

# Особенности ведения взрывных работ при освоении минеральных ресурсов северных и арктических районов России

В.А. Тихонов, Г.А. Дудник, С.Ю. Панфилов, В.В. Жуликов✉

ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация

✉ v.julikov@azotech.ru

**Резюме:** Приоритетной задачей для содействия освоению арктической зоны Российской Федерации является разработка новых технологий ведения взрывных работ в особо сложных климатических и горно-геологических условиях для изолированных предприятий. Это обусловлено тем, что в арктической зоне концентрируется до 40% российских запасов золота, 60–90% – газа, 100% – коренных месторождений алмазов. В статье приводится анализ проблематики ведения взрывных работ при освоении арктической зоны. Рассмотрены основные разработки простейших составов взрывчатых веществ, позволяющих решить ряд задач, которые возникают при взрывных работах в удаленных и труднодоступных арктических регионах. Учитывая проведенный анализ существующих методов, определены дальнейшие направления исследований, которые способны повысить качество и безопасность ведения взрывных работ: 1) определение оптимальных массогабаритных параметров промежуточных детонаторов на основе простейших взрывчатых веществ в зависимости от диаметров инициируемых скважин; 2) определение зависимости размеров и компонентного состава частиц промежуточного детонатора и скорости детонации; 3) определение физических параметров перехода состояния дефлаграции в детонацию и приобретения чувствительности к инициирующему импульсу от капсюля детонатора простейшими составами взрывчатых веществ.

**Ключевые слова:** арктическая зона, сезонномерзлые породы, вечномерзлые породы, «мерзлая корка», гранулиты, простейшие взрывчатые вещества, стабильность состава, дефлаграция, водоблокирующая добавка, детонация, промежуточный детонатор

**Для цитирования:** Тихонов В.А., Дудник Г.А., Панфилов С.Ю., Жуликов В.В. Особенности ведения взрывных работ при освоении минеральных ресурсов северных и арктических районов России. *Горная промышленность*. 2021;(2):102–106. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-2-102-106.

## Specific Features of Blasting Operations in Mining Minerals in Northern and Arctic Regions of Russia

V.A. Tikhonov, G.A. Dudnik, S.Yu. Panfilov, V.V. Zhulikov✉

AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation

✉ v.julikov@azotech.ru

**Abstract:** A priority task for facilitating the development of the Arctic zone of the Russian Federation is to design new blasting technologies to be efficiently used in extremely difficult climatic, mining and geological conditions at remote operations. This is further motivated by the fact that up to 40% of Russia's gold reserves, 60–90% of its natural gas resources and 100% of its primary diamond deposits are located in the Arctic zone. The article analyses the problems of blasting operations while developing deposits in the Arctic zone. The main formulations of ordinary explosives are reviewed that allow to solve a number of challenges associated with blasting operations in remote and hard-to-reach Arctic regions. Based on the performed analysis of existing methods, further areas of research are identified that can improve the quality and safety of blasting operations: 1) determination of optimum weight and dimensions of boosters based on ordinary explosives depending on the initiating borehole size; 2) determination of the relation between the particle size / composition of the booster and the detonation velocity; 3) determination of physical parameters of transition from deflagration to detonation and gaining sensitivity to the initiating pulse from the detonator cap by the ordinary explosive compositions.

**Keywords:** Arctic zone, seasonally freezing soils, permafrost, frozen crust, granulites, ordinary explosives, compound stability, deflagration, water-blocking additive, detonation, booster

**For citation:** Tikhonov V.A., Dudnik G.A., Panfilov S.Yu., Zhulikov V.V. Specific Features of Blasting Operations in Mining Minerals in Northern and Arctic Regions of Russia. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(2):102–106. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-2-102-106.

### Условия применения простейших взрывчатых веществ в северных и арктических районах

Анализ исследований минерально-сырьевой базы России демонстрирует устойчивые тренды истощения запасов с благоприятными условиями добычи, перехода открытых и подземных работ на большие глубины, разра-

ботки месторождений в сложных природных и климатических условиях.

В связи с этим требуется выявление закономерностей влияния природных, климатических, инфраструктурных условий на выбор приоритетных технических и технологических решений по разрушению горных пород с учетом

техногенной нагрузки на природную среду в северных и арктических районах России.

Отличительными при разработке месторождений арктической зоны являются факторы, осложняющие ведение взрывных работ.

Во-первых, значительная изолированность регионов и, как следствие, низкая энергообеспеченность и высокий уровень затрат на строительство и эксплуатацию объектов изготовления и хранения ВМ, отсутствие дорожной сети, сложная и дорогостоящая логистическая схема доставки ВМ с заводов-изготовителей материковой части РФ.

Во-вторых, сложные горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождений, расположенных в зоне вечномерзлых пород, глубина промерзания которых варьирует в диапазоне от десятков до сотен метров, а также применение технологий и методов ведения взрывных работ в условиях низких температур. При отработке месторождений открытым способом, приоритетность которого обусловлена экономической целесообразностью для изолированных районов, особенно пластовых месторождений (уголь, медь и др.), представленными в основном сложноструктурным типом, ведение взрывных работ осложняется существенным отличием взрываемости мерзлых и многолетнемерзлых пород и непромерзшего основного массива.

При взрывании вечномерзлых массивов возникают трудности и при выборе типа взрывчатого вещества (ВВ). Обводненность взрываемого массива в таких условиях зависит не только от сезонности, но и от времени суток.

В-третьих, жесткие природоохранные требования к технологиям в условиях легкоранимой экосистемы арктической зоны, законодательно запрещающие захоронение производственных отходов. В то же время сбор и транспортировка отходов для утилизации на специализированных предприятиях материковой части требуют дополнительных затрат, а также сопряжены с необходимостью оформления предприятиями лицензий на непрофильные виды деятельности, что значительно повышает риски, связанные с юридическими и поднадзорными аспектами деятельности.

Все эти факторы обуславливают необходимость поиска и разработки новых технических и технологических решений при ведении взрывных работ в арктической зоне. В рамках решения этой задачи целесообразно рассмотреть потенциал технологии ведения взрывных работ с применением простейших составов взрывчатых материалов, изготавливаемых на местах ведения работ, изучения всех возможных свойств, получаемых простейшими ВВ при изменении рецептурного, физического и компонентного состава.

Применение в данных условиях эмульсионных многокомпонентных ВВ, изготавливаемых в модульных заводах, является нецелесообразным по причине высокой стоимости энергоносителей, требующихся для перевода аммиачной селитры в состояние расплава и далее в состояние эмульсии, а применение штатных взрывчатых веществ нецелесообразно по причине дорогостоящей логистики и отсутствия складов взрывчатых материалов большой емкости в удаленных регионах.

Также технология с применением простейших взрывчатых составов выгодно отличается от технологии с применением штатных ВВ или ЭВВ существенно меньшими капитальными затратами на начальном этапе, более легкой реализуемостью и технологичностью в условиях низких температур. Кроме того, технология потенциально позволяет вернуть в производственный оборот часть отходов

производства (отработанных нефтепродуктов, использованной тары и др.) в качестве горючих компонентов простейших ВВ.

При строительстве и реконструкции предприятий в арктической зоне и в условиях Крайнего Севера также возможно применение простейших составов, схожих с простейшими ВВ на основе АС, но не детонирующими, а дефлагрирующими. Применение данных составов на начальных этапах строительства может позволить избежать необходимости получения разрешений на взрывные работы, организации охраны и специальных складов хранения взрывчатых веществ, но при этом использовать полезную работу дефлагрирующих составов, по классификации ООН не относящихся к взрывчатым. А при реконструкции действующих предприятий снизить затраты на механическое дробление фундаментов, а также повысить безопасность работ по демонтажу конструкций, пришедших в негодность.

### **Влияние на взрывную эффективность характеристик компонентов, применяемых в рецептуре простейших взрывчатых веществ**

Оценку потенциала применения простейших ВВ при решении задач, поставленных условиями работ в арктической зоне РФ, рационально провести на основе анализа имеющегося опыта и предварительных результатов проводимых в настоящее время исследований.

В Российской Федерации простейшие ВВ объединены под общим названием «гранулиты», для которых разработана широкая номенклатура двух-, трех- и многокомпонентных смесей, изготавливаемых в большинстве своем на местах ведения взрывных работ. Дефлагрирующие составы до настоящего момента для разрушения горных пород и строительных конструкций широкого распространения не получили, а применяются в основном при воздействии на нефтяные пласты [1].

Номенклатура гранулитов, изготавливаемых на местах ведения взрывных работ, в зависимости от специфики сфер применения довольно обширна [2]. Пионерный в РФ, разработанный в Институте горного дела имени академика А. А. Скочинского двухкомпонентный состав Игданит [3] на основе аммиачной селитры марки А и Б и дизельного топлива (ДТ), обладал недостаточной физической стабильностью состава. Дальнейшее усовершенствование повышения стабильности гранулитов типа «Игданит» для увеличения срока их пригодности, при отсутствии пористой селитры, осуществлялось различными методами. Основными можно выделить:

1. Увеличение вязкости нефтепродукта. Исследованиями [3–5] установлено, что в составе гранулита «Игданит» стабильно удерживается до 3% ДТ. Дальнейшее увеличение удерживающей способности до необходимых 5,5% достигается путем увеличения вязкости нефтепродукта, например, применением отработанных масел, чем обеспечивается также повышение экономической эффективности применения простейших ВВ. Следует отметить, что применяемые в качестве жидкого горючего компонента отработанные нефтепродукты до их подготовки характеризуются нестабильностью состава, наличием воды и механических примесей, а также кондиционирование отработанных нефтепродуктов.

Проведенные исследования температурно-вязкостных характеристик смеси отработанных масел (моторного, гидравлического, трансмиссионного) показали, что в интервале температур от +50 °С до –35 °С вязкость этой смеси

изменяется от 43 до 65 053 сП. Эти данные должны учитываться при организации работ в северных и арктических зонах России [6, с. 59–67].

2. Введение в рецептуру поверхностно-активных веществ (ПАВ), обеспечивающих образование на границе раздела фаз АС-ДТ абсорбционных слоев, способствующих удержанию ДТ на поверхности гранул АС [7].

3. Увеличение контактной с ДТ поверхности АС путем дробления ее части, чем достигалось также увеличение насыпной плотности заряда и улучшение взрывчатых характеристик [8].

4. Введение в рецептуру в замещение части ДТ более дешевого твердого горючего, чем также достигается удешевление состава простейшего ВВ. Отечественные рецептуры гранулитов содержат в основном угольный порошок (гранулиты УП, Д5 и др.), в зарубежных рецептурах используется в качестве добавок, кроме угля, лигнит или графит [9].

Решение задачи правильного распределения энергии взрыва по всей величине колонки заряда при контурном взрывании в процессе заоткоски бортов карьеров или решения специфической задачи дробления «мерзлой корки», дробления фундаментов, или щадящем взрывании вблизи охраняемых объектов при ведении взрывных работ в арктической зоне и взрывании сложноструктурных месторождений – достигается с использованием различной конструкции заряда, а также изменением плотности скважинного заряда введением в его состав низкоплотного наполнителя – вспененного полистирола. Такая добавка используется в рецептуре гранулитов УП-2, ЭТ-П. Исследованиями<sup>1</sup> установлено, что гранулиты сохраняют взрывчатые свойства с содержанием вспененного полистирола в смеси более 60% по объему при изменении при этом плотности заряда от 0,85 до 0,3 т/м<sup>3</sup>, скорости детонации от 4,5 до 1,8 км/с, теплоты взрыва с 770 до 250 кал/дм<sup>3</sup>, фугасности с 837 до 283 л/кг, и, соответственно, уменьшении стоимости в процентном соотношении со 100 до 40%.

При использовании технологии рассредоточения зарядов, в том числе введении в состав гранулитов вспененного полистирола, возможен вариант повышения высоты колонки заряда без увеличения эффективной его массы. При проведении промышленных испытаний технологии дробления составами с низкоплотным наполнителем наблюдалась достаточная эффективность метода, а также необходимость дальнейшего решения ряда задач, в том числе обеспечения стабильности компонентного состава с резко различными по плотности веществами, совершенствования процессов загрузки и возможности постепенного изменения соотношения компонентов, и др.

Снижение скорости детонации, а также ударного воздействия на законтурный массив может достигаться путем применения составов на основе АС, но не детонирующих, а дефлагирующих. В зарубежной практике в настоящее время широко применяется технология применения дефлагирующих картриджей для безопасного разрушения фундаментов и горных пород в местах, где применение взрывчатых веществ либо запрещено, либо ограничено<sup>2</sup>. Применение невзрывных технологий позволяет повысить безопасность процесса разрушения горных пород и конструкций, исключить применение не по назначению,

поскольку разработанные составы не дефлагируют в открытом заряде. Дальнейшее изучение влияния компонентного состава, фракционного состава смесей АС с твердыми горючими необходимо для понимания перехода процесса дефлаграции в детонацию, а также возможности механизированного изготовления данных смесей в СЗМ.

По нашему мнению, применение дефлагирующих составов может быть целесообразно при ведении работ по разборке строительных конструкций, при дроблении мерзлот небольшой мощности – до 3–5 м, при дроблении горных пород вблизи охраняемых объектов, таких как действующие трубопроводы при прокладке дополнительных (резервных) ниток в скальных и вечномерзлых грунтах, при подводных и береговых взрывных работах в зоне арктического шельфа для снижения воздействия ударных волн на океаническую фауну.

Противоположной стороной применения дефлагирующих смесей является применение порошкообразных составов на основе АС, восприимчивых к иницирующему импульсу, при этом не содержащих в своем составе индивидуальных взрывчатых веществ<sup>3</sup>.

Данная технология позволяет существенно сократить объем завозимых заводских более дорогих литых и пресованных шашек-детонаторов (тротиловых, тротил-гексоговых, пентолитовых), аммонита 6 ЖВ и эмульсионных составов. Наибольшей эффективностью порошкообразные промежуточные детонаторы обладают при диаметрах, приближенных к диаметрам скважинных зарядов. При применении ПД собственного изготовления потребитель существенно снижает затраты на приобретение, доставку и хранение ВМ. Дальнейшие исследования в этой области могут представлять интерес при определении оптимальных массогабаритных параметров таких промежуточных детонаторов в зависимости от диаметров иницируемых скважин, определении зависимости размеров и компонентного состава частиц порошкообразного промежуточного детонатора и скорости детонации, а также сопоставлении перехода состояния дефлаграции при крупных частицах в детонацию и приобретения чувствительности к иницирующему импульсу от капсуля детонатора.

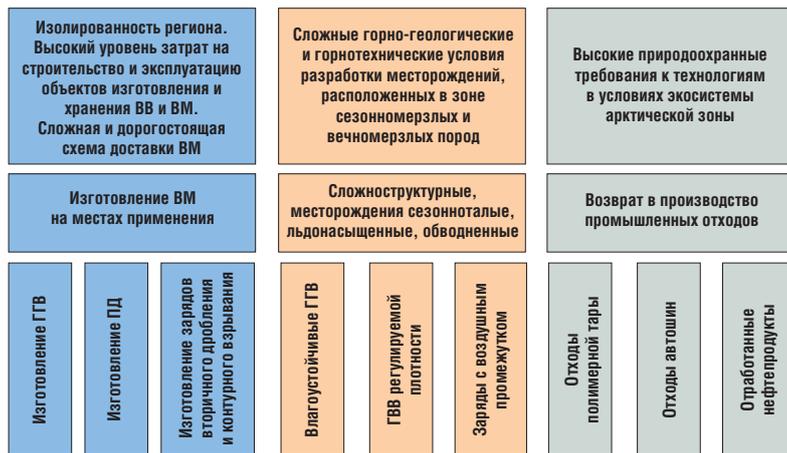
Существенное улучшение потребительских свойств гранулитов, предназначенных для горнорудных предприятий, особенно в арктической зоне, а также карьеров с невысокой степенью обводненности, может быть обеспечено повышением их водоустойчивости. Водоустойчивые гранулиты изготавливаются путем введения в состав от 5 до 10% дисперсной водоблокирующей добавки при смешивании в гравитационном смесителе. Механизм гидроизоляции скважинного заряда гранулита заключается в образовании водупорной гелеобразной оболочки вокруг заряда при контакте компонента, входящего в состав добавки ВУ, с водой.

Краткий анализ зарубежной информации по направлениям обеспечения соответствия взрывчатых характеристик изготавливаемых видов гранулированных ВВ горно-геологическим условиям их применения свидетельствует об идентичности технологических и технических решений отечественным [11–15]. Предлагаются простейшие взрывчатые вещества, которые отличает использование пористой АС, в том числе разного гранулометрического состава, желатинизирующих добавок WR для взрывания

<sup>1</sup> Исследование влияния новых составов простейших гранулированных взрывчатых веществ, технологии и оборудования на параметры взрывных работ в условиях Куранахского рудного поля. Отчет НИР, фонды НТУ АО «Полус Алдан», 2018. 127 с., а также [10].

<sup>2</sup> Bring the house down. The Economist Magazine. 2014/09/06, pp. 3–11; Alternatives to blasting. TH Mining WEEKLY. 2019/07/12, pp. 10–13.

<sup>3</sup> Исследование влияния новых составов простейших гранулированных взрывчатых веществ, технологии и оборудования на параметры взрывных работ в условиях Куранахского рудного поля. Отчет НИР, фонды НТУ АО «Полус Алдан», 2018. 127 с.



**Рис. 1**  
Блок-схема решения задачи освоения удаленных месторождений ПИ северной и арктической зоны

**Fig. 1**  
Block diagram of solving the challenges in developing remote mineral deposits in the Northern and Arctic zones

в предварительно осушенных скважинах, алюминиевых порошков (содержание 5–10%) для увеличения мощности взрывчатых веществ, составов с пониженной плотностью, мощностью и скоростью детонации. В США для взрывания скважин диаметром 220–250 мм применяются массивные промежуточные детонаторы CastMax™ массой 10 кг из простейших ВВ в пластиковом футляре, который защищает их от воздействия воды и расслоения при длительном хранении<sup>4</sup>.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать предположение о высоком потенциале применения простейших составов ВВ при ведении взрывных работ, позволяющих обеспечить технологическую и экономическую эффективность буровзрывного комплекса при освоении месторождений арктической зоны (рис. 1).

Разработка новых технологий применения как капсуле-чувствительных простейших составов, так и дефлагирующих, с учётом высокой вариативности их применения, простоты и экономической эффективности изготовления – является стратегически важным направлением при освоении минеральных ресурсов северных и арктических районов России.

### Выводы и дальнейшие направления исследований

Арктическая зона РФ в настоящее время является приоритетной в рамках программы развития минерально-сырьевого комплекса РФ и, учитывая концентрацию до 40% российских запасов золота, 60–90% – газа, 100% – корен-

ных месторождений алмазов, разработка новых технологий ведения взрывных работ в особо сложных климатических и горно-геологических условиях для изолированных предприятий, является приоритетной задачей для содействия освоению арктической зоны РФ.

Мировой и отечественный опыт применения простейших составов ВВ позволяет решить ряд поставленных задач по совершенствованию технологии ведения взрывных работ в арктической зоне:

- снижение капитальных и операционных затрат, а также сроков на организацию и эксплуатацию производств ВВ;
  - вовлечение в производство ВВ промышленных отходов, например, отработанных нефтепродуктов, полимерной тары;
  - доступность широкого диапазона регулирования взрывчатых свойств простейших ВВ путем введения в рецептуру добавок как повышающих энергетические характеристики, так и снижающих детонационные параметры;
  - возможность изготовления простейших ВВ повышенной водоустойчивости, обеспечивающих сохранность заряда простейших ВВ в скважинах с непроточной водой и пробуренных льдонасыщенных массивах;
  - снижение затрат по доставке и хранению взрывчатых материалов при изготовлении на местах производства промежуточных детонаторов на основе простейших ВВ. Повышение стабильности детонационных процессов при применении рациональных массогабаритных параметров патронов боевиков;
  - повышение безопасности ведения взрывных работ при применении дефлагирующих составов для разбора строительных конструкций, а также ведения взрывных работ вблизи охраняемых объектов.
- Учитывая проведенный анализ существующих методов, можно выделить основные дальнейшие направления исследований, способные, по нашему мнению, повысить качество и безопасность ведения взрывных работ, особенно в арктической зоне РФ:
- определение оптимальных массогабаритных параметров промежуточных детонаторов на основе простейших ВВ в зависимости от диаметров инициируемых скважин;
  - определение зависимости размеров и компонентного состава частиц промежуточного детонатора и скорости детонации;
  - определение физических параметров перехода состояния дефлаграции в детонацию и приобретения чувствительности к инициирующему импульсу от капсуля детонатора простейшими составами ВВ.

<sup>4</sup> Материалы «Тридцать третьей конференции по применению взрывчатых веществ и технике взрывных работ», проходившей в январе 2007 г. в г. Нашвилл (США)

### Список литературы

1. Кирсанов О.Н. Газогенератор для разрушения или раскалывания естественных и искусственных объектов и способ разрушения или раскалывания естественных и искусственных объектов. Патент на изобретение РФ RU (11) 2 498 064(13) С2.
2. Викторов С.Д., Демидюк Г.П. Простейшие взрывчатые вещества. *Вестник АН СССР*. 1985;(4):102–111.
3. Старшинов А.В., Фадеев В.Ю., Богданов М.Н. Влияние физического состояния исходных компонентов на эффективность применения смесевых взрывчатых веществ. В: Трубецкой К.Н., Викторов С.Д. (ред.) *Физические проблемы взрывного разрушения массивов горных пород: сб. тр. междунар. конф. Москва, 7–11 сент. 1998 г.* М.: ИПКОН РАН; 1999. С. 244–250.
4. Викторов С.Д., Франтов А.Е., Лапиков И.Н., Мингазов Р.Я. К методам определения технологических показателей компонентов простейших ВВ. *Инженерная физика*. 2020;(8):25–35. DOI: 10.25791/infizik.08.2020.1153.
5. Сеинов Н.П., Анников В.Э., Чолах Н.О., Коношенков А.И., Кудряшов В.С., Вахотин А.А., Нуриджанян Г.З. *Способ изготовления взрывчатого состава*. Патент РФ № 2096398. Дата публ. патента 20.11.1997 г.

6. Егупов А.А. *Использование энергии взрыва при разработке многолетнемерзлых россыпей*. М.: Недра; 1991. 224 с.
7. Ефремов Э.И., Дюе В.Ф., Малыгин О.Н., Зинько Н.А., Филь В.И. Простейшие взрывчатые вещества и особенности их применения на карьерах ГИМК. *Горный вестник Узбекистана*. 2002;(2):32–35.
8. Дюе В.Ф., Николенко Е.В. Повышение физической стабильности зарядов простейших бестроиловых ВВ. В: Ефремов Э. И. (ред.) *Повышение эффективности разрушения горных пород*. Киев: Наукова думка; 1991. С. 12–15.
9. Трубетской К.Н., Ждамиров В.М., Викторов С.Д., Сеинов Н.П., Жученко Е.Н. Исследование простейших взрывчатых веществ, содержащих угольный порошок. *Известия Института горного дела им. А.А. Скочинского*. 1991;(1):38–41.
10. Сивенков В.Д. *Разработка эффективных средств и методов взрывной отбойки в условиях отрицательных температур и высокогорья: автореф. дис. ... канд. техн. наук*. Бишкек; 1998. 21 с.
11. Барон В.Л., Кантор В.Х. *Техника и технология взрывных работ в США*. М.: Недра; 1980. 376 с.
12. Скоробогатов В.М., Кукиб Б.Н., Поздняков З.Г., Викторов С.Д. Совершенствование ассортимента промышленных ВВ в зарубежных странах. *Взрывное дело*. 1985;(84/44):174–182.
13. Горбонос М.Г. Применение тяжелых ANFO на гранитных карьерах Канады. В: Кутузов Б.Н., Субботин А.И. (ред.) *Теория и практика взрывного дела: материалы Междунар. конф. «Взрывное дело – 99», посвящ. 80-летию МГА-МГИ-МГГУ, Москва, 25–27 мая 1999 г.* М.: МГГУ; 1999. С. 307–310.
14. Горбонос М.Г., Вейе Р., Бар Ф. Опыт применения простейших ВВ типа ANFO на карьерах Канады. *Взрывное дело*. 1998;(91/48):118–127.
15. Meyer R., Köhler J., Homburg A. *Explosives*. 6<sup>th</sup> ed. Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA; 2007. 421 p. Available at: <https://archive.org/details/Explosives6thEd.R.MeyerJ.KohlerA.Homburg/mode/2up>

**References**

1. Kirsanov O.N. *A gas generator for breaking or splitting natural and man-made objects and a method of breaking or splitting natural and man-made objects*. RF Patent for Invention RU (11) 2 498 064(13) C2. (In Russ.)
2. Viktorov S.D., Demidyuk G.P. Ordinary explosives. *Vestnik Akademii nauk SSSR*. 1985;(4):102–111. (In Russ.)
3. Starshinov A.V., Fadeev V.Yu., Bogdanov M.N. Impact of the physical state of the original components on the efficiency of mixed explosives. In: Trubetskoi K.N., Viktorov S.D. (eds) *International scientific conference "Physical aspects of rock mass breaking by blast energy: Proceedings of the International Conference, Moscow, September 7–11, 1998*. Moscow: Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences; 1999, pp. 244–250. (In Russ.)
4. Viktorov S.D., Frantov A.E., Lapikov I.N., Mingazov R.Ya. To methods for determining technological indicators of components of cheap explosives. *Inzhenernaya fizika = Engineering Physics*. 2020;(8):25–35. (In Russ.) DOI: 10.25791/infizik.08.2020.1153.
5. Seinov N.P., Annikov V.E., Cholakh N.O., Konoshenkov A.I., Kudryashov V.S., Vakhotin A.A., Nuridzhanyan G.Z. *Method for preparing an explosive compound*. RF Patent No. 2096398. Patent publication date: 20.11.1997 (In Russ.)
6. Egupov A.A. *Utilisation of explosive energy in development of placer deposits in permafrost*. Moscow: Nedra; 1991. 224 p. (In Russ.)
7. Efremov E.I., Dzhoie V.F., Malygin O.N., Zinko N.A., Fil V.I. Ordinary explosives and their application at Norilsk Nickel quarries. *Gorniy vestnik Uzbekistana*. 2002;(2):32–35. (In Russ.)
8. Dzhoie V.F., Nikolenko E.V. Enhancing physical stability of ordinary non-TNT explosives. In: Efremov E. I. (ed.) *Improving efficiency of rock breaking*. Kiev: Naukova dumka; 1991, pp. 12–15. (In Russ.)
9. Trubetskoi K.N., Zhdamirov V.M., Viktorov S.D., Seinov N.P., Zhuchenko E.N. Studies of ordinary explosives containing carbon powder. *Izvestiya Instituta gornogo dela im. A.A. Skochinskogo*. 1991;(1):38–41. (In Russ.)
10. Sivenkov V.D. *Development of effective blasting means and methods in conditions of subzero temperatures and high altitudes: abstract of dissertation for the Candidate's Degree in Technical Sciences (PhD in Engineering)*. Bishkek; 1998. 21 p. (In Russ.)
11. Baron V.L., Kantor V.Kh. *Explosive equipment and technology in the USA*. Moscow: Nedra; 1980. 376 p. (In Russ.)
12. Skorobogatov V.M., Kukib B.N., Pozdnyakov Z.G., Viktorov S.D. Development of industrial explosives in foreign countries. *Vzryvnoe delo*. 1985;(84/44):174–182. (In Russ.)
13. Gorbonos M.G. Application of heavy ANFO in Canadian granite quarries. In: Kutuzov B.N., Subbotin A.I. (eds) *Theory and Practice of Explosive Engineering: Proceedings of the Explosive Engineering-99 International Conference dedicated to the 80th Anniversary of MGA-MGI-MGGU, Moscow, May 25–27, 1999*. Moscow: Moscow State Mining University; 1999, pp. 307–310. (In Russ.)
14. Gorbonos M.G., Veie R., Bar F. Experience of using ordinary ANFO-type explosives in Canadian quarries. *Vzryvnoe delo*. 1998;(91/48):118–127. (In Russ.)
15. Meyer R., Köhler J., Homburg A. *Explosives*. 6<sup>th</sup> ed. Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA; 2007. 421 p. Available at: <https://archive.org/details/Explosives6thEd.R.MeyerJ.KohlerA.Homburg/mode/2up>

**Информация об авторах**

**Тихонов Виталий Николаевич** – генеральный директор ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация.  
**Дудник Геннадий Анатольевич** – технический директор ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация  
**Панфилов Сергей Юрьевич** – главный инженер ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация.  
**Жуликов Виктор Валерьевич** – руководитель ПТО ООО «АЗОТТЕХ», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: v.julikov@azottech.ru.

**Information about the authors**

**Vitaly A. Tikhonov** – Director General, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation.  
**Gennady A. Dudnik** – Technical Director, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation.  
**Sergey Yu. Panfilov** – Chief Engineer, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation.  
**Viktor V. Zhulikov** – Head of the Operation and Technical Department, AZOTTECH LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: v.julikov@azottech.ru.

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 02.04.2021  
 Поступила после рецензирования: 08.04.2021  
 Принята к публикации: 13.04.2021

**Article info**

Received: 02.04.2021  
 Revised: 08.04.2021  
 Accepted: 13.04.2021