

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОКов КРИВБАССА

О.А. Медведева, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

Рассматриваются технологические решения, позволяющие, не прекращая складирование отходов, осуществлять разработку техногенных россыпей из эксплуатируемых хранилищ отходов железорудных ГОКов. Данные решения позволят внедрить технологию складирования отходов в виде пасты на эксплуатируемых хранилищах и высвободить дополнительные объемы без использования новых земельных отводов.

Прогнозные запасы железорудного сырья в Украине оцениваются примерно в 32 млрд. т, из них больше 70 % сосредоточено в Криворожском бассейне. При этом балансовые запасы железных руд в проектных контурах действующих предприятий Кривбасса по состоянию на 01.01.2008 г составляли около 6,0 млрд. т. Обеспеченность балансовыми запасами только в проектных контурах действующих предприятий (из расчета фактической добычи в 2007 г) в среднем составляет: по богатым рудам 34 года (до глубины 1500 м); по магнетитовым кварцитам 38 лет (до глубины 700 м). Общая же обеспеченность балансовыми запасами составляет около 129 лет. Однако места для складирования отходов переработки таких объемов железорудного сырья в регионе нет. Особенность горно-рудных предприятий Кривбасса состоит в том, что они расположены по всей территории города Кривого Рога, где отсутствуют свободные участки земли для складирования отходов обогатительного передела или монтажа дополнительных мощностей для переработки. Таким образом, единственным вариантом выхода из сложившейся ситуации является расширение потенциала существующих хранилищ отходов, за счет применения новых технологий складирования или увеличения их емкости за счет добычи части техногенных россыпей. Именно поэтому проблемы разработки техногенных месторождений промышленных отходов железных руд являются актуальными [1 – 3, 4 - 6].

Вовлечение в переработку техногенного сырья из хранилищ отходов горно-обогатительных комбинатов (ГОК) является современной мировой тенденцией по использованию вторичных ресурсов, поскольку обеспечивает освобождение занимаемых хранилищами отходов земель и их рекультивацию, ликвидацию источников загрязнения окружающей среды, улучшая тем самым экологическую обстановку вокруг действующих предприятий. Подобная тенденция наблюдается в Канаде, Великобритании, ЮАР, Испании и других странах. В США, например, из промышленных отходов получают 20 % алюминия, 33 % железа, 50 % свинца и цинка, 44 % меди от общего объема производства этих металлов, тогда как в Украине и ближнем зарубежье эти показатели не превышают 15 % [9 - 12]. В последние годы активно изучается возможность использования техногенного сырья, аккумулированного в отвалах и хранилищах отходов ГОКов Криворожского бассейна. Учитывая положительный опыт зарубежных стран, в Украине на государственном уровне рассматривается вопрос о придании этим объектам статуса техногенных месторождений. Однако начало отечественной полномасштабной разработки техногенных месторождений данного типа сдерживается отсутствием научно обоснованных методов оценки их параметров, а также технологий разработки таких месторождений, учитывающих особенности их формирования и залегания.

Существующий мировой опыт использования вторичных ресурсов относится к промышленным отходам переработки цветных, благородных и редкоземельных металлов, таких как золото, платина, медь, алюминий, свинец и цинк, что обусловлено большим спросом на эти металлы и высокой стоимостью их концентратов. Железорудные концентраты пользуются меньшим спросом, стоимость их не всегда обеспечивает

рентабельность добычи из хранилищ отходов, поэтому и мировой опыт разработки таких техногенных залежей мал. Кроме того в мировой практике добыча техногенных россыпей из хранилищ отходов осуществляется после выведения хранилища из эксплуатации и прекращения складирования в них отходов. В отечественных условиях требуется технология, обеспечивающая разработку техногенных россыпей в действующих хранилищах отходов, без прекращения поступления новых отходов обогащения. Таким образом, мировой опыт не может быть перенесен в отечественные условия без его адаптации к особенностям Криворожских ГОКов, а рентабельность такой технологии должна оцениваться с учетом рентабельности всего ГОКа.

Целью статьи является обоснование возможных технологий увеличения емкости эксплуатируемых искусственных хранилищ отходов Криворожских КОГов за счет добычи части техногенных россыпей.

Исследования этой проблемы показывают, что возможность дальнейшего складирования отходов обогащения в существующие хранилища сдерживается возможностью прудка осветлять оборотную воду до требуемой чистоты. Такая задача для технологий складирования отходов обогащения является новой. Ее решение может быть найдено за счет восстановления аккумулялирующей способности прудка, что позволит осветлять оборотную воду до нужной чистоты при существующих размерах прудка или выделением дополнительных объемов хранилища, позволяющих складировать отходы. Альтернативным вариантом является внедрение технологий сгущения отходов обогащения до концентрации пасты с последующим их складированием в таком виде. Однако существующие для этого варианта технические решения предполагают складирование отходов в новые хранилища, места для оборудования которых в сегодняшних условиях нет.

Таким образом, для дальнейшего функционирования Криворожских ГОКов необходима модернизация существующих технологий складирования отходов с элементами переформирования хранилища или внедрение попутной разработки техногенных россыпей. В этом случае концентрат, попадающий в отходы обогащения, и оседающий на участке пляжа возле дамбы обвалования (рис. 1), предлагается добывать и возвращать в обогатительный передел после замыва карты и осушения придамбовой зоны. Выработанное пространство можно повторно заполнять отходами обогащения, сгущенными до концентрации пасты, что позволит внедрить технологии сгущения и складирования таких пульп в эксплуатируемые хранилища отходов (рис. 2) [4 - 8].

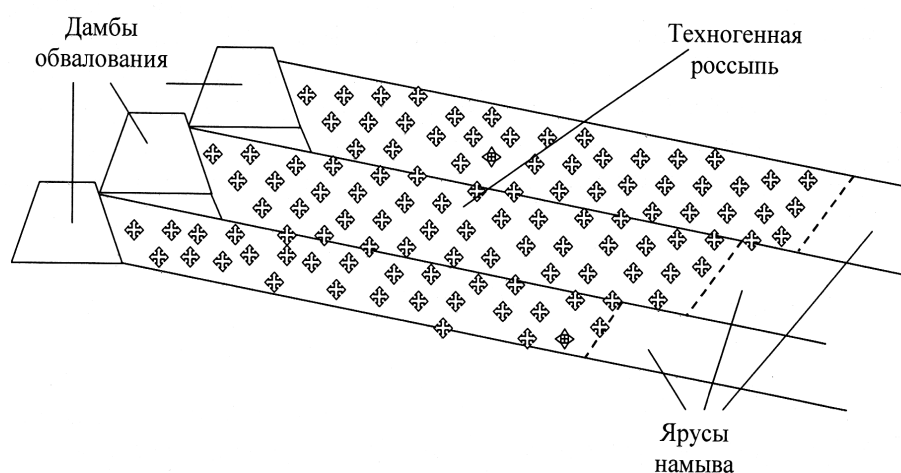
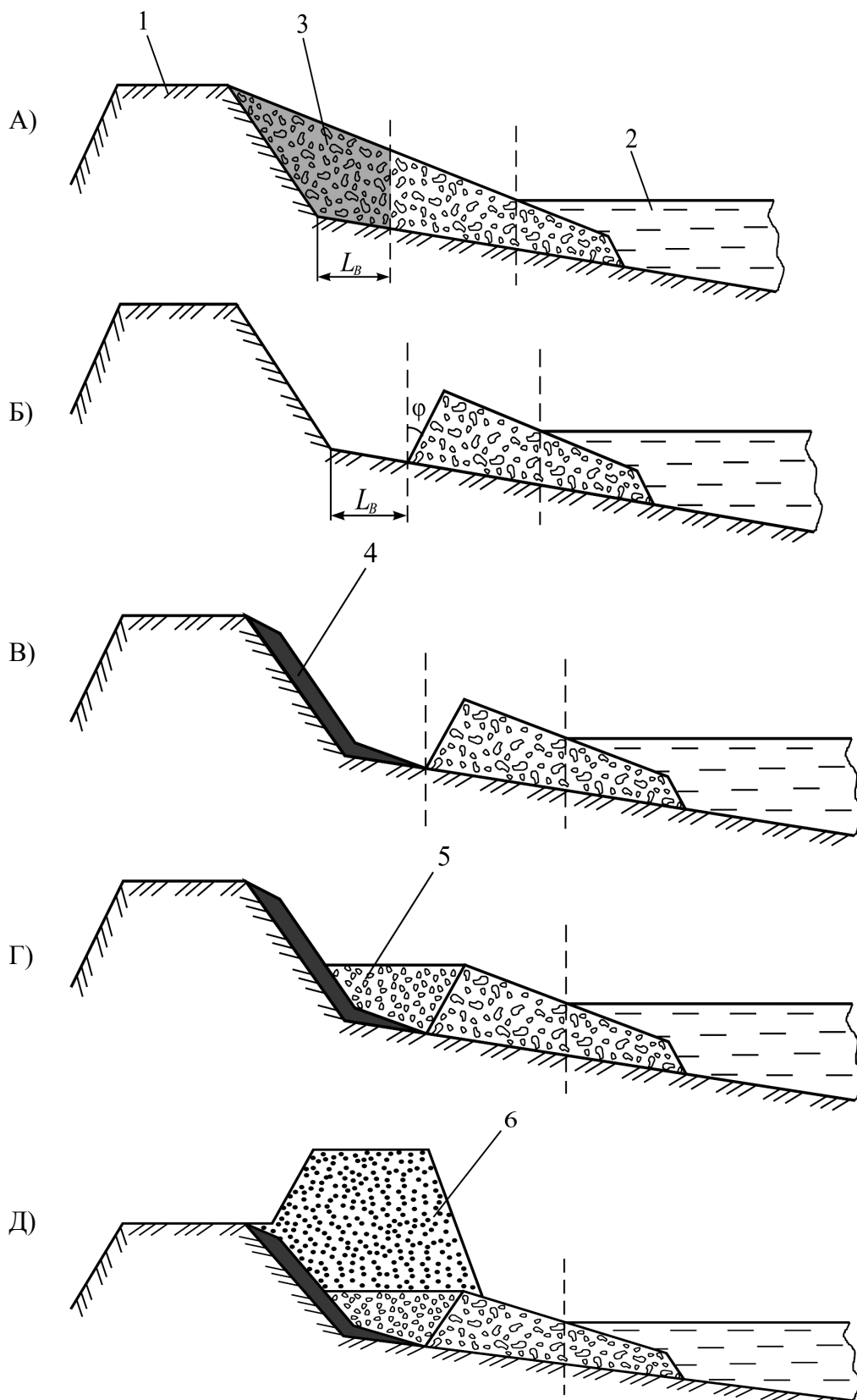


Рис. 1. Структура техногенной россыпи, сформированной при складировании отходов



1 – дамба обвалования; 2 – прудок; 3 – часть пляжа, с высоким содержанием ценного компонента; 4 – отсыпка; 5 – пульпа с концентрацией пасты; 6 – очередная дамба обвалования
 Рис. 2. Схема попутной добычи техногенных залежей

Такое решение предполагает следующий алгоритм перехода на новую отметку выпуска пульпы (рис. 2): по всему периметру после окончания замыва карт начинать добычные работы по выемке придамбовой части пляжа (рис. 2.А, 2.Б), затем заполняем выработанное

пространство высококонцентрированной пульпой из тонких частиц (рис. 2.В, 2.Г), и только после этого переходим на новый уровень складирования отходов (рис. 2.Д). В результате этого тонкие частицы, которые раньше осаждались в прудке, на этом ярусе намыва в него не попадают, что обеспечивает успешное осветление оборотной воды до требуемых нормативов. Такую технологию рационально внедрять на хранилищах где намывается первый или второй ярус намыва, так как она обеспечивает добычу техногенной россыпи только на текущем ярусе. Применение этой технологии на третьем и выше ярусах намыва ограничивает объем высвобождаемый под складирование новых частиц. Длина придамбового участка пляжа, на котором предполагается осуществлять добычу техногенной россыпи, составляет 20 % от длины надводного намыва. Учитывая, что высота дамбы обвалования не превосходит 3 м, а длина пляжа может варьироваться от 50 до 500 м, то с разрабатываемого участка на текущем ярусе намыва можно вести добычу с нескольких ярусов, находящихся ниже (рис. 3). В этом случае добываемая техногенная россыпь отправляется на повторную переработку, отходы которой складироваться во вновь образовавшемся пространстве (рис. 4). Однако, в случае добычи с нескольких ярусов намыва, часть техногенной россыпи остается в теле упорной призмы под дамбами обвалования (рис. 4) добыть эту часть россыпи можно применив технологию, предусматривающую сокращение объемов хранилища отходов (рис. 5).

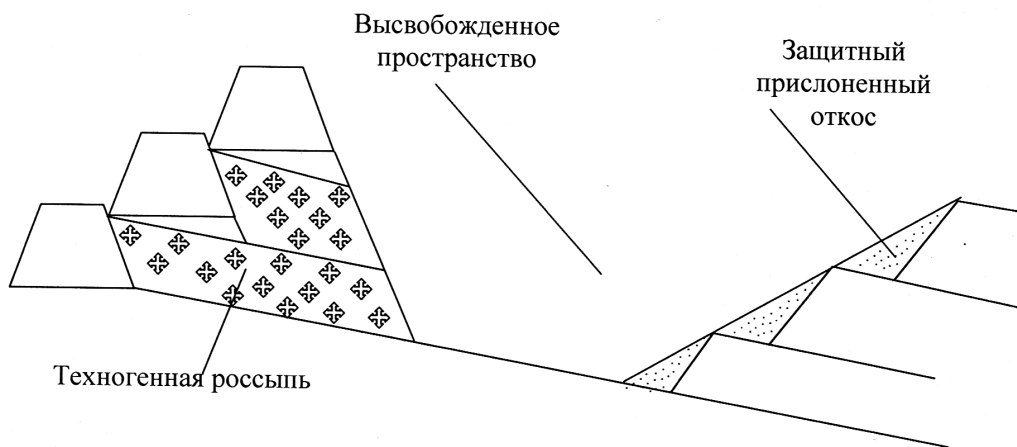


Рис. 3. Высвобождение дополнительного объема для складирования отходов за счет разработки техногенных россыпей на нескольких ярусах намыва

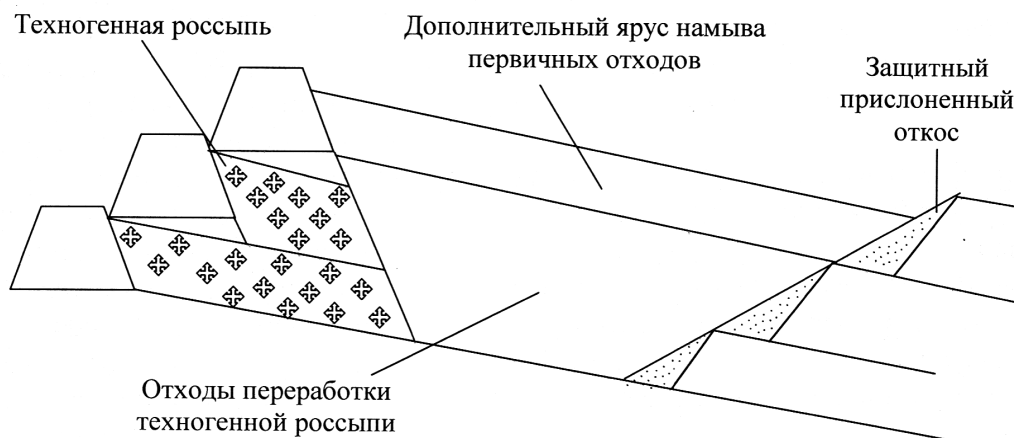


Рис. 4. Складирование дополнительного объема отходов обогащения после разработки техногенных россыпей на нескольких ярусах намыва

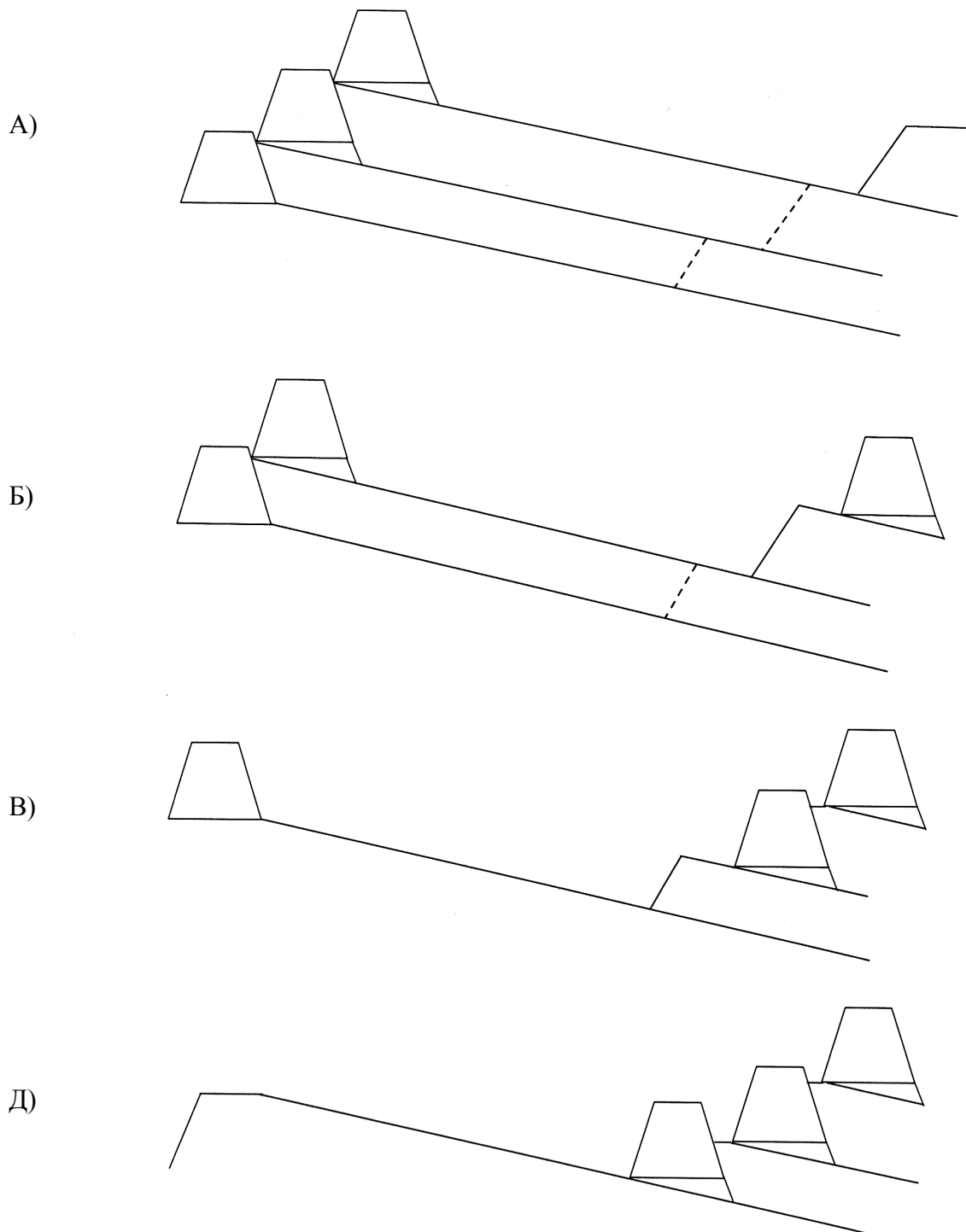


Рис. 5. Технология добычи техногенных россыпей из хранилищ отходов, выведенных из эксплуатации

При добыче с нескольких ярусов намыва (рис. 3, 4) откос выработанного пространства, дальний от дамбы, укрепляется отсыпкой, защищающей материал пляжа от пыления и намокания, поскольку в нем содержатся глинистые и пылеватые частицы. Отходы переработки техногенных россыпей не следует смешивать с отходами обогащения первичных россыпей, поскольку первые не содержат тонких, глинистых и пылеватых частиц и могут быть складированы на пляже. Оставшееся место в рассматриваемом объеме позволяет организовать дополнительный ярус намыва и складировать дополнительный

объем отходов обогащения первичной россыпи в виде пульпы низкой концентрации или с концентрацией пасты (рис. 4). Для дренирования материала дополнительного яруса намыва защитная отсыпка нарушается путем бурения ряда скважин.

Однако, в случае добычи с нескольких ярусов намыва, часть техногенной россыпи остается в теле упорной призмы под дамбами обвалования (рис. 4). В связи с этим для хранилищ отходов рассматриваемого типа, которые выведены из эксплуатации, может быть использована технология добычи техногенных россыпей, предполагающая сокращение объемов хранилища отходов (рис. 5). В случае добычи техногенных россыпей из хранилищ отходов, выведенных из эксплуатации, добычные работы начинают с выемки придамбовой части пляжа верхнего яруса намыва (рис. 5.А). Затем осуществляется переэкскавация дамбы обвалования на новое место (рис. 5.Б). После этого, соответствующие операции повторяют на последующих ярусах намыва (рис. 5.В, 5.Г). Отходы переработки техногенных россыпей используются для отсыпки оставшихся пляжей и участков подводного намыва с целью предотвращения пыления и полной их консервации. Это позволяет отказаться от забора технической воды для поддержания уровня прудка, защитить пляжи от пыления, и в последующем полностью обезводить ядро хранилища, засыпав его сверху отходами переработки техногенных россыпей, после наращивания дамб обвалования.

Во всех рассмотренных случаях добытые техногенные россыпи можно транспортировать на обогатительное производство автотранспортом или же гидротранспортом, используя в качестве несущей жидкости осветленную или не совсем осветленную оборотную воду. С учетом характерного для условий рассматриваемых хранилищ отходов перепада геодезических высот (табл. 1) гидротранспорт техногенной россыпи на обогатительное производство можно осуществлять самотеком [5, 6]. Добытую техногенную россыпь можно добавлять к первичной россыпи в некоторой точке обогатительного передела, или же оборудовать для ее переработки участок возле хранилища отходов. Во втором случае затраты на доставку техногенной россыпи и на отвод отходов ее переработки будут минимальными [7, 8, 13].

Таблица 1. Перепад геодезических высот хранилищ отходов ГОКов Кривбасса

Наименование хранилища отходов	Высота дамб, м
«Войково» ЮГОК	от 50 до 74
«Объединенное» ЮГОК и АрселорМитталл	от 40 до 59
«Миролюбовское» АрселорМитталл	55
хранилище отходов ИнГОКа	112
хранилище отходов ЦГОКа	10
хранилище отходов СевГОКа	76

Для выбора параметров горных работ во всех рассмотренных технологических решениях важно оценить объем материала в руссе намыва и объем техногенной россыпи в руссе, которые могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$W = BH^2 \left(1 - \frac{a}{H}\right) \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha} \left(1 - \frac{\sigma}{\eta}\right) \frac{\eta}{\mu}; \quad W_0 = BH^2 \left(1 - \frac{a}{H}\right) \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\mu \sin \alpha} (1 - \sigma); \quad (1)$$

$$\sigma = \left(1 - \frac{a}{H}\right) (tg(\alpha - \beta) + tg\varphi) \frac{\sin(\alpha - \beta)}{2\mu \sin \alpha}; \quad \mu = \frac{L}{H},$$

где W – объем техногенной россыпи в ярусе намыва; B – длина фронта намыва; H – высота дамбы обвалования; a – превышение гребня дамбы обвалования над намытым пляжем; α – угол наклона внешнего откоса дамбы обвалования к горизонту; β – угол наклона пляжа намыва к горизонту; σ – безразмерная толщина яруса намыва; η – доля

длины пляжа, занимаемая техногенной россыпью; μ – заложение яруса намыва; W_0 – объем яруса намыва; φ – угол естественного откоса частиц техногенной россыпи; L – длина пляжа.

В случае если разработка техногенной россыпи осуществляется на нескольких ярусах намыва одновременно, то зависимости (1) приобретают следующий вид:

$$W = BH^2 \left(1 - \frac{a}{H}\right) \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha} \frac{\psi}{\mu}; \quad \psi = \sum_{k=1}^N (\eta_k - \sigma); \quad (2)$$

где ψ – коэффициент, учитывающий потери техногенной россыпи; k – текущий номер яруса намыва; N – количество ярусов намыва, на которых ведется разработка техногенной россыпи; η_k – доля длины пляжа, занимаемая техногенной россыпью, на k -м ярусе.

Учитывая, что для условий хранилищ отходов ГОКов Кривбасса справедливы соотношения $\varphi \approx \alpha$ и $2\alpha - \beta \approx 2\alpha$, то с инженерной точностью можно считать, что

$$\sigma \approx \left(1 - \frac{a}{H}\right) \frac{\sin(\alpha - \beta)}{2\mu}.$$

В этом случае вместо формул (1) и (2) можно использовать зависимости:

$$W = \frac{2(\eta - \sigma)\sigma}{\sin \alpha} BH^2; \quad W_0 = \frac{2(1 - \sigma)\sigma}{\sin \alpha} BH^2; \quad W = \frac{2(\psi - \sigma)\sigma}{\sin \alpha} BH^2; \quad \psi = \sum_{k=1}^N \eta_k.$$

Эффективность рассматриваемых технологий можно оценить по величине относительного объема техногенной россыпи, который вычисляется как отношение объема техногенной россыпи к объему яруса намыва (рис. 6):

$$w = \frac{\eta - \sigma}{1 - \sigma}.$$

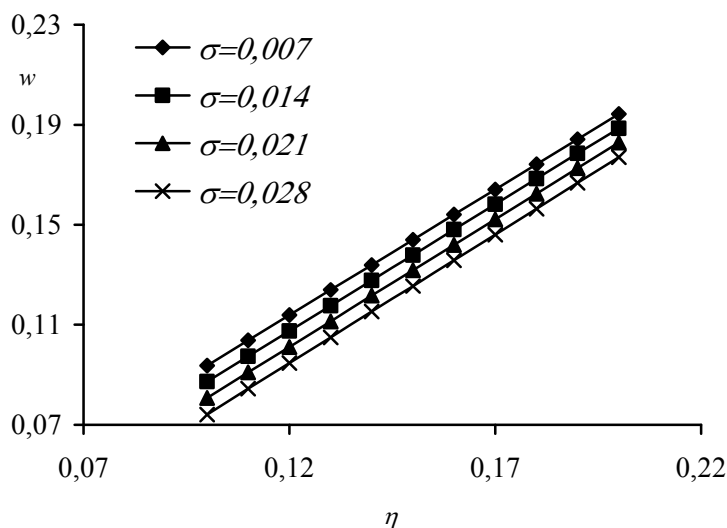


Рис. 6. Зависимость относительного объема техногенной россыпи от доли длины пляжа, занимаемой техногенной россыпью, при различных значениях безразмерной толщины яруса намыва

В результате проведенных исследований разработаны технические решения по разработке техногенных россыпей на ГОКах Кривбасса, которые позволяют:

- после замыва карты и осушения придамбовой зоны возвращать в обогатительный передел до 20 % концентрата, попадающего в отходы обогащения, и оседающего на участке пляжа возле дамбы обвалования;

- повторно заполнять выработанное пространство отходами обогащения, сгущенными до концентрации пасты, и увеличить емкость хранилища отходов;
- при разработке техногенных россыпей в хранилищах отходов, выведенных из эксплуатации, рационально отходы переработки техногенных россыпей использовать для отсыпки оставшихся пляжей и участков подводного намыва с целью предотвращения пыления и полной их консервации;
- отказаться от забора технической воды для поддержания уровня прудка, защитить пляжи от пыления, и в последующем полностью обезводить ядро хранилища, засыпав его сверху отходами переработки техногенных россыпей, после наращивания дамб обвалования.

Перечень ссылок

1. Закон України “Про відходи”.-Київ,-1998.-30с.
2. Евтехов, В.Д. Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна /В.Д. Евтехов, И.В. Паранько, Е.В. Евтехов // Кривой Рог: Изд. Криворожского технического университета, 1999.– 70 с.
3. Евтехов В.Д. Техногенные месторождения: от использования имеющихся – к созданию более совершенных// Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 2003. – №1. – С. 19 – 26.
4. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий / Ю.Д. Баранов, Б.А. Блюсс, Е.В. Семенов, В.Д. Шурыгин. – Днепропетровск: Новая идеология, 2006. – 416с.
5. Медведева, О.А. Проблемы дальнейшей эксплуатации хранилищ отходов обогащения Кривбасса и теоретические предпосылки их решения / О.А. Медведева // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины.- Днепропетровск, 2012.-№97.- С. 155-161.
6. Медведева, О.А. Хвостохранилища Кривбасса, проблемы и особенности их эксплуатации / О.А. Медведева // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины.- Днепропетровск, 2012.-№103.- С. 279-285.
7. Кухарь, В.Ю. Обоснование параметров рабочего органа установки для поддонной добычи несвязных полезных ископаемых: дисс. канд. техн. наук: 05.05.06 / Кухарь Виктор Юрьевич. – Днепропетровск, 2005. – 164 с.
8. Бондаренко, А.А. Современное оборудование и технологии для подводной добычи полезных ископаемых / А.А. Бондаренко // Сб. научн. тр. “Стройка Санкт-Петербурга”. – Вып. № 49. – Санкт-Петербург, 2006. – С. 15-22.
9. Пашкевич М. А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. СПб.: СПбГГИ, 2000 – 229 с.
10. Мосейкин В.В., Ермолов В.А., Липской И.В., Горбатов Ю.П. Гидромеханизированная разработка намывных техногенных массивов: геологическое обеспечение \ Горный журнал. – 2003. – № 1. С.21-25.
12. Карамзин В.В., Рыбаков О.И., Измалков В.А., Татауров С.Б. Новые процессы извлечения мелкого золота из отвалных продуктов \ Горный журнал. – 2002. – № 2. С.71-77.
12. Стехин А.И., Кунилов В.Е., Олешкевич О.И. Техногенные месторождения цветных и благородных металлов в Норильском районе \ Недра Таймыра. -1995. -Вып.1. -С.85-93.
13. Цинкер Л.М и др. Очистка подземных водосборников от шлама с помощью земснаряда \ Горный журнал – 1999, № 7 – С. 91 – 92.