

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ХРАНИЛИЩ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Б. А. Блюсс, Е. В. Семенов, О. А. Медведева

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

ул. Симферопольская, 2а, г. Днепр, 49005, Украина.

E-mail: Olya-1702@yandex.ua

Приведено современное состояние ГОКов Кривбасса. Установлено, что хранилища заполнены более чем 90 %. Внедрение отдельного складирования фракций твердой фазы предполагает существенную модернизацию всей системы складирования и транспортирования отходов обогащения. Установлено, что объем высококонцентрированной пульпы, образованной из тонких, глинистых и пылеватых частиц, содержащихся в неочищенной оборотной воде, зависит от содержания этих частиц отходах обогащения и концентрации складированной гидросмеси. Исследована зависимость относительного снижения требуемого объема прудка осветления от относительной концентрации складированной гидросмеси при различной массовой доле в отходах обогащения тонких, глинистых и пылеватых частиц.

Ключевые слова: дамба обвалования, временный прудок, техногенная россыпь, ярус намыва.

ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ АКУМУЛЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ СХОВИЩ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ

Б. О. Блюсс, Є. В. Семенов, О. О. Медведєва

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

вул. Сімферопольська, 2а, м. Дніпро, 49005, Україна.

E-mail: Olya-1702@yandex.ua

Наведено сучасний стан ГЗКів Кривбасу. Встановлено, що сховища заповнені більш ніж на 90 %. Впровадження роздільного складування фракцій твердої фази припускає істотну модернізацію усієї системи складування і транспортування відходів збагачення. Встановлено, що об'єм висококонцентрованої пульпи, утвореної з тонких, глинистих і пилюватих часток, що містяться в неочищеній оборотній воді, залежить від змісту цих часток у відходах збагачення і концентрації складованої гідросуміші. Досліджена залежність відносного зниження необхідного об'єму прудка освітлення від відносної концентрації складованої гідросуміші при різній масовій долі у відходах збагачення тонких, глинистих і пилюватих часток.

Ключові слова: дамба обвалування, тимчасовий прудок, техногенний розсип, ярус намивання.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Кривбасс является крупнейшей железорудной базой страны. Девятью карьерами пяти мощных горно-обогатительных комбинатов Кривбасса ежегодно складировается в отвалы более 90 млн. м³ вскрышных

пород и свыше 70 млн. т отходов обогащения сбрасывается в хвостохранилища. На всех ГОКах Кривбасса ежегодно добывается около 25 млн. т тяжело обогащаемых железистых кварцитов с содержанием железа до 32-36 %. Их складировано уже более 500 млн. т. Пока только на ЦГОКе путем обжиг-магнитного обогащения перерабатывается около 9,5 млн. т в год окисленной руды [1, 2].

Каждый ГОК эксплуатирует как минимум одно крупное хранилище отходов (ХО). Всего в районе Кривого Рога находится восемь ХО. Это огромные резервуары, огороженные отвалами из шламов и пустой породы, которые наполнены пульпой (смесь измельченных отходов добычи руды с водой). По данным государственного проектно-конструкторского института обогатительного оборудования («Гипромашобогашение») сегодня в Приднепровском регионе (Днепропетровская, Запорожская и Кировоградская области) за счет отходов железорудных ГОКов в ХО (которых всего около трехсот) аккумулировано более 3,5 млрд. м³ отходов, из них львиная доля – около 2,7 - 3 млрд. м³ – приходится на Днепропетровскую область, в том числе более 2 млрд. м³ – на Кривбасс.

ХО горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) были возведены, руководствуясь, прежде всего, требованиями безопасности эксплуатации, устойчивости бортов хранилища и надежности дамб обвалования [3–5]. Эти требования определяют геометрические параметры дамб обвалования: угол между основанием и внешним откосом дамбы обвалования, заложение наружного откоса дамбы обвалования, ширину верха дамбы обвалования. Этими же документами регламентируется длина пляжа, ширина карты и длина фронта намыва. Граница земельного отвода под ХО определяет длину периметра и длины сторон, которые так же регламентируют длину фронта намыва. Одновременно все эти величины являются определяющими для расчета параметров технологий гидромеханизации, применяемых при эксплуатации ХО. Однако все эти нормативные требования разрабатывались для гидросмесей с массовой концентрацией твердого не превышающей 5 %. При этом возможность сгущения отходов обогащения до концентраций 40 % и транспортирование их в таком виде не рассматривалась. Поэтому продление срока эксплуатации хранилищ отходов обогащения без отвода новых земель для обеспечения производительности горно-обогатительных комбинатов является актуальными в настоящее время.

Целью статьи является обоснование возможных технологий увеличения емкости эксплуатируемых искусственных хранилищ отходов Криворожских ГОКов за счет восстановления емкости прудка.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Аккумулирующая способность хранилища отходов обогащения (ХО) оценивается массой или объемом грунтовых частиц, складированных в хранилище, к массе или объему оборотной воды, аккумулированной вместе с ними, до момента пока прудок не сможет осветлять оборотную воду до требуемых параметров.

Восстанавливать аккумуляющую способность ХО можно за счет [6–8]:

- интенсификации процесса осветления воды в прудке, например, используя флокулянты и коагулянты;
- выбора режима замыва карт;

- изменением параметров пляжей надводного и подводного намывов;
- внедрением раздельного складирования фракций твердой фазы;
- предварительным осветлением пульпы в картах намыва до попадания в прудок.

Интенсификация процесса осветления воды в прудке за счет добавления химических реагентов, позволяет значительно быстрее осадить твердые частицы, однако ухудшает свойства получаемого осадка. В результате образования флоккул такой осадок будет рыхлым, более объемным и менее надежным с точки зрения устойчивости дамб обвалования.

Регулирование параметрами режима замыва карт и изменение параметров пляжей надводного и подводного намывов предполагают использование затратных технологий сгущения пульп перед складированием или средств регулирования режимом работы гидротранспортного комплекса.

Внедрением раздельного складирования фракций твердой фазы предполагает существенную модернизацию всей системы складирования и транспортирования отходов обогащения.

Предварительное осветление пульпы в картах намыва до попадания в прудок это новый способ, еще не используемый в полном объеме на отечественных ГОКах. Идея способа основана на особенности технологии картового намыва, когда прудок отделяется от карты намыва заградительной дамбой, у внутреннего откоса которой в результате процесса замыва карты образуется локальный прудок, существующий до тех пор, пока на пляжи яруса подается пульпа (рис. 1). После замыва карты в заградительной дамбе делают прораны и содержимое локального прудка поступает в прудок хранилища для осветления (рис. 2). Таким образом, идея новой технологии восстановления аккумулирующей способности ХО заключается в том, что пульпу из локального прудка направляют на сгущение, после чего складывают высококонцентрированную пульпу, а воду подают в систему оборотного водоснабжения (рис. 3).

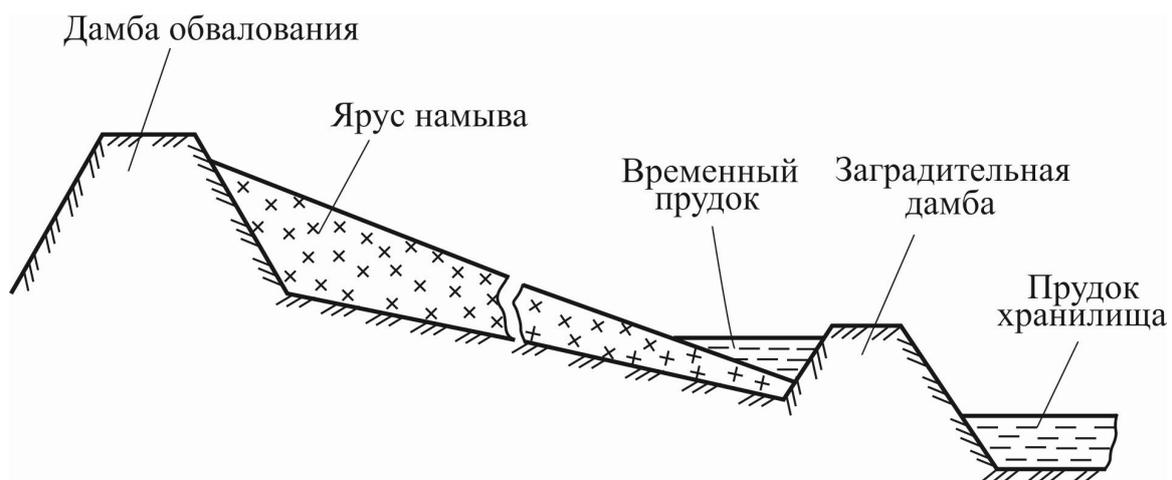


Рисунок 1 – Технология складирования отходов обогащения с организацией временного прудка в карте замыва

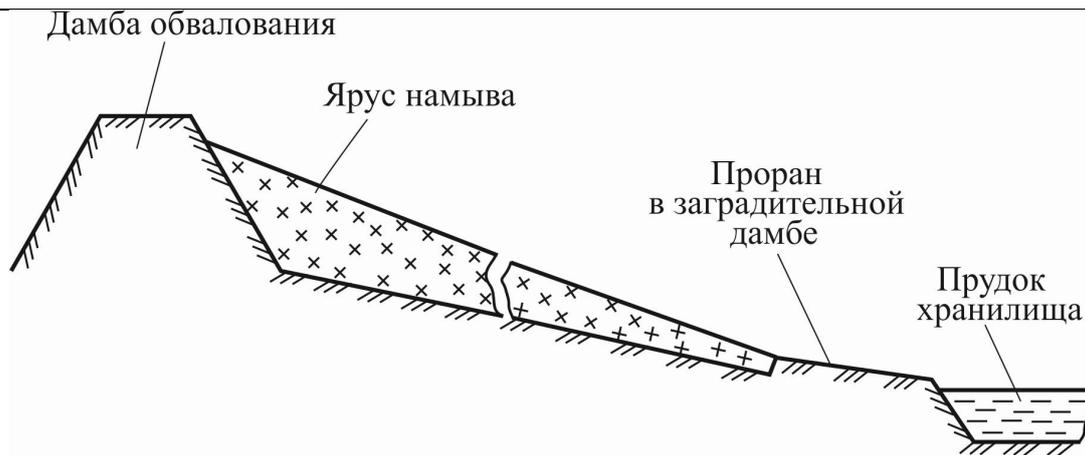


Рисунок 2 – Существующий способ ликвидации временного прудка после заполнения карты

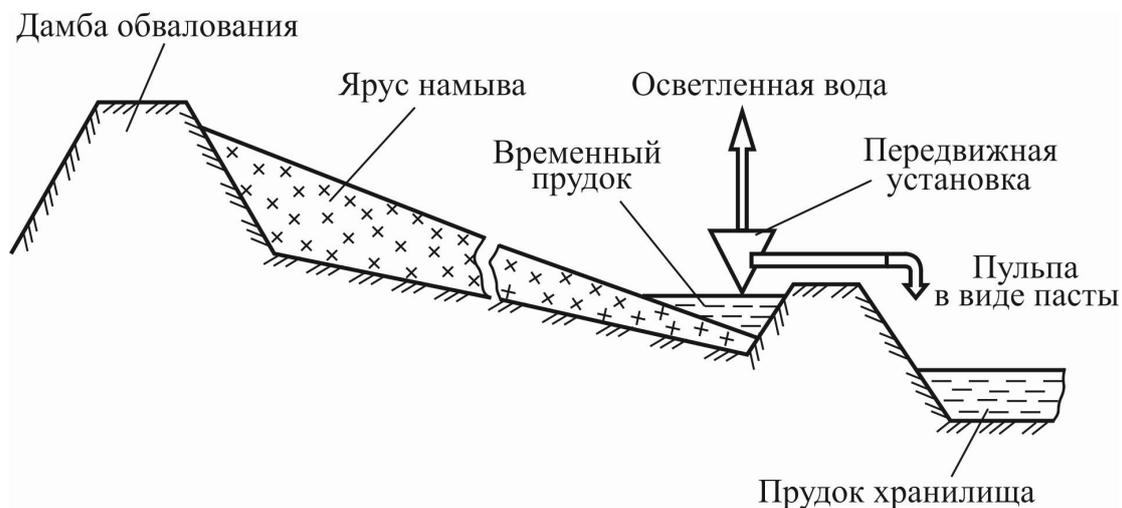


Рисунок 3 – Перспективный способ ликвидации временного прудка после заполнения карты, обеспечивающий восстановление аккумулирующей способности хранилища

Для реализации этой идеи могут быть использованы перегородки из перфорированных материалов не пропускающие твердые частицы в прудок, сгустительные аппараты позволяющие сепарировать пылеватые и глинистые фракции, обработку пульпы постоянными магнитами. Перегородки устанавливаются вместо заградительной дамбы или в ее проранах, обеспечивая фильтрацию жидкости без твердых частиц в прудок. Такие перегородки могут работать непрерывно, в то время как другие из указанных методов предполагают первоначальное аккумулирование твердых части и воды во временном прудке.

Одним из вариантов восстановления аккумулирующей способности хранилища является предварительное осветление пульпы содержащей глинистые и пылеватые фракции во временном прудке путем подачи туда слабых растворов реагентов, коагулянтов и флокулянтов. Образовавшуюся при этом осветленную воду и рыхлый осадок соответственно направляют в систему оборотного водоснабжения и в ядро хранилища. Рыхлость осадка устраняется при пропускании его через центробежный насос в виде пульпы с концентрацией пасты. Центро-

бежный насос в этом случае выступает в роли дезинтегратора хлопьев и флоккул, что делает высококонцентрированную пульпу более гомогенной а осадок при ее складировании более плотным.

Нетрудно показать, что объем неочищенной оборотной воды, аккумулируемой в карте за время намыва одного яруса над слоем пляжа определяется по формуле [9, 10]

$$W = \chi^2 \frac{\sigma^2 h_u^2}{2} \theta L; \quad (1)$$

$$\theta = \frac{\sin \psi}{\sin \beta} \sin(\psi + \beta); \quad \chi = 1 + \eta \sin(\psi + \beta); \quad \eta = \frac{h}{\sigma h_u},$$

где W – объем неочищенной оборотной воды, аккумулируемой в карте за время намыва одного яруса; χ – коэффициент, учитывающий мощность яруса намыва (рис. 4); σ – коэффициент, показывающий насколько уровень воды ниже верха заградительной дамбы; h_u – высота заградительной дамбы; θ – величина, учитывающая влияние углов наклонов откосов дамбы и пляжа (рис. 5); L – ширина карты; ψ – угол откоса заградительной дамбы; β – угол наклона пляжа к горизонту; η – относительная толщина яруса намыва; h – толщина яруса намыва.

При существующей технологии складирования весь объем неочищенной оборотной воды, определяемый по формуле (1), поступает в прудок осветления. Объем прудка должен позволять осветлить эту оборотную воду, а затем обеспечить складирование под слоем воды объем высококонцентрированной пульпы, образованной из тонких, глинистых и пылеватых частиц, содержащихся в этом объеме.

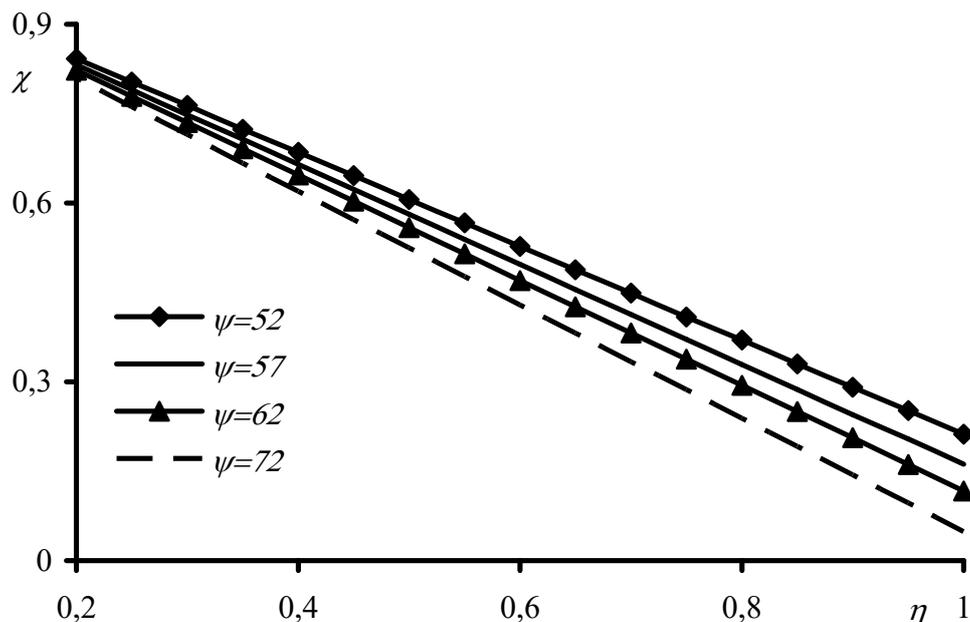


Рисунок 4 – Залежність величини χ від відносної товщини яруса намыва при різних значеннях кута відкоса заградительной дамбы

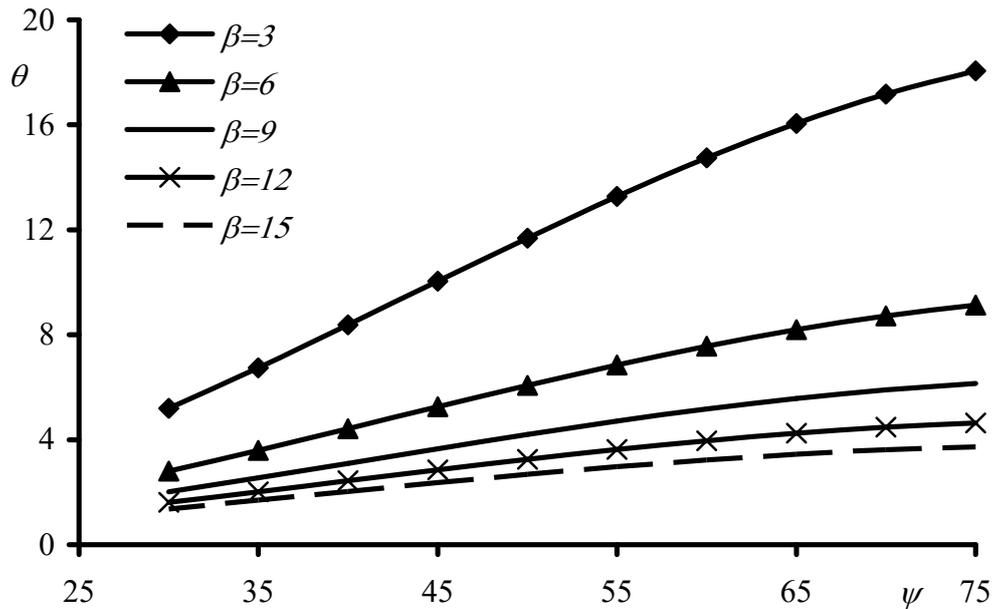


Рисунок 5 – Залежність величини θ від угла откоса заградительной дамбы при різних значеннях угла наклона пляжа к горизонту

Объем высококонцентрированной пульпы, образованной из тонких, глинистых и пылеватых частиц, содержащихся в неочищенной оборотной воде, зависит от содержания этих частиц отходах обогащения и концентрации складированной гидросмеси:

$$W_S = SRW ; \quad (2)$$

$$S = \frac{C}{C_P} ,$$

а объем очищенной оборотной воды отводимой из ХО

$$W_0 = (1 - SR)W , \quad (3)$$

где W_S – объем высококонцентрированной пульпы, образованной из тонких, глинистых и пылеватых частиц, содержащихся в неочищенной оборотной воде; S – относительная концентрация складированной гидросмеси; R – массовая доля в отходах обогащения тонких, глинистых и пылеватых частиц; C – концентрация складированной гидросмеси; C_P – концентрация высококонцентрированной пульпы складированной под слоем воды в прудке ХО; W_0 – объем очищенной оборотной воды.

На основании формул (1) – (3) можно оценить возможное снижение необходимого объема прудка, получаемое в результате применения предлагаемой технологии:

$$w = \Delta W ; \quad (4)$$

$$\Delta = 1 - SR,$$

где W – снижения требуемого объема прудка осветления; Δ – относительное снижения требуемого объема прудка осветления (рис. 6).

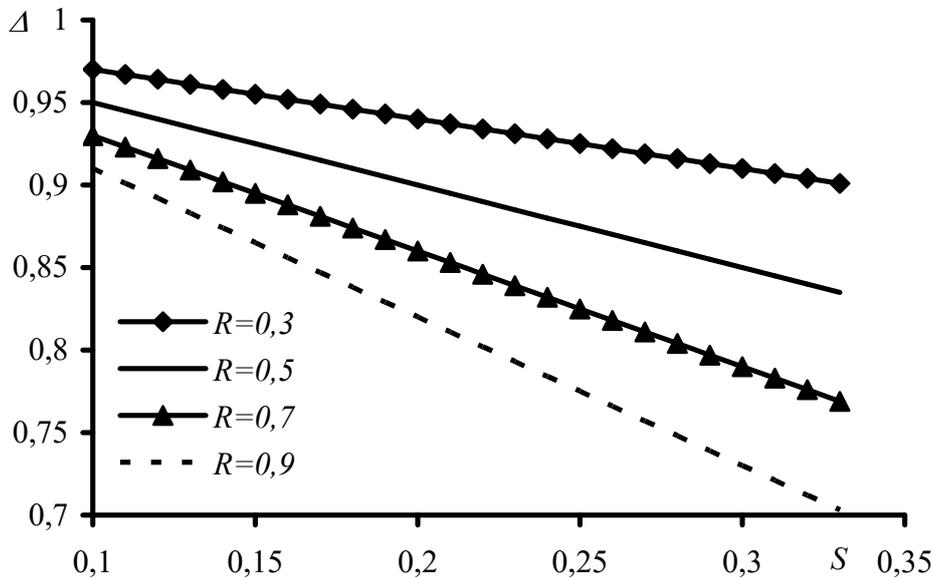


Рисунок 6 – Залежність відносного зниження об'єму прудка освітлення від відносної концентрації складируваної гідросміси при різній масовій частці в відходах обогачення тонких, глинистих і пилеватих частинок

Величина, визначена за формулою (4), показує можливість експлуатації ХО після того як прудок уже не здатний освітлювати складирувані об'єми відходів, але може накопичувати вже стиснену пульпу.

ВИВОДИ. Таким чином, проведені дослідження показують, що очистка ХО ГОКів є актуальною на сьогоднішній день задачею, рішення якої дозволить збільшити запаси мінерально-сировинного комплексу за рахунок залучення в розробку техногенних родовищ, скоротити кількість закладених відходів обогачення, тим самим виконати заходи по відновленню накопичувальної здатності ємкості зберігання і продовжити її подальшу експлуатацію, заповнюючи новими відходами обогачення.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюсс Б.А., Головач Н.А. Совершенствование технологий предобогачения ильменитовых руд. – Днепропетровск: Полиграфист. – 1999. – 126 с.
2. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогачения / Е.Л. Звягельский, Б.А. Блюсс, Е.И. Назимко, Е.В. Семенов. – Севастополь: «Вебер». – 2002. – 247 с.

3. Трубопроводный гидротранспорт твердых сыпучих материалов / Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили, С.И. Криль, Л.А. Смойловская. – Тбилиси: «Мецниереба». – 2006. – 350 с.
4. Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна / В.Д. Евтехов, И.С. Пранько, Е.В. Евтехов // Кривой Рог: Изд-во Криворожского технического университета, 1999. – 70 с.
5. Медведева О.А. Хвостохранилища кривбасса, проблемы и особенности их эксплуатации // Межвед. сб. научн. тр. – Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2012. – Вып. № 103. – С. 279–285.
6. Ермошкин В.В. Опыт и проблемы гидроотвалообразования на разрезах кузбасса // Материалы четвертого съезда гидромеханизаторов России «Гидромеханизация – 2006». – Москва. – 2006. – С. 125–127.
7. Медведева О.А., Киричко С.Н. Обоснование технологий совместного складирования отходов обогащения с различной степенью сгущения // Межвед. сб. научн. тр. – Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2013. – Вып. № 109. – С. 134–141.
8. Medvedeva, O.A. Development and exploitation of storages of enrichment process wastes as anthropogenic deposits // Theoretical and practical solutions of mineral resources mining – Pivnyak, Bondarenko & Kovalevska (eds), 2015 Taylor & Francis Group, London, ISBN: 978-1-138-02883-8. – P. 567–573.
9. Медведева О.А. Technologies of man-made placers development during and after finishing of wastes storages exploitation // Межвед. сб. научн. тр. – Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2015. – Вып. № 122. – С. 110–118.
10. Медведева О.А., Киричко С.Н. Стратегии разработки техногенных залежей хвостохранилищ // Научно-техн. и произв. журнал. – Metallurgical and горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2015 – Вып. № 6. – С. 80–86.

TECHNOLOGIES OF RESTORATION OF HEAT-SINK ABILITY OF STORAGES OF WASTE AT ENRICHMENT

B. Blyuss, Ye. Semenenko, O. Medvedeva

M. S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine

vul. Simferopolskaya, 2a, Dnipro, 49005, Ukraine.

E-mail: Olya-1702@yandex.ua

Purpose. A reasonable opportunity to increase technology capacity operated artificial storage of waste Kryvyi Rih mining and processing by restoring ponds capacity. **Methodology.** Applied mathematical modeling to evaluate the possible reduction in the required amount of ponds, obtained as a result of the proposed storage technology condensed waste with subsequent liquidation ponds. **Results.** Manage mode options alluvium cards and changing parameters beaches of surface and underwater alluvium involves the use of expensive technologies thickening slurries before storage or funds regulatory regime work hydrotransport complex. It has been established that the introduction of the separate storage of solids fractions involves significant upgrades across the storage and transportation of tailings system. Involvement in the development

of man-made deposits will reduce the number of impounded tailings, perform actions to restore storage capacity and storage capacity to continue its further operation, filling the new tailings. **Originality.** For the first time, the dependence of the relative decrease in the required volume of ponds clarification on the relative concentration of the stored slurry with different mass fraction of the waste enrichment thin, clay and silt particles. **Practical value.** A promising way to eliminate temporary ponds after filling card, providing recovery storage capacity storage. References 10, figures 6.

Key words: dam embankment, temporary prudok, industrial placers, tier reclamation.

REFERENCES

1. Blyuss, B.A., Golovach, N.A. (1999), "Perfection technologies of preenrichment of ilmenit ores", *Poligrafist, Dnepropetrovsk, Ukraine*, 126 p.
2. Zvyagylskiy, E.L., Blyuss, B.A., Nazymko, E.I. and Semenenko, E.V. (2002), "Perfection of the modes of operations of hydrotransportoptions of technologies of coal beneficanion", *Veber, Sevastopol, Ukraine*, 247 p.
3. Makharadze, L.I., Gochytashvyly, T.Sh., Kryl, S.I. and Smoylovskaya, L.A. (2006), "Pipeline hydraulic conveying of hard friable materials", *Metsnyereba, Tbilisi, Georgia*, 350 p.
4. Yevtekhov, V.D., Pran'ko, I.S., Yevtekhov, Ye.V. (1999), "Alternative mineral resources of the Kryvyi Rih iron ore basin", *Krivoy Rog: Publishing house of the Kryvyi Rih technical university*, 70 p.
5. Medvedeva, O.A. (2012) "Tail-fepository of Kryvbass, problems and features of their exploitation", *Mezhved. sb. nauchn. tr. "Geotechnical mechanics"*, no. 103, pp. 279–285.
6. Yermoshkyn, V.V. (2006), "Experience and problems of gydrootvaloobrazovaniya on the cuts of Kuzbass", *Materials of Fourth convention of gydromechanizators of Russia «Gydromechanization – 2006»*, Moscow, Russia, pp. 125–127.
7. Medvedeva, O.A., Kyrychko, S.N. (2013) "Justification of technologies of joint warehousing of waste of enrichment with various degree of a condensation", *Mezhved. sb. nauchn. tr. "Geotechnical mechanics"*, no. 109, pp. 134–141.
8. Medvedeva, O.A. (2015) "Development and exploitation of storages of enrichment process wastes as anthropogenic deposits", *Theoretical and practical solutions of mineral resources mining - Pivnyak, Bondarenko & Kovalevska (eds), 2015 Taylor & Francis Group, London*, ISBN: 978-1-138-02883-8. – pp. 567–573.
9. Medvedeva, O.A. (2015) "Technologies of man-made placers development during and after finishing of wastes storages exploitation", *Mezhved. sb. nauchn. tr. "Geotechnical mechanics"*, no. 122, pp. 110–118.
10. Medvedeva, O.A. and Kyrychko, S.N. (2015) "Strategy of development of man-made placers of tailings dams" // *Metallurgical and ore mining industry, Dnepropetrovsk, Ukraine*, no 6, pp. 80–86.

Стаття надійшла 28.01.2016.