

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗУБОЖИВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО ОТ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАЦИОННЫХ МАШИН

Розглянуто геологічні особливості родовищ Кривого Рогу на наявність контактних зон. Наведена класифікація контактних зон «руда – вмiщуючи породи». Виявлена залежність коефіцієнта засмічення руди від місткості ковшів екскаваторів. Викладені способи покращення якості руди.

DEPENDENCE DILUTION MINERALS FROM PARAMETERS OF EXAVATION TRUCKS

The geological features of deposits of Krivoy Rog on presence of contact zones are considered. The classification of contact zones "ore – surrounding rocks" is given. The dependence of factor of ore clogging on dipper capacity is determined. The ways of ore grade improvement are stated.

При добыче полиметаллических руд, жильного золота и других полезных ископаемых, отличающихся большим разнообразием сортов, применяют различные приёмы экскавации, называемые по П.Э. Зуркову, экскаваторной сортировкой. При этом было доказано, что с увеличением вместимости ковшей – повышается разубоживание горной массы. В то же время взаимосвязи между разубоживанием (засорением) рудного потока и параметрами ковшей экскаваторов отсутствуют. Это затрудняет оценку различных технологий и технологических схем горных работ по рациональному ведению выемочных работ и качеству добываемой рудной массы. Поэтому установление зависимостей объема разубоживающих пород в добытом полезном ископаемом при различной структуре и составе контактных зон «руда – вмещающие породы» от вместимости ковша экскаватора является актуальным.

В течение 1990 – 2011 годов проявляется тенденция применения экскаваторов с существенным повышением вместимости ковшей. Если в 1980-е годы применялись экскаваторы с вместимостью ковшей 3 – 5 м³ и в отдельных случаях 8 м³ (при грузоподъёмности автосамосвалов 45 – 75 т), то в 2000-е годы в забоях используют экскаваторы (в соответствии с увеличением грузоподъёмности автосамосвалов до 110 – 120 т) с вместимостью ковшей 8 – 12 м³. И такое направление может сохраниться, так как идут проработки и конструкторские решения по производству экскаватора ЭКГ-20.

Перед железорудными предприятиями постоянно стоит вопрос о повышении процентного содержания железа в готовой продукции, так как на мировом рынке повышаются требования к качеству концентратов. При производстве концентратов одним из основных показателей, определяющих себестоимость конечной продукции, является качество исходного минерального сырья. А так как рудная залежь состоит из большого количества сортов руд, что требует их раздельной выемки, то влияние потерь и разубоживания при отра-

ботке контактных зон существенное. Кроме того, разубоживание рудного потока увеличивается из-за перемежаемости рудных и породных прослоев, поскольку согласно нормативам, если половина уступа сложена рудой, а другая половина породой, то он считается рудным.

Теоретически снижение потерь и разубоживания может достигаться при снижении высоты уступа (рис. 1), но уменьшение высоты уступа приводит к увеличению транспортных расходов и повышению себестоимости концентрата. Технологически уменьшение высоты уступа приводит к большому их количеству, увеличению протяженности транспортных путей и рабочих площадок. Поэтому в практике чаще проявляется обратная тенденция, приводящая к увеличению высоты уступов до 20 и более метров (сдваивание и даже страивание уступов), что позволяет уменьшить объём выемки вскрыши и сократить количество транспортных горизонтов. Эти технологические решения приводят к усложнению селективной выемки руды из контактных зон «руда – вмещающие породы».

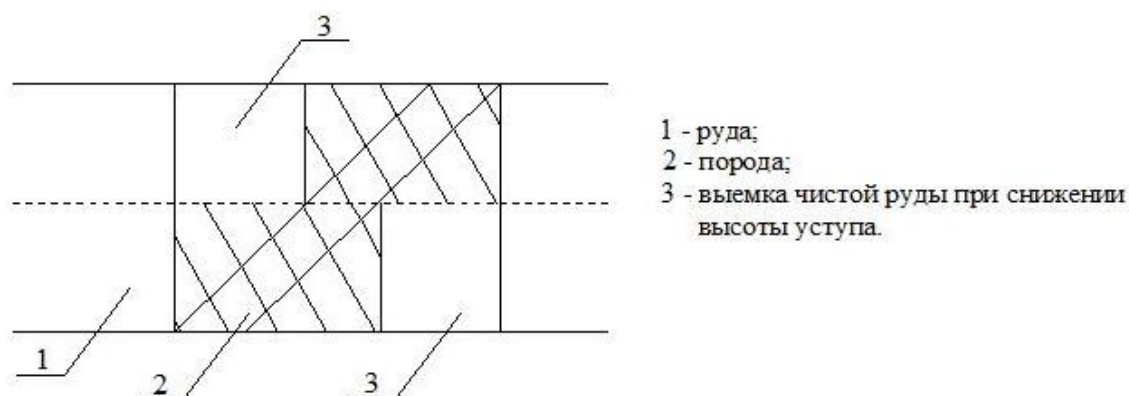


Рис. 1 – Выделение объемов чистой руды при уменьшении высоты уступа в два раза

Анализируя горно-геологические параметры залежей железистых кварцитов Кривого Рога, разрабатываемых открытым способом, можно выделить две основные группы железорудных месторождений.

Первая группа месторождений железистых кварцитов представлена в границах карьеров сильно сжатыми синклиналиными складками, причём замковая часть синклинали также входит в контуры карьерного поля при глубине залегания её не больше 300 м. По горизонтальной мощности рудного тела месторождения этой группы относятся к сверхмощным. Горизонтальная мощность залежи практически соответствует параметрам карьерного поля в плане. Представителями этой группы месторождений являются карьеры ИнГОКа, ЮГОКа и Первомайский карьер СевГОКа.

Вскрышные породы представлены в основном наносами мощностью до 15 – 25 м и окисленными роговиками верхней зоны пластов, которые складировются во временные отвалы. Разработка таких месторождений характеризуется сравнительно небольшими объёмами горно-капитальных работ (10 – 15 млн. м³) и небольшим коэффициентом вскрыши (0,15 – 0,30 м³/т).

Вторая группа месторождений железистых кварцитов представлена мощ-

ными пластообразными залежами наклонного и крутого падения значительной протяжённости. Представителями этой группы месторождений являются карьеры ЦГОКа и Анновский карьер СевГОКа. Разработка этих месторождений связана со значительными объёмами горно-капитальных работ (до 20 – 30 млн. м³); средний коэффициент вскрыши достигает 0,5 – 0,7 м³/т, а горизонтальная мощность рудной залежи составляет 250 – 300 м и более. Мощность покрывающих пород достигает 50 м, зоны окисления – 40 и более метров. Эта группа месторождений отличается значительными объёмами скальных вскрышных пород при увеличении глубины разработки.

Анализ этих групп месторождений по протяженности контактных зон «руда – вмещающие породы» свидетельствует о следующем:

1) карьеры, разрабатывающие первую группу месторождений, имеют более сложную геологическую структуру (продуктивного рудного тела). Так, например, на Ингулецком месторождении промышленное значение имеют 7 сортов железистых кварцитов не считая сланцев. В связи с большой перемежаемостью рудных и безрудных слоев контактные зоны находятся не только по периметру с вскрышными породами, но и с многочисленными сланцами;

2) карьеры, разрабатывающие крутонаклонные залежи, как правило, имеют более выдержанные границы с вмещающими породами и представлены единым рудным телом. Контактные зоны находятся по периметру со вскрышными породами и немногочисленными безрудными прослойками.

Анализ контактных зон «руда – вмещающие породы» по железорудным месторождениям Кривого Рога позволил составить классификацию их проявления (рис. 2). Приведенная классификация охватывает особенности геологического строения контактной зоны (форма, перемежаемость, сложность, магнитная восприимчивость, визуальные отличия между различными контактирующими слоями), качественные характеристики вмещающих пород (типы пород, содержание полезного компонента), по отношению к горно-технологическим параметрам ведения горных работ (согласное или несогласное падение контактной зоны, линии откоса уступа и фронта работ, угол падения контакта).

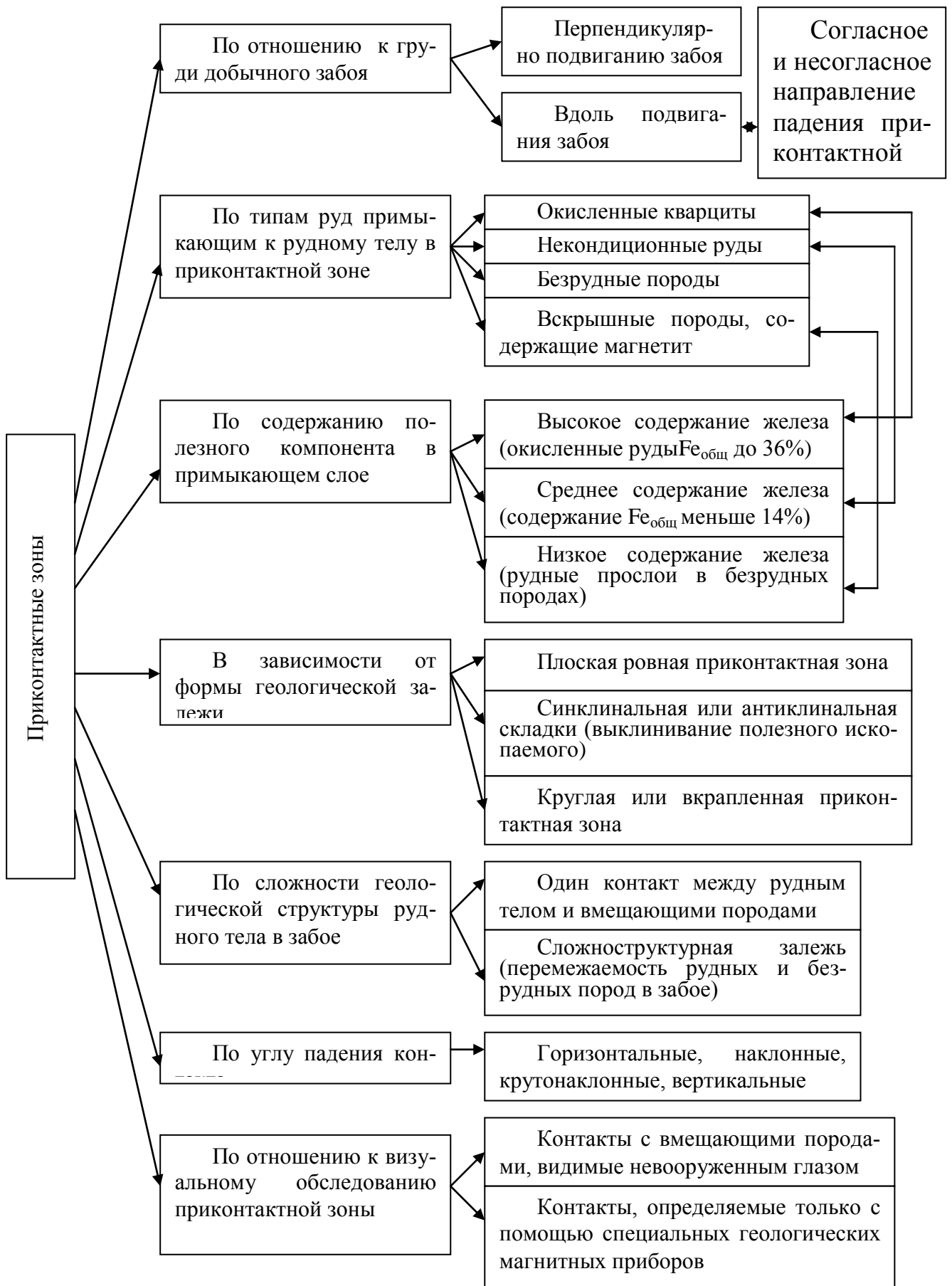


Рис. 2 – Классификация контактных зон «руда – вмещающие породы»

Причиной больших потерь и разубоживания руд в добычном забое является применение экскаваторов с большой вместимостью ковша. Определим величину разубоживания руды в зависимости от вместимости ковша экскаватора в следующих идеализированных условиях. Допустим, что

- объем ковша экскаватора с максимальной вместимостью, например от экскаватора ЭКГ-12,5, равен объёму куба V_{max} со стороной a (на рис. 3 представлен площадью квадрата со стороной a);

- объем ковша экскаватора с малой вместимостью, например от экскаватора ЭКГ-4У, равен объёму куба V_{min} со стороной k (на рис. 3 представлен площадью квадрата со стороной k).

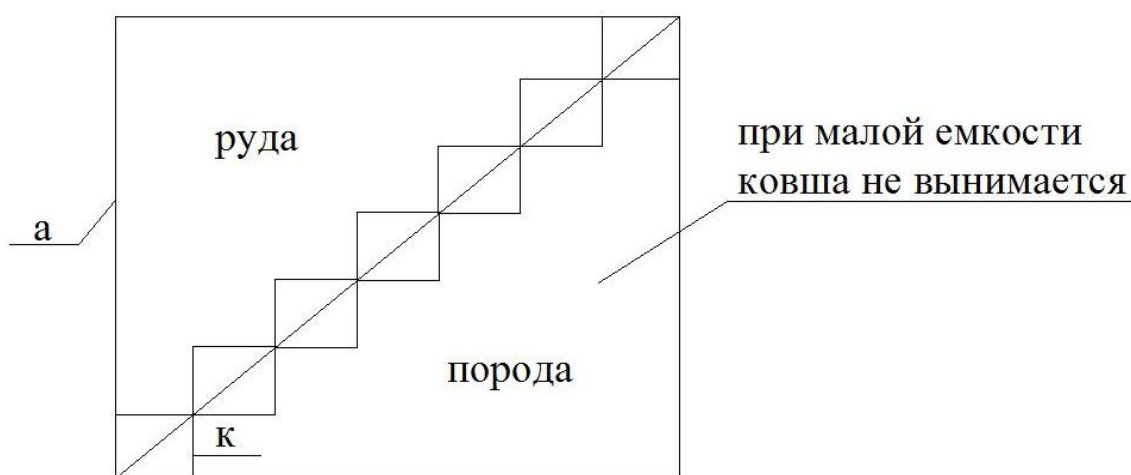


Рис. 3 – Объем горной массы зачерпываемый ковшами экскаваторов большой и малой вместимости

Согласно Отраслевой инструкции [1] коэффициент засорения полезного ископаемого некондиционными его сортами или пустой породой (в долях единицы) определяется по формуле

$$K_3 = B / D, \quad (1)$$

где B - объём разубоживающей породы (или некондиционных сортов) в добытом полезном ископаемом, т (m^3); D - объём добытого полезного ископаемого, т (m^3).

Тогда при выемке полезного ископаемого из контактной зоны «руда – вмещающие породы» экскаватором большой вместимости коэффициент засорения можно представить как отношение объёма (площади на рис. 3) пустой породы ко всему вынимаемому объёму (площади)

$$K_3 = \frac{0,5a^2}{a^2} = \frac{1}{2}.$$

Если этот же объём вынимать экскаватором с меньшей вместимостью

ковша со стороной k , тогда разубоживание будет происходить только по диагонали квадрата, как показано на рисунке (см. рис. 3). В этом случае часть породы не будет взята в руду. Объем горной массы из контактной зоны, вынимаемый экскаватором с меньшей вместимостью ковша

$$V_{\text{ПП}} = \frac{a^2 k}{\cos \beta}, \quad (2)$$

где β – угол падения плоскости контактной зоны по отношению к добычному уступу, град.

Если в каждом ковше половина пустой породы, то объем пустых пород взятый из контактной зоны в рудную массу составит

$$V_{\text{ПП}}^{\text{nop}} = \frac{a^2 k}{\cos \beta} K_3 = \frac{a^2 k}{2 \cos \beta}, \quad (3)$$

Количество черпаний n по контактной зоне экскаватором с меньшей вместимостью ковша составит

$$n = V_{\text{ПП}} \div V_{\text{min}} = \frac{a^2}{k^2 \cos \beta}. \quad (4)$$

Общий объем V_0 руды и разубоживающей ее породы, которые будут вынуты экскаватором с малой вместимостью ковша в рудную массу, составит

$$V_0 = V_P + V_{\text{ПП}}^{\text{nop}} = \frac{a^2}{2} \left(a + \frac{k}{\cos \beta} \right). \quad (5)$$

Тогда коэффициент засорения K_3 полезного ископаемого некондиционными его сортами или пустой породой при выемке из контактной зоны экскаватором с меньшей вместимостью ковша по формуле (1) составит

$$K_3 = \frac{V_{\text{ПП}}^{\text{nop}}}{V_0} = \frac{k}{a \cdot \cos \beta} + k. \quad (6)$$

Если принять, что $k = \sqrt[3]{V_{\text{min}}}$, $a = \sqrt[3]{V_{\text{max}}}$, где V_{min} и V_{max} – объем ковша экскаватора с минимальной и максимальной вместимостью, то на основании параметров экскаваторов используемых в производстве (табл. 1), можно найти эмпирическую зависимость коэффициента засорения руды от вместимости ковша экскаватора.

Таблица 1 – Параметры ковшей экскаваторов

Экскаватор	Параметры		
	Длина	Ширина	Высота
ЭКГ 4У	2400	2270	2600
ЭКГ 6,3УС	3000	2750	3220
ЭКГ 8И	3150	2950	3350
ЭКГ 12,5	3830	3260	3900

Рассмотрим пример определения зависимости разубоживания руды при сравнении вместимости ковша ЭКГ-20 с ранее действующими: $a = \sqrt[3]{20} = 2,7$; $k=1,44; 1,59; 1,85; 2,0; 2,32$ соответственно при вместимости ковша $3,0; 4,0; 6,3; 8,0$ и $12,5 \text{ м}^3$.

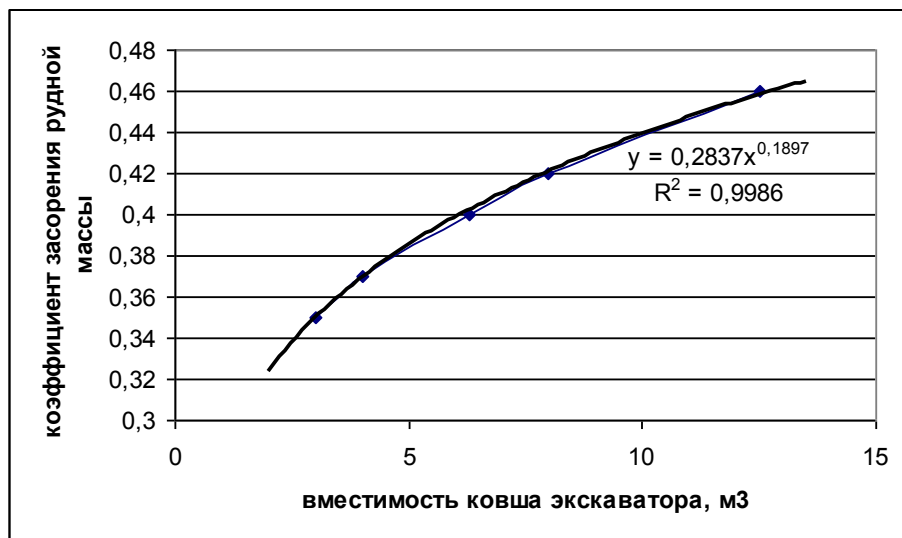


Рис. 4 – Зависимость коэффициента засорения руды от вместимости ковша экскаватора

Как видно из графика, разубоживание руд с увеличением вместимости ковша изменяется как степенная функция.

Существуют различные способы повышения качества руды. Кондиционное качество добытого полезного ископаемого при сложной раздельной выемке достигается: правильным выбором способа, приёмов сортировки и порядка отработки забоя, тщательной подготовкой забоя к взрыву, взрыворазделением компонентов, установкой экскаватора возможно ближе к забою. Однако селективная выемка усложняет организацию подготовки и выемки, снижает производительность экскаватора, повышает себестоимость добычи. При выемке полезного ископаемого с внутрizaбойной сортировкой различают производительность экскаватора по отгрузке и сортировке. И та, и другая зависят от степени перемешивания в развале отдельно извлекаемых компонентов.

Выше перечисленные трудности добычных работ и недостатки селективной выемки можно преодолеть при использовании технологии предобогащения руды в карьере (ТПРК). Эта технология заключается в том, что руда под-

вергается предварительному обогащению непосредственно в карьере, а отходы предобогащения размещают в выработанном пространстве карьера или складировуют совместно со вскрышными породами [2]. С целью снижения потерь и разубоживания рудной горной массы ТПРК можно применять:

- в приконтактных зонах с вмещающими породами;
- при выклинивании рудной залежи во вмещающие породы;
- при переходе безрудной прослойки до 10 м, которую согласно Инструкции [1] обязаны взять в рудную массу;
- в сложноструктурных добычных забоях, где перемежаемость рудных слоев и безрудных прослоек более 2;
- для выемки некондиционных руд с целью увеличения производственной мощности карьера по руде.

ТПРК позволяет выборочно обогащать разубоженные и некондиционные руды на стационарных или мобильных дробильно-сортировочных комплексах.

Выводы. Железорудные месторождения горно-обогатительных комбинатов Криворожского бассейна отличаются по структуре, текстуре, вкрапленности минеральных зерен и наличию контактных зон «руда – вмещающие породы». Разработанная классификация контактных зон позволяет оценить степень засорения рудной массы и объем потерь полезного ископаемого. Таким образом, потери и разубоживание руды, наличие некондиционных руд, эксплуатация на карьерах оборудования большой единичной мощности, а также наличие многих разновидностей сортов руд вызывает необходимость применения технологии предобогащения сырья непосредственно в карьерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отраслевая инструкция по определению, учету и нормированию потерь руды при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений на предприятиях Министерства черной металлургии СССР [Текст] / ВИОГЕМ. - Белгород, 1975. – 68 с.
2. Четверик М.С., Бабий Е.В. Технология предобогащения в карьерах как перспективное направление добычи бедных руд // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2007».- Д.: Національний гірничий університет. - 2007. - С. 246-253.