

www.rudmet.ru

ISSN 0017-2278

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

191 ГОД

Издается с 1825 года
(№ 2222)

1.2016



**Горный факультет
Национального минерально-сырьевого
университета «Горный» (с. 7–34)**

УДК 622.271

ПОТОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ (ХВОСТОВ) РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ В ВЫРАБОТАННОЕ ПРОСТРАНСТВО КАРЬЕРА ПРИМОРСКОГО ГОКа

И. В. ЗАХАРОВ¹, начальник сектора, *Zaharov_iv@umbr.ru*
А. Г. ВОРОШИЛОВ¹, главный инженер проектов
Ю. В. ТЕРЕХИНА¹, главный специалист отдела, канд. техн. наук

¹ ОАО «Уралмеханобр», Екатеринбург, Россия

По данным «US Geological Survey» [1]. Россия занимает третье место в мире по имеющимся запасам вольфрама, уступая Китаю и Канаде.

Основу российской минерально-сырьевой базы вольфрама составляют коренные месторождения, руды которых по главному рудному минералу вольфраму подразделяются на вольфрамитовые (35 % балансовых запасов страны) и шеелитовые (64 %). Доля россыпных месторождений в структуре сырьевой базы России составляет менее 1 % [2, 3].

Качество руды с годами закономерно снижается. В первую очередь это связано с исчерпанием запасов на месторождениях с высоким содержанием WO_3 . Руды крупных месторождений, занимающие значительную долю в общероссийских запасах, являются бедными (рис. 1) [3, 4].

Для снижения себестоимости переработки руды в последние годы получила развитие технология предварительного обогащения с использованием рентгенорадиометрической сепарации (PPC) [5, 6], которая позволяет повысить содержание металла, подаваемого на обогатительную фабрику, и тем самым снизить затраты на получение готовой продукции.

Возможность применения технологии PPC для разработки бедных руд рассматривается на примере ОАО «Приморский ГОК», эксплуатирующем скарновое месторождение Восток-2, расположенное в пос. Восток Красноармейского района Приморского края.

Месторождение вольфрамовых руд Восток-2 открыто в 1961 г., его разработка начата в 1969 г. Запасы месторождения до горизонта +720 м извлечены открытым способом и в настоящее время дорабатываются подземным в абс. отм. +720÷560 м [7, 8]. По условиям рельефа местности карьер разделен на две части — нагорную и глубинную. Вскрытие нагорной части осуществляли отдельными полутраншеями для заезда автотранспорта на каждый горизонт. Транспортная связь нагорных горизонтов карьера «Восток-2» с расположенными в долине ручья к северо-западу от карьера отвалами осуществлялась по траншеям, проידенным с северо-восточной стороны карьера на горизонты 840,

На примере доработки открытым и подземным способами балансовых запасов вольфрамовых руд месторождения Восток-2 (Приморский ГОК) представлены оригинальные разработки и рекомендации по актуальным проблемам извлечения остаточных концентраций ценных компонентов из забалансовых руд и техногенных скоплений (отвалов) горных производств с последующим складированием отходов в выработанные пространства карьеров.

Показан выполненный в ОАО «Уралмеханобр» на уровне технико-экономических соображений концептуальный проект, рекомендованы к применению мобильные (переносные) дробильно-сепарационный комплекс и телескопический радиальный конвейер-стакер THOR T-150, реализующие поточную технологию первичного обогащения WO_3 -содержащих техногенных скоплений отходов горного производства и утилизацию отходов рентгенорадиометрической сепарации (PPC) в выработанном пространстве карьера.

Ключевые слова: вольфрамовое месторождение, открытые и подземные работы, исчерпание балансовых запасов, отвалы WO_3 -содержащей горной массы, разработка и PPC, утилизация отходов PPC в чаше карьера, конвейер-стакер.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.01.16>

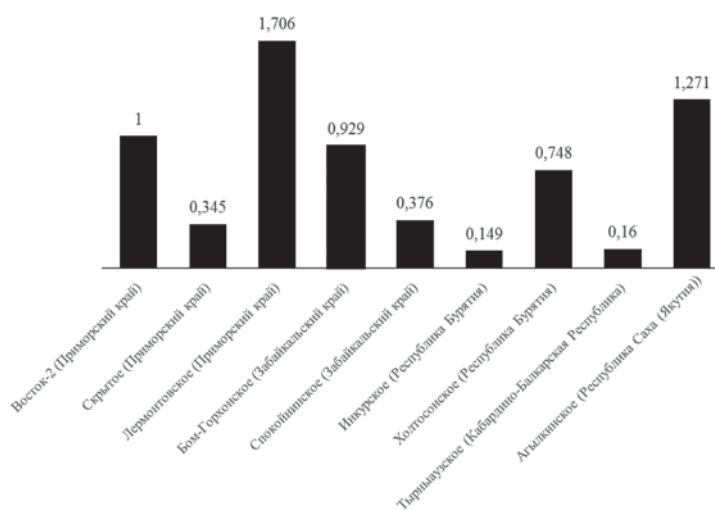


Рис. 1. Содержание WO_3 в рудах основных месторождений Российской Федерации

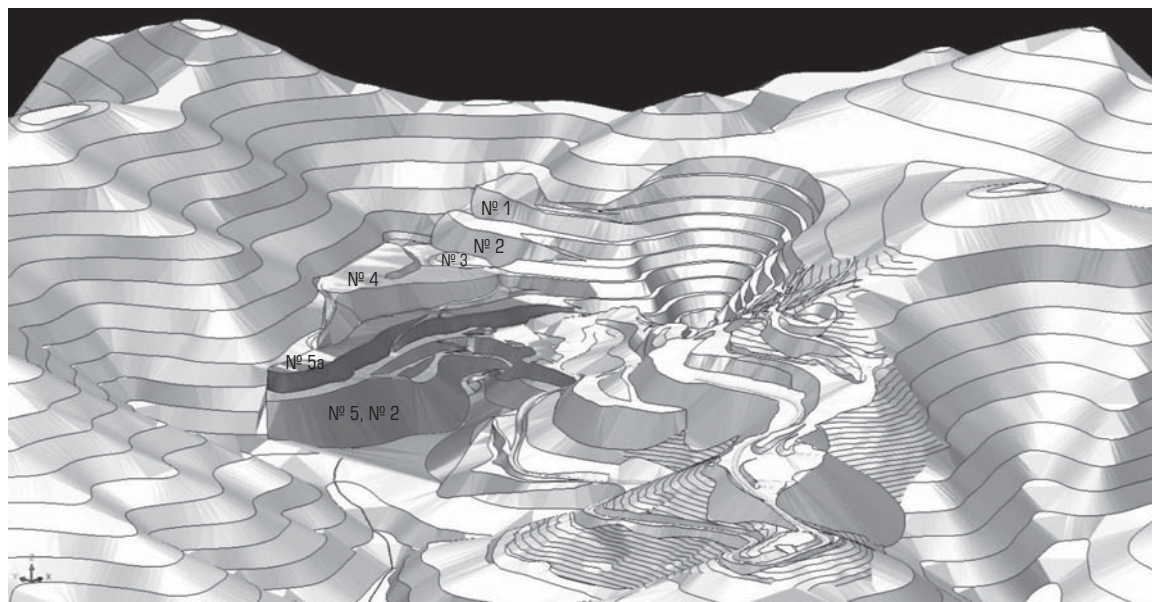


Рис. 2. Размещение внешних нагорных отвалов вскрышных пород и забалансовых вольфрамовых руд относительно конечного борта карьера «Восток-2»

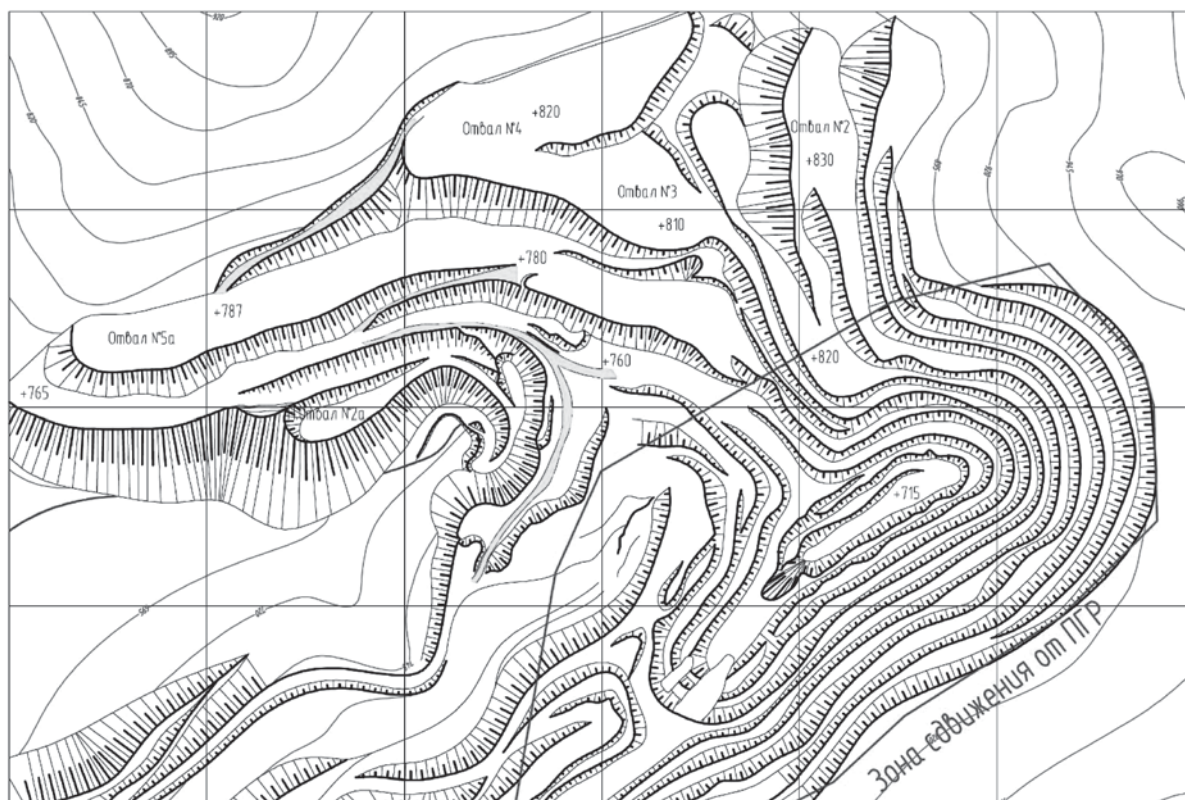


Рис. 3. Границы зоны подработки (сдвига) подземными горными работами

830, 810 и 800 м. Глубинная часть была вскрыта траншеей смешанного заложения — внешней в пределах отметок 780/740 м и внутренним съездом до горизонта 720 м. В 1986 г. при достижении предельных (конечных) контуров горные работы в карьере были прекращены. За период эксплуатации карьера сформированы нагорные отвалы (№ 1, 2, 2а, 3, 4, 5, 5а) с суммарным объ-

емом ~6,3 млн м³ вскрышных пород, а также забалансовых руд с содержанием триоксида вольфрама (WO₃) не более 0,2 % (рис. 2).

Предстоящее исчерпание запасов месторождения Восток-2 обострило проблему восполнения сырьевой базы Приморского ГОКа. Ближайшее разведанное месторождение шеелитовых руд

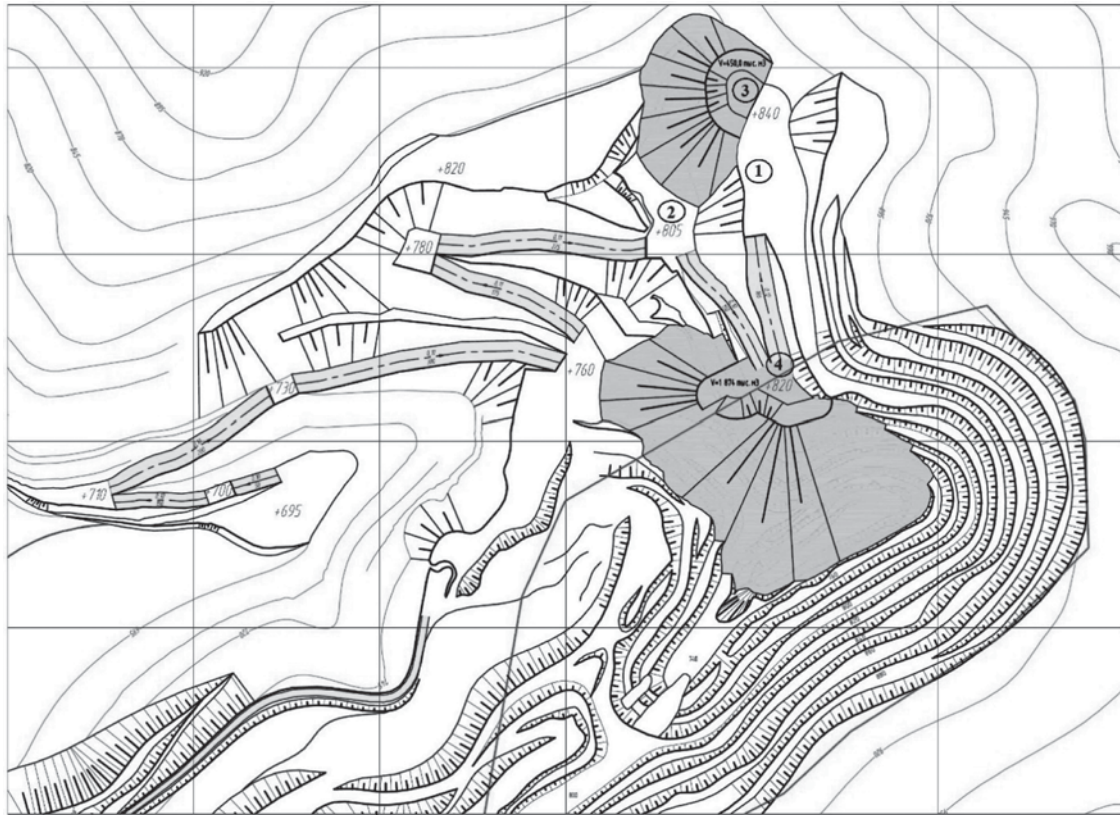


Рис. 4. Последовательность установки комплекса ДСК (1, 2) и очередность формирования отвалов хвостов РРС (3, 4)

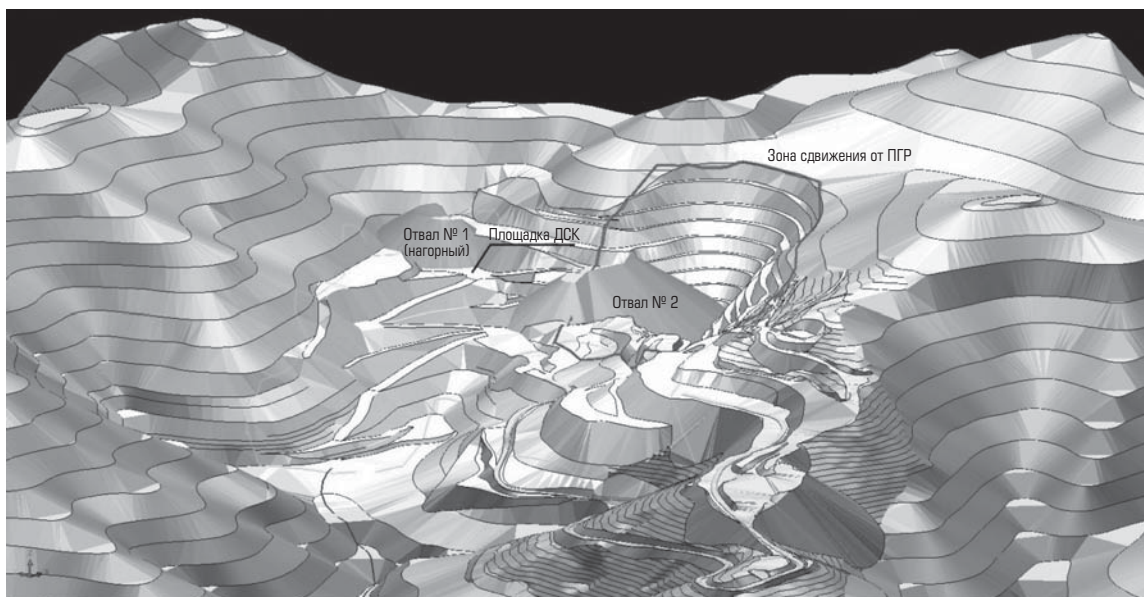


Рис. 5. Размещение дробильно-сепарационного комплекса (ДСК) и формирование нагорного (№ 1) и внутрикарьерного (№ 2) отвалов хвостов РРС

Скрытое относится к числу крупных, но бедных по содержанию WO_3 [9, 10] и расположено в 450 км от обогатительной фабрики предприятия, в связи с чем его освоение в среднесрочной перспективе проблематично. Поскольку имеется положительный опыт использования технологии предварительного обогащения бедных руд с использованием РРС, позволяющей ранее необога-

тимые руды довести до качества промышленного сырья, предприятием рассматривается вопрос возможности разработки отвалов вскрышных пород [5, 6, 11]. В сложившейся ситуации по заданию Приморского ГОКа в ОАО «Уралмеханобр» разработаны технико-экономические соображения (ТЭС) возможности и целесообразности первичного обогащения размещенной в отвалах

№ 3, 5, 5а и 2 горной массы методом РРС в целях доведения содержания WO_3 до уровня промышленного сырья [11].

Основные технические решения ТЭС по добыче и РРС отвальной WO_3 -содержащей горной массы включают следующее [12]:

- производительность комплекса по добыче и РРС отвальных пород — 400 тыс. т/год с увеличением до 1000 тыс. т/год по мере выбытия мощности подземного рудника;
- разработку отвалов осуществлять уступами высотой 5 м, гидравлическим экскаватором с обратным черпанием ковшем вместимостью 5 м³, транспортированием горной массы шарнирно-сочлененными самосвалами грузоподъемностью 35 т на мобильный дробильно-сепарационный комплекс (ДСК) и доставкой полученного продукта на обогатительную фабрику Приморского ГОКа;
- хвосты РРС укладывать во вновь создаваемые отвалы с максимально возможным объемом их размещения в выработанном пространстве карьера, при этом расчетный годовой объем укладки хвостов РРС в отвалы при производительности перерабатывающего комплекса 400 и 1000 тыс. т/год определен в 133 и 333 тыс. м³ соответственно;
- применение поточной системы транспортирования хвостов РРС от ДСК в пространство карьера.

При проектировании технико-технологического комплекса разработки отвалов, транспортных коммуникаций и складирования хвостов РРС наибольшие сложности были связаны с расположением проектируемых объектов в зоне подработки подземными горными работами (рис. 3) и крайне неоднородным содержанием WO_3 в отвальной горной массе. В связи с этим основными задачами стали определение очередности разработки отвалов, выбор площадки для размещения ДСК с уточнением сложного рельефа местности и минимизации расстояний перевозок автотранспортом, а также мест (участков) размещения хвостов РРС за пределами зон возможного сдвижения [13].

Предпочтительным вариантом в данных условиях признано размещение хвостов РРС в выработанном пространстве (чаше) карьера, где значительные перепады высот позволят разместить большие объемы с одной точки отсыпки, снижая при этом нагрузку на окружающую природную среду за счет сокращения земельных площадей, занятых внешними отвалами.

Учитывая сложный рельеф местности, значительную разбросанность внешних проектируемых к разработке отвалов и наличие опасных по сдвигению зон подработки, рекомендованы к применению мобильные ДСК и телескопический радиальный конвейер-стакер THOR T-150 производительностью 200 т/ч, работающие в паре и поочередно переносимые на определенные к разработке внешние отвалы (рис. 4). При расчетной производительности по складированию хвостов РРС 35–100 м³/ч достаточно иметь в работе один комплект этого оборудования. Ниже в качестве примера показан один из возможных вариантов поочередной разработки внешних отвалов WO_3 -содержащей горной массы, ее РРС с размещением отходов первичного обогащения в новых отвалах (рис. 5).

На первом этапе для разработки отвала № 3 и частично № 5а ДСК и стакер размещают на площадке горизонта 840 м, с которой производится отсыпка нагорного отвала № 1 объемом 450 тыс. м³. На втором этапе ДСК переносит на горизонт 805 м, а стакер устанавливают на горизонте 820 м, откуда в чашу карьера отсыпается отвал № 2 объемом 1,9 млн м³.

Как показали технико-экономические расчеты, использование мобильного телескопического радиального конвейер-стакера в сравнении с перевозкой самосвалами позволило уменьшить капитальные затраты на 10 млн руб. и снизить себестоимость транспортирования и отвалообразования с 89,4 до 51,8 руб/м³ (при производительности комплекса 400 тыс. т/год) и с 31,7 до 18,4 руб/м³ (при производительности 1000 тыс. т/год).

В дальнейшем реализация проекта позволит также вовлечь в разработку забалансовые запасы подземного рудника «Восток-2» с последующим складированием хвостов РРС в чашу карьера с применением телескопического радиального стакера.

Предлагаемая поточная технология складирования отходов производства и пустых пород вскрыши в выработанное пространство карьера с использованием мобильных телескопических радиальных конвейеров-стакеров может найти широкое применение как при разработке техногенных месторождений, так и при открытой разработке месторождений полезных ископаемых с внешним и внутренним отвалообразованием.

Библиографический список

1. 2013 Minerals Yearbook. TUNGSTEN [ADVANCE RELEASE]. — U. S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, July 2015. — 21 p.
2. Спориных Л. В., Орлова Н. И., Быховский Л. З. Минерально-сырьевая база цветных металлов: перспективы развития и освоения // Минеральные ресурсы России. Экономика и Управление. 2013. № 5. С. 99–118.
3. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2013 году : Государственный доклад. — М. : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2014.
4. Гвоздев В. И. Рудно-магматические системы скарново-шелит-сульфидных месторождений Востока России // Владивосток. Дальнаука. 2010.
5. Кобзев А. С. Направления развития и проблемы радиометрических методов обогащения минерального сырья // Обогащение руд. 2013. № 1. С. 13–17.
6. Samatova L. A., Shepeta E. D., Gvozdev V. I. Poor scheelite ores from Primorye deposits: Mineralogy and processing characteristics and dressing flowsheets // Journal of Mining Science. 2012. Vol. 48. Issue 3. P. 565–573.
7. Soloviev S. G., Krivoshchekov N. N. Vostok-2 gold-base-metal-tungsten skarn deposit, Central Sikhote-Alin, Russia // Geology of Ore Deposits. 2011.
8. Rasskazov Yu., Kursakin G. A., Freidin A. M., Potapchuk M. I. Selection of deep level geotechnology in terms of the Vostok-2 orebody // Journal of Mining Science. 2012. Vol. 48. Issue 1. P. 114–122.
9. Саматова Л. А., Гвоздев В. И., Киенко Л. А., Воронова О. В., Сорокина В. А. Минералого-технологические особенности руд шеелитового месторождения Скрытое и перспективы их обогащения // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30 № 6. С. 84–96.
10. Samatova L. A., Gvozdev V. I., Kienko L. A., Voronova O. V., Sorokina V. A. Mineralogical-technological peculiarities of the ores of the Skrytoe Scheelite deposit and

prospects for their dressing // Russian Journal of Pacific Geology. 2011. Vol. 5. No. 6. P. 531.

11. Саматова Л. А., Шелета Е. Д. Инновационная технология переработки забалансовых руд и горной массы карьерных отвалов // Горный журнал. 2013. № 10. С. 53–56.

12. Использование отвалов вскрышных пород от открытой разработки вольфрамового месторождения Восток-2. — Екатеринбург : ОАО «Уралмеханобр». 2013.
13. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых ; утв. Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013 г. № 599. **ПК**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 1, pp. 77–81

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.01.16>

Continuous flow process technology of stockpiling of X-ray radiometric separation tailings in mined-out open pit mine at Primorsky Mining and Processing Integrated Works

Information about author

I. V. Zakharov¹, Head of a subdivision, Zaharov_iv@umbr.ru

A. G. Voroshilov¹, Principal Project Engineer

Yu. V. Terekhina¹, Principal Specialist, Candidate of Engineering Sciences

¹ Uralmexhanobr, Ekaterinburg, Russia

Abstract

By now, mine waste dumps and processing tailings storages have accumulated immense amount of mineral resources capable to supply mining industry given the modern day advance in technology and equipment of mineral dressing.

As against natural deposits, general reserves of useful components contained in mine waste and tailings as well as their averaged quality are known with high reliability.

In terms of additional extraction of in-place tungsten ore reserves at Vostok-2 deposit, Primorsky Mining and Processing Integrated Works, using hybrid open pit/underground mining method, the authors describe THE original solutions and recommendations on recovery of useful residue from off-grade ore stockpiles and mine waste dumps with further placement of the rejects in mined-out area of open pit mines.

The conceptual project accomplished by Uralmexhanobr at a level of feasibility study represents sequence (phases) of excavating of WO₃-bearing overburden and low-grade ore dumps, X-ray radiometric separation of waste material (prime dressing) and placement of XRS rejects in the bowl of an open pit mine.

To this effect, it is recommended to use movable (portable) crushing-and-separation unit (CSU) and telescopic radial stacker conveyor THOR T-150, which implement continuous flow process technology of WO₃-bearing mining waste processing and XRC rejects placement in mined-out area of open pit mines.

Keywords: Tungsten ore deposit, open pit and underground mining, depletion of geological reserves, WO₃-bearing overburden dumps, mining and X-ray radiometric separation (XRS), disposal of XRS rejects in open pit mine bowl, stacker conveyor.

References

- 2013 Minerals Yearbook. TUNGSTEN [ADVANCE RELEASE]. U. S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. July 2015. 21 p.
- Sporykhina L.V., Orlova N.I., Bykhovskiy L.Z. Mineralno-syrevaya baza tsvetnykh metallov: perspektivy razvitiya i osvoeniya (Mineral-resource base of non-ferrous metals: development and mastering prospects). *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i Upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics and Management Journal*. 2013. No. 5. pp. 99–118.
- O sostoyanii i ispolzovanii mineralno-syrevykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2013 godu : Gosudarstvennyy doklad (About the state and use of mineral resources of Russian Federation in 2013 : State report). Moscow : Ministry of Natural Resources and Ecology of Russian Federation, 2014. (in Russian)
- Gvozdev V. I. Rudno-magmatische sistemy skarnovo-sheelit-sulfidnykh mestorozhdeniy Vostoka Rossii (Ore-magmatic systems of skarn-scheelite-sulfide deposits of Russian East). Vladivostok : Dalnauka, 2010.
- Kobzev A.S. Napravleniya razvitiya i problemy radiometricheskikh metodov obogashcheniya mineralnogo syr'ya (Trends of development and problems related to sensor-based mineral sorting). *Obogashchenie Rud = Mineral processing*. 2013. No. 1. pp. 13–17.
- Samatova L. A., Shepeta E. D., Gvozdev V. I. Poor scheelite ores from Primorye deposits: Mineralogy and processing characteristics and dressing flowsheets. *Journal of Mining Science*. 2012. Vol. 48, Iss. 3. pp. 565–573.
- Soloviev S. G., Krivoshchekov N. N. Vostok-2 gold-base-metal-tungsten skarn deposit, Central Sikhote-Alin, Russia. *Geology of Ore Deposits*. 2011.
- Rasskazov Yu., Kursakin G. A., Freidin A. M., Potapchuk M. I.. Selection of deep level geotechnology in terms of the Vostok-2 orebody. *Journal of Mining Science*. 2012. Vol. 48, Iss. 1. pp. 114–122
- Samatova L. A., Gvozdev V. I., Kienko L. A., Voronova O. V., Sorokina V. A. Mineralogotekhnologicheskie osobennosti rud sheelitovogo mestorozhdeniya Skrytoe i perspektivy ikh obogashcheniya (Mineralogical and technological peculiarities of scheelite deposit Skrytoe ores and their concentration prospects). *Tikhookeanskaya geologiya = Russian Journal of Pacific Geology*. 2011. Vol. 30, No. 6. pp. 84–96.
- L. A. Samatova, V. I. Gvozdev, L. A. Kienko, O. V. Voronova, V. A. Sorokina. Mineralogical-technological peculiarities of the ores of the Skrytoe Scheelite deposit and prospects for their dressing. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2011. Vol. 5, No. 6. p. 531.
- Samatova L. A., Shepeta E. D. Innovatsionnaya tekhnologiya pererabotki zabalansovykh rud i gomoy massy karernykh otvalov (Innovation technologies of processing of poor and out of balance ores and mine dumps). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2013. No. 10. pp. 53–56.
- Isolzovanie otvalov vskryshnykh porod ot otkrytoy razabotki volframovogo mestorozhdeniya Vostok-2 (Use of waste piles of overburden rocks of open-cast mining of Vostok-2 tungsten deposit). Ekaterinburg : JSC «Uralmexhanobr». 2013. (in Russian)
- Available at: <http://base.garant.ru/70691622/> (in Russian)

РАБОТА



ПРОЕКТ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «РУДА И МЕТАЛЛЫ»

НОВЫЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ БЕСПЛАТНЫЙ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИС ПО ПОИСКУ ПЕРСОНАЛА И ТРУДОУСТРОЙСТВУ В ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

<http://www.rudmet.ru/rabota>

Реклама