A.V., Novichikhin A.V. Social and economic safety of mining areas: development and determination of management mechanisms in terms of technology and control. *Ekonomika i menedzhment sistemy upravleniya*. 2016, no. 4.1, pp. 194–200. (In Russ.).
18. Shorokhova A.V., Novichikhin A.V. Simulation models of social and economic safety of mining areas. *Ekonomika i menedzhment sistemy upravleniya*. 2016, no. 4, pp. 93–100. (In Russ.).
19. Shorokhova A.V. The results of modeling the processes of waste processing and use with subsequent socio-cultural reclamation of vacated territories. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*. 2016, no. 1, pp. 94–96. (In Russ.).
20. Trakhtengerts E.A. *Komp'yuternaya podderzhka prinyatiya reshenii* [Computer support of decision making]. Moscow: SINTEG, 1998, 376 p. (In Russ.).

#### Information about the authors:

*A.V. Novichikhin, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Professor, Head of the Chair of Transport and Logistics* ([novitchihin@pochta.ru](mailto:novitchihin@pochta.ru))

*A.V. Shorokhova, Senior Lecturer of the Chair of Business and Innovation* ([shoroxova\\_a@mail.ru](mailto:shoroxova_a@mail.ru))

Received June 1, 2017