
УДК 622.271.06: 622.17.004.2

О.А. Медведева, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
С.Н. Киричко, аспирант
(ИГТМ НАН Украины)

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СОВМЕСТНОГО СКЛАДИРОВАНИЯ
ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ СГУЩЕНИЯ**

О.О. Медведєва О.О., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
С.М. Киричко, аспірант
(ИГТМ НАН України)

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СПІЛЬНОГО СКЛАДУВАННЯ
ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ЗГУЩЕННЯ**

O.A. Medvedeva, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
S.N. Kirichko, Doctoral Student
(IGTM NAS of Ukraine)

**GROUND OF TECHNOLOGIES OF JOINT WAREHOUSING OF WASTES
OF ENRICHMENT WITH A DIFFERENT DEGREE OF CONDENSING**

Аннотация. Одним из самых проблемных вопросов в области обогащения является отсутствие ресурсов для складирования отходов обогащения. Поэтому проблема восстановления аккумулярующей способности и продление срока эксплуатации хранилищ без отведения дополнительных земель становится все актуальнее.

В статье приведены результаты исследования проблем, возникающих при внедрении технологий сгущения складированной пульпы до концентрации пасты в условиях отечественных горно-обогатительных комбинатов. Исследованы технологические схемы складирования отходов обогащения при сгущении части пульпы до концентрации пасты, в результате чего предложена попутная добыча ценного компонента с придамбовых участков пляжа совместно с технологией комбинированного складирования отходов, которая позволяет добывать часть ценного компонента, оставшуюся в отходах обогащения, на стадии заполнения хранилища.

Ключевые слова: хранилища отходов обогащения, пульпа с различной степенью сгущения.

Введение. Внедрение технологий сгущения пульпы в практику систем отведения и складирования отходов обогащения является мировой тенденцией и основано на следующих предпосылках [1 – 7]: складирование сгущенной пульпы требует значительно меньших объемов хранилища; практически отсутствует фильтрация воды из хранилища в почву; практически исключается пыление глинистых и пылеватых фракций отходов из хранилища; не требуется осветление воды и отвод оборотной воды из хранилища отходов; сокращаются объемы электроэнергии, потребляемой насосными агрегатами гидротранспортных систем и систем оборотного водоснабжения.

Складирование отходов обогащения на предприятиях Канады (Alkan, Golder Paste Technology Ltd, Strathcona), США (FLSmidth Minerals, АМЕС и Outokumpu Technology Pty Ltd), Финляндии (Кемиро Ой, Оутокумпу) и России (Кубака, Кольская горно-рудная компания) после внедрения технологий сгущения пульпы до состояния пасты осуществляется в новые хранилища, отличные от старых, в которых складирование производилось «традиционным» способом (рис. 1). Этот опыт выявил несколько проблемных мест пастового сгущения: высокие потери напора, обусловленные высокой вязкостью суспензии; проблемы при повторном запуске, обусловленные существенным ростом начального напряжения сдвига; значительная зависимость стабильности суспензии в виде пасты от содержания тонких и глинистых частиц.

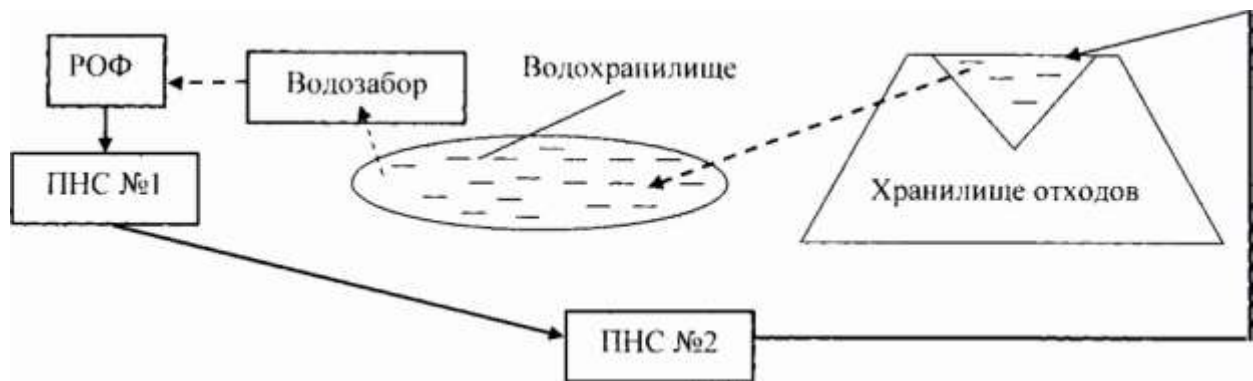


Рисунок 1 – Традиционная схема отведения отходов обогащения и обратного водоснабжения

Однако такой опыт не применим для большинства отечественных горно-обогатительных комбинатов (ГОК), у которых существуют трудности с получением отводов земли под новые хранилища отходов. Кроме того, не исключено, что на отечественных ГОКах возможен постепенный переход на пастовое сгущение, когда одновременно будут эксплуатироваться и «традиционный» способ складирования и складирование высококонцентрированной пульпы. Опыт такого совместного складирования отходов обогащения неизвестен.

Целью статьи является исследование особенностей новых технологических схем складирования отходов обогащения при сгущении части пульпы до концентрации пасты, с учетом мирового опыта внедрения пастового сгущения.

Теоретическая часть. Сгущение пульпы до пастообразной консистенции позволяет существенно снизить требуемый объем хранилища отходов и объем перекачиваемой пульпы, а также максимально обеспечить обратной водой обогатительное производство. Однако внедрение технологий такого сгущения требует использования значительного количества реагентов, полной замены трубопроводов гидротранспортных магистралей и переоборудования пульпоносных станций (ПНС) под поршневые насосы. На основе результатов анализа известных случаев пастового складирования отходов обогащения можно выделить следующие факторы, определяющие надежность и эффективность техно-

логии: место размещения сгустителя относительно обогатительного производства и хранилища, концентрация сгущенной суспензии, а также управление гранулометрического состава твердой фазы гидросмеси.

Выбор того или иного места размещения сгустителя определяется техническими возможностями и требует проектного и экономического обоснования, поскольку предполагает существенные капитальные вложения. Поскольку сгуститель делит трубопровод системы отведения отходов на две части, в одно из них, которая соединяет обогатительное производство со сгустителем, течет пульпа низкой концентрации, а во втором – суспензия с концентрацией пасты. Гидравлические сопротивления этих двух участков различны, а их длина определяет затраты на транспортирование (рис. 2 – 4). Очевидно, исходя из соотношения капитальных и эксплуатационных затрат существует такое место расположения сгустителя между обогатительным производством и хранилищем отходов, которое обеспечивает минимум приведенных затрат, или же обеспечивает запуск установки без привлечения дополнительных насосов.



Рисунок 2 – Схема отведения отходов обогащения и оборотного водоснабжения со сгущением пульпы на ПНС гидротранспортного комплекса рядом с РОФ



Рисунок 3 – Схема отведения отходов обогащения и оборотного водоснабжения со сгущением пульпы на выходе из магистрали гидротранспортного комплекса рядом с хранилищем или на промежуточной ПНС

Управление гранулометрическим составом твердой фазы гидросмеси предполагает выделение из отходов глинистых и пылеватых частиц, с последующим их складированием отдельно от более крупных фракций, что обеспечивает устойчивость дамб обвалования и предотвращает пыление пляжа. В этом случае для складирования глинистых и пылеватых частиц используется подводный намыв, а для более крупных фракций – надводный (рис. 5 – 7).



Рисунок 4 – Схема отведения отходов обогащения и оборотного водоснабжения со сгущением пульпы непосредственно возле карты намыва



Рисунок 5 – Схема отведения отходов обогащения и оборотного водоснабжения с разделением пульпы на ПНС гидротранспортного комплекса рядом с РОФ



Рисунок 6 – Схема отведения отходов обогащения и оборотного водоснабжения с разделением пульпы на выходе из магистрали гидротранспортного комплекса возле хранилища или на промежуточной ПНС

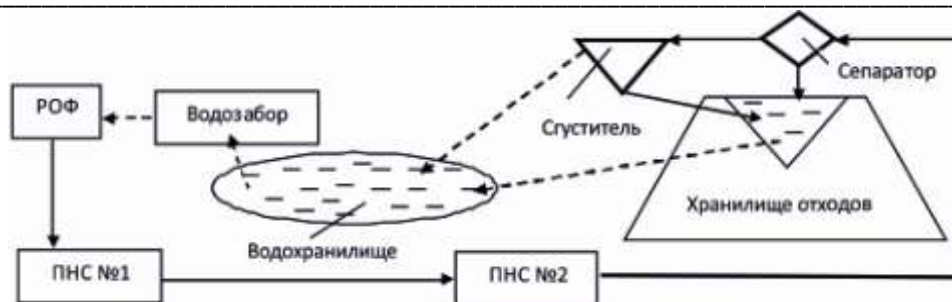


Рисунок 7 – Схема отведения отходов обогащения и оборотного водоснабжения с разделением пульпы непосредственно возле карты намыва

Это также позволяет применять различные технологии сгущения пульп в зависимости от крупности частиц твердой фазы, что снижает затраты. Однако, такой подход требует дополнительного обоснования, так как гидротранспортирование твердых частиц крупностью более 0,5 мм без присутствия в пульпе глинистых и пылеватых частиц характеризуется большими критическими скоростями и потерями напора, некоторая их часть обеспечивает требуемые свойства пляжа намыва.

Высокие значения концентрации пастовой пульпы, при отсутствии проверенных методов расчета параметров гидротранспорта пастообразных пульп и необходимостью обустройства реагентного хозяйства, являются сдерживающим фактором для внедрения соответствующих технологий при модернизации существующих систем отведения отходов обогащения. В то же время методы расчета параметров гидротранспорта пульп с концентрациями менее 30 % по массе и технологии сгущения пульп до таких концентраций известны и апробированы. Таким образом, с учетом того, что концентрации хвостовых пульп на существующих предприятиях около 5 % по массе, применение этого подхода позволит получить значительную экономию электроэнергии и водных ресурсов, без замены используемых насосов. Сгущение пульпы до концентрации не более 30 % по массе позволяет снизить требуемый объем хранилища отходов, а также энергоемкость и водопотребление процесса отведения отходов без переоснащения ПНС поршневыми насосами, позволяет использовать меньшие количества реагентов.

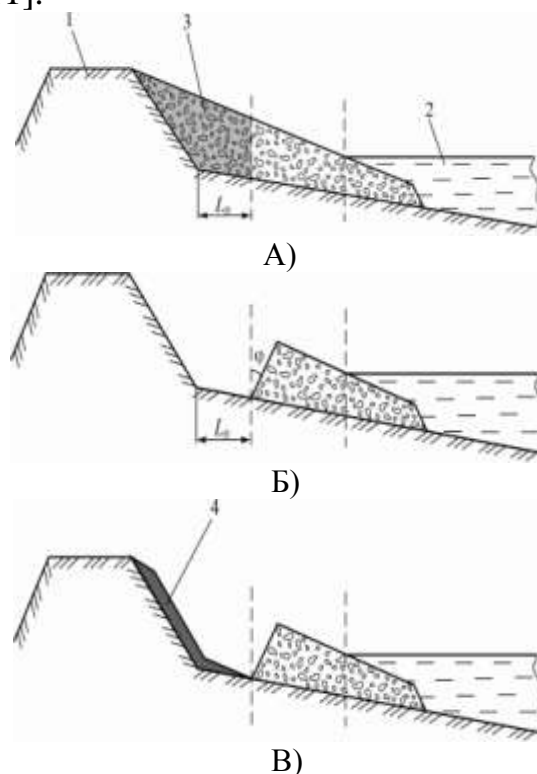
Комбинированное одновременное складирование отходов обогащения в виде пульпы низкой концентрации и пастовых пульп позволяет надеяться на следующие эффекты: внедрения технологии попутной добычи ценного компонента с придамбовых участков пляжа [8]; реализация послойного замыва ядра хранилища [9]; защита пляжей подводного намыва от пыления после завершения эксплуатации хранилища.

Известно, что для уменьшения усадки грунта ядра после окончания намыва хранилища и предотвращения заболачивания поверхности, рекомендуется ядро хранилища замывать послойно, чередуя слой мелкозернистого пылевато-глинистого материала со слоем более крупнозернистого, песчаного грунта [9]. Такая укладка, также способствует уплотнению глинистого экрана на дне ядра хранилища и обеспечивает эффективную гидроизоляцию. При комбинированном скла-

дировании пульпа обычной концентрации складировается «традиционным» способом. Крупные фракции этих отходов осаждаются на пляже, а пылевато-глинистые попадают в ядро хранилища. Сгущенные отходы содержат в твердой фазе как пылевато-глинистые так и песчаные частицы и складировываются непосредственно в толщу ядра, формируя участки крупнозернистого слоя.

После завершения эксплуатации хранилища отходов в центральной части двух верхних ярусов остается прудок, вода в котором предотвращает пыление твердых частиц складированных методами подводного намыва. Несмотря на то, что отходы обогащения больше в хранилище не поступают, воду в этот прудок приходится регулярно добавлять, что создает дополнительные трудности и требует эксплуатационных затрат. Послойная подача на дно такого прудка сгущенной пульпы позволяет постепенно заменить воду пастовой пульпой, которая высыхая не пылит, и одновременно предотвращает пыление аккумулялированных пылевато-глинистых частиц [8].

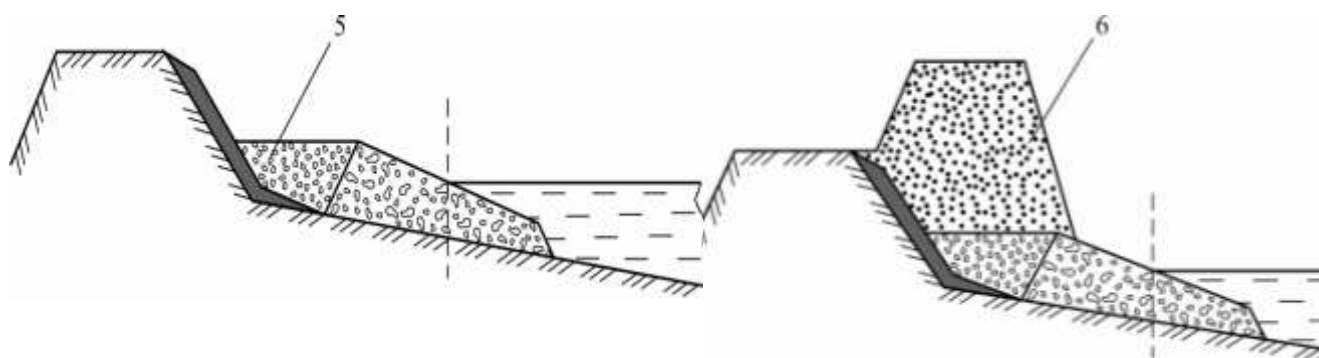
Идея технологии попутной добычи ценного компонента с придамбовых участков пляжа основана на экспериментально установленном факте, что при распределенном намыве за счет фракционирования твердого материала, частицы, содержащие железистые минералы, оседают непосредственно за выпуском из трубопровода на участке, не превосходящем 20 % длины сформированного пляжа (рис. 8А) [9 – 11].



1 – дамба обвалования; 2 – прудок; 3 – часть пляжа, в которой аккумулялируются отходы обогащения с высоким содержанием ценного компонента; 4 – защищающая отсыпка

Рисунок 8 – Схема селективной добычи техногенных залежей в процессе складирования отходов обогащения:

Таким образом, в существующих хранилищах отходов техногенные залежи полезных ископаемых сосредоточены в объеме, ограниченном внутренним откосом дамбы обвалования, верхней поверхностью пляжа предыдущего яруса и сечением, отсекающим 20 % длины пляжа по высоте яруса. С учетом этого предлагается после просушки карты производить выемку с пляжа твердого материала, ограниченного в продольном сечении внутренним откосом дамбы обвалования и откосом, обеспечивающим устойчивость остальной части пляжа (рис. 8б). После выемки части пляжа, содержащей железистые минералы, внутренний откос дамбы обвалования и верхнюю поверхность предыдущего яруса намыва покрывают защитной отсыпкой из кварцитов, пород вскрыши или водоизолирующих материалов, что обеспечивает сток осадков в прудок без попадания в эти области (рис. 8в). В дальнейшем выработанное пространство используется для складирования отходов обогащения сгущенных до концентрации пасты (рис. 9а), обеспечивающих в дальнейшем устойчивость дамбы обвалования следующего яруса намыва (рис. 9б). Так как сгущенные отходы затвердевают без образования пылеватых и глинистых частиц, то пыления пляжа исключается.



а) с пульпой концентрации пасты

б) с дамбой обваливания

Рисунок 9 – Схема заполнения выработанного пространства при селективной добыче техногенных залежей в процессе складирования отходов обогащения: 5 – пульпа с концентрацией пасты; 6 – очередная дамба обвалования

Выводы. 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. Это позволяет отказаться от эксплуатации хранилища как техногенного месторождения после завершения складирования, избежать значительных объемов переэкскавации дамб обвалования верхних уровней, повысить экологическую безопасность и ресурсосбережение существующих технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюсс, Б.А. Совершенствование технологий предобогащения ильменитовых руд [Текст] / Б.А. Блюсс, Н.А. Головач. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 126 с.

2. Батаногов, А.П. Водовоздушное хозяйство обогатительных фабрик [Текст] / А.П. Батаногов/ – М.: Недра, 1984. – 295 с.
3. Влияние мелких фракций полидисперсного твердого материала на параметры его транспортирования турбулентным потоком [Текст] / [Крыль С.И., Карасик В.М., Витошкин Ю.К., Очеретько В.Ф.] // Труды конференции. Ин-т гидродинамики ЧССР - Прага, 1983. – С. 88 – 90.
4. Дмитриев, Г.П. Напорные гидротранспортные системы [Текст] / Г.П. Дмитриев, Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили. – М.: Недра, 1991. – 304 с.
5. Докукин, В.П. Повышение эффективности эксплуатации систем трубопроводного гидротранспорта / В.П. Докукин. – Санкт-Петербург: СПГГИ(ТУ), 2005. – 105 с.
6. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения [Текст] / [Е.Л. Звягильский, Б.А. Блюсс, Е.И. Назимко, Е.В. Семеновко.] – Севастополь: «Вебер», 2002. – 247 с.
7. Трубопроводный гидротранспорт твердых сыпучих материалов [Текст] / [Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили, С.И. Крыль, Л.А. Смойловская.] – Тб.: «Мецниереба», 2006. – 350 с.
8. Медведева, О.А. Хвостохранилища Кривбасса, проблемы и особенности их эксплуатации [Текст] / О.А. Медведева // Межвед. сб. научн. тр. “Геотехническая механика”. – Вып. 103. – Днепропетровск, 2012. – С. 279 – 285.
9. Нурок, Г.А. Гидроотвалы на карьерах / Г.А. Нурок, А.Г. Лутовинов, А.Д. Шерстюков. – М.: Недра, 1977. – 311 с.
10. Ермошкин, В.В. Опыт и проблемы гидроотвалообразования на разрезах Кузбасса [Текст] / В.В. Ермошкин // Материалы Четвертого съезда гидромеханизаторов России «Гидромеханизация – 2006», Россия, г. Москва, 2006.
11. Временные указания по технологии возведения намывных хвостохранилищ горнообогатительных комбинатов (РСН 275 – 75). – Киев: Госстрой УССР, 1975. – 180 с.

REFERENCES

1. Blyuss, B.A. and H.A. Golovach, N.A. (1999), *Sovershenstvovaniye tekhnologiy predobogashcheniya ilmenitivikh rud* [Perfection technologies of pre-enrichment of ilmenite ores], Poligrafist, Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Batanogov, A.P. (1984), *Vodovozdushnoye khozyaystvo odogatitelnykh fabric* [Water-air economy of concentrating factories], Nedra, Moscow, USSR.
3. Kryl, S.I., Karasik, V.M., Vytoshkyn, Yu. K. and Ocherenko, V.F. (1983), «Influence of shallow fractions of polydispersing hard material on the parameters of his portage by a turbulent stream», Labours of conference. Yn-t of the CHSSR hydrodynamics, Prague, CHSSR.
4. Dmytryev, G.P., Makharadze, L.I. and Gochytashvyly, T. Sh. (1991), *Napornye gidrotransportnye sistemy* [Forcing hydrotransport systems], Nedra, Moscow, Russia.
5. Dokukyn, B.P. (2005), *Povysheniye effektivnosti ekspluatacii system truboprovodnogo gidrotransporta* [Increase efficiency of exploitation of the systems of the pipeline hydraulic conveying], SPGGY(TU), Saint Petersburg, Russia.
6. Zvyagylskiy, E.L., Blyuss, B.A., Nazymko, E.I. and Semenenko, E.V. (2002), *Sovershenstvovaniye rezhimov raboty gidrotransportnykh ustanovok tekhnologiy ugleobogashcheniya* [Perfection of the modes of operations of hydrotransport options of technologies of coal beneficanion], Veber, Sevastopol, Ukraine.
7. Makharadze, L.I., T.III. Gochytashvyly, T.Sh., Kryl, S.I. and Smoylovskaya L.A. (2006), *Truboprovodny transport tbyerdykh sybuchikh materialov* [Pipeline hydraulic conveying of hard friable materials], Metsnyereba, Tbilisi, Georgia.
8. Medvedeva, O.A. «Tail-fepository of Kryvbass, problems and features of their exploitation», *Mezhved. sb. nauchn. tr. “Geotechnical mechanics”*, no. 103, pp. 279 – 285.
9. Nurok, G.A., Lutovynov, A.G. and Sherstyukov, A.D. (1977), *Gidrootvaly na karyerakh* [Gidrootvaly on careers], Nedra, Moscow, USSR.
10. Ermoshkyn, 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.
11. *Vremennyye ukazaniya po tekhnologii vozvedeniya namyvnykh khvostokhranylysch gornoobogatitelnykh kombinatov* [Temporal pointing on technology of erection of alluvium tail-depositories of mine-dressing combines (RSN 275 – 75)], Gosstroy of USSR, Kiev, USSR.

Об авторах

Медведева Ольга Алексеевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела геодинамических систем и вибрационных технологий, Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, olya-1702@yandex.ua

About the authors

Medvedeva Olga Alekseevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher in Department of Geodynamic systems and Vibration Technologies, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, olya-1702@yandex.ua

Анотація. Одним з самих проблемних питань в області збагачення є відсутність ресурсів для складування відходів збагачення. Тому проблема відновлення акумулюючої здатності і продовження терміну експлуатації сховищ без відведення додаткових земель стає все актуальніше.

У статті приведені результати дослідження проблем, що виникають при впровадженні технологій згущування складованої пульпи до концентрації пасти в умовах вітчизняних гірничо-збагачувальних комбінатів. Досліджені технологічні схеми складування відходів збагачення при згущуванні частини пульпи до концентрації пасти, внаслідок чого запропонована попутна здобич цінного компонента з придамбових ділянок пляжу спільно з технологією комбінованого складування відходів, яка дозволяє добувати частину цінного компонента, що залишилася у відходах збагачення, на стадії заповнення сховища.

Abstract. One of the most critical problems in the field of mineral enrichment is absence of resources for washery refuse storage. Therefore, a problem of restoration of the storage accumulating power and extension of the storage operation life without allotment of additional lands is the strongest business case today.

Findings on problems arising at introducing technologies for condensing the stored pulps to concentration of the paste in the Ukrainian mining and processing companies are presented in the article. Technological schemes for the washery refuse storage were studied when a part of the pulp was condensed to the paste concentration. As a result of the studies, it was proposed to extract, at the stage of the storage filling, a valuable component which remains in the washery refuse on the sites of a beach round the damp and to apply the combined technology for the waste storage.

Key words: washery refuse storage, pulp with different degrees of concentration.

Статья поступила в редакцию 16.02. 2013

Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук Семененко Е.В.

УДК: 553.548(477)

П.Н. Баранов, д-р геол. наук, профессор
(ГВУЗ «НГУ»)

О.А. Проскуряков, магистр
(Министерство экологии и
природных ресурсов Украины)

С.В. Шевченко, канд. геол. наук, доцент,
О.П. Матюшкина, аспирант
(ГВУЗ «НГУ»)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ЦВЕТНОГО МРАМОРА КРЫМА

П.М. Баранов, д-р геол. наук, профессор
(ДВНЗ «НГУ»)

О.О. Проскуряков, магістр
(Міністерство екології та
природних ресурсів України)

С.В. Шевченко, канд. геол. наук, доцент,
О.П. Матюшкіна, аспірант
(ДВНЗ «НГУ»)

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ КОЛЬОРОВОГО МРА- МОРУ КРИМА

P.N. Baranov, Ph.D. (Geol.), Professor
(SHEI «NMU»)

O.A. Proskurjakov, Master of science
(Ministry of Ecology and Natural
Resources of Ukraine)

S.V. Shevchenko, Ph.D. (Geol.), Associate Professor,
O.P. Matjuskina, Doctoral Student
(SHEI «NMU»)

PROBLEMS AND PROSPECTS OF MASTERING COLOURED MARBLE OF CRIMEA

Аннотация. Отсутствие геммологической оценки на месторождениях мраморизованных известняков Крыма приводит к нерациональному использованию этих объектов минерально-сырьевой базы Украины. Наличие ресурсов цветного мрамора на этих месторождениях предполагает их перевод в категорию комплексных. Предложенная схема их освоения позволяет использовать крымский цветной мрамор в камнерезной и камнеобрабатывающей промышленности, что способствует решению многих социально-экономических проблем региона и страны в целом.

При выявлении проблем и определении перспектив освоения цветного мрамора Крыма использовалась горно-геологическая, геммологическая информация по разрабатываемым месторождениям в регионе, осуществлялся анализ рынка цветных мраморов по другим регионам.