

УДК 622.235:66.01

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.И. Комащенко, Е.Д. Воробьев, В.А. Белин

Эффективность применения технологии открытой разработки полезных ископаемых связана с повышением качества буровзрывных работ (БВР), являющимся важным процессом составляющей подготовки горной массы к экскавации и транспортированию. Основным резервом увеличения повышения эффективности БВР, является создание и внедрение новейших современных промышленных взрывчатых веществ, позволяющих значительно повысить экологическую составляющую горных работ. Следовательно, создание новых методов и способов взрывания, на основе совершенствования параметров взрывания и внедрение современных эффективных промышленных взрывчатых веществ (ПВВ), является актуальной задачей.

Ключевые слова: дробление горной массы, взрывная отбойка, карьеры, скважинные заряды, конверсионные добавки, буровзрывные работы, охрана окружающей среды, геоэкология, аммиачная селитра, горное дело, взрывчатые вещества.

Отличительной особенностью современного зарубежного ассортимента ПВВ является чрезвычайно высокий уровень производства и применения простейших взрывчатых смесей типа АС-ДТ и в последнее время эмульсионных составов. Таким образом, мировой опыт применения энергии взрыва в горных взрывных работах и тенденции совершенствования технологии их проведения свидетельствуют о неуклонном снижении потребления взрывчатых материалов, содержащих индивидуальные бризантные ВВ. Особенно существенные изменения в ассортименте промышленных ВВ развитых стран произошли в 80-е годы и связаны с созданием и внедрением эмульсионных ПВВ. В отдельные годы, например, в США, объем потребления таких ВВ достигал 90 %. В России выпускаемый ассортимент промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) достаточно широк и разнообразен и включает в себя более 200 составов для горнодобывающих отраслей промышленности, из которых более 60 изготавливаются на местах применения. Развитие в России, осуществлялось в несколько ином направлении, и основную часть применяемых ПВВ составляли гранулированные и порошкообразные патронированные аммиачно-селитренные вещества, сенсibilизированные тротилом [2-3].

До 1980 года в бывшем СССР ПВВ выпускались только на специализированных заводах их объем составлял около 1200 000 тонн в год и далее вплоть до 1990 года выпуск ПВВ на местах применения (в основном простейшие гранулированные составы на обычной селитре) не превышал

10 %. В настоящее время объем выпуска ПВВ приближается к максимальному уровню их объема применения в 1990 году России значительно вырос. Объем выпуска ПВВ на местах применения сравнялся с заводскими составами еще в 2005 году и сейчас их производится более чем 2 раза больше. В настоящее время объем выпуска эмульсионных составов на местах применения наибольший и годовой рост объемов в основном связан с их развитием. Ассортимент ПВВ, изготавливаемых на местах применения представлен на рис. 1.



Рис. 1. Ассортимент ПВВ, изготавливаемых на местах применения

Также следует отметить, что и в общем объеме выпуска ПВВ в России эмульсионные ПВВ опережают всю остальную номенклатуру выпускаемых составов. На рис. 2 показан ассортимент выпускаемых ПВВ в России в 2014 г.

Однако даже при высоких темпах внедрения эмульсионных ПВВ в России, она отстает от уровня США по выпуску ПВВ на местах применения. Так при ведении взрывных работ на открытой поверхности в США (в основном угольная промышленность около 60 %) и ряде других странах значительно ниже обводненность скважин, а применение зарядной технологии в полый полиэтиленовый рукав после предварительной осушки скважин позволяет применять во многих случаях простейшие смеси АС-ДТ и в обводненных условиях.

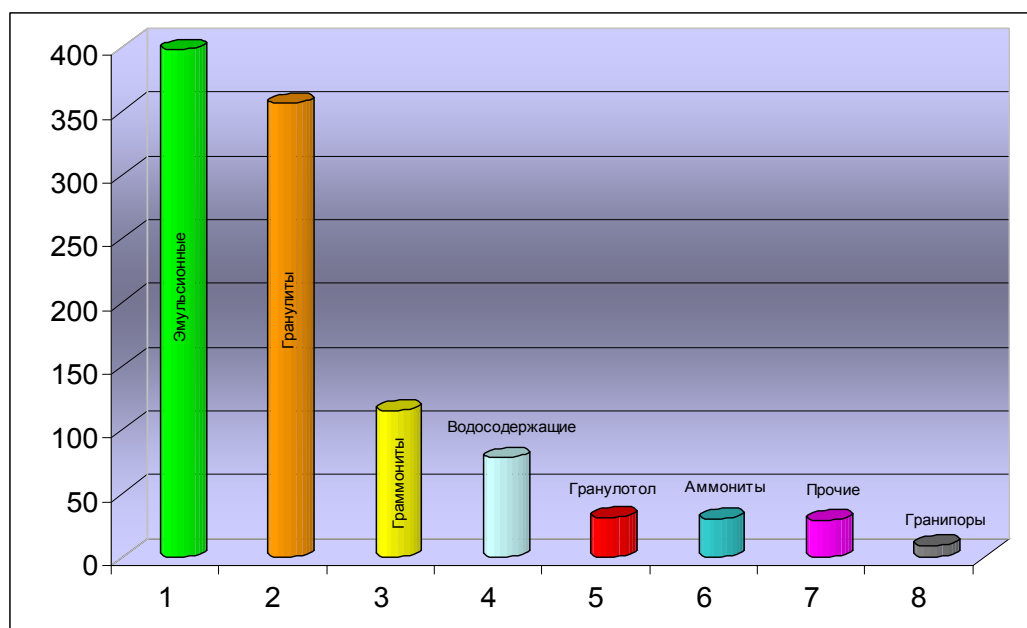


Рис. 2. Ассортимент выпуска ПВВ в России

Кроме того прогрессивная зарубежная буровая техника позволяет значительно изменять сетку скважин в зависимости от крепости пород. Кроме этого быстрому распространению смесей АС-ДТ способствовали простота технологии их изготовления, низкая стоимость и высокий уровень безопасности, связанный с пониженной чувствительностью к механическим и тепловым воздействиям, а также возможностью механизации процесса заряжания скважин и шпуров. Также широкому применению в горнодобывающей промышленности и строительстве простейших взрывчатых смесей АС-ДТ США и других стран в значительной мере связано с разработкой технологии и освоении производством пористой аммиачной селитры с высокой удерживающей способностью жидких нефтепродуктов и позволяющей изготавливать высококачественные смеси стабильного состава [4-5].

Отличительной особенностью современного ассортимента промышленных ВВ является высокий уровень производства ВВ на основе аммиачной селитры. Аммиачная селитра (нитрат аммония NH_4NO_3) является солью азотной кислоты. Хорошо растворяется в воде, при нагревании разлагается с выделением кислорода, проявляет высокие окислительные свойства. Производится чаще всего путем нейтрализации азотной кислоты аммиаком. В производстве промышленных взрывчатых веществ, в том числе простейших, изготавливаемых на местах применения, широко используется аммиачная селитра водостойкая ЖВГ (ГОСТ 147079).

В России технология производства пористой селитры освоена в промышленности только в последние годы. В тоже время даже при больших объемах выпуска пористой селитры ее применение ограничено, так как в России при наличии глубоких карьеров черной и цветной металлур-

гии с породами высокой крепости и с наличием до 90 % обводненности скважин сказываются основные недостатки смесей АС-ДТ, как низкая водостойчивость и недостаточная скорость детонации, что не позволяют им в полной мере составить конкуренцию другим типам взрывчатых веществ.

В России имеется множество мелких карьеров, где внедрение установок по изготовлению ПВВ на местах применения невыгодно и в этом плане считаем перспективным внедрение эмульсионных ПВВ на заводах отрасли и особенно патронированных составов.

В табл. 1 представлены три серии отечественных эмульсионных ВВ: “Порэмитов” и «Гранэмитов», отличающихся друг от друга составом окислительной части, применяемым горючим и энергетической добавкой. Для сравнения приведены характеристики известных штатных ПВВ - гранулола и игданита.

Таблица 1

Эмульсионные ПВВ, допущенные Ростехнадзором для применения в России

Наименование ВВ	Марка ВВ	Характеристики				
		Теплота взрыва, ккал/кг	Концентрация энергии, ккал/дм ³	Плотность заряжания, кг/м ³	Скорость детонации, км/с	Газовая вредность л/кг
Гранулолот		980	980	1000	5,0...5,2	275
Игданит		920	820	900	2,2...2,7	45
Порэмит 1	ИМ-Н	689	861	1250	4,9...5,2	12,2
	ИМ-К	693	865	1250	4,9...5,2	12,4
	МТ-Н	709	885	1250	4,9 - 5,2	11,8
	МТ-К	726	908	1250	4,9 - 5,2	12,0
Порэмит 1А		720	900	1200	4,9...5,1	40
Порэмит М	4А	870	1130	1300	4,8...5,1	42
	8А	1040	1400	1350	4,9...5,3	54
Гранэмит	И-30	800	1080	1350	4,9...5,2	38
	И-30П	801	1041	1300	5,0...5,5	32
	И-50	835	1170	1400	4,8...5,2	36
	И-50А	814	1140	1350	4,0...4,8	36
	И-50П	835	1169	1400	4,8...5,4	34
	И-70	870	1130	1300	3,5...4,6	34

На установках по технологии ГосНИИ «Кристалл» выпускаются различные составы ЭВВ типа порэммитов, гранэммитов, эмульсолитов (ВостНИИ), амфорэм (ОАО «Апатит») и эмулогран (КНИИМ), которые расположены на четырех заводах Агентства по боеприпасам «Знамя», ФГУП «Прогресс», ОАО «Промсинтез», ФГУП «Свердлова» и на горных комбинатах ОАО «Ураласбест», ОАО «Апатит», ОАО «Ванадий», ОАО «Михайловский ГОК» и ОАО «Павловскгранит». На установках АО «Нитро Сибирь» выпускаются ЭВВ типа сибириков в Нерюнгри, Кузбассе и на ОАО «Карельский окатыш». По технологии норвежской фирмы «Dino Nobel» применяются ЭВВ сларрит на ОАО «Кольского ГМК» и эмулиты (Иремекс и Ирегель) в компании «АПРОСА» на руднике «Айхал» и карьере «Удачный». По технологии канадской фирмы «ETI» выпускаются составы «Тован» на Лебединском ГОКе и на Ковдорском ГОКе применяют эмулиты, получаемые на установке американской фирмы «MSI». При этом стоимость ЭВВ на зарубежных установках, как правило, значительно выше, чем на отечественных и одним из основных причин этого является зарубежное сырье [6-8].

Согласно табл. 1 ЭВВ по теплоте взрыва (весовой) значительно уступают гранулотолу (690 - 720 ккал/кг для порэммитов и 980 ккал/кг для гранулолола), с учетом их плотности заряжения взрывных скважин. Данные ВВ успешно применяются при взрывании массив горных пород с не большой крепости с значительной степенью обводненности скважин, в т.ч. с проточной водой. В трудно взрываемых породах, рекомендуется применение ЭВВ повышенной мощности, за счет введения энергетических добавок - алюминиевый порошок в количестве 4 - 8 % (Порэммит М марок 4А и 8А).

Третья группа ЭВВ - «Гранэммиты» представляют из себя смесевые ВВ на основе эмульсии и гранулированной аммиачной селитры (в т.ч. пористой) или игданита в соотношении 30/70 (70 % эмульсии, остальное селитра, состав можно получать непосредственно на производстве и заряжать существующими с применением зарядными машинами); 50/50, 70/30 (соответственно 50 и 30 % эмульсии, остальное селитра, получение смеси и зарядка производится зарядных машин).

Гранэммиты, как показано в таблице, при зарядании с плотностью 1300...1400 кг/м³ показатели по мощности, превосходят гранулотол и поэтому эффективно применяются при взрывании вместо гранулолола. В таблице приведены эмульсионные ВВ, которые по скорости детонации располагаются на уровне гранулолола (4,8 - 5,2 км/с), таким образом имеют по сравнению с ним значительно низкую газовую составляющую. Представленные ЭВВ, имеют отличную водостойкостью, за счет этого гарантированно не изменяют качество и взрывчатые свойства в течение

месяца, всё это позволяет осуществлять зарядку скважин непосредственно вслед за бурением скважин [9-12].

Таблица 2

Характеристики зарубежных образцов ЭВВ

СТРАНА ФИРМА	Марка ВВ	Характеристики			
		Тепло- та взрыва, ккал/кг	Концен- трация энергии ккал/дм ³	Плотность заряжения кг/м ³	Скорость де- тонации, км/с
США (Atlas)	Apex	678	848	1250	5,0...5,2
	Power AN	790	1027	1300	4,8...5,3
(Ireco)	Iregel	672	806	1200	5,0...5,2
	Iremex	750	1012	1350	4,9...5,2
(Du Pont)	Tovex E	680	850	1250	4,5...5,0
	Toven E	800	1080	1350	4,0...5,0
Швеция (Nitro No- bel)	Emulit	692	830	1200	4,8...5,2
	Emulan	725	942	1300	4,2...5,0
Канада (ETI)	Towex	668	801	1200	5,0...5,5
	Towan	720	972	1350	4,8...5,1
Германия (WestSpren- g)	Emulgit	680	884	1300	4,9...5,4
Китай	BME	685	822	1200	4,0...5,0
Финлян- дия (Kemira)	kimit	750	900	1200	4,0...5,2
Япония Nippon & Fast	Chita- Mite	700	805	1150	5,0...5,5

Компонентный состав этих ВВ и их соотношение примерно аналогичны российским ЭВВ, т.е. так же как и у нас применяются: раствор окислителей, состоящий из аммиачной и натриевой селитры или из одной аммиачной селитры; горючее - машинное или соляровое масло и эмульгатор. Для сенсibilизации применяются нитрит натрия или в некоторых случаях микросферы.

В табл. 2 представлены данные по мощностным характеристикам и одинаковых плотностях заряжения, зарубежные ЭВВ находятся на уровне наших ЭВВ - «Порэмита 1» и гранэмитов.

На отечественных установках по технологии ГосНИИ» Кристалл» в 2015 году выпущено около 214 тыс. тонн (112 тыс. тонн на заводах, в т. ч. 85 тыс. тонн в патронах) или 50 % от всего объема применения эмульсионных ПВВ. Как следует из дальнейших перспектив, несмотря на существующее отечественное производство эмульсионных ПВВ в России, продолжают закупки более дорогих и сложных в эксплуатации зарубежных установок, которые, кроме того, привязаны к импортному сырью.

Применение эмульсионных ПВВ позволило полностью механизировать процесс заряжения на горных предприятиях и на порядок улучшить экологию при заряжении и взрыве.

Особого внимания заслуживают результаты замеров по выделению вредных веществ после проведения массовых взрывов на карьере. Как видно из цвета выделяющихся газов (окислы азота имеют желтый цвет и окислы углерода-черный) при взрывании в гранулололе в основном преобладают окислы углерода, а белый цвет в порэмите говорит о малом количестве ядовитых газов. По данным ВГСЧ удельный объем ядовитых газов, образующийся при взрыве ЭВВ, в 5-10 раз меньше, чем при взрывании с использованием граммонитов и особенно гранулолола. Поэтому, как правило, время на проветривания зоны взрыва после применения эмульсионных ВВ не превышает часа, а при использовании штатных ПВВ оно составляет до суток. Пыль после массового взрыва гранэмитов оседает в зоне 200-300 метров, а в случае штатных ПВВ распространяется на несколько километров.

По данным ВостНИИ (Института по безопасности работ в горной промышленности г. Кемерово) количество вредных газов, выделяющихся при взрыве основной группы промышленных ВВ, используемых при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, приведено в табл.3.

Широкая возможность регулирования взрывчатых характеристик за счет компонентного состава и плотности и универсальность технологии приготовления ЭВВ позволило разработать различные рецептуры для разнообразных условий проведения буровзрывных работ.

Экономическая эффективность использования эмульсионных ПВВ, особенно в обводненных условиях, с самого начала их внедрения складывается из-за их низкой стоимости по сравнению с применяемым в этих условиях гранулололом даже при условии увеличения их расхода.

Таблица 3

Содержание вредных газов при взрыве ПВВ

Взрывчатое вещество	Содержание газов, л/кг		Суммарно, в пересчете на условную СО
	СО	NO _x	
Гранулотол	167,1	0,1	167,9
Аммонит 6ЖВ	3,76	3,68	27,7
Граммонит 79/21	48,2	5,6	84,6
Игданит 5.5 % ДТ	8,65	8,65	64,9
Гранулит УП-1*	18,8	8,5	74
Гранулит АС-4**	16	6,1	55,6
Гранулит АС-8*	26,9	7,4	73
Ифзанит-Т-20 *	74,9	5,96	113
Ифзанит-Т-20**	31	8,0	83,3
Порэммит-1*	14,22	1,67	25,1
Порэммит-1**	4,71	1,14	12,2

Примечание: * -открытый заряд, ** - в стальной оболочке

Следует отметить, что в России еще велика доля ПВВ заводского изготовления (около 36 %). В России имеется множество мелких карьеров, где внедрение установок по изготовлению ПВВ на местах применения невыгодно и в этом плане перспективного внедрения эмульсионных ПВВ на заводах отрасли и особенно патронированных составов. Объем выпускаемых тротилсодержащих ПВВ в ближайшие годы останется почти на прежнем уровне, так как потребителями, в том числе, являются мелкие горные предприятия, где не планируется строительство при карьерных пунктах. Тротилсодержащие заводского изготовления составляют в России еще большую часть (около 26,5 %)[13-14].

Заключение

1. При ведении взрывных работ в карьерах, с целью повышения эффективности и экологической безопасности взрывных работ необходимо учитывать категорию трещиноватости и коэффициент крепости, а также структурные особенности массива горных пород, при этом целесообразно применять взрывчатые вещества с малым содержанием тротила, а также осуществлять переход на эмульсионные и гелеобразные взрывчатые вещества в сочетании с мощными инициирующими зарядами.

2. С целью повышения эффективности и экологической безопасности взрывных работ целесообразно применять взрывчатые вещества с малым содержанием тротила, а также эмульсионные и гелеобразные взрывчатые вещества.

3. В качестве эффективных конструкций зарядов целесообразно ориентироваться на скважинные заряды с осевыми полостями, для высокой устойчивости которых необходимо разрабатывать соответствующую технологию.

4. Разрабатывать и внедрять новые конструкции зарядов и технологии их применения, отличительной особенностью которых является новая технология формирования устойчивых полостей различного назначения до начала производства взрыва.

5. Применение разработанных конструкций зарядов с универсальным канальным боевиком, позволяет на практике существенно (на 10-15 %) сократить расход дорогостоящих и дефицитных взрывчатых веществ и, не увеличивая удельный расход, обеспечить заданное качество дробления горной массы.

Список литературы

1. Лукьянов В.Г., Комащенко В.И., Шмурыгин В.А. Взрывные работы: учебник. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 402 с.

2. Белин В.А., Дугарцыренов А.В., Цэдэнбат А. Взрывание неоднородных массивов горных пород с вечномерзлыми линзообразными включениями // Взрывное дело: сборник научных трудов. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. 2007. №ОВ7. С. 266-272.

3. Повышение эффективности взрывной отбойки на основе новых способов инициирования скважинных зарядов на карьерах/ В.И. Комащенко, В.И. Голик, В.А. Белин, А.Л. Гапоненко // ГИАБ. № 9. 2014. С.293-304.

4. Технология взрывных работ учеб. пособие для студентов вузов / В. Г. Мартынов [и др.]. М.: ООО " ТИД "Студент", 2011. 440 с.,

5. Комащенко В. И., Носков В. Ф., Исмаилов Т. Т. Взрывные работы: учебник. М.: Высшая школа, 2007. 440 с.

6. Горноразведочные работы/ Л.Г. Грабчак [и др.]. М.: Высшая школа, 2003. 661 с.

7. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies // Metallurgical and Mining Industry. 2015. Т. 7. № 4. С. 325-329.

8. Белин В.А. Уровень промышленной безопасности при ведении взрывных работ на горных предприятиях России // ГИАБ. № 6. 2011. С. 29-35.

9. Лабораторные и практические работы по разрушению горных пород взрывом / Б.Н. Кутузов [и др.]. М.: Недра, 1981. 255 с.

10. Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Feasibility of using the mill tailings for preparation of self-hardening mixtures. Metallurgical and Mining Industry. 2015. No3. P.p. 38-41. Scopus.

12. Повышение безопасности труда при разработке нагорных месторождений оптимизацией технологических процессов / В.И. Голик [и др.]// Безопасность труда в промышленности. № 7. 2015. С.51-54.

13. Белин В.А., Комащенко В.И., Воронец А.А. Основные характеристики современного состояния взрывной отбойки на карьерах России // Безопасность труда в промышленности. № 8. 2015. С. 68-74.

14. Комащенко В.И., Школа И.Н. Организация, планирование и управление горными предприятиями. М.: Высшая школа.1980. 380 с.

Комащенко Виталий Иванович, д-р техн. наук, проф., komashchenko@inbox.ru, Россия, Белгород, Белгородский государственный национальный исследовательский университет,

Воробьев Евгений Дмитриевич, канд. техн. наук, доц., vorobev@bsu.edu.ru, Россия, Белгород, Белгородский государственный национальный исследовательский университет,

Белин Владимир Арнольдович, д-р техн. наук, проф., bvamgggu@mail.ru, Россия, Москва, Горного института (МГИ), Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

PERSPECTIVES DEVELOPING INDUSTRIAL EXPLOSIVES AND USING MODERN TECHNOLOGIES OF SHOT-FIRING WITH TAKING INTO ACCOUNT ENVIRONMENTAL SAFETY

V.I. Komashchenko, E.D. Vorobev, V.A. Belin

Efficiency of using open pit technologies for mining minerals connects with improving quality of drilling and blasting operations. Basic reserve of improving efficiency of drilling and blasting operations is creating and introducing new modern industrial explosives. Consequently, creating new methods blasting, improving parameters of blasting and introducing modern effective industrial explosives are topical problems.

Key words: rock fragmentation, blasting, open pit, shot-hole charge, conversion additive, drilling and blasting operations, environmental protection, ecology.

Komashchenko Vitaly Ivanovich, Doctor of Technical Science, Full Professor, komashchenko@inbox.ru, Russia, Vladikavkaz, North-Caucasian State Technological University,

Vorobev Evgenyi Dmitrievich, Candidate of Technical Science, Docent, vorobev@bsu.edu.ru, Russia, Belgorod, Belgorod National Research University

Belin Vladimir Arnoldovich, Doctor of Technical Science, Full Professor, bvamgggu@mail.ru, Russia, Moscow, National Research Technological University "MISiS"

Reference

1. Luk'janov V.G., Komashhenko V.I., Shmurygin V.A. Vzryvnye raboty. Uchebnik. Iz-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2008. 402s
2. Belin V.A., Dugarcyrenov A.V., Cjedjenbat A. Vzryvanie neodnorodnyh massivov gornyh porod s vechnomerzlymi linzooobraznymi vkljuchenijami. Vzryvnoe delo: Sbornik nauchnyh trudov. Otdel'nyj vypusk Gornogo informacionno-analiticheskogo bjulletenja. 2007. №OV7. S. 266-272.
3. Povyszenie jeffektivnosti vzryvnoj otbojki na osnove novyh sposobov iniciirovanija skvazhinnyh zarjadov na kar'erah/ V.I. Komashhenko, V.I. Golik, V.A. Belin, A.L. Gaponenko// M: GIAB. № 9. 2014. S.293-304.
4. Tehnologija vzryvnyh rabot/ V. G. Martynov [i dr.]// Uchebnoe posobie dlja studentov vuzov. Moskva: OOO " TID "Student", 2011. 440 s.,
5. Komashhenko V. I., Noskov V. F., Ismailov T. T. Vzryvnye raboty: Uchebnik. Moskva: Izdatel'stvo "Vysshaja shkola", 2007. 440 s.
6. Gornorazvedochnye raboty/ L.G. Grabchak [i dr.]// Vysshaja shkola. Moskva. 2003. 661 s.
7. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies // Metallurgical and Min-ing Industry. 2015. T. 7. № 4. S. 325-329.
8. Belin V.A. Uroven' promyshlennoj bezopasnosti pri vedenii vzryvnyh rabot na gornyh predpriyatijah rossii. M: GIAB. № 6. 2011. S. 29-35.
- 9., Komashhenko V.I., Noskov V.F., Bobryshev A.A., Krjukov G.M., Tarasenko V.P., Gabdrahmanov S.B., Gorbonos M.G. Laboratornye i prak-ticheskie raboty po razrusheniju gornyh porod vzryvom/ B.N. Kutuzov [i dr.]// Nedra. Moskva. 1981. 255 s.
- 10.Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Feasibility of using the mill tailings for preparation of self-hardening mixtures. Metallurgical and Mining In-dustry. 2015. No3. R.p. 38-41. Scopus
12. Povyszenie bezopasnosti truda pri razrabotke nagornyh mestorozhdenij optimizaciej tehnologicheskikh processov / V.I. Golik [i dr.]// Bezopasnost' Truda v promyshlennosti. № 7. 2015. S.51-54.
13. Belin V.A., Komashhenko V.I., Voronec A.A. Osnovnye harakteristiki sovremennogo sostojanija vzryvnoj otbojki na kar'erah Rossii: Bezopasnost' Truda v promyshlennosti. № 8. 2015. S. 68-74.
14. Komashhenko V.I., Shkola I.N. Organizacija, planirovanie i upravlenie gornymi predpriyatijami // Vysshaja shkola. Moskva. 1980. 380s.