

ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ВЫЕМКИ ЗАПАСОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД ЖДАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА С ОТКРЫТОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ НА ПОДЗЕМНЫЙ



О. В. ТОКАРЕВ,
зам. генерального
директора по минерально-
сырьевому комплексу –
начальник Горного
управления



М. В. КУЗЕНКОВ,
начальник горного
отдела Горного
управления



А. Е. УДАЛОВ,
зав. лабораторией
геомеханики
рудных и нерудных
месторождений,
канд. техн. наук

Ждановское месторождение медно-никелевых руд состоит из семи рудных тел, вытянутых в субширотном направлении и залегающих кулисообразно относительно друг друга. Основная верхняя часть месторождения отработана открытым способом тремя карьерами с предельной глубиной до 420 м (карьер «Центральный»). Доля добытой открытым способом руды в общем объеме добычи на Кольской ГМК составляла около 80 %.

В связи с приближением карьеров к их предельной границе в 2000 г. было принято решение об освоении остаточных подкарьерных запасов месторождения подземным способом [1, 2], строительстве рудника «Северный-Глубокий» и вводе в эксплуатацию его I очереди на Западном и Юго-Западном рудных телах. Задача осуществления перехода от открытых горных работ к подземным [3, 4] без существенного снижения общих объемов добычи была успешно решена специалистами института «Гипроникель» и Кольской ГМК. В 2004 г. началась добыча руды подземным способом, а открытые работы продолжались до 2007 г. При этом для предотвращения опасного сейсмического воздействия массовых взрывов в карьере на ведение подземных горных работ между проектным дном дорабатываемого карьера и верхней границей первого эксплуатационного горизонта подземного рудника оставлен предохранительный целик («потолочина») мощностью 60 м.

Важнейшей и наиболее сложной задачей стал выбор системы и технологии подземной разработки при одновременной выемке запасов открытым и подземным способами [5–7]. Основными

На примере Ждановского медно-никелевого месторождения изложены актуальные проблемы добычи руды в переходный период от завершающихся открытых горных работ к подземным. Рассмотрены критерии выбора систем и технологий подземной разработки как в переходный период, так и после завершения работ в карьере. Показаны разработанные, апробированные и применяемые варианты систем подземной разработки, способы и технологии подготовки блоков, очистной выемки, поэтапного погашения опорных конструкций — потолочных и междукамерных целиков.

Ключевые слова: рудные тела, открыто-подземная выемка запасов, системы разработки, подготовка блоков, буродоставочные выработки, камеры, потолочные и междукамерные целики, подэтажное обрушение, торцовый выпуск.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.12>

критериями при выборе были обеспечение высокой производительности за счет широкого применения самоходного оборудования и комплексной механизации горных работ; минимизация объемов горно-подготовительных работ; полнота выемки запасов при минимальном уровне потерь и разубоживания руды. Наиболее полно этим критериям отвечает двухстадийная выемка запасов. На первой стадии (в период совместного производства открытых и подземных работ) с применением камерно-столбовой системы разработки производится выемка камерных запасов. На второй стадии (после завершения открытых работ) системой подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды производится отработка междукамерных и потолочных целиков.

Подземная выемка запасов руды предусмотрена этажами высотой 60 м. В зависимости от очередности подготовки горизонтов допускается как нисходящий, так и восходящий порядок выемки камерных запасов горизонтов при соблюдении соосности междукамерных целиков на всех этажах и одновременном ведении работ, как правило, не более чем в двух смежных подэтажах. Рекомендован выпуск руды на плоское днище с применением самоходных погрузочно-доставочных машин (ПДМ).

Несущие (опорные) элементы рассчитаны из условия непревышения развивающихся в них напряжений пределов прочности

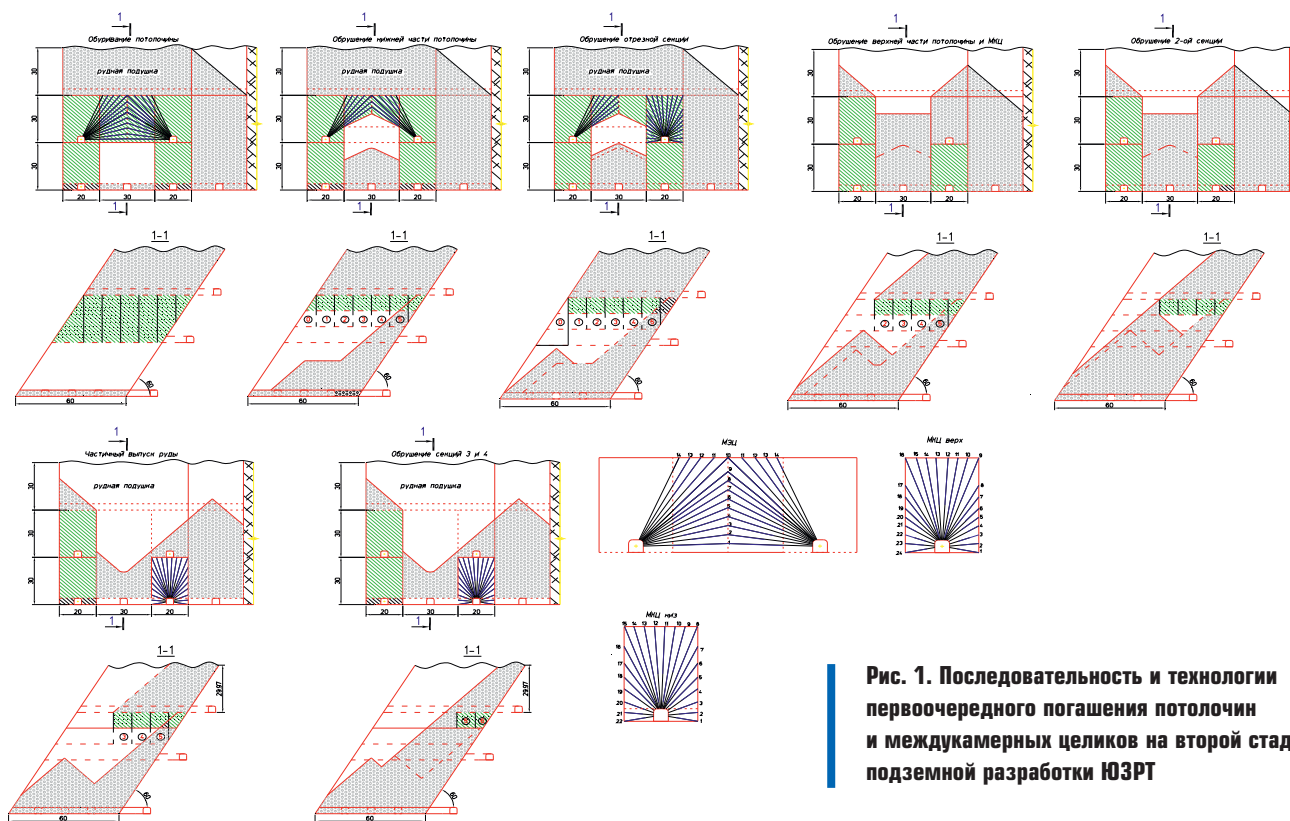


Рис. 1. Последовательность и технологии первоочередного погашения потолочин и междукамерных целиков на второй стадии подземной разработки ЮЗРТ

пород. Прочность пород и руд в массиве *Юго-Западного рудного тела (ЮЗРТ)* — самая низкая в сравнении с другими рудными телами Ждановского месторождения, а сложная морфология и тектонические особенности их строения потребовали конкретизации параметров систем разработки для отдельных участков, особенно при мощностях рудного тела более 50 м. Усредненные параметры, рассчитанные для $\sigma_{сж.пред} = 55$ МПа при коэффициенте запаса прочности $K_3 = 1,5$, составили: ширина междукамерных целиков (МКЦ) — 20 м; пролет камер — 20 м при их длине 60 м и более и 30 м при длине менее 60 м, высота камер — 30 м [2].

Состав руд, средние мощности (10–30 м) и углы падения *Западного рудного тела (ЗРТ)* позволили отработать запасы камерами по восстанию по всему простираению на горизонтах –20, –80 и –140 м. Параметры междуэтажных (МЭЦ) и междукамерных (МКЦ) целиков, расположенных по восстанию, рассчитывали, исходя из физико-механических свойств пород на конкретных участках с учетом горно-геологических и горнотехнических условий разработки. Усредненные параметры камер по ширине и высоте составили, соответственно, 35–30 м при максимальной мощности рудного тела; ширина МКЦ — 15 м; высота МЭЦ — 30 м.

Одной из инженерных задач, успешно реализованных специалистами Кольской ГМК и института «Гипроникель», стала разработка схемы и технологии погашения целиков и потолочин, предупреждающих преждевременное самообрушение пород висячего бока и перемешивание кондиционной руды с забалансовыми рудами и пустыми породами, а также ограничивающих заряды одновременно взрывааемых ВВ, чтобы минимизировать воздействия

сейсмике и ударной воздушной волны на конструктивные элементы системы. Эти задачи решаются путем следующей стадийности (последовательности) разбуривания и обрушения потолочин и МКЦ с заполнением выработанных пространств отработанных камер отбитой рудой (рис. 1).

Первая стадия — создание предохранительной подушки. Нижнюю часть потолочины отбивают скважинными зарядами на горизонтальную обнаженную плоскость кровли камеры. Для снижения сейсмического воздействия взрывов на несущие элементы блока уменьшают количество одновременно взрывааемого ВВ до 2–2,5 т. При принятых параметрах отбойки рекомендуется взрывать за 1 взрыв по 2 скважины в 4–5 секциях.

Вторая стадия — отбойка верхней части потолочины с приданием кровле двухскатной формы. Для этого у висячего бока рудного тела путем короткозамедленного взрывания секций скважин оформляется отрезная щель (дополнительная обнаженная плоскость), на которую вертикальными рядами скважинных зарядов отбивают оставшиеся запасы верхней части потолочины. Количество одновременно взрывааемого ВВ на данной стадии можно увеличить до 4–4,5 т.

Далее вертикальными рядами вееров по частям отбивают МКЦ, при этом среднюю и нижнюю их части отбивают в «зажиме». Выпуск руды начинают после полного обрушения потолочины и основных объемов междукамерного целика.

После полного завершения открытых работ основным критерием выбора системы и технологии подземной разработки стала высокая производительность при минимизации временных и финансовых затрат на производство горно-подготовительных и очистных работ. В связи с этим по результатам исследований в

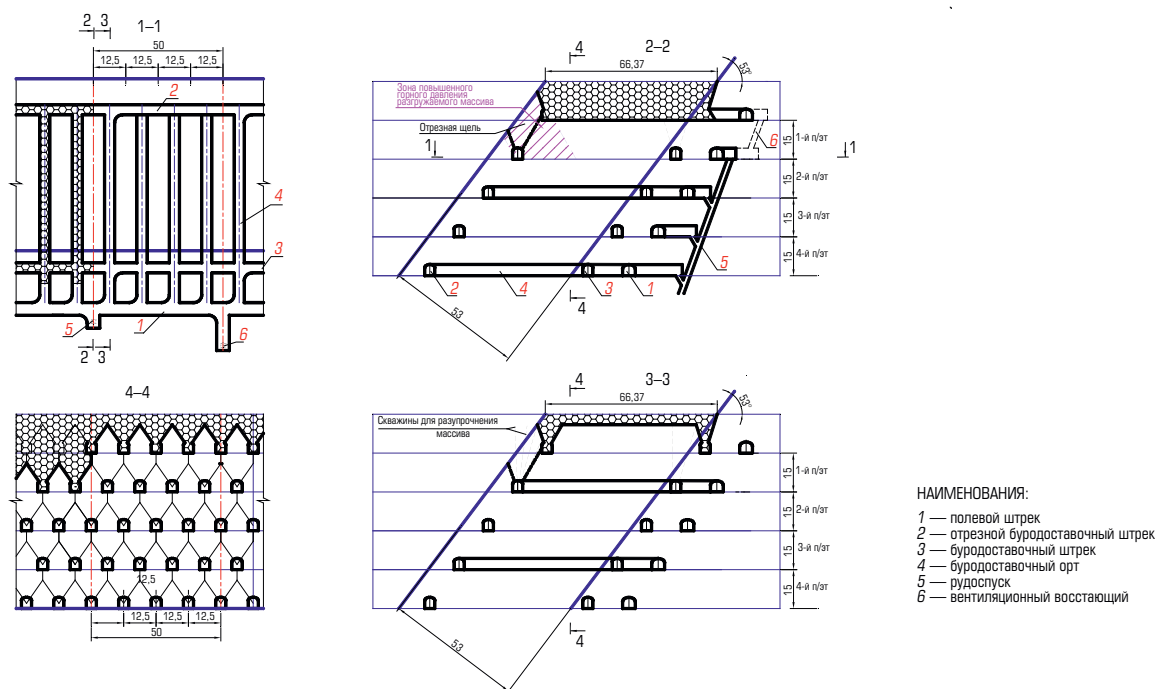


Рис. 2. Система разработки рудного тела мощностью 45 м и углом падения 45° подэтажным обрушением с ортовой подготовкой блока и торцовым выпуском руды

2001 г. институтом «Гипроникель» было предложено после погашений горных работ в карьерах перейти на применение системы разработки с поэтажным обрушением и торцовым выпуском руды при подготовке выпускных горизонтов ортами (рис. 2), которая характеризуется простотой конструктивного исполнения, обеспечивает возможность применения высокопроизводительного оборудования на всех видах горных работ и позволяет начинать очистные работы на локальном участке рудного тела в пределах одного подэтажа с небольшим объемом первоочередных подготовительных работ.

Промышленное освоение технологии очистных работ с поэтажной отбойкой и торцовым выпуском руды началось со II квартала 2008 г., когда появилась возможность ликвидировать транспортные связи по автомобильным дорогам в Центральном карьере. Проектные решения при выборе системы разработки и технологии очистных работ базировались на данных производственного опыта применения подобных систем на отечественных и зарубежных рудниках, однако порядок подготовки и параметры очистных работ требовали промышленной проверки и уточнения для условий Ждановского месторождения. Основные процессы очистной выемки проходят под защитой породной или рудной предохранительной подушки. Отбойку руды и выпуск рудной массы осуществляют из буродоставочных штреков (БДШ) или буродоставочных ортов (БДО), которые располагаются на подэтажах в шахматном порядке. Отбойку руды проводят «в зажатой» среде зарядами веерных скважин, пробуренных из буродоставочных выработок. Отбитая рудная масса выпускается самотеком из торцов БДШ или БДО и с помощью ПДМ доставляется к рудоспускам, а из них поступает на откаточный горизонт. Высота подэтажа принята равной 15 м, что обусловлено условиями оптимальной про-

изводительной работы бурового оборудования. Максимальная глубина бурения скважин при этом составляет 30 м.

При ведении очистных работ на нескольких смежных подэтажах для уменьшения сейсмического воздействия взрывов фронт отбойки на верхних подэтажах должен опережать нижележащий на 4–6 шагов отбойки (12–20 м), при этом шаг отбойки (ширина отбиваемого слоя) из условий выпуска руды не должен превышать 3–3,5 м. Для исключения дополнительного разубоживания на стыках фронтов отбойки и выпуска в пределах подэтажа необходимо обеспечить и выдерживать прямолинейный фронт. При отработке самого верхнего подэтажа (под дном карьера) для формирования рудной предохранительной подушки частичный выпуск должен составлять не более 30 % отбитой руды, на втором подэтаже — порядка 50 %, на третьем — до 70–80 %. Начиная с четвертого подэтажа, при развитии самообрушения налегающих пород, можно выпускать 100 % отбитой руды и извлекать запасы, накопленные в рудной предохранительной подушке. Самообрушение пород и забалансовых руд висячего бока развивается (в соответствии с расчетами ВНИМИ) при обнажении размером не менее 60 м по падению и 100 м по простиранию.

Выгрузку руды из буродоставочных выработок осуществляют в соответствии с планаграммами, разработанными на основании расчетных доз выпуска, в зависимости от объемов отбиваемой руды и разрешенной доли выпуска по подэтажу. Параллельно с учетом фактических доз выпуска необходим геологический контроль на точках отгрузки для исключения попадания в руду пустых пород и забалансовых руд в случае их прорыва.

Следует отметить, что до гор. –200 м верхние подэтажи блоков разрабатывали с выпуском руды из БДШ, однако эта схема

подготовки сопровождалась рядом негативных проявлений. В частности, из-за большого числа сопряжений БДШ с доставочными ортами в зоне опорного давления резко возросла интенсивность образования вывалов и разрушений, особенно в выработках, расположенных вблизи висячего бока рудного тела.

При этом анализ показал, что наибольшим разрушениям подвергаются БДШ и БДО, расположенные в висячем боку рудного тела, в зоне максимума опорного давления со стороны подрабатываемой консоли налегающих пород. В меньшей степени это относится к схеме с ортовой подготовкой блоков, при которой руду в подэтажах отбивают от висячего бока рудного тела к лежащему.

В связи с изложенным с 2012 г. на руднике «Северный» практически повсеместно применяют систему разработки с подэтажным обрушением и торцовым выпуском рудной массы при ортовой схеме подготовки очистных блоков, что позволяет совмещать очистные и подготовительные работы в пределах подэтажа, а также все виды производственных процессов в ходе очистной выемки в блоке.

Библиографический список

1. Мухтаров Т. М. Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых. — М. : Недра, 1988. — 321 с.
2. Шелканов В. А. Комбинированная разработка рудных месторождений. — М. : Недра, 1974. — 250 с.
3. Демидов Ю. В. Концепция и научные проблемы комбинированной разработки мощных рудных месторождений Кольского полуострова // Открыто-подземная разработка мощных рудных месторождений. — Апатиты : КНЦ РАН, 1995. С. 12–15.
4. Каплунов Д. Р., Калмыков В. Н., Рыльникова М. В. Комбинированная геотехнология. — М. : Издательский дом «Руда и металлы», 2003. — 560 с.
5. Барышников В. Д., Гахова Л. Н., Крамсков Н. П. Геомеханическая оценка условий отработки законтурных запасов при сформированных бортах карьера // ГИАБ. 2010. № 6. С. 223–230.
6. Лазченко К. Н., Терентьев Б. Д. Геотехнологические способы разработки месторождений полезных ископаемых. — М. : Горная книга, 2007. — 75 с.
7. Михайлов Ю. В. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: подземная разработка рудных месторождений в сложных горно-геологических условиях : уч. пособие. — М. : Академия, 2008. — 320 с. [ГЖ](#)

*Токарев Олег Владиславович,
e-mail: tokarevov@kolagmk.ru
Кузенков Максим Вячеславович,
e-mail: kuzenkovmv@kolagmk.ru
Удалов Андрей Евгеньевич,
e-mail: udalov-vnimi@mail.ru*

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2015, № 6, pp. 60–64

Title	Underground mining technology for the transition from open-pit to underground operation at the Zhdanov copper–nickel ore deposit
DOI	http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.12
Author 1	Name & Surname: Tokarev O. V.
	Company: Kola Mining and Metallurgical Company (Monchegorsk-7, Russia)
	Work Position: Deputy Director for Minerals and Raw Materials, Head of Mine Management
	Contacts: e-mail: tokarevov@kolagmk.ru
Author 2	Name & Surname: Kuzenkov M. V.
	Company: Kola Mining and Metallurgical Company (Monchegorsk-7, Russia)
	Work Position: Head of Mining Department, Mine Management
Author 3	Name & Surname: Udalov A. E.
	Company: VNIMI (Saint-Petersburg, Russia)
	Work Position: Head of Metalliferous and Nonmetalliferous Deposit Geomechanics Laboratory
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
Abstract	The Zhdanov copper-nickel ore deposit is composed of 7 ore bodies of sublatitudinal elongation and echelon occurrence. The ore reserves at the top of the deposit have been mined out with three open pit mines down to a limit depth of 420 m (Tsentrally OPM). The open pit mining in the overall output of Kola MMC made 80%. As the open pits were approaching their ultimate limits, it was decided in 2000 to extract the remaining reserves with an underground method. The prime selection criteria for a mining method were: high productivity owing to employment of self-propelled equipment and integrated mechanization of mining; minimized amount of development work; efficient extraction of ore reserves at the minimum loss and dilution. These criteria are to the best covered by a two-stage mining approach: sublevel caving with room-and-pillar mining. At the first stage (when open pit and underground mining methods are used concurrently), the room-and-pillar system is used. At the second stage (upon open pit mining completion), rib pillars and crown pillars are broken with the sublevel caving technology and frontal ore drawing.
Keywords	Ore bodies, open-pit-and-underground mining, mining methods, block preparation, drilling-and-haulage rooms, crown and rib pillars, sublevel caving, frontal ore drawing.

References

1. Mukhtarov T. M. *Kombinirovannyi sposob razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* (Combined method of mineral deposits' mining). Moscow : Nedra, 1988. 321 p.
2. Shelkanov V. A. *Kombinirovannaya razrabotka rudnykh mestorozhdeniy* (Combined mining of ore deposits). Moscow : Nedra, 1974. 250 p.
3. Demidov Yu. V. Kontseptsiya i nauchnye problemy kombinirovannoy razrabotki moshchnykh rudnykh mestorozhdeniy Kolskogo poluostrova (Concept and scientific issues of combined mining of large-capacity ore deposits of Kola Peninsula). *Otkryto-podzemnaya razrabotka moshchnykh rudnykh mestorozhdeniy* (Open-cast and underground mining of large-capacity ore deposits). Apatity : Kola Science Center of Russian Academy of Sciences, 1995. pp. 12–15.
4. Kaplunov D. R., Kalmykov V. N., Rynikova M. V. *Kombinirovannaya geotekhnologiya* (Combined geotechnology). Moscow : «Ore and Metals» Publishing House, 2003. 560 p.
5. Baryshnikov V. D., Gakhova L. N., Kramsov N. P. Geomekhanicheskaya otsenka usloviy otrabotki zakonturnykh zapasov pri sformirovannykh bortakh karera (Geomechanical assessment of overboard reserve mining conditions with formed pit edges). *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten = Mining Informational-Analytical Bulletin*. 2010. No. 6. pp. 223–230.
6. Lazchenko K. N., Terentev B. D. *Geotekhnologicheskie sposoby razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* (Geotechnological methods of mineral deposit mining). Moscow : Gornaya Kniga, 2007. 75 p.
7. Mikhaylov Yu. V. *Podzemnaya razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh: podzemnaya razrabotka rudnykh mestorozhdeniy v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh : uchebnoe posobie* (Underground mining of mineral deposits: underground mining of ore deposits in complex mining-geological conditions : tutorial). Moscow : Akademiya, 2008. 320 p.

УДК 622.235:622.27

О. В. ТОКАРЕВ, М. В. КУЗЕНКОВ, Р. Г. РАСТОРГУЕВ (АО «Кольская ГМК»)
М. Н. ОВЕРЧЕНКО (ЗАО «Орика СиАйЭс»)

ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОТКРЫТЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ В АО «КОЛЬСКАЯ ГМК»



О. В. ТОКАРЕВ,
зам. генерального директора
по минерально-сырьевому
комплексу – начальник
Горного управления



М. В. КУЗЕНКОВ,
начальник горного отдела
Горного управления



Р. Г. РАСТОРГУЕВ,
главный горняк
Горного управления



М. Н. ОВЕРЧЕНКО,
генеральный директор,
канд. техн. наук

В настоящее время на горнодобывающих предприятиях России широкое распространение получили эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ), и объемы их использования при ведении буровзрывных работ неуклонно возрастают [1–4].

Следует отметить, что ЭВВ — это одни из немногих типов ВВ, удовлетворяющих требованиям потребителей и сочетающих высокую эффективность взрывных работ с их безопасностью при

Описана осуществляемая с 1998 г. модернизация буровзрывного комплекса на открытых и подземных горных работах АО «Кольская ГМК» на основе собственного изготовления компонентов и применения эмульсионных взрывчатых веществ. Представлены характеристики ЭВВ, технологии и механизированные комплексы преимущества ЭВВ и перспективы дальнейшего расширения объемов области их применения.

Ключевые слова: буровзрывные работы, эмульсионные взрывчатые вещества, компоненты, изготовление, зарядание скважин, механизированные комплексы, преимущества, безопасность, себестоимость, сокращение ядовитых выбросов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.13>

изготовлении и применении. Создание нового класса ЭВВ позволило выйти на более высокий уровень безопасности состава и получать ВВ с требуемыми характеристиками, причем непосредственно при зарядании в скважины [5].

В 1998 г. на промышленной площадке комбината «Печенганикель» (сейчас АО «Кольская ГМК») по договору с компанией «Дино Нобель» (разработчик проекта) был построен и введен в эксплуатацию цех по изготовлению водоземлюльсионного взрывчатого вещества «Сларрит» для применения на открытых горных работах. Производительность цеха 6 тыс. т ВВ в год.

Технология изготовления ЭВВ «Сларрит» проста, безопасна и полностью механизирована. Компонентами ЭВВ являются: раствор окислителя (аммиачной селитры) в воде, топливная фаза — смесь индустриального масла и эмульгатора, газогенерирующая добавка. Эмульгатор и газогенерирующую добавку постав-