

Представлені в роботі результати планується використовувати для подальших досліджень, пов'язаних із розробкою паралельної комп'ютерної системи.

Список літератури

1. **Купін А.І., Замятін Д.С., Щукін В.Б., Петрашенко А.В.** Застосування методу Монте-Карло для комп'ютерного прогнозування якості сировини в умовах збагачувального виробництва // Науковий вісник чернівецького університету. Збірник наукових праць. Комп'ютерні системи та компоненти. Том 1. Випуск 2. –Чернівці. –2010. –С. 130-138.
2. **Смолич С.В., Смолич К.С.** Решение горно-геологических задач методом „Монте-Карло” [Електронний ресурс]: Учеб. пособие. –Чита: ЧитГУ, 2004. –103 с. –Режим доступу: http://window.edu.ru/window_catalog/files/r59274/smolich_monte-karlo.pdf.
3. **Мемнонов В.П.** Тестирование генераторов случайных чисел для использования в параллельных программах. [Електронний ресурс]: Портал "Информационно-коммуникационные технологии в образовании". –Режим доступу: www.ict.edu.ru/vconf/files/11471.pdf.
4. **Мухин О.И.** Моделирование систем. [Електронний ресурс]: Проект «Stratum». –Режим доступу: <http://www.stratum.ac.ru/textbooks/modelir/contents.html>.
5. **Андронов А.М., Копытов Е.А., Гринглаз Н.Я.** Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. –Спб.: Питер, 2004. –461 с.
6. **Саййид Реза, Кен Стрэндберг.** Прирост производительности с помощью распараллеливания приложения, использующего генератор случайных чисел. [Електронний ресурс]: Intel Software Network. –Режим доступу: <http://software.intel.com/ru-ru/articles/gaining-speedup-in-a-parallelizable-workload-with-dependence-on-random-number-generation/>.

УДК 622.2

П.П. МАЗУРОК, д-р экон. наук, проф., директор Криворожского экономического института

А.В. ПЛОТНИКОВ, д-р геол. наук, проф., зам. директора по научной работе Криворожского экономического института.

КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТИЕРИСТИКА ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УКРАИНЫ И МИРА

Выполнена качественная оценка железорудной минерально-сырьевой базы Украины и мира. Показано, что несмотря на лидирующее место Украины по разведанным запасам железных руд, балансовые запасы горнодобывающих предприятий имеют значительно более низкие качественные показатели по сравнению с мировыми аналогами. Проведена сравнительная характеристика горно-геологических условий эксплуатации месторождений Украины и стран с развитым горнодобывающим комплексом. Разработаны рекомендации по повышению качественных показателей балансовых запасов железных руд Украины.

Виконано якісну оцінку залізорудної мінерально-сировинної бази України й світу. Показано, що незважаючи на лідируюче місце України по розвіданих запасах залізних руд, балансові запаси гірничодобувних підприємств мають значно більше низькі якісні показники в порівнянні зі світовими аналогами. Проведено порівняльну характеристику гірничо-геологічних умов експлуатації родовищ України й країн з розвиненим гірничодобувним комплексом. Розроблено рекомендації з підвищення якісних показників балансових запасів залізних руд України.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Железорудная промышленность занимает важное место в экономике Украины. Потребление железной руды на душу населения является одним из важнейших показателей индустриализации страны. Например, в Японии потребление железа на душу населения составляет около 1000 кг, в Германии – 510 кг, в Китае – 215 кг. Среднемировое потребление железа в настоящее время – около 180 кг на душу населения. Учитывая современный уровень железнодо-бывающего производства, нынешних статических запасов железной руды человечеству хватит на 140 лет.

Мировые разведанные запасы железной руды составляют порядка 160 млрд. тонн, содержащих около 80 млрд. тонн чистого железа [2]. По данным Геологической службы США, только три страны: Украина, Россия и Австралия – владеют 46 % мировых запасов железа (рис. 1).

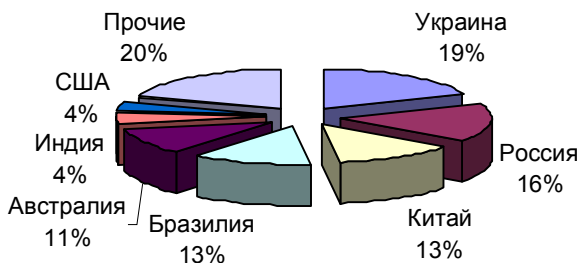


Рис. 1. Распределение разведанных запасов железа

По данным Геологической службы США, мировая добыча железной руды составила в 2007 году 1,93 млрд. тонн, увеличившись по сравнению с предыдущим годом на 7 %. Статистический анализ развития железорудной минерально-сырьевой базы Украины и мира, проведенный по данным предложения и спроса на железорудную продукцию на мировом рынке за последние тридцать лет, показывает наличие определенного положительного тренда.

Анализ структуры и качественных показателей железорудной продукции показывает, что опережающими темпами будет расти потребление железных руд для качественной металлургии [1, 3-5].

Постановка задачи. В связи с вышеописанным задачей исследований являлась сравнительная характеристика горно-геологических условий эксплуатации месторождений Украины и стран с развитым горнодобывающим

комплексом и разработка рекомендации по повышению качественных показателей балансовых запасов железных руд Украины.

Изложения материала и результаты. Разработка железорудных месторождений осуществляется в 50-ти странах мира. Однако, более 91 % мировой добычи железной руды сконцентрировано в десяти странах. Украина занимает седьмое место по добыче железной руды, производя около 5 % мирового объема товарной железорудной продукции (рис. 2).

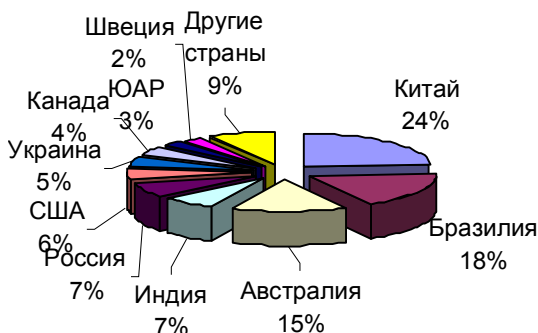


Рис. 2. Распределение мировой добычи железной руды

От 40 до 50 % добытой железной руды экспортируется. Основными странами-экспортерами является Австралия, Бразилия, Канада, Индия, Украина и Россия. Основные импортеры железорудной продукции – Япония, Китай, западноевропейские страны (Германия, Франция, Англия, Италия), Корея и США.

В Украине балансовые запасы железных руд, которые взяты на учет Государственным балансом запасов полезных ископаемых составляют около 32 млрд.т. Эксплуатационные запасы железных руд могут обеспечить непрерывную работу предприятий в среднем до 60 лет. Сравнение количественно-качественных показателей разведанных запасов железных руд (рис.3) свидетельствует о лидирующем месте Украины.

В то же время в странах с устойчивой рыночной экономикой расчетный срок существования горнодобывающих предприятий (обеспеченность их промышленными запасами) не превышает тридцати лет.

В настоящее время в Украине разведано более 50-ти промышленных месторождений железных руд, которые представлены тремя основными типами: богатыми мартитовыми и магнетитовыми рудами, железистыми кварцитами (магнетитовыми и окисленными), бурыми железняками (осадочными морскими в Керченском железорудном бассейне, и переотложенными, которые образованы за счет первых двух типов руд, в Криворожском железорудном бассейне). Из них эксплуатируются 23 месторождения, остальные – резервные, или не намеченные к освоению в ближайшее время (табл. 1). К тому же в некоторых районах (Одесско-Белоцерковский, Конкско-Верховцевский, Орехово-Павлоградский, Приазовский и др.) поисковыми и разведочными

работами выявлено и разведано целый ряд месторождений, рудопроявлений, магнитных аномалий. Однако перспективы освоения большинства из них незначительны.

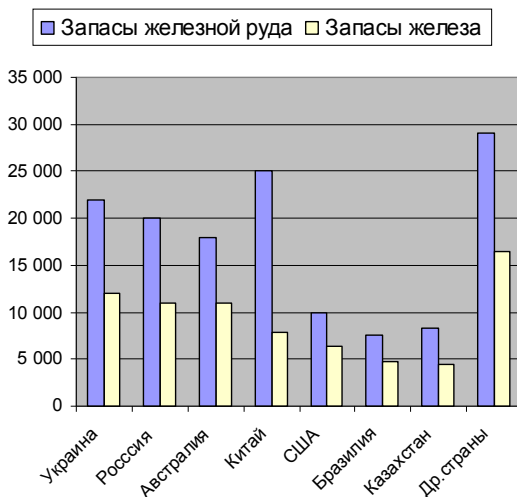


Рис. 3. Сравнение количественно-качественных показателей разведанных запасов железных руд

Таблица 1

Промышленные запасы и добыча железных руд в Украине

Железорудные районы	Количество месторождений		Промышленные запасы, тыс.т.	Добыча железной руды, тыс. т.
	Всего	Находятся в эксплуатации		
Криворожский	29	18	16946778	98753.5
Кременчутский	5	2	4326634	16295
Белозерский	6	1	2516707	3525
Керченский	8	-	1413749	-
Желтореченский	4	2	671875	4193

Доминирующее промышленное значение имеют месторождения железистых кварцитов докембрийских железисто-кремнистых формаций (69% добычи, 65% балансовых промышленных запасов и 86% прогнозных ресурсов Украины). Особенностью железорудной минерально-сырьевой базы Украины является низкое качество и худшие условия разработки по сравнению с аналогами в странах с рыночной экономикой. Так, практически нигде в мире железная руда не добывается с таких глубин, как в Украине. Баланс запасов перегружен нерентабельными в ближайшем будущем ресурсами и его переоценка по рыночным критериям приведет к уменьшению абсолютной величины разведанных запасов.

Несмотря на то, что предварительные оценки указывают на наличие значительных возможностей прироста прогнозных ресурсов железных руд в

пределах Криворожско-Кременчугской, Белоцерковско-Одесской, Орехово-Павлоградской, Приазовской металлогенических зон, строительство новых предприятий для добычи и переработки железных руд потребует огромных средств и при современном экономическом состоянии страны невозможно. В современных условиях целесообразнее направить геологические исследования на существенное улучшение существующей минерально-сырьевой базы, расширение и доизучение её с новых позиций, ориентируясь прежде всего на современные требования рынка к качеству железорудного минерального сырья.

Поскольку 98,5 % железорудной продукции используют для нужд черной металлургии, то требования к качеству минерально-сырьевой базы исходят из требований к стали, чугуну, а также из технологических особенностей сталеплавильного производства. Существуют кондиции на запасы руды в недрах, а также требования к добытой и товарной руде.

В Украине и Восточной Европе основным технологическим процессом является доменный, поэтому требования к качеству железорудной продукции ориентированы прежде всего на него. Требования к качеству железорудной продукции, которая экспортируется в Западную Европу, выше, поскольку определяющей тенденцией металлургического производства в этом регионе является прямое восстановление железа в рудах, минуя доменный процесс (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав железорудного сырья, которое используется для прямого восстановления железа

Вид сырья (страна)	Fe _{общ.}	P	S	Пустая порода	
				Всего	В том числе Si ₂
Кусковая руда (Бразилия, ЮАР, Япония, Мексика)	66,2-68,5	0,010-0,042	0,005-0,020	4,2-6,0	0,70-2,54
Окатыши (Швеция, Бразилия, Канада, США, Япония, Мексика)	66,4-68,1	0,012-0,061	0,002-0,020	3,0-5,8	1,01-2,18
Окатыши Лебединского ГОКа, неофлюсованные	67,0	0,015	0,020	6,0	4,2

Прежде всего, предъявляются требования к качеству исходного минерального сырья – гомогенность рудного минерала и его изоморфная чистота. Магнетит месторождений железистых кварцитов, особенно низких фаций метаморфизма, содержит примеси магния, алюминия, титана, марганца и других элементов, а также субмикроскопические включения продуктов распада твердых растворов, или реликтовых минералов. Качественный и количественный состав элементов-примесей в магнетите определяется формационной принадлежностью руд, а также условиями осадконакопления.

О тщательности оценки железорудного минерального сырья европейскими потребителями свидетельствуют действующие мировые стандарты (в

настоящее время по железным рудам их 38). По этим стандартам оценивают химический состав и физические свойства. По химическому составу основными показателями качества продукции является содержание железа, кремнезема, фосфора, марганца, алюминия, серы, титана, кальция и магния, меди, фтора, натрия и калия, мышьяка, свинца и цинка. Содержание железа в товарной продукции влияет на себестоимость металлургической переработки. С повышением содержания железа в концентрате увеличиваются затраты на обогащение, но снижаются они на металлургическую переработку. Поскольку общая стоимость металлургической переработки выше стоимости обогащения, то целесообразнее повышать содержание железа в концентрате, чем использовать концентрат низкого качества (табл.3).

Таблица 3

Требования промышленности к качеству железорудных концентратов, произведенных из железистых кварцитов

Назначение концентрата	Мин. Fe _{общ.}	Максимальное содержание, %								
		Si ₂	Al ₂ O ₃	Ca	Mg	Mn	S	P	K ₂ O	Ti ₂
Электрометаллургия	69,5	3,0	-	-	-	0,05	0,06	0,04	0,08	-
Аккумуляторное производство	71,0	1,0	0,13	0,04	0,04	0,04	-	-	-	0,03
Порошковая металлургия: низкий сорт	71,4	0,4	0,20	0,10	0,10	0,50	0,05	0,03	-	0,08
средний сорт	71,8	0,3	0,10	-	0,04	0,30	0,02	0,02	-	0,04
высший сорт	72,0	0,15	0,10	-	0,02	0,02	0,015	0,015	-	0,015

Металлургическая ценность железных руд зависит не только от содержания в них железа, но и от основности. Основными рудами являются те, у которых коэффициент основности больше или равен единице

$$\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3} \geq 1$$

Не менее важными являются показатели качества, которые определяют физические, физико-химические и физико-механические свойства. Таким образом, важными требованиями к железорудному сырью являются химическая чистота рудного минерала, способность обогащаться почти до мономинеральных концентратов, свободных от вредных примесей и соответствие содержания шлакообразующих оксидов к требованиям дальнейшей переработки.

Принимая во внимание вышеизложенное, была проанализирована минерально-сырьевая база и железорудная продукция горнодобывающих предприятий Украины и мира, которые разрабатывают месторождения в железисто-кремнистых формациях (рис. 4).

Анализ показывает, что содержание железа в концентратах горнодобывающих предприятий Украины ниже, чем в концентратах зарубежных горнопромышленных компаний. Наиболее качественной продукцией характеризу-

ются Шведские горнодобывающие предприятия Greensberg и Malmberget, которые разрабатывают месторождения железисто-кремнистых формаций, залегающие в супракрустальных породах сфекофенского возраста (древнейшей части докембрия). Почти до конца XIX века разрабатывались месторождения Центральной Швеции, руды которых характеризуются достаточно низким содержанием фосфора (0.007-0.03%) и серы (0.001-0.1%). В настоящее время разрабатываются месторождения Северной Швеции, где железисто-кремнистые формации образуют полосу шириной 100 км.

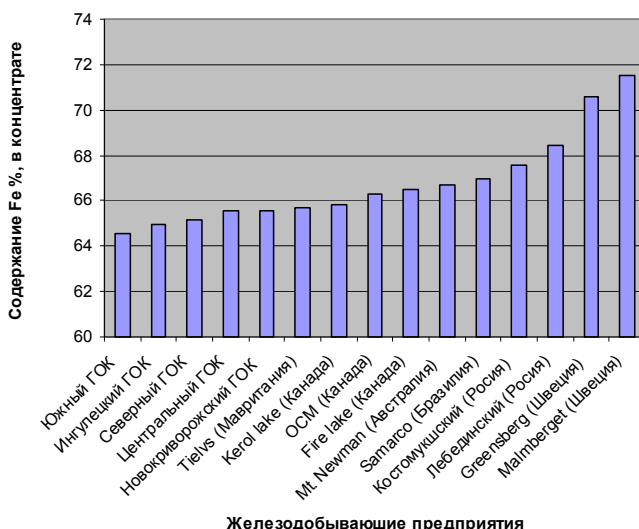


Рис. 4. Содержание железа в концентратах железндобывающих предприятий Украины и мира

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о необходимости улучшения железнорудной минерально-сырьевой базы Украины.

Украина занимает одно из ведущих мест в мире по количеству разведанных балансовых запасов (24.6 млрд. т), добыче сырой железноруды (103.5-118 млн. т в год) и производству товарной железнорудной продукции (55-56 млн. т год) с массовой долей железа 63.2-63.5 %.

Из 52 железнорудных месторождений в сфере промышленного освоения находится 33 (42 %) В числе резервных и не намеченных к разработке до 2010 года 30 (58 %).

В пределах Украинского щита выделяется 9 типов руд, связанных со следующими группами рудных формаций: 1) метаморфизованных железнных руд (железистых кварцитов); 2) метаморфических железнных руд; 3) руд погребенной коры выветривания. Из общего количества типов железнных руд 6 имеют промышленное значение, 1 - прогнозируются как промышленные в ближайшей перспективе; 2 - к непромышленным, эксплуатация которых возможна в далекой перспективе.

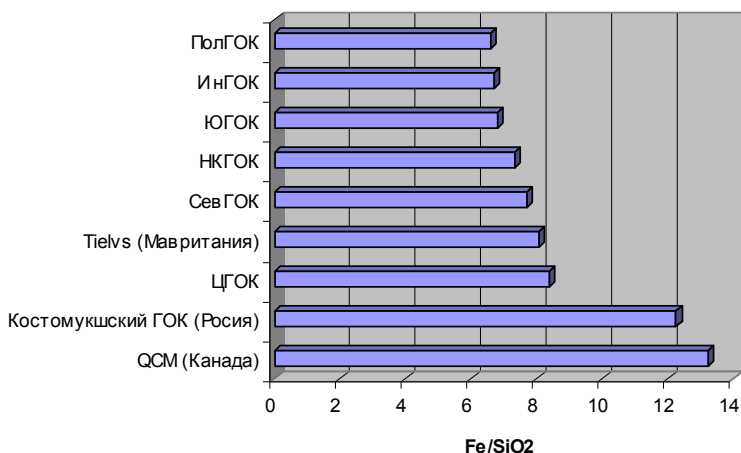


Рис. 5. Оценка рейтинга качества концентрата железорудных предприятий Украины и мира

Подавляющее большинство железорудных месторождений расположено в южной и юго-восточной части Украины и в геологическом отношении приурочено как к древнему фундаменту – Украинскому кристаллическому щиту (магнетитовые и мартитовые богатые железные руды, железистые кварциты), так и осадочному чехлу (бурые железняки) Восточно-Европейской платформы.

Первый тип месторождений размещен в докембрийских железисто-кремнистых формациях Украинской железорудной провинции, которая является самым общим (наиболее высоким) уровнем контроля железорудных месторождений. В пределах Украинской железорудной провинции выделяются несколько рудоконтролирующих структур второго порядка – структурно-фациальных зон, которые приурочены к глубинным разломам первого ранга [3].

1. Криворожско-Кременчугская структурно-фациальная зона простирается в субмеридиональном направлении на 400 км. Криворожско-Кременчугский глубинный разлом делит эту зону на две части: восточную, которая является внутренней частью Криворожско-Кременчугского краевого прогиба, и западную, которая соответствует внешней зоне краевого прогиба.

2. Верховцевско-Чертомлыкская структурно-фациальная зона, которая вмещает Верховцевский и Чертомлыкский синклинии.

3. Сурско-Токмаковская структурно-фациальная зона, которая прослежена геофизическими работами на протяжении 200 км от Днепровско-Донецкой впадины до северного склона Украинского щита.

4. Конкско-Белозерская структурно-фациальная зона, которая вмещает Белозерский и Конкский синклинии. Основная линия соответствующего глубинного разлома проходит по восточной границе Белозерского месторождения.

5. Орехово-Павлоградская структурно-фациальная зона, которая связана с одноименным глубинным разломом, по поверхности которого нижепротерозойские породы, которые выполняют прогиб, граничат с запада с архейскими породами. Восточная граница зоны большинством исследователей проводится по Западно-Приазовскому разлому.

6. Центральнo-Приазовская структурно-фациальная зона простирается с севера на юг на 115 км и сложена нижепротерозойскими породами центрально-приазовской серии. Границами зоны являются крупные региональные разломы: Сорочинский и Мариупольский на востоке и Розовский на западе.

Выводы. Анализ железорудной минерально-сырьевой базы Украины и мира, свидетельствует, что несмотря на лидирующее место Украины по разведанным запасам железа, промышленные запасы железнодоыывающих предприятий значительно истощены. Результатом этого (даже при положительном тренде развития мировой добычи железа) является уменьшение объемов производства железорудной продукции и количества горнодобывающих предприятий в Украине, снижение качественных показателей минерального сырья, потеря традиционных рынков сбыта, прежде всего в Восточной Европе, уменьшение валютных поступлений в бюджет государства. Несмотря на наличие значительных возможностей прироста запасов высококачественных железных руд в пределах Криворожско-Кременчугской, Белоцерковско-Одесской, Орехово-Павлоградской металлогенических зон, строительство новых предприятий для добычи и переработки железных руд требует значительных средств и при современном экономическом состоянии страны невозможно. В современных условиях целесообразнее направить геологические исследования на существенное улучшение существующей минерально-сырьевой базы, ее расширение и доизучение с новых позиций, ориентируясь прежде всего на современные требования рыночной экономики.

Параметры промышленной ценности железорудных месторождений формировались начиная с архея. Важной генетической особенностью архейских железисто-кремнистых осадков является тесная связь с вулканитами и их вулканогенно-экспляцияонная природа при подчиненном значении хемогенно-осадочных процессов, вследствие чего продуктивные толщн железорудных месторождений архейского возраста имеют небольшие мощности и незначительное распространение по площади, что объясняется сравнительно слабым градиентом тектонических движений и физико-химическими особенностями атмосферы. Это привело к формированию небольших по запасам железорудных месторождений с содержанием железа преимущественно 30-40%, разработка которых может быть рентабельной лишь при условии пространственной приближенности рудных залежей. Железистые минералы пород архейских месторождений в сравнении с протерозойскими характеризуются меньшим содержанием вредных для металлургической переработки изоморфных и механических примесей. К тому же они имеют более завершенные кристаллографические формы и больший гранулометрических со-

став, в результате чего архейские железистые кварциты характеризуются более высокими технологическими показателями, чем нижнепротерозойские. Незначительное содержание вредных примесей и почти полное отсутствие Al_2O_3 , P_2O_5 и S в архейских железистых кварцитах делает их ценным сырьем для порошковой металлургии процессов прямого восстановления железа.

Доминирующее количество промышленных железорудных запасов Украинского щита связана с протерозойским этапом железнакопления. Главнейшими генетическими факторами промышленной ценности железных руд протерозойского возраста являются следующие:

- заложение крупных прогибов, которые имели стойкую тенденцию к опусканию и интенсификации процессов сноса продуктов разрушения первичных пород;

- локализация вулканизма и поствулканических процессов в пределах узких зон, которые связаны с зонами глубинных разломов.

Месторождения в протерозойских железисто-кремнистых формациях характеризуются большими запасами, способными обеспечить работу горно-обогатительных комбинатов на несколько десятков лет. Однако использование протерозойских железистых кварцитов, как сырья для качественной металлургии ограничено повышенным содержанием в них таких вредных примесей как серы, мышьяка, фосфора, цинка и др.

Список литературы

1. Кулиш Е.А., Плотников А.В. Геологические факторы экономической ценности железорудных месторождений. –К., 2005. –292 с.
 2. Плотников О.В. Економічні оцінки залізорудних родовищ у фінансових та інвестиційних проектах: Монографія. –Кривий Ріг: Мінерал, 2006. –274 с.
 3. Плотников О.В. Геологічні фактори, які обумовлюють економічну цінність промислових запасів залізних руд// Геолого-мінералогічний вісник. -2003. -№1(9). -С. 68-70.
 4. Плотников О.В. Стан і перспективи розвитку залізорудної мінерально-сировинної бази України і світу// Мінеральні ресурси України. -№3. -2001. -С. 2-4.
- Рудько Г.І., Плотніков О.В., Курило М.М., Радованов С.В. Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів. -К.: Вид-во «Академпрес», -2010. -272 с.

УДК 622.2

А.В. ПЛОТНИКОВ, д-р геол. наук, проф., заместитель директора по научной работе Криворожского Экономического института

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СКЛАДОВ АГЛОРУДЫ

На примере ПАО «Суха Балка» разработана новая методика определения качественных показателей складов аглоруды. Разработанная методика позволяет опробовать склады руд любой сложности с получением достоверной информации о качественных показателях.