

Вилкул Ю. Г. /д. т. н./
Академия горных наук Украины
Азарян А. А. /д. т. н./
КНУ

Колосов В. А. /д. т. н./
«УкрРудПром»
Караманич Ф. И.
ПАО «Кривбассжелезрудком»

Качество железорудного сырья Украины и пути его повышения

Изложен анализ объемов производства железорудного сырья в Украине и его качество за 2003-2013 гг. Приведена система оперативного контроля и управления качеством при добыче, обогащении и отгрузке товарной продукции. Ил. 8. Библиогр.: 7 назв.

Ключевые слова: качество, минеральное сырье, геофизический, оптимизация, факторы

Analysis is presented in production of iron ore in Ukraine and its quality for 2003-2013 years. Refer the system of operational control and quality management with mining and shipment of commercial products.

Keywords: quality, mineral raw materials, geophysical, optimization, factors

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

Эффективность железорудного производства во многом определяется степенью извлечения сырья при добыче, а также извлечением в обогащательном пределе. Показатели переработки руды существенно зависят от качества извлекаемого из недр железорудного сырья. При нестабильности качества извлекаемого минерального сырья невозможно оптимизировать технологические процессы обогащательных секций. Как следствие, при обогащении возникают дополнительные потери.

Для оперативного планирования горных работ исходной информацией являются результаты маркшейдерско-геологических, горно-геометрических и геофизических исследований. Низкое качество природного минерального сырья Украины вызывает необходимость выполнения комплекса информационных, технологических, организационных работ для его повышения с целью обеспечения конкурентоспособности и экономичности.

Целью работы является анализ статистических данных и поиск путей оптимизации качества и объемов добычи железорудного сырья в Украине.

Данных эксплуатационной разведки о качестве железорудного сырья недостаточно для его оперативного управления, в связи с чем необходимо дополнительно использовать геофизические методы.

Изложение материала и результаты

Факторы, влияющие на формирование качества минерального сырья, можно разделить на две группы: неуправляемые и управляемые. Неуправляемыми являются природные, а управля-

емыми – технологические, технические, экономические и экологические.

Важнейшим фактором, влияющим на экономические показатели горнометаллургического производства, является стабильность качества минерального сырья. Колебания качества руды создают трудности в ее переработке, ухудшая технологические показатели обогащения. Это, в свою очередь, приводит к неэффективному использованию минерального сырья, увеличению затрат на металлургический передел и, как следствие, к снижению экономической эффективности всего горнометаллургического комплекса.

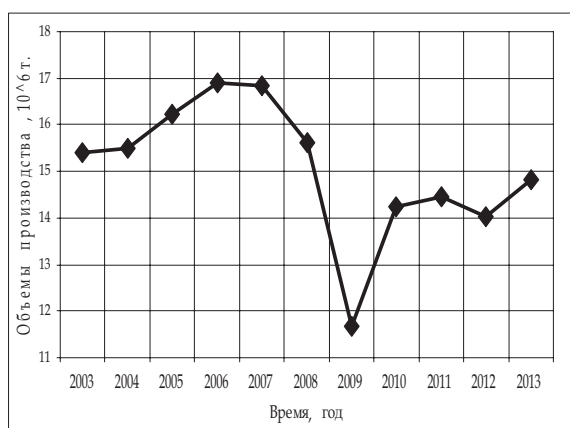
Основной способ оптимизации качества минерального сырья – это технологический, который реализуется на стадии подготовки минерального сырья к обогащению [2-4].

Ниже приведен анализ статистических данных качества и объемов добычи железорудного сырья [1].

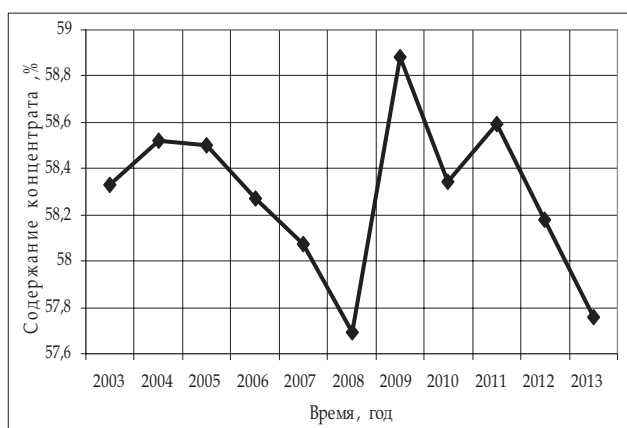
На рис. 1 приведены графики динамики объемов производства и качества неагломерированной железной руды за последние 10 лет в Украине.

Наибольший спад объемов производства наблюдается в 2009 г. и составляет более 30 %. Несмотря на определенный рост производства за период 2010-2013 гг., еще не достигнут уровень 2006-2007 гг.

Содержание железа в неагломерированной руде за период 2003-2006 гг. сохранилось на уровне 58,3-58,5 %. Наибольший уровень качества (58,85 %) неагломерированной руды приходится на 2009 г. Начиная с 2011 г. наблюдается снижение качества в неагломерированной руде и в 2013 г. качество снизилось почти до уровня 2008 г.



а)



б)

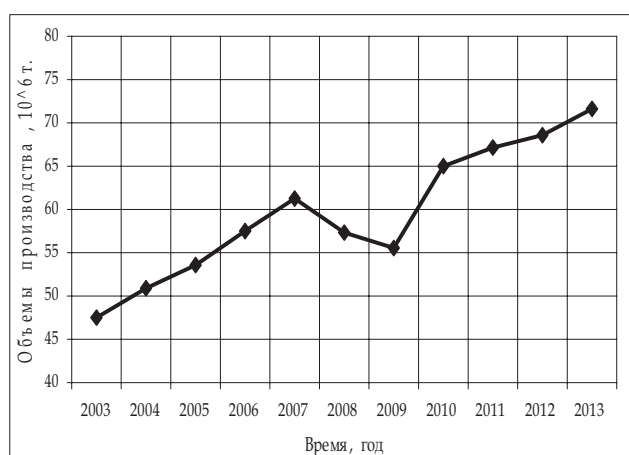
Рис. 1. Динамика объемов производства (а) и качества (б) неагломерированной железной руды за 2003-2013 гг. в Украине

На рис. 2 приведены графики зависимостей объемов производства концентрата (а) и содержания железа в концентрате (б) за 2003-2013 гг. в Украине.

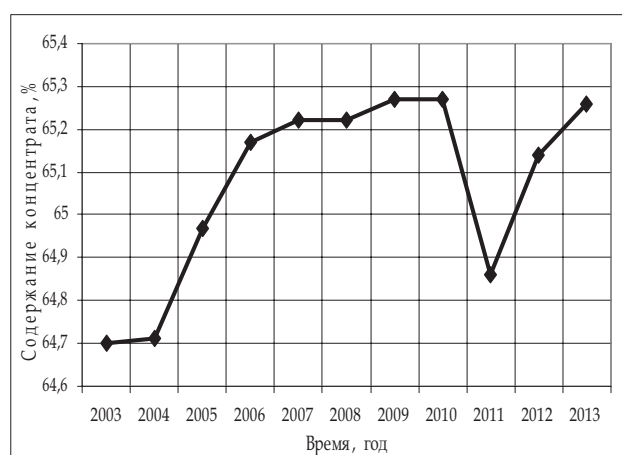
Объем товарной руды до 2009 г. держался стабильно более 20 млн т, а в производстве концен-

трага после незначительного спада 2009 г. наблюдается стабильный рост и в 2013 г. составил более 70 млн т.

На рис. 3 приведены графики зависимостей объемов производства и качества окатышей за 2003-2013 гг. в Украине.

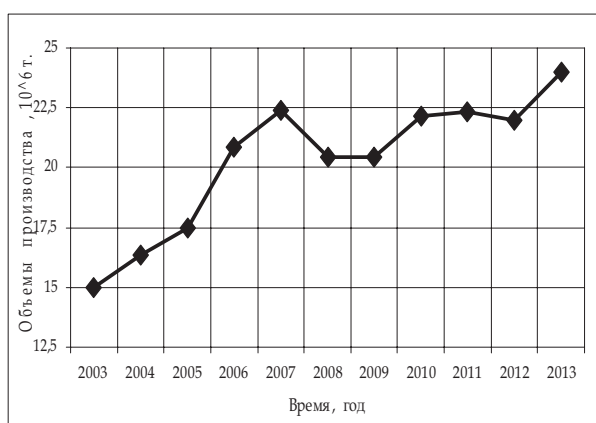


а)

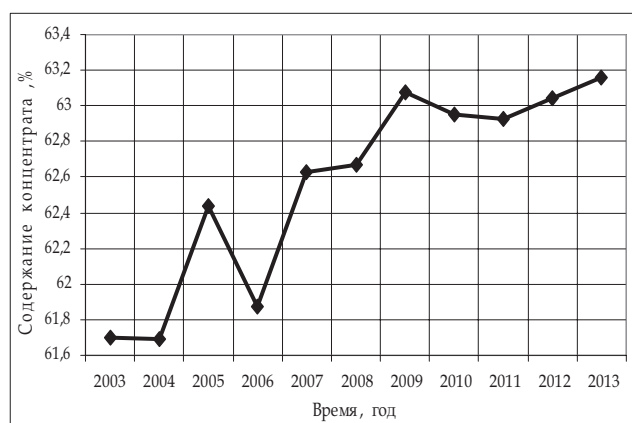


б)

Рис. 2. Динамика объемов производства концентрата (а) и содержание железа (б) в концентрате за 2003-2013 гг. в Украине



а)



б)

Рис. 3. Динамика объемов производства (а) и качества (б) окатышей за 2003-2013 гг. в Украине

С 2003 до 2007 г. наблюдался стабильный рост производства агломерата. Сравнивая объемы производства концентрата и агломерата с динамикой производства окатышей за последние 10 лет можно заметить, что имеется тесная зависимость между ними. Видно, что спад производства окатышей приходится на 2009 г. – год эконо-

номического кризиса. Максимальный уровень производства железорудных окатышей достигнут в 2013 г. и составляет более 23 млн т.

На рис. 4-6 приведены объемы производства железорудной продукции, железной неагломерированной руды, окатышей и концентрата предприятиями Украины за последний 10 лет [1].

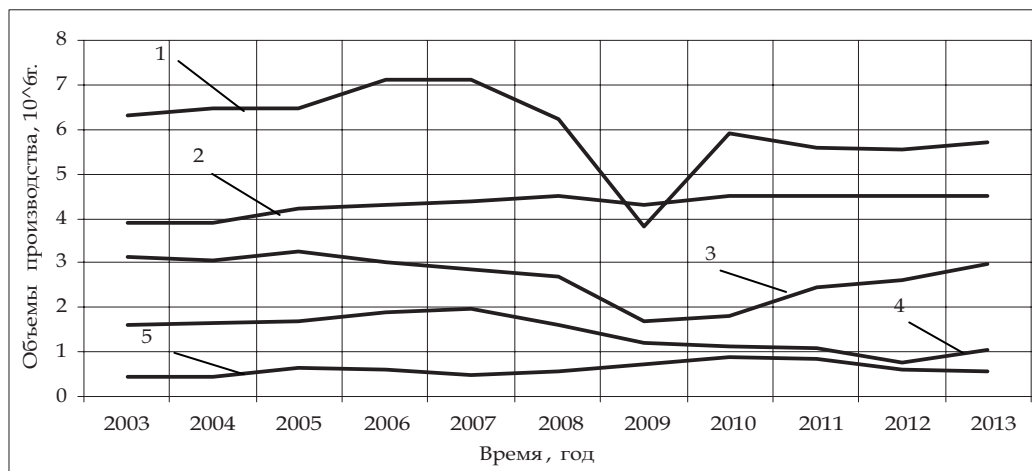


Рис. 4. Динамика объемов производства неагломерированной железной руды на предприятиях Кривбасса:

1 – КЖРК; 2 – ЗЖРК; 3 – Сухая Балка; 4 – ШУ «АрселорМиттал»; 5 – Укрмеханобр

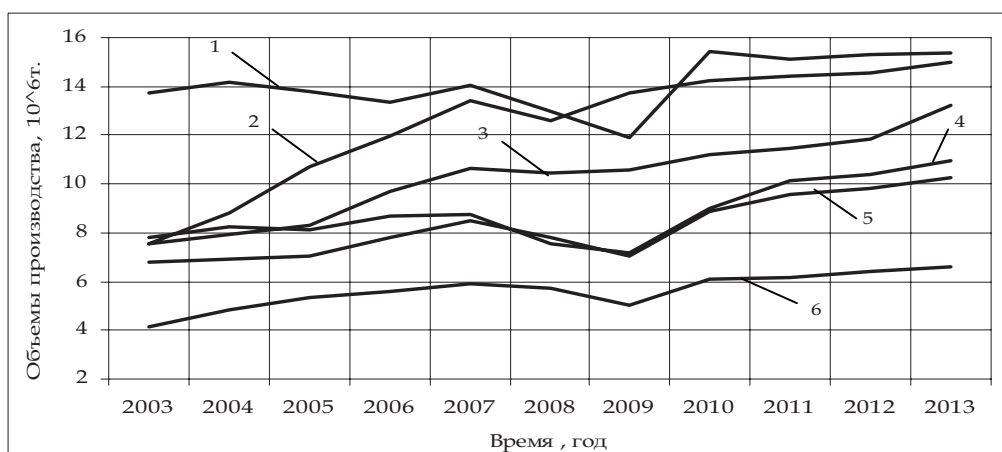


Рис. 5. Динамика объемов производства концентрата:

1 – ИнГОК, 2 – СевГОК, 3 – Полт.ГОК, 4 – ЮГОК, 5 – ГОК «АрселорМиттал», 6 – ЦГОК

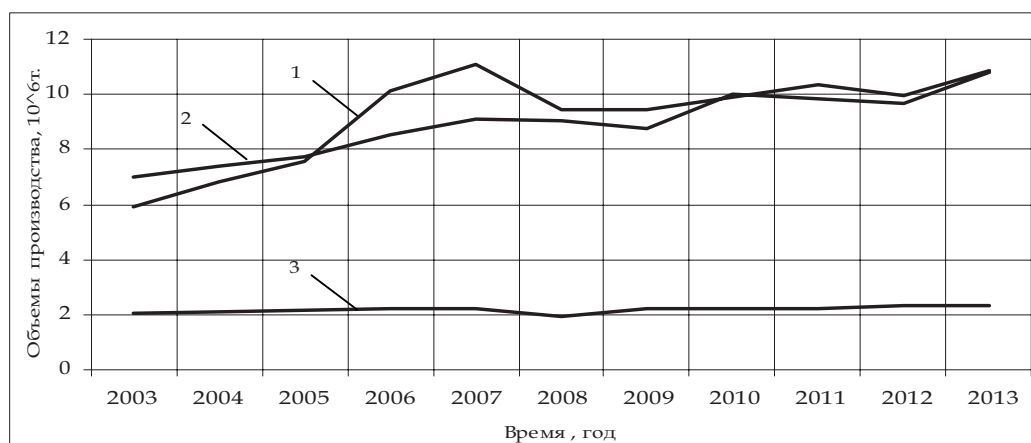


Рис. 6. Динамика объемов производства железорудных окатышей:

1 – СевГоК; 2 – Полтавский ГОК; 3 – ЦГОК

Лидером в производстве железной неагломерированной руды является КЖРК, в области производства окатышей – Северный ГОК, и совсем немного отстает Полтавский ГОК. В области производства концентрата лидерами являются ИнГОК и СевГОК.

Для стабилизации показателей качества руды технологически и экономически более эффективно, если процесс осуществляется по схеме рудник-транспортировка руды-обогащительная фабрика. При этом достичь снижения колебаний в низкочастотной части спектра изменчивости качества руды можно непосредственно на руднике. На обогащительной фабрике целесообразно снижать его высокочастотную составляющую. Технология усреднения рудной массы и ее параметры зависят от размаха и, соответственно, частоты изменчивости качества, а также от среднего уровня содержания полезного компонента в разрабатываемом участке недр.

Особо важную роль в управлении качеством минерального сырья играют геофизические методы опробования [2, 3]. В отличие от традиционных методов, которые очень длительны и трудоемки, эти методы дают возможность оперативно определять содержание как магнитного, так и общего железа на всех этапах добычи и переработки руды. Эти методы, благодаря технологичности, сравнительно низкой стоимости и оперативности практически мгновенно выдают информацию о качестве руд в естественном залегании (каротаж взрывных скважин) в отбитой, дробленной и измельченной горной массе. Кроме того, эти методы позволяют сортировать горную массу на стадии отбойки руды.

Для оптимизации показателей горнодобывающих предприятий используются также параметры: содержание полезного компонента, динамика (изменчивость) содержания полезного компонента и объем горной массы [7, 8]. При этом каждая операция управления качеством руд состоит из двух основных стадий определения содержания полезного компонента в каждой партии руды и применение к ней управляющего воздействия.

Управляющие воздействия могут быть двух видов: разделение, которое направлено на изменение абсолютного значения содержания по-

лезного компонента, и объединение (смешивание, усреднение), которое призвано уменьшить диапазон изменчивости содержания полезного компонента.

К процессу разделения можно отнести селективную выемку, сортировку и радиометрическую сепарацию [3, 6].

Как разделение, так и объединение преследуют единственную цель – оптимизация качества руды, что в конечном итоге снижает энергозатраты, потери руд, разубоживание и стабилизирует режим работы обогащительных установок, т. е. в итоге снижает себестоимость 1 т товарной руды.

В проблемно-отраслевой научно-исследовательской лаборатории министерства промышленной политики Украины при Криворожском национальном университете разработаны методы и средства оперативного контроля и управления качеством минерального сырья. Эти методы и средства позволяют оперативно контролировать качество железорудного сырья, включая все этапы от добычи до переработки и поставки товарной руды и концентрата потребителям. В настоящее время на всех шахтах и ГОКах Кривбасса, а также на ЗЖРК, ПГОКа, ВостГОКа полностью, либо частично, используют разработки проблемно-отраслевой лаборатории [2, 4, 6, 7].

Совместно с сотрудниками «ПАО Кривбасс-железрудком» разработана автоматизированная система оперативного контроля и управления качеством и объемами железорудного сырья при добыче, переработке и отгрузке товарной руды.

Процесс добычи и переработки железорудного сырья можно условно разделить на четыре этапа (рис. 7).

Система оперативного контроля качества товарной руды при отгрузке потребителям (рис. 8) содержит конус товарной руды 1, каротажное зондовое устройство 2, рудничный радиометр 3, предназначенный для сканирования конуса товарной руды до погрузки, блок сбора данных 4, центральный процессор с персональным компьютером 5, блок сертификата отгрузки 6, блок управления погрузкой 7, комплексное измерительное устройство 8 для оперативного контро-

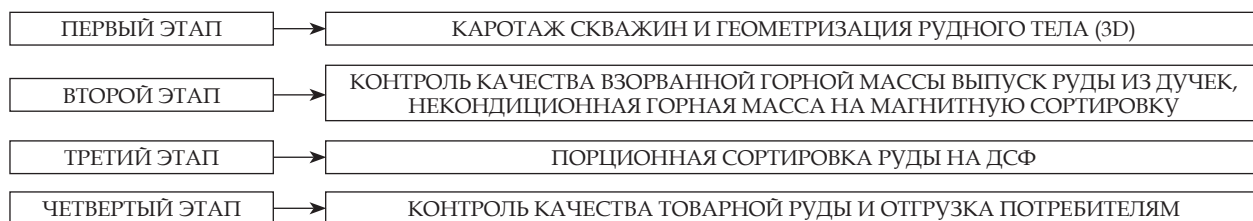


Рис. 7. Этапы подготовки блока, добычи и переработки железорудного сырья

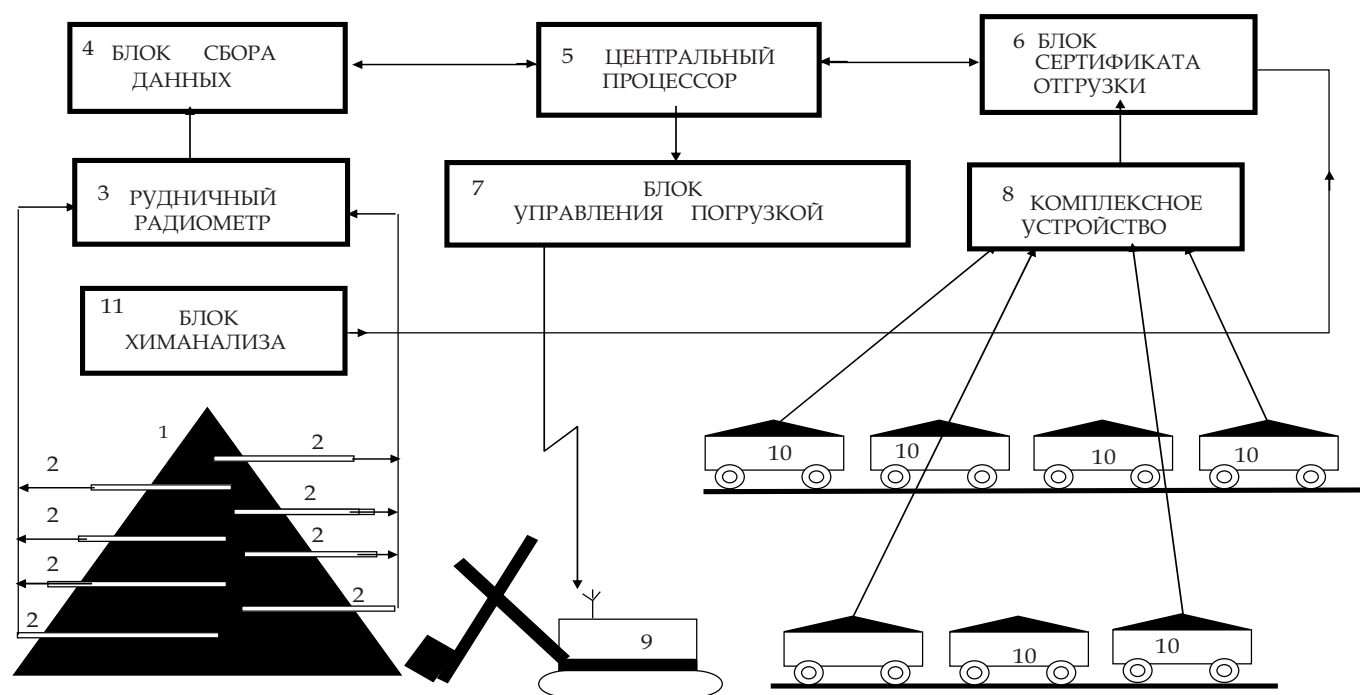


Рис. 8. Функциональная схема системы оперативного контроля качества товарной руды при отгрузке потребителям

ля качества товарной руды после погрузки, экскаватор для погрузки товарной руды 9 и железнодорожные вагоны 10, а также блок химического анализа руды 11.

Принцип работы системы заключается в следующем. Перед погрузкой товарной руды 1 в железнодорожные вагоны 10, при помощи каротажного зондового устройства 2 совместно с рудничным радиометром 3 выполняется каротаж конуса товарной руды 1.

Для регистрации рассеянного гамма-излучения используется зондовое устройство 2 и переносной рудничный радиометр 3, состоящий из измерительного пульта и блока детектирования. Измерительный пульт – это универсальное устройство для приема, обработки и хранения информации, поступающей с блоков детектирования 2.

Блок детектирования представляет собой пустотелый алюминиевый цилиндр с расположенными внутри него электронными узлами, на один из концов которого навинчивается зондовое устройство, а на другой – реверсивный электродвигатель.

В каротажном зондовом устройстве расположены свинцовая защита и коллиматоры для установки источников. В качестве источника гамма-излучения использован изотоп Am^{241} с энергией около 60 кэВ, активностью $4,07 \cdot 10^7$ Бк, расположенный в коллиматоре зондового устройства. Зондовое устройство работает в геометрии 4р.

Отраженное от товарной руды 1 вторичное излучение регистрируется с помощью сцинтилляционного детектора (NaI) и ФЭУ-60, далее преобразуется в импульсы напряжения, усиливаются, нормализуются и передаются в измерительный пульт для обработки.

Зондовое устройство для опробования в условиях склада товарной руды дополнено держателем и конусным наконечником. Расстояние от вершины наконечника до источника гамма-излучения составляет 310 мм.

Зондовое устройство 2 представляет собой комбинированную самоориентирующуюся систему, геометрия измерения которой несколько превышает 2р.

Источники излучения (америций-241) установлены в свинцовых контейнерах, имеющих форму усеченного цилиндра и укрепленных на одной оси. Благодаря такой конструкции контейнеры с источниками, находясь в горизонтальной или наклонной скважине, ориентируются источниками вверх, т. е. по нормали к верхней образующей.

Информация о качестве в отгружаемом конусе товарной руды 1 с выхода рудничного радиометра 3 и блок сбора данных 4 через локальную компьютерную сеть поступает на вход центрального процессора 5 и через блок управления погрузкой 7 подается на монитор экскаватора 9, тем самым обеспечивается динамическое усреднение товарной руды 1 и селективная погрузка вагонов 10 железнодорожного маршрута.

С целью повышения точности контроля и выдачи сертификата, после отгрузки всех вагонов осуществляется выборочный контроль качества при помощи стационарного комплексного измерительного устройства 8 последовательно соединенного с блоком сертификата отгрузки 6 и центральным процессором 5. Блок сертификата отгрузки 6 контролирует качество отгруженной руды в вагонах 10, сравнивая оперативные данные с информацией о кондиции руды хранящейся в блоке химического анализа руды 11. Это обеспечивает контроль качества в вагонах 10 и формирует базу данных отгруженной товарной руды в виде сертификата.

Выводы

1. Наибольший спад объемов производства наблюдается в 2009 г. и составляет более 30 %. Однако, несмотря на определенный рост производства за период 2010-2013 гг., еще не достигнут уровень 2006-2007 гг. Содержание железа в неагломерированной руде за период 2003-2006 гг. сохранилось на уровне 58,3-58,5 %. Максимальный уровень качества неагломерированной руды приходится на 2009 г. (58,85 %).

2. Объем товарной руды до 2009 г. практически держался стабильно на уровне более 20 млн т. Уровень производства концентрата после незначительного спада в 2009 г. имел стабильный рост и в 2013 г. составил более 70 млн т.

3. За прошедшие десять лет объем производства концентрата в Украине вырос на 59 % (от 45 до 71,59 млн т), а качество концентрата от 64,68 до 65,25 %. При этом рост объема добычи товарной руды за указанный период составил более 37 %.

4. Максимальный уровень производства железорудных окатышей в Украине достигнут в 2013 г. (около 24 млн т), а агломерата вырос более чем на 38 %.

5. Лидером в производстве железной неагломерированной руды является КЖРК, в производстве окатышей – Северный ГОК, и совсем немного отстает Полтавский ГОК. В производстве концентрата лидерами являются ИнГОК и СевГОК.

6. Для оптимизации качества товарной руды, снижения калемлемости и увеличения объемов необходимо на всех этапах добычи и переработки использовать геофизические методы оперативного контроля и управления качеством железорудного сырья.

Библиографический список

1. Горнорудная промышленность Украины, Интернет-сайт «Укррудпром» <http://www.ukrrudprom.ua/reference/industry/gmk.html>.

2. Состояние проблемы контроля качества руд при добыче и переработке железорудного сырья / А. А. Азарян, Ю. Г. Вилкул, В. Д. Сидоренко, В. А. Колосов, Ф. И. Караманец. – *Металлург. и горноруд. пром.-сть.* – 2004. – №1. – С. 88-90.

3. Вилкул Ю. Г., Азарян А. А. Проблемы расширения сырьевой базы и утилизации отходов горнометаллургической промышленности / *Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кривой Рог, 2011. – С. 9-20.*

4. Качество минерального сырья / А. А. Азарян, В. А. Колосов, Л. А. Ломовцев, А. Д. Учитель. – *Кривой Рог. Минерал.* – 2001. – 203 с.

5. Вилкул Ю. Г., Азарян А. А., Азарян В. А., Трачук А. А. Проблемы переработки минерального сырья техногенных месторождений Украины. *Горная промышленность, специальный выпуск.* – 2011. – С. 13-15.

6. Азарян А. А., Вилкул Ю. Г., Колосов В. А. Оперативный контроль качества минерального сырья – М.: *Горный журнал.* – 2005. – № 5. – С. 106-10.

7. Азарян А. А. Инструкция по нормированию, прогнозированию и учету показателей извлечения руды из недр при подземной разработке железорудных месторождений / А. А. Азарян, В. А. Колосов, А. В. Моргун, В. К. Плеханов, С. О. Попов. – *Кривой Рог: Минерал.* – 2005. – 129 с.

Поступила 28.11.2014

Metallurgical and Mining
Industry

www.metaljournal.com.ua