

НГНПП Экотехника, 1999. – 289 с.

3. Баранова, М.П. Совершенствование технологии получения водоугольных суспензий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.14.04 / Баранова М.П. – Красноярск: КГТУ, 2006. – 114 с.

4. Ходаков, Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование / Г.С. Ходаков // Рос. хим. журнал. – 2003. - Т. XLVII, №2. – С. 33 – 44.

5. Урьев, Н.Б. Влияние высокоскоростной активации водоугольных суспензий на их структурно-реологические свойства / Н.Б. Урьев, Э.И. Рукин // Исследование технологии и оборудования терминальных комплексов магистрального гидротранспорта: Сб. науч. тр. / НПО Гидротрубопровод. – М., 1985. – С. 19 – 24.

6. Кулагин, В.А. Влияние пластифицирующих добавок на реологические характеристики водоугольных суспензий из углей разной степени метаморфизма / В.А. Кулагин, М.П. Баранова // Труды КГТУ: Научно-технический журнал Красноярского гос. техн. ун-та. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – №2. – С. 67 – 72.

7. Смолдырев, А.Е. Трубопроводный транспорт концентрированных гидросмесей / А.Е. Смолдырев, Ю.К. Сафонов. – М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.

8. Самойлик, В.Г. Влияние состава минеральных примесей на реологические свойства водоугольных суспензий / В.Г. Самойлик, А.Т. Елишевич, А.С. Макарова // Химия твердого топлива. – 1990. – №5. – С. 76 – 81.

9. Світлий, Ю.Г. Гідравлічний транспорт твердих матеріалів / Ю.Г. Світлий, О.А. Круть. – Донецьк.: Східний видавничий дім, 2010. – 268 с.

10. Фукс, Г.И. Вязкость и пластичность нефтепродуктов / Г.И. Фукс. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 328 с.

11. Duckworth, R.A. The Hydraulic transport of coarse coal at high concentration / R.A. Duckworth, L. Pullum // J. Pipelines.- 1983.- No29.- P. 115 – 127.

12. Водные дисперсные системы на основе бурых углей как энергетическое и технологическое топливо / Г. Н. Делягин, А. П. Петраков, Г. С. Головин, Е. Г. Горлов // Российский химический журнал. - 1997.- №6.-С. 72-77.

13. Ercolani D. Experience with coal slurry production, transportation and utilization systems for multiple applications / D. Ercolani, F. Grinzi // In : Proceedings of the IECLM workshop on the near term commercial application of ICLM., Cleanwater, FL, France, International Energy. - 1993. - P. 13.

14. Ларина, А.А. Влияние степени окисленности поверхности природных углей на реологические свойства высококонцентрированных водоугольных суспензий / А.А. Ларина, А.С. Макаров // Химия твердого топлива. - 1992. - №2. - С. 39-42.

**УДК 622'17.004.2:622.7.004.8**

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРУДКА**

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

В статье рассмотрены хранилища отходов обогащения Кривбасса как техногенные месторождения. Обосновано, что внедрение попутной добычи ценного компонента с придамбовых участков пляжа совместно с технологией комбинированного складирования отходов позволяет: добывать часть ценного компонента, оставшуюся в отходах обогащения, на стадии заполнения хранилища; отказаться от эксплуатации хранилища как техногенного месторождения после завершения складирования; избежать значительных объемов переэкскавации дамб обвалования верхних уровней.

Эксплуатация горно-обогатительных комбинатов (ГОК) железо-рудного Криворожского бассейна началась с середины прошлого века и за это период работы в их хранилищах отходов (ХО) аккумулировано значительные объемы не только пустой породы, технической воды, но и ценных компонентов, по разным причинам не извлеченных из исходного минерального сырья.

Сегодня себестоимость добычи минерального сырья в карьерах выросла и сравнялась с себестоимостью добычи этих компонентов из отходов прошлого столетия. А сами ХО достигли максимально возможных геодезических отметок и дальнейшая их эксплуатация, с использованием существующих технологий, становится невозможной. При этом земельных участков под новые ХО нет, а закрываемые хранилища представляют серьезную экологическую опасность для всего региона.

Таким образом, превращение ХО ГОКов Кривбасса в техногенные месторождения, с началом добычи в процессе их эксплуатации, обеспечивающее восстановление аккумуляющей емкости прудка, является единственным возможным решением, сохраняющим конкурентоспособность производства и устойчивое развитие региона.

Однако 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. Кроме этого в мировой практике добыча техногенных россыпей из ХО осуществляется после выведения хранилища из эксплуатации и прекращения складирования в них отходов. В отечественных условиях требуется технология, обеспечивающая разработку техногенных россыпей в действующих ХО, не только без прекращения поступления новых отходов обогащения но и с одновременным восстановлением аккумуляющей емкости прудка, [1 – 4].

Целью статьи является обоснование параметров технологий добычи техногенных россыпей в действующих ХО, без прекращения складирования, обеспечивающих восстановление аккумуляющей способности прудка.

Из всех известных технологий добычи, используемых на открытых горных работах при разработке россыпных месторождений, для рассматриваемых условий попутной добычи на текущем ярусе намыва ХО, могут быть использованы следующие: драглайны, скреперы, мехлопаты, перегружатели, роторные и ковшовые экскаваторы.

Добыча техногенной россыпи гидромониторами для рассматриваемых условий исключается, так как:

- поступление воды в придамбовую зону опасно потерей устойчивости бортов ХО;
- невозможно исключить засорение россыпи отходами обогащения из предыдущего яруса;
- является не желательным дополнительное поступление воды в зону осветления прудка.

С учетом этих ограничений гидромониторы для рассматриваемых технологий можно использовать при пульпообразовании, как средство подачи воды в узел пульпоприготовления, обеспечивающее эффективное перемешивание, гомогенность пульпы и дезинтеграцию образовавшихся при переэкскавации агломератов.

Техногенная россыпь, добываемая при попутной добыче экскаватором с текущего яруса намыва, доставляется к месту повторной переработки гидравлическим транспортом. При этом для ее доставки с дамбы ХО к обогатительному производству предлагается использовать напор, создаваемый пульпой в трубопроводе за счет разницы геодезических высот гребня дамбы и обогатительной фабрики. Для рассматриваемых ХО ГОКов Кривбасса эта величина может достигать 50 м, что при правильном выборе диаметра трубопровода и концентрации транспортируемой гидросмеси, может обеспечить сверхкритические режимы течения [4 – 7].

Таким образом, обоснование параметров технологий гидромеханизации, которые используются при попутной добыче техногенных россыпей на ХО, заключается:

- в выборе экскаваторного оборудования, позволяющего добывать техногенную россыпь после заданного времени просушки карты, с дамбы обвалования или с заходом на боковую ограждающую дамбу карты;
- в выборе системы водоснабжения узла пульпоприготовления, расположенного на гребне дамбы обвалования;
- в обосновании места размещения узла пульпоприготовления и способа доставки к нему техногенной россыпи;
- в обосновании технологии и технических средств пульпоприготовления, позволяющих

осуществлять пульпообразование в заданных объемах на текущей дамбе обвалования;

- в обосновании расхода воды к узлу пульпоприготовления, а также подачи и концентрации гидросмеси, поступающей на обогатительное производство, с учетом возможных режимов течения;

- в выборе диаметра и длины трубопровода, обеспечивающего подачу на обогатительное производство, заданного объема пульпы в требуемом режиме течения.

Выбор добычного оборудования для рассматриваемых условий может осуществляться в рамках четырех следующих стратегий. Первая стратегия предполагает добычу техногенной россыпи машинами циклического или непрерывного действия, расположенными на дамбе обвалования. Вторая стратегия предполагает размещать добычные машины также и на боковых ограждающих дамбах карты, или даже только на них. Третья стратегия предполагает размещение добычного оборудования на пляже яруса намыва. Четвертая стратегия рассматривает комбинированные схемы добычи, когда добычное оборудование может располагаться в любой части карты.

Первая и вторая стратегии позволяют [8, 9]:

- наиболее быстро начать добычу техногенной россыпи, еще до полного высыхания пляжа;
- использовать наиболее мощное и высокопроизводительное оборудование, поскольку несущая способность дамб выше, чем пляжа;
- минимизировать или отказаться от транспортного звена между добычным оборудованием и узлом пульпоприготовления, так как они оба располагаются на дамбе обвалования, рядом.

Первая и вторая стратегии ограничены:

- не соответствием габаритов экскаватора и ширины верха дамбы;
- необходимостью использовать минимальное количество единиц техники;
- несущей способностью и устойчивостью дамб;
- не соответствием длины стрелы экскаватора и длиной техногенной россыпи по простиранию;
- цикличностью подачи техногенной россыпи на обогатительное производство.

Третья стратегия позволяет:

- использовать большее количество единиц техники;
- осуществить более полную выемку тела техногенной россыпи;
- обеспечивать равномерную подачу техногенной россыпи на обогатительное производство.

Третья стратегия ограничена:

- использованием менее производительного оборудования;
- отложенным началом добычных работ, вызванных длительной просушкой пляжа;
- несущей способностью пляжа яруса;
- необходимостью иметь протяженное и мобильное транспортное звено между добычным оборудованием и узлом пульпоприготовления.

Четвертая стратегия позволяет использовать преимущества и обходить недостатки первых трех стратегий.

При выборе добычного оборудования для вскрытия и отработки техногенного месторождения открытым способом, не зависимо от выбранной стратегии, используют следующие его технологические характеристики: ширина заходки, максимальная длина забойного блока, паспортная производительность и продолжительность рабочего цикла машины.

Выемочные машины характеризуются цикличностью своего процесса работы. Время цикла включает четыре операции: черпание породы, перемещение породы от забоя к месту разгрузки, разгрузку ковша и перемещение машины к забою. Поэтому в случае подачи твердого материала из добычного оборудования непосредственно в узел пульпоприготовления, расход твердого в узел рассчитывают по формуле:

$$Q_E = Q_A K_E K_T K_O K_U, \quad (1)$$

где  $Q_E$  – эффективная производительность;  $Q_A$  – паспортная производительность;  $K_E$  – коэффициент экскавации;  $K_T$  – коэффициент влияния технологии выемки;  $K_O$  –

коэффициент использования экскаватора во времени, как машины;  $K_U$  – коэффициент управления, зависит от квалификации машиниста и изменяется от 0,85 до 0,95.

При использовании для выемки экскаваторов или мехлопат объем забойного блока определяется по формуле:

$$V_W = H_Z A P, \quad A = K_A R_E, \quad P = K_W P_E, \quad (2)$$

где  $H_Z$  – средняя высота забоя;  $A$  – ширина заходки;  $K_A$  – коэффициент ширины заходки, изменяется от 1,5 до 1,7;  $R_E$  – радиус черпания экскаватора на уровне стояния;  $P$  – длина заходки;  $K_W$  – коэффициент длины заходки, изменяется от 0,3 до 0,5;  $P_E$  – длина хода рукояти экскаватора (табл. 1).

При предварительной аккумуляции добытого материала на складах с последующим размывом гидромониторами, сменная производительность добычного оборудования определяется по следующей формуле:

$$Q_C = Q_E T_C K_P K_K, \quad (3)$$

где  $Q_C$  – сменная производительность выемочной машины;  $T_C$  – продолжительность смены;  $K_P$  – коэффициент использования на основной работе;  $K_K$  – коэффициент влияния климатических условий.

Таблица 1 – Длины хода рукояти различных экскаваторов

Тип мехлопаты	Длина хода рукояти, м
Строительный	от 0,8 до 1,2
Карьерный	от 1,5 до 2
Вскрышной	от 4 до 6

Восстановление аккумулирующей способности прудка при использовании рассматриваемых технологий обеспечивается за счет организации временного прудка осветления в текущих картах замыва (рис. 1). Эти прудки позволяют осветлить значительную часть оборотной воды за счет осаждения твердых частиц в придамбовом бугре и у основания внутреннего откоса дамбы заграждения. После осветления воды во временном прудке вода из карты сливается, производится добыча техногенной залежи, просушка карты, наращивание дамбы обвалования и замыв нового яруса намыва.

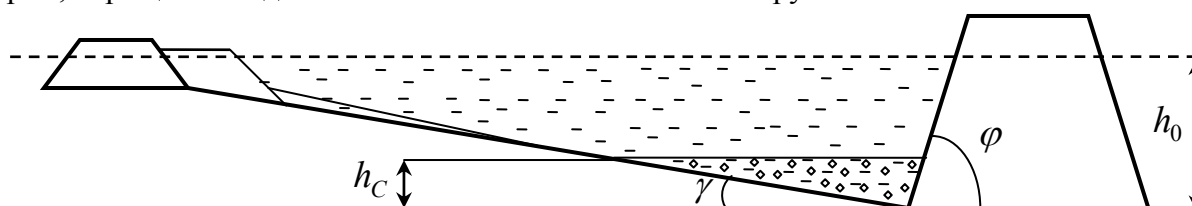


Рис. 1. Параметры высококонцентрированного слоя у заградительной дамбы временного прудка осветления

Для эффективного осаждения твердых частиц во временных прудках осветления и согласования времени заполнения карт и длительности добычи техногенной россыпи, важно оценить время заполнения карты пульпой. Время заполнения карты пульпой рассчитывается из условия достижения свободной поверхности уровня верха придамбового бугра (рис. 1):

$$T_0 = \frac{BL^2}{2Q_0} (\mu'^2 + 2\wp \mu' + \wp) \sin^2 \gamma, \quad \mu' = \frac{\mu}{\sin \gamma}, \quad \wp = \frac{ctg \phi + ctg \gamma}{2ctg \phi}, \quad (4)$$

где  $Q_0$  – объемный расход пульпы, отводимый с обогатительного производства в данную карту намыва;  $\phi$  – угол откоса дамб;  $\gamma$  – угол наклона пляжа к горизонту;  $\mu$  –

относительная суммарная длина пляжа.

Высота придамбового бугра при расчетах параметров добычного оборудования принимается равной высоте дамбы обвалования, а ширина верхней полки и объем рассчитываются по формулам [6, 10]:

$$W_p = \delta \mu^2 BL^2, \quad \delta = \frac{d_q}{h_p}, \quad c = 548C^2 - 113C + 14,6, \quad (5)$$

где  $W_p$  – объем придамбового бугра;  $c$  – экспериментальный параметр;  $d_q$  – диаметр патрубка, через который осуществляется выпуск пульпы из трубопровода;  $C$  – объемная концентрация пульпы;  $\delta$  – относительная ширина верхней полки придамбового бугра.

С учетом выражения (5) время работы добычного оборудования при выемке техногенной россыпи рассчитывается по формуле:

$$T_p = \delta \mu^2 \frac{BL^2}{Q_p}, \quad (6)$$

где  $Q_p$  – часовая производительность добычного оборудования.

### Выводы

В результате проведенных исследований показано, что внедрение попутной добычи ценного компонента с придамбовых участков пляжа совместно с технологией комбинированного складирования отходов позволяет: добывать часть ценного компонента, оставшуюся в отходах обогащения, на стадии заполнения хранилища; отказаться от эксплуатации хранилища как техногенного месторождения после завершения складирования; избежать значительных объемов переэкскавации дамб обвалования верхних уровней; восстанавливать аккумуляционную способность прудка осветления за счет организации временных прудков в картах замыва; повысить экологическую безопасность и ресурсосбережение существующих технологий. Обоснованы параметры процесса добычи техногенной россыпи для продления срока эксплуатации хранилища путем восстановления аккумуляционной способности прудка, повторно заполняя выработанное пространство отходами обогащения, сгущенными до концентрации пасты, и увеличить емкость хранилища отходов.

### Список литературы

1. Блюсс, Б.А. Проблемы гравитационного обогащения титан-цирконовых песков / Б.А. Блюсс, А.М. Сокил, О.Г. Гоман. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 190 с.
2. Гуменик, И.Л. Проблемы разработки россыпных месторождений / И.Л. Гуменик, А.М. Сокил, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин. – Днепропетровск: Січ, 2001. – 224 с.
3. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий / Ю.Д. Баранов, Б.А. Блюсс, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин. – Днепропетровск: Новая идеология, 2006. – 416с.
4. 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.
5. 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.
6. Медведева, О.А. Технологические решения по разработке техногенных месторождений ГОКов Кривбасса / О.А. Медведева // Форум гірників – 2014: Мат. міжн. конф., жовтень 2014р. - Дніпропетровськ, 2014. - С. 154 – 161.
7. 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.
8. Карамзин В.В., Рыбаков О.И., Измалков В.А., Татауров С.Б. Новые процессы извлечения мелкого золота из отвальных продуктов // Горный журнал. – 2002. – № 2. С.71-77.
9. 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.
10. Семененко, Е.В. Научные основы технологий гидромеханизации открытой разработки титан-цирконовых россыпей / Евгений Владимирович Семененко. – Киев: Наукова думка, 2011. – 232 с.