

УДК 622.233:622.235

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»



**А. А. УГАРОВ,**  
первый заместитель  
генерального директора –  
директор по производству



**Р. И. ИСМАГИЛОВ,**  
директор департамента  
горнорудного производства



**Б. П. БАДТИЕВ,**  
зам. директора департамента  
горнорудного производства,  
b.badtiev@metalloinvest.com



**И. И. БОРИСОВ,**  
зам. главного инженера  
по буровзрывным работам –  
начальник буровзрывного  
управления

ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»

### Введение

Компания «Металлоинвест» – ведущий производитель и поставщик железорудной продукции на мировом рынке, обладающая вторыми в мире разведанными запасами железной руды (около 14,4 млрд т), что гарантирует более 150 лет эксплуатации при текущем уровне добычи. Ресурсная база компании обеспечивается продукцией горнорудного сегмента, в который входят Лебединский и Михайловский ГОКи – два крупнейших в России комбината как по добыче и переработке железной руды, так и по объему выпускаемой продукции [1].

Наращивание стратегической конкурентоспособности компании «Металлоинвест» рассматривается ее менеджментом через достижение высокой экономической эффективности всех производственных процессов за счет совершенствования существующих и внедрения новых технологий. К числу отправных и ключевых процессов относятся буровзрывные работы (БВР), надежность и эффективность выполнения которых определяют ритмичность работы карьера и фабричного комплекса. При совершенствовании БВР следует учитывать обширный отечественный и зарубежный опыт ведения открытых горных работ с использованием массовых взрывов [2–12].

*Обобщен опыт ведения буровзрывных работ на предприятиях компании «Металлоинвест» — Лебединском и Михайловском ГОКах. Особое внимание уделено производству эмульсионных взрывчатых веществ.*

**Ключевые слова:** «Металлоинвест», Лебединский ГОК, Михайловский ГОК, шарошечное бурение, буровзрывные работы, эмульсионные ВВ, «Тован», Гранэммиты, двухступенные блоки, массовый взрыв.

**DOI:** 10.17580/gzh.2017.05.24

### Техника, технология и организация БВР на горнорудных предприятиях компании «Металлоинвест»

Буровзрывные работы ведут специализированные управления БВР комбинатов, решающие уникальные по масштабности задачи. Ежегодный объем взорванной горной массы в карьерах комбинатов составляет более 70 млн м<sup>3</sup>. Взрывному рыхлению подлежат породы повышенной крепости, залегающие в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях. Количество одновременно взрывааемых взрывчатых веществ (ВВ) составляет тысячи тонн. Так, в 2015 г. на Лебединском ГОКе при частоте массовых взрывов один раз в месяц осуществлен массовый взрыв с расходом ВВ 3155,2 т (объем отбитой горной массы составил 2855 тыс. м<sup>3</sup>), на Михайловском ГОКе произведен массовый взрыв с расходом ВВ 2704,6 т (объем взорванной горной массы составил 1571 тыс. м<sup>3</sup>).

Компания «Металлоинвест» проводит системную модернизацию оборудования предприятий. В рамках инвестиционной программы по развитию горнотранспортного комплекса в управления БВР комбинатов поступают современные смесительно-зарядные машины, буровые станки. Специалисты управлений совместно со специалистами комбинатов работают над внедрением технологий, ориентированных на повышение эффективности, промышленной и экологической безопасности взрывных работ.

Технология бурения скважин на комбинатах компании «Металлоинвест» имеет ряд отличий от общепринятой в России. В мировой практике прослеживаются две основные тенденции выполнения буровых работ: «скандинавская» (шведско-финская), основанная на преимущественном использовании пневмо- и гидроударников для бурения скважин малого диаметра с большой скоростью, и «американская» (канадская), предусматривающая бурение взрывных скважин большого диаметра крупногабаритными мощными станками.

До недавнего времени в карьерах применяли комбинированную схему, при которой проводили шарошечное бурение пионерных скважин станками СБШ-250МН диаметром 250 мм, после

чего станками огневого расширения СБТ-400 в скважине формировали «котловую полость» диаметром до 500 мм, длиной до 10 м, где и размещали заряд ВВ. Этой технологии присущ один существенный недостаток: при огневом расширении образуется непостоянная по сечению полость, что делает невозможным точный расчет необходимого количества ВВ, и, как следствие, мощности взрыва и других параметров. Отсутствие контроля за количеством размещенного в скважине ВВ приводило либо к перерасходу ВВ с соответствующим переизмельчением горной массы, либо к недозаряду ВВ с повышением крупности кондиционного куска. Поэтому с 2003 г. Лебединский ГОК, а с 2008 г. и Михайловский ГОК, отказались от огневого расширения скважин и перешли на применение для бурения взрывных скважин станков с большим диаметром долот (295,5–311 мм).

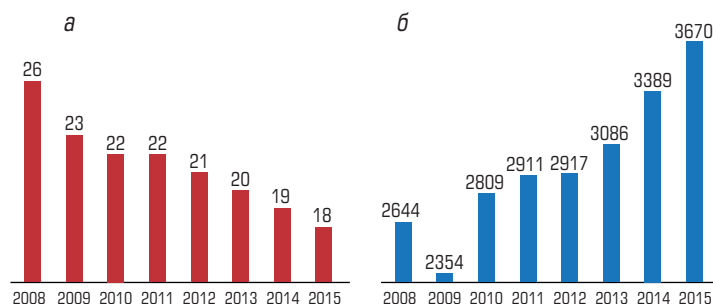
По инициативе комбинатов в сотрудничестве с машиностроительными предприятиями региона создано принципиально новое, не имеющее аналога в России буровое оборудование. На заводе ООО «УГМК Рудгормаш–Воронеж» освоено серийное изготовление станков каркасно-платформенного типа, а в ЗАО «Гормаш» (Белгород) налажено производство долот к ним диаметром 295,3 и 311 мм.

Увеличение диаметра взрывных скважин способствует увеличению до определенных пределов скорости детонации ВВ. Применение вышеуказанного оборудования для бурения скважин большого диаметра позволяет существенно уменьшить объем бурения и, соответственно, увеличить выход горной массы с 1 п. м скважины. Если при технологии с огневом расширением скважин на Михайловском ГОКе для отбойки 21 млн м<sup>3</sup> горной массы использовалось 18 буровых станков (12 СБШ-250 и 6 огневого расширения), то при переходе на бурение скважин диаметром 311 мм объем отбиваемой горной массы 27,15 млн м<sup>3</sup> обеспечивается 16 буровыми станками, т. е. налицо увеличение производительности в 1,5 раза. В настоящее время из 16 станков, работающих на Михайловском ГОКе, 9 станков имеют диаметр бурения 311 мм.

На Лебединском ГОКе переход на бурение скважин большого диаметра позволил уменьшить станочный парк почти вдвое и на 40 % увеличить производительность каждого станка (рис. 1).

Результатом тесного и плодотворного сотрудничества специалистов Управлений БВР комбинатов с производителями бурового оборудования явилось внедрение разработок по дальнейшему совершенствованию буровых станков, значительно улучшающих их технические и эксплуатационные характеристики. Модифицированный буровой станок СБШ 250 МНА-32 КП в настоящее время оснащен устройством автоматической смотки и размотки силового кабеля при передвижении станка, что уменьшило трудоемкость и повысило безопасность этой операции, а комплектация станка устройством видеонаблюдения обеспечила машинистам буровых станков большой обзор и позволила контролировать процесс бурения, не покидая рабочего места.

Значительный эффект ожидается от внедрения системы автоматизации горных работ. Она имеет цель повысить полезное использование буровых станков и увеличить их производительность; обеспечить экономию ресурсов при достижении необходимых



**Рис. 1. Показатели работы бурового оборудования на Лебединском ГОКе в период 2008–2015 гг.:**

*а* – число станков; *б* – средняя производительность бурового станка, м/мес

объемов производства; улучшить производственную дисциплину; осуществлять непрерывный мониторинг состояния бурового оборудования и снизить уровень организационно-технических простоев; сформировать информационную базу показателей бурения и данных по каждой пробуренной скважине.

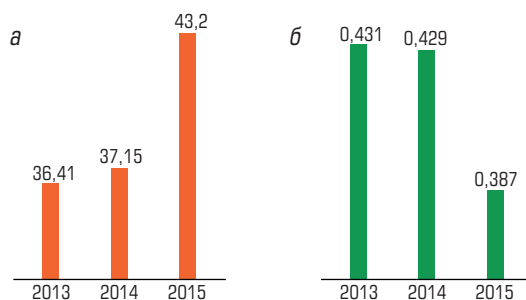
Бесперебойность и экономическая эффективность ведения взрывных работ в условиях масштабности и высокой интенсивности отработки карьеров базируются на применении современных технологий изготовления и использования безопасных и эффективных эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ), занимающих лидирующие позиции в ассортименте промышленных ВВ, применяемых в России [13, 14].

Исторически сложилось так, что сначала на Лебединском ГОКе, а затем и на Михайловском ГОКе ЭВВ производили по двум принципиально различным технологиям, принятым в соответствии со сложившимися на тот момент горнотехническими и гидрогеологическими условиями ведения взрывных работ в карьерах.

### **Производство и применение ЭВВ на карьерах Лебединского и Михайловского ГОКов**

В 1996 г. на Лебединском ГОКе, одном из первых в России создано производство эмульсионных взрывчатых веществ. Горногеологические особенности карьера комбината — наличие значительного объема пород, осложненных вторичной складчатостью и имеющих повышенную крепость (22 по шкале проф. М. М. Протодьяконова), наличие вкраплений сульфидсодержащих руд, а также специфика режима отработки породного массива, заключающаяся в четырехнедельном цикле производства масштабных массовых взрывов, обусловили повышенные требования к применяемому промышленным взрывчатым веществам, в том числе к их техническим и экологическим характеристикам. С учетом этого при выборе основного типа ВВ предпочтение было отдано эмульсионному ВВ «Тован», изготавливаемому по канадской технологии фирмы ETI.

В основе процесса производства эмульсионной матрицы для ЭВВ по данной технологии лежит метод гидростатического смешивания раствора окислителя с горючим в присутствии эмульгатора. Растворы под давлением подаются сначала на форсунку, где происходит образование «первичной» эмульсии, которая тут же доводится



**Рис. 2. Средний выход взорванной горной массы с 1 п.м скважины, м³/м (а) и удельный расход ЭВВ «Тован» на 1 т горной массы, кг/т (б) на Лебединском ГОКе в период 2013–2015 гг.**

до необходимого качества в золотниковом клапане. Данный метод производства матрицы ЭВВ характеризуется высоким уровнем управляемости и безопасности. Технологии производства эмульсионной матрицы миксерами статического типа в настоящее время все более широко применяют в мировой практике взрывного дела.

ЭВВ «Тован» – эмульсионное ВВ, сенсibiliзирoванное стеклянными микросферами [15]. Выбор в качестве основного ЭВВ именно «Тована» (вопрос о выборе типа ЭВВ решался также и перед реконструкцией установки в 2012 г.) обусловлен рядом его преимуществ перед остальными марками ЭВВ, используемыми как в России, так и за рубежом. Физический способ сенсibiliзации эмульсионной матрицы позволяет изготавливать эмульсионное ВВ с наиболее стойкими и контролируемыми по качеству характеристиками. На текущий момент развития эмульсионных технологий и зарядной техники ЭВВ «Тован» в наибольшей мере соответствует реальным геологическим особенностям пород и потребностям производства Лебединского ГОКа.

Эмульсионные технологии во взрывном деле – это современное и развивающееся направление. За почти двадцатилетний период со времени освоения технологии изготовления ЭВВ «Тован» на Лебединском ГОКе появились новые технические решения, а установленное первоначально оборудование подверглось существенному моральному и физическому износу. Поэтому в соответствии с проводимой компанией «Металлоинвест» технической и инвестиционной политикой в 2012 г. осуществлена ускоренная модернизация эмульсионного производства Лебединского ГОКа. Экспертизой, проведенной после реконструкции данного производства в 2013 г., установлен срок безопасной эксплуатации оборудования для изготовления ЭВВ – 10 лет.

Достигнутая производительность модернизированного модуля эмульгирования по эмульсии «Тован» более 230 кг/мин дает возможность производить 40 тыс. т собственного ЭВВ при односменном графике работы и цикличном характере работы оборудования. В настоящее время установка по производству эмульсии «Тован» позволяет производить 4 вида эмульсионной матрицы как с использованием только аммиачной селитры, так и ее смесей с кальциевой или натриевой селитрой.

Коллективом буровзрывного управления Лебединского ГОКа ведется постоянная работа по изысканию путей повышения экономической и технологической эффективности установленного технологического оборудования. Проводится работа по оптимизации процесса производства ЭВВ с целью улучшения качественных характеристик и снижения стоимости производства. Определен круг наиболее надежных поставщиков качественных компонентов, совершенствуются внутренние логистические схемы, оптимизируются производственные режимы.

Проводимая компанией «Металлоинвест» экономическая политика, направленная на установление оценочного показателя для каждого подразделения, поставила перед буровзрывным управлением Лебединского ГОКа задачу поэтапного планомерного снижения затрат на основное производство. В рамках решения этой задачи реализуется ряд мероприятий по совершенствованию производства. В 2015 г. проведены работы по оптимизации рецептуры ЭВВ «Тован», разработано, испытано и внедрено новое ЭВВ «Товаг». По компонентному составу и способу изготовления ЭВВ «Товаг» в основном аналогично ранее изготавливаемому ЭВВ «Тован» и представляет собой обратную эмульсию раствора аммиачной селитры (смеси аммиачной, натриевой и кальциевой селитр) в топливе в присутствии эмульгатора. Отличие заключается в использовании сенсibiliзирующих растворов вместо микросфер, а также в лучшем кислородном балансе состава в сравнении с ранее используемым ЭВВ «Тован», что позволяет снизить количество вредных газообразных продуктов взрыва.

Внедрение нового ЭВВ благодаря гибкости существующего производства не потребовало дополнительных капитальных вложений. Использование ЭВВ «Товаг» планируется при отбойке всех пород карьера Лебединского ГОКа, без уменьшения достигнутых при применении ЭВВ «Тован» параметров сетки скважин.

Составлена техническая документация и отработаны технологические режимы, позволяющие выпускать марки эмульсии с различными энергетическими характеристиками, проводится постепенный отказ от использования тротилсодержащих взрывчатых веществ, поставляемых сторонними производителями. Коллектив буровзрывного управления Лебединского ГОКа уверен, что действующая установка по производству эмульсии, а также сами ЭВВ «Тован» и «Товаг» имеют значительный потенциал развития для дальнейшего снижения затрат. Для зарядания ЭВВ в 2014 г. были закуплены новые многофункциональные смесительно-зарядные машины МЗУ-25-ЗК производства АО «НИПИГОРМАШ».

В рамках задания на максимально эффективное использование материалов и средств в процессе буровзрывных работ осуществлена оптимизация параметров БВР при расширенной сетке бурения скважин диаметром 311 мм. Принимаются меры по сохранению целостности бортов карьера, обеспечению стабильности заряда ЭВВ в условиях высокой обводненности скважин. На постоянной основе ведутся испытания новых шашек-детонаторов, средств инициирования, совершенствуются конструкции применяемых зарядов ВВ. В результате проведенной работы удалось снизить затраты на ведение буровзрывных работ более чем на 20 % по сравнению с 2012 г., улучшить основные пока-

затели БВР – удельный расход ВВ и выход взорванной горной массы (рис. 2).

На шесть лет позже Лебединского ГОКа, в 2001 г., на Михайловском ГОКе создан первый в России отечественный комплекс по производству ЭВВ модульного типа, отвечающий уровню мировых стандартов. При принятии решения о выборе технологии изготовления ЭВВ были рассмотрены предложения компаний «Глобал Технолоджи Групп ЛТД» (США), «Нитро Сибирь» (Россия), «Нитро Нобель» (Швеция). Данные технологии давали гарантию качественного взрывания ЭВВ при применении только их сырья, что с экономической точки зрения было признано нецелесообразным, поэтому предпочтение было отдано отечественно-му разработчику – ФГУП «ГосНИИ «Кристалл» [16].

В максимально короткие сроки, за шесть месяцев, на Михайловском ГОКе создано современное, технически безопасное, экологически чистое и экономически эффективное производство ЭВВ типа Гранэммитов, которые, по мнению специалистов ГОКа, наиболее подходят для взрывания крепких руд Михайловского месторождения.

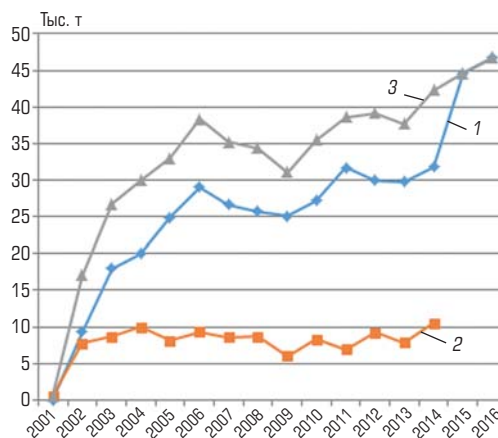
Комплекс по производству Гранэммитов уникален по компоновочному решению. В технологическом процессе используют только отечественную технологию производства ЭВВ на основе российского сырья. Технологическая линия производства Гранэммитов полностью оснащена современными системами автоматического контроля и управления, что обеспечивает высокую степень безопасности. Принципиальная схема производства ВВ исключает их обращение в зданиях и сооружениях комплекса приготовления компонентов Гранэммита, что повышает уровень промышленной безопасности [17].

Специалисты ФГУП «ГосНИИ «Кристалл» на постоянной основе осуществляют авторское сопровождение работ по совершенствованию технологии, модернизации оборудования и совместно с коллективом буровзрывного управления Михайловского ГОКа участвуют во внедрении новшеств в производство. Интеграция науки и практики позволила увеличить выпуск Гранэммитов на 40 % по отношению к проектной производительности комплекса, без ввода новых мощностей.

Комплекс производил две марки Гранэммитов – И-30 и И-50. ЭВВ И-30 предназначено для заряжания обводненных взрывных скважин под «столб воды», имея в составе 70 % эмульсии Порэмита и 30 % сухой фазы (Игданита – смеси аммиачной селитры с дизельным топливом). Сфера применения марка И-50 – сухие и малообводненные скважины (состав: 50 % эмульсии и 50 % Игданита). С 2014 г. выпуск Гранэммита И-50 был прекращен в связи с резким сокращением числа сухих скважин в карьере (доля их в общем объеме бурения снизилась до менее 15 %). В 2016 г. производство компонентов ЭВВ составило 32,6 тыс. т эмульсии в год и 46,7 тыс. т Гранэммитов (рис. 3).

Доля ЭВВ собственного изготовления при производстве взрывных работ на обоих комбинатах превышает 95 % общего количества применяемых ВВ, что позволило существенно снизить расходы на взрывчатые материалы.

Переход на использование эмульсионных ВВ при проведении уникальных по масштабности взрывов позволил добиться определенных успехов в решении проблемы снижения вредных выбросов, кото-



**Рис. 3. Динамика производства Гранэммитов по их маркам на Михайловском ГОКе:**

1 – И-30; 2 – И-50; 3 – общее количество

рая фактически была неразрешимой при использовании заводских тротилсодержащих ВВ, несмотря на многочисленные исследования и разработки, выполненные в этом направлении. Снижение негативного воздействия массовых взрывов на окружающую среду является приоритетной задачей на пути интенсификации производства и находится на постоянном контроле со стороны руководства комбинатов.

Постоянно, совместно с независимыми аккредитованными лабораториями (Росгидромета и ЦПАТИ), в карьере Лебединского ГОКа проводят замеры атмосферного воздуха во время массовых взрывов. Эти замеры сопровождаются мониторингом воздуха в г. Губкине двумя постами контроля, полученные данные анализирует независимая лаборатория мониторинга атмосферы Росгидромета. Для большей точности замеров Лебединский ГОК приобрел автоматическую станцию контроля атмосферного воздуха СКАТ-2014, установленную в г. Губкине.

Воздушный бассейн в районе промплощадки и в санитарно-защитной зоне комбината во время массовых взрывов в карьере контролирует передвижной экологический пост (ПЭП 1-1). Контроль осуществляется аккредитованной лабораторией один раз в четыре недели в контрольных точках, а также во время и после взрывов. По результатам контроля, выполненного различными организациями, превышения допустимых норм с 2012 г. не зафиксировано.

Высокие энергетические характеристики ЭВВ дают возможность еще более увеличить эффективность горного производства за счет отработки запасов двухступенными блоками. Это позволяет сконцентрировать буровые и взрывные работы на меньшей территории, более компактно разместить скважинные заряды, повысить качество взрывного дробления горной массы, уменьшить объем подготовительно-заключительных операций при проведении массовых взрывов [18, 19].

Несмотря на то, что с переходом на эмульсионные ВВ и взрывание скважин большого диаметра улучшилось качество дробления и резко снизился выход негабаритов (до 0,4 %), для их разделки на комбинатах с 2014 г. успешно применяют компактные самоходные станки фирмы Sandvik.



В планах буровзрывных управлений комбинатов предусмотрено приобретение оборудования по патронированию ЭВВ для установки его на действующем производстве с целью снижения затрат на взрывные работы и в перспективе обеспечения потребности в патронированных ЭВВ предприятий холдинга и сторонних организаций.

В последние годы на российском рынке появилось много предложений по оригинальным технологиям изготовления эмульсионных ВВ, способным улучшить взрывчатые характеристики и повысить стабильность производимых ЭВВ, обеспечить полную безопасность их применения.

С учетом важности сырьевой базы, масштабности выполняемых комбинатами взрывных работ, длительного периода эксплуатации месторождений и с целью обоснования наиболее эффективной для условий ГОКов технологии взрывных работ компания «Металлоинвест» в 2016 г. провела сравнительные испытания отечественных и зарубежных технологий изготовления ВВ, отличных от тех, что используются на комбинатах. По итогам испытаний наиболее экономически и технологически эффективными рецептурами в условиях горнодобывающих предприятий компании «Металлоинвест» показали себя ЭВВ типа «Гранэммит И-30А», ЭВВ «Тован» и «Товаг» – составы собственного производства. В связи с этим предприятиям было рекомендо-

вано продолжить работы, направленные на улучшение взрывчатых характеристик ЭВВ собственного изготовления, расширение линейки компонентных составов применительно к условиям взрывания в различных горно-геологических условиях, оптимизацию параметров БВР.

### Заключение

Буровзрывные работы относятся к числу важных и ответственных производственных процессов, определяющих ритмичную и успешную деятельность горно-обогатительного предприятия. Управляющая компания «Металлоинвест» уделяет особое внимание совершенствованию техники, технологии и организации БВР на подведомственных предприятиях. Начиная с 1996–2001 гг. на Лебединском и Михайловском ГОКах создано передовое производство эмульсионных взрывчатых веществ, осуществлена модернизация бурового оборудования. Это дало возможность значительно повысить эффективность работы горнорудного сегмента компании, снизить эксплуатационные затраты.

### Библиографический список

См. англ. блок. **ГЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 5, pp. 102–106  
DOI: 10.17580/gzh.2017.05.24

#### State-of-the art and future considerations on drilling-and-blasting system at plants of Metalloinvest

##### Information about authors

**A. A. Ugarov**<sup>1</sup>, Vice Chief Executive Officer – Director of Production

**R. I. Ismagilov**<sup>1</sup>, Director of Mining and Production Department

**B. P. Badtiev**<sup>1</sup>, Deputy Director of Mining and Production Department, b.badtiev@metalloinvest.com

**I. I. Borisov**<sup>1</sup>, Deputy Chief Engineer on Drilling-and-Blasting

<sup>1</sup> Metalloinvest Management Company LLC, Moscow, Russia

##### Abstract

The ore supply base of Metalloinvest company is composed of products of two structural divisions, namely, Russia's largest Lebedinsky and Mikhailovsky mining and processing plants (GOKs).

The buildup of the strategic competitive power is considered by Metalloinvest management in the form of reaching high economic efficiency of all production processes by means of improvement of the existing and introduction of new technologies. Among the starting and key processes is drilling-and-blasting, reliability and efficiency of which govern the failure-free and smooth performance of the open pit mining and processing systems.

In 1996 Lebedinsky GOK became one of Russian pioneer producers of emulsion explosives of the type of Tovан based on the technology of ETI, Canada, and in 2001 Mikhailovsky GOK was the first to implement a modular technology developed by GosNII Kristal for the production of Granemits.

Specialized drilling-and-blasting services allow solving scale-wise unique production problems, the annual quantity of blasted rock makes 70 Mm<sup>3</sup> in high-strength rock mass under complicated ground and hydrogeological conditions. Another difficulty is represented by the accepted four-week cycle of production blasting.

Aimed to cut down the final cost of products, the production and investment policy of Metalloinvest has enabled large-scale technical upgrading of drilling rigs and charging machines as well as rapid modernization of production of emulsion explosives. As a result, inside the last three years, blasting expenditures have been reduced by more than 20%.

**Keywords:** Metalloinvest, Lebedinsky GOK, Mikhailovsky GOK, auger drilling, drilling-and-blasting, emulsion explosives, Tovан, Granemits, two-bench blocks, production blast.

##### References:

1. Technical-economic indicators of mining enterprises for 1990–2013. Ekaterinburg : IGD UrO RAN, 2014. 361 p.
2. Kutuzov B. N. Drilling and blasting in Russia needs a competitive level in the global economics. *Gornyi Zhurnal*. 2006. No. 5. pp. 20–22.

3. Trubetskiy K. N., Viktorov S. D., Zakalinskiy V. M., Osokin A. A. Large-scale explosive destruction of rock masses: Current state and potential applications. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 10. pp. 64–69. DOI: 10.17580/gzh.2016.10.13
4. Ganopolskiy M. I., Pupkov V. V., Nenakhov I. A., Fomenkova V. E. Rationale for seismically safe blasting conditions. *Vzryvnoe delo*. 2015. No. 113/70. pp. 347–365.
5. Starshinov A. V., Kostylev S. S., Neymann V. R., Litovka O. B., Miletenko I. V., Albrekt S. N., Zhmryan Zh. Some specifics of raw materials provision and metrological equipping of mixed explosives production. *Marksheyderiya i nedropolzovanie*. 2010. No. 1. pp. 49–53.
6. ISEE Blasters handbook, 18th Edition, USA. 2011. 1030 p.
7. Zheng Bingxu, Li Zhanjun, Liu Yi. Theory and practice of the fragmentation control of rock blasting. *7th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2011. pp. 188–194.
8. Singh P. K., Roy M. P., Amalendu Sinha. Controlled blasting for safe and efficient mining operations at Rampura Agucha mine in India. *8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2014. pp. 137–151.
9. Haibao Yi, Haitao Yang, Li Ming, Han Bin, Zheng Lujing. Study on open-pit precision control blasting of easily weathered rock and its application. *8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2014. pp. 157–160.
10. Duan Y., Xiong D., Yao L., Wang F., Xu G. Advanced technology for setting out of blastholes and measurements while drilling. *11th International symposium on rock fragmentation by blasting*. Australia. 2015. pp. 593–598.
11. Inoue H., Sasaoka T., Shimada H., Hamanaka A. Study on control of fragmentation size by changing blasting pattern at open pit metal mine. *Earth Science and Technology: Proceedings of International Symposium, 4–5 December 2014, Japan*. pp. 214–217.
12. Isheyskiy V. A. About the grain-size distribution of blasted rock from different zones of destruction. *Scientific Reports on Resource Issues*. Germany : Technische University Bergakademie, 2014. pp. 202–207.
13. Sosnin V. A. World trends in the development of commercial explosives. *Vzryvnoe delo*. 2012. No. 107/64. pp. 107–120.
14. Ilyn V. P., Valeshny S. I., Sosnin V. A. Prediction of commercial explosives development. *7-th World Conference on Explosives & Blasting. P II Conference de European Federation of Explosives Engineers (EFEE)*. 2013. Moscow, Russia. pp. 203–207.
15. Kolganov E. B., Sosnin V. A. Industrial emulsion explosives. Book 1 : Compositions and properties. Dzerzhinsk : GosNII «Kristal». 2009. pp. 465–467.
16. Olimenko V. M., Mineev V. I. Complex for making the emulsion explosive components at Mikhailovskiy GOK. *Gornyi Zhurnal*. 2001. No. 12. pp. 20–23.
17. Morozov K. E. et al. Development of modern production lines for commercial emulsion explosives used in mining enterprises. *Vzryvnoe delo*. 2012. No. 107/64. pp. 139–147.
18. Viktorov S. D., Kazakov N. N., Shlyapin A. V. et al. The application of emulsion explosives for ore crushing double blocks in the career of JSC «Mikhailovsky GOK». *Vzryvnoe delo*. 2011. No. 106/63. pp. 53–65.
19. Varichev A. V., Kozub S. I., Kozub A. V. et al. Explosive works on double ledge blocks. *Vzryvnoe delo*. 2010. No. 103/60. pp. 79–91.