

УДК 622.235



Состояние и перспективы развития промышленных взрывчатых веществ в России и за рубежом

В.А. Соснин, д-р техн. наук, **С.Э. Межеричкий**, канд. техн. наук, **Ю.Г. Печенев**, канд. техн. наук, АО «ГосНИИ «Кристалл» (г. Дзержинск, Нижегородской области)

Основной объем потребления промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) во всем мире приходится на добычу твердых полезных ископаемых, ростом или снижением объемов добычи определяется выпуск ПВВ. На основании данных Геологической службы США (USGS) горнодобывающий сегмент доминирует на мировом рынке ПВВ, на его долю в настоящее время приходится 81,7%, и, как ожидается, сохранит эту тенденцию на протяжении всего периода прогноза до 2022 г. за счет увеличения добычи полезных ископаемых [1]. Следует отметить, что информация, предоставляемая USGS, весьма обширна и в основном находится в открытом доступе [2]. Она включает данные не только по США, но и по всему миру, где представлены ежегодные подробные отчеты и статистика по добыче и разведке полезных ископаемых и многое другое.

Основной объем применения ПВВ в развитых горнодобывающих странах приходится на добычу угля и металлических руд. По динамике добычи полезных ископаемых в мире крупнейшей страной стал Китай, где в настоящее время добывается только угля 3680 млн т (46,6% от общемировой добычи), и со значительным отставанием на втором месте – США с добычей 892,6 млн т (11,3%), на третьей позиции Индия – 605,1 млн т (7,66%). Также Китай занимает первое место в мире и по добыче железных руд. Данные по добыче основных полезных ископаемых приведены в табл. 1.

Анализ тенденций в мире по добыче полезных ископаемых и рынка ПВВ, представленный USGS и основных географических рынков ПВВ (GIA) за 15-летний период (2001–2015 гг.) и перспектив развития до 2022 г., таких как США, Канада, Япония, Франция, Германия, Великобритания, Италия, Испания, Азия, Латинская Америка, Ближний Восток и Африка, пока-

зал, что объем производства ПВВ в 2016 г. составляет более 15 млн т и далее будет расти не менее чем на 1% в год.

В большинстве стран более 50% объема применяемых ПВВ расходуется только на добычу угля, и этим определяется выпуск и ассортимент ПВВ.

Крупнейшими производителями и потребителями ПВВ являются Китай и США. Впечатляет рост потребления ПВВ в Китае, где в течение последнего десятилетия объем национального производства взрывчатых веществ значительно возрос и составил 3,7 млн т в год, увеличив объем выпуска их почти в 2 раза. США и Канада также нарастили мощности производства ПВВ до 3,6 млн т в год. Эти страны суммарно выпускают более половины всех взрывчатых веществ в мире. Россия с объемом производства ПВВ 1,51 млн т находится на уровне стран Южной Америки, Африки и Австралии. Все Европейское сообщество производит и применяет ежегодно только около 670 тыс. т ПВВ в год. Динамика выпуска ПВВ в

Табл. 1 Объем добычи основных полезных ископаемых, млн т

Страна	Уголь		Железная руда		Сумма 2016 г.
	2010 г.	2016 г.	2010 г.	2016 г.	
КНР	2550	3680	900	1500	5180
Австралия	323	478	400	660	1138
США	980	892	50	65	957
Индия	452	605	260	260	865
Россия	322	386	96	108	492
Индонезия	231	421	15	35	456
Бразилия	10	8	370	370	378
ЮАР	244	257	55	55	302
Германия	180	190	–	–	190

Табл. 2 Динамика выпуска промышленных взрывчатых веществ в мире, млн т

Страны и регионы	Динамика выпуска ПБВ по годам		
	2001 (GIA)	2010 (USGS)	2016 (USGS)
Азия и Средний Восток (Китай)	1,3 (21%)	2,1(20%)	4,2 (26,9%)
Северная Америка (США и Канада)	2,5 (39%)	3,4 (31%)	4,1 (26,2%)
Центральная и Южная Америка	0,64 (10%)	1,05 (10%)	2,3 (14,7%)
Россия	0,69 (10,7%)	1,17 (10,9%)	1,51 (9,7%)
Африка	0,6 (9%)	0,65 (6,2%)	1,2 (7,65%)
Европейский союз (28 стран)	0,5 (8%)	0,65 (6,2%)	0,67 (4,3%)
Океания	0,25 (4%)	0,32 (3%)	0,46 (2,9%)
Юго-Восточная Азия	-	0,25 (2,4%)	0,38 (2,45%)
Юго-Западная Азия	-	0,26 (2,5%)	0,34 (2,1%)
Средний Восток	-	0,15 (1,4%)	0,21 (1,3%)
Мексика	-	0,06 (0,6%)	0,1 (0,6%)
Япония	-	0,04 (0,4%)	0,05 (0,3%)
Всего	6,41	10,64	15,61

мире представлена в табл. 2.

Согласно представленным данным USGS распределение по типам применяемых ПБВ в мире следующее: АС-ДТ составляют 46%, эмульсии – 37% и остальные 17%. Объем применения ПБВ по регионам следующий: Северная Америка (США, Канада, Мексика) – 35%; Азиатско-Тихоокеанский регион (Китай, Индия, Япония и остальные) – 29%; Европа (Россия и остальная Европа) – 22%; Африка (Южная Африка, Бразилия, Чили, ОАЭ и другие) – 14%. Распределение по областям применения следующее: угольная промышленность – 60% (добыча – 34% и горнорудная – 26%); горно-металлургическая – 20%; разработка карьеров – 15%; строительство – 5%. Представленные данные отражены на рис. 1.

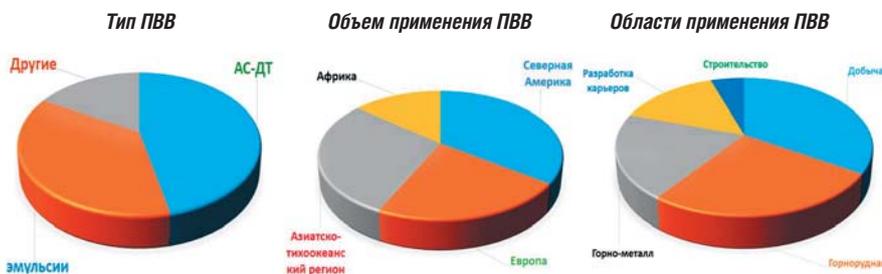


Рис. 1 Распределение по типам ВВ, регионам и областям применения (по данным USGS)

Развитие мирового производства ПБВ, согласно данным USGS, показывает, что США в настоящее время производят от общего объема ПБВ в мире 26%, Азия (при этом большинство потребления приходится на Китай) несколько больше – на уровне 27%, далее Россия, Центральная и Южная Америка и Африка. В данном случае очевидно, что США и Канада в последнее время несколько сдали позиции по объемам выпуска ПБВ в мире (с 31 до 26%), хотя их собственные объемы выпуска выросли более чем на 1 млн т – с 2,5 млн т в 2001 г. (2004 г. – 2,52 млн т, 2007 г. – 3,15 млн т, 2010 г. – 3,4 млн т) до 3,6 млн т в 2015 г. Преобладающее развитие и резкий скачок объемов производства ПБВ показали Китай, Юго-Восточная Азия, Центральная и Южная Америка, и они остаются регионами с наибольшим потенциалом роста ПБВ в будущем.

Несколько отличаются данные по США производителей взрывчатых веществ (ИМЕ), где потребление ПБВ при добыче угля составило – 68–70%, разработке карьеров и неметаллических рудников – 13%, в горнорудной промышленности – 8%, строительстве – 8% и других отраслях – 3%. Таким образом, в США наблюдается значительно больший объем

применения простейших смесей AN-FO – на некоторых угольных месторождениях до 80–85%, которые и составляют основной ассортимент применяемых ПБВ в США.

Рынок промышленных взрывчатых веществ в Европе без СНГ является относительно небольшим по международным стандартам и в горнорудной промышленности составляет всего 670 тыс. т. По ассортименту объем потребления западноевропейского региона (EU-27) следующий: 52% – AN-FO, 33% эмульсии и 15% динамиты. Если учесть, что в других секторах промышленности используется около 8% всего объема ПБВ, то потребление западноевропейского региона составит около 700 тыс. т. По данным GIA общий объем западноевропейского рынка ПБВ составляет ~500 тыс. т. Наибольший объем потребления ПБВ наблюдается в Польше (около 180 тыс. т) и Чехии (около 100 тыс. т). Германия – 40 тыс. т; Швеция – 35 тыс. т; Италия – 20 тыс. т; Испания – 20 тыс. т; Словакия – 20 тыс. т и 85 тыс. т – это остальные страны Европы.

Общий выпуск ПБВ странами бывшего СССР составляет 1940 тыс. т. Крупнейшим потребителем является Россия с объемом 1510 тыс. т. Казахстан – около 200 тыс. т, Украина – около 140 тыс. т; Узбекистан – 80 тыс. т; Белоруссия – 10 тыс. т.

Ведущими игроками в мире, которые вкладывают огромный капитал в развитие, усовершенствование и выпуск ПБВ, являются AEL Mining Services, Orica Ltd., EXSA S.A., Enaex S.A., MAXAM Corp., Austin Powder Company, Hubei Kailong Chemical Group Co., Ltd, Solar Industries India Limited, Dyno Nobel и Davey Bickford. Другими крупными фирмами в области разработки и выпуска ПБВ являются Keltec Energies, IBP Co., Tamilnadu Ind., Economic Explosives, Noble Explochem, IDL, Initiating Explosives Sys, Accurate Energetic Systems, LLC., Baker Hughes, Detotec North America Inc., Dyna Energetics US, Inc., General Dynamics Ordnance & Tactical Systems, Geodynamics Inc., Hunting Titan, Hilltop Energy, MP Associates Inc., Nelson Brothers LLC, Nobel Insurance Services, Safety Consulting Engineers Inc., Teledyne Risi Inc. и пр. [4].

Таким образом, во всем мире увеличивается объем применения промышленных ПБВ в основном за счет внедрения эмульсионных взрывчатых составов и смесей AN-FO, в настоящее время эта величина составляет около 16 млн. т. Аналогичная тенденция наблюдается и в России, где объем применения ПБВ за 10 лет увеличился более чем в 2 раза и составляет около 1,5 млн т, из которых более 80% изготавливается на местах применения.

В России деятельность в области обращения взрывчатых материалов промышленного назначения (ВМ) в 2016 г. осуществляли 1240 организаций, из них 1104 эксплуатируют ОПО: склады, погрузочно-разгрузочные площадки, стационарные пункты изготовления взрывчатых веществ и другие. Поднадзорными организациями эксплуатируется 72 ОПО I класса опасности и 322 ОПО – II класса опасности. Всего в отрасли занято более 30 тыс. человек, из них 10 тыс. являются непосредственными исполнителями взрывных работ.

Количество взрывчатых веществ (ВВ), израсходованных организациями, ведущими взрывные работы, по сравнению с 2015 г. увеличилось на 2,5% и составило 1507 тыс. т (в 2015 г. –

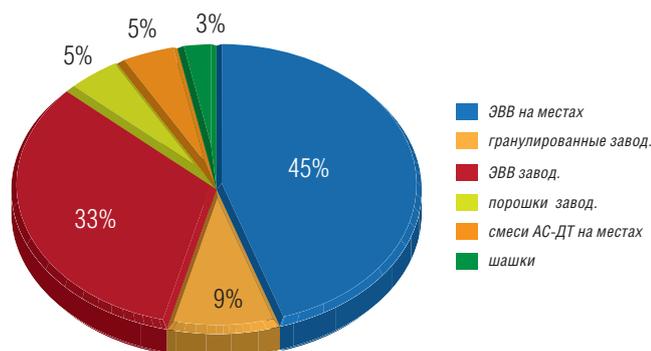


Рис. 2 Ассортимент выпускаемых ПВВ в России в 2015 г.

1469 тыс. т). Из общего объема изготовлено вблизи мест применения из невзрывчатых компонентов – 1,3 млн т (86%), в том числе 0,81 млн т (65%) составили наиболее безопасные эмульсионные ВВ.

Производством ПВВ и их распространением занимаются 168 предприятий и организаций различных форм собственности, расположенных в различных регионах России. В их эксплуатации находится 62 стационарных пункта горнодобывающих и других предприятий по изготовлению растворов селитры, эмульсионной матрицы и других компонентов эмульсионных ВВ (2012 г. – 51) и 186 комплексов для изготовления и зарядки эмульсионных ПВВ, которые включают смесительно-зарядные машины и доставщики компонентов и матричной эмульсии (всего 780 комплексов для изготовления всех ПВВ). Динамика потребления ПВВ в России, по данным Ростехнадзора России и научного центра г. Черноголовки, представлена в табл. 3 [5, 6].

Общее количество ПВВ, израсходованных организациями, ведущими взрывные работы, по сравнению с 2013 г. снизилось на 106 тыс. т (7%), в то же время количество примененных эмульсионных ВВ вот уже четыре года не меняется. Значительно снизилась доля заводских ПВВ – на 158 тыс. т

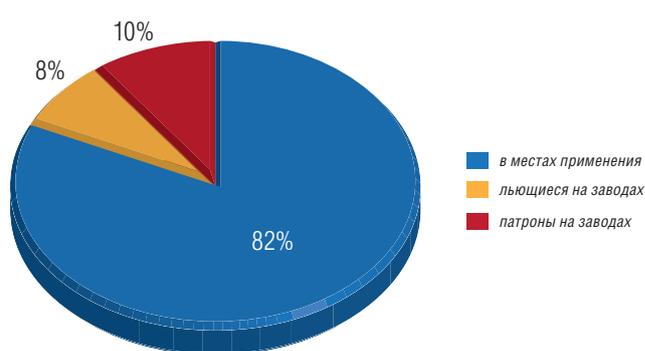


Рис. 3 Ассортимент ЭВВ на специализированных заводах и на местах применения

(10%), и тротилсодержащие составы имеют в объеме потребления только 6,0%. Объем ПВВ, изготовленных вблизи мест применения, – 86%, из них 45% – эмульсионные ВВ. Ассортимент, применяемый в России ПВВ следующий: эмульсионные, гранулированные, порошкообразные составы и различные дополнительные детонаторы или шашки (рис. 2).

На специализированных заводах также выпускаются ЭВВ, из которых более 50% получают в патронированном виде, в основном в виде патронов диаметром 90 мм, меньшая часть в патронах диаметром 32–36 мм. В последнее время начался выпуск дополнительных детонаторов. Таким образом, если прибавить к объемам выпускаемых эмульсионных ПВВ на местах применения выпуск их на заводах, то применение эмульсионных составит около 54%.

Как следует из приведенных данных эмульсионные ПВВ, изготавливаются на местах применения и на заводах в лющемся и патронированном виде. Ассортимент ЭВВ на специализированных заводах и на местах применения представлен на рис. 3.

Ассортимент выпускаемых ПВВ в России несколько отличается от мировой тенденции их развития. Так, в мире при-

Табл. 3 Динамика потребления ПВВ в России в период 1996–2016 гг. (Ростехнадзор РФ)

Годы	Общий объем, тыс. т	Заводского изготовления, тыс. т			Изготовленные в местах применения, тыс. т		Доля тротилсодержащих, %	Доля изготовленных в местах применения, %
		всего	тротилсодержащие составы		всего	эмульсионные		
			водоустойчивые	неводоустойчивые				
1996	549	374	142	179	175	30	58,4	31,8
1997	539	356	137	178	183	38	58,3	33,9
1998	557	352	132	177	205	55	55,4	36,8
1999	579	349	128	161	230	79	49,9	39,7
2000	645	344	124	159	301	114	43,8	46,6
2001	691	341	114	158	350	149	39,4	50,6
2002	723	308	98	131	415	165	32,5	56,3
2003	771	285	70	112	446	253	27,5	57,8
2004	861	303	66	119	558	277	26,5	60,6
2005	964	363	59	109	601	362	17,4	62,3
2006	1067	302	77	115	656	394	18,9	64,9
2007	1125	329	40	97	796	397	11,9	70,9
2008	1134	333	30	150	801	414	11,5	70,6
2009	999	229	24	75	770	469	10,0	77,0
2010	1171	174	23	110	997	611	11,4	85,2
2011	1407	270	23	110	1130	720	9,5	80,7
2012	1569	299	24	125	1270	794	9,5	80,9
2013	1613	363	17	80	1250	830	6,0	77,5
2014	1527	207	15	70	1320	820	5,6	85,5
2015	1469	219	19	75	1250	830	6,3	85,1
2016	1507	207	18	71	1300	810	5,9	86,2

Табл. 4 Объемы производства ПВВ заводами и на местах применения

Производители	Выпуск, тыс. т	Эмульсионные ВВ
<i>Предприятия-потребители, изготавливающие ВВ на местах применения</i>		
АО «Нитро-Сибирь»	343	214
АО «Азот-Взрыв»	275	220
АО «Михайловский ГОК» (ООО УК «Металлоинвест»)	50	46
ORICA Ltd.	64	64
MAXAM Corp.	62	62
АО «Лебединский ГОК»	40	37
ООО «Промтехвзрыв» (ОАО «Ураласбест»)	18	14
ВзрывПромСтройИнжиниринг	8	8
Другие	385	20
Всего	1185	685
<i>Специализированные заводы</i>		
ОАО «Знамя»	104	68
ФКП «Завод имени Я.М. Свердлова»	85	-
ФКП «Бийский олеумный завод»	50	25
ФГУП ДВПО «Восход»	37	16
ОАО «Промсинтез»	25	12
ОАО «Калиновский Химический Завод»	18	10
Производственное объединение «Прогресс»	14	14
Всего	333	145

меняется эмульсионных ПВВ только 37% (в России – 54%), а простейших смесей АС-ДТ значительно больше – 46% (в России – 33%), это показывает, что в мировой практике основной объем ПВВ занимают менее дорогие составы на основе аммиачной селитры и дизельного топлива.

В России все крупные горнодобывающие предприятия (ОАО «Апатит», ОАО «Лебединский ГОК», ОАО «Кольская ГМК», ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Качканарский ГОК «Ванадий», ОАО «Карельский окатыш», ОАО «Михайловский ГОК», угольные разрезы «Нерюнгринский», «Междуреченский», «Бачатский» и др.) в настоящее время обеспечивают свои потребности во взрывчатых веществах за счет их производства на стационарных пунктах, минизаводах и в передвижных установках. При этом часто производителями ПВВ являются не горнодобывающие комбинаты, а частные российские или иностранные фирмы. Объемы общего производства ПВВ и ЭВВ заводами и на местах применения приведены в табл. 4.

Причем около 38% объема применяемых ПВВ выпускаются двумя производителями: АО «Нитро Сибирь» и АО «Азот-Взрыв», а на всех специализированных заводах производится почти в 2 раза меньше – только 21%.

Распределение применяемых ПВВ по областям горнорудной промышленности [7] представлено на рис. 4.

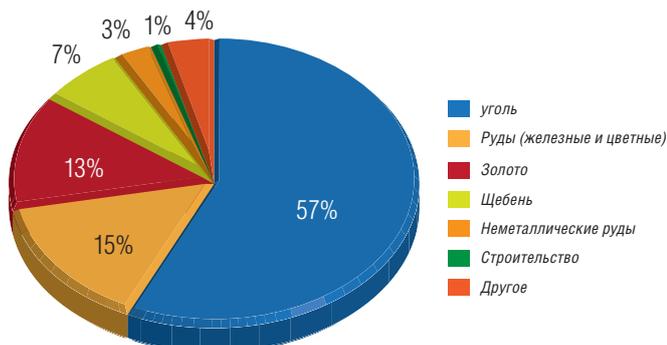


Рис. 4 Объем применяемых ПВВ по областям горнорудной промышленности

Представленные данные показывают, что более половины выпускаемых ПВВ применяется при добыче угля, далее со значительным отставанием идут железные и цветные руды, золото и щебень.

Наибольший объем применения ПВВ приходится на Сибирский ФО, где в основном находятся залежи угля, – 65% от общего объема 1544,5 млн м³. На Дальневосточный ФО приходится 12%. В Северо-Западном ФО – 8%, в Центральном и Уральском ФО – по 6%. Наименьшие объемы применения ПВВ имеют Приволжский (2%) и Южный ФО (1%).

Со времени своего основания (в 1953 г.) ГосНИИ «Кристалл» проводил исследования и осуществлял разработку новых взрывчатых веществ и технологических процессов их производства. Институт первым еще в СССР возглавил и развернул исследования по разработке отечественных эмульсионных взрывчатых веществ ЭВВ типа порэммитов, которые пришли на замену гранулолу и другим тротилсодержащим материалам.

В начале 1980-х годов в СССР была поставлена задача по разработке и внедрению ПВВ на местах применения, главным по проблеме был назначен ГосНИИ «Кристалл». Институт в 1983–1986 гг. на основе анализа мирового опыта провел комплекс исследований, в результате которых в конце 1987 г. было запущено первое промышленное производство отечественных эмульсионных ВВ (ЭВВ) под торговой маркой «порэммит». Постановлением СМ СССР № 63-12 от 25.01.89 г. и приказом ММ было принято решение по освоению производств эмульсионных и гранулированных ПВВ на местах применения на 50 горных предприятиях, головным исполнителем был назначен ГосНИИ «Кристалл». Это позволило начать производство отечественных эмульсионных ПВВ в СССР, и до 1990 г. были введены четыре отечественные промышленные установки производства порэммита по технологии ГосНИИ «Кристалл», в том числе два заводских производства (ОАО «Знамя», г. Киселевск, ЗАО «Кузбассэмульсия», г. Кемерово, завод «Прогресс»), и два прикарьерных стационарных пункта (ОАО «Апатит», ОАО «Ураласбест»). В настоящее время в России по технологии ГосНИИ «Кристалл» эксплуатируется 14 промышленных производств ЭВВ, в том числе запущено производство ЭВВ в Украине, Таджикистане, Казахстане.

По основным физико-химическим и взрывчатым показателям зарубежные и российские эмульсионные составы ПВВ находятся на одном уровне (табл. 5).

Перспективы развития ПВВ:

1. Продолжится внедрение модульных и контейнерных установок для производства эмульсионных ПВВ и смесей АС-ДТ на открытых горных работах в горнодобывающей промышленности на существующих и вновь строящихся предприятиях (предложения от Metalloinvest, СУЭК, РУСАЛ, Норильский никель, Росатом и т.д.)
2. Необходимы разработка и внедрение эмульсионных составов для механизированного заряжания шпуров и скважин на подземных работах с целью повышения безопасности и эффективности взрывных работ и создание технологии и установки для их получения и заряжания (опыт применения компании Orica на АО «Апатит»).

Табл. 5 Основные характеристики льющихся эмульсионных ПВВ, допущенные Ростехнадзором РФ на территории 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
ГосНИИ «Кристалл»						
Порэммит 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
Порэммит 1А	–	720	900	1200	4,9–5,1	40
Порэммит М	4А	870	1130	1300	4,8–5,1	42
	8А	1040	1400	1350	4,9–5,3	54
Гранэммит	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
Другие производители						
Эмульсолит	–	690	862	1250	4,6–5,2	30
	А-20	710	923	1300	4,1–5,1	24–47
	АС-25П	800	1080	1350	4,6–4,8	24–47
Амфорэм	АП	690	862	1250	4,2–5,3	–
Эмулогран	Э-30	740	962	1300	4,0–5,1	–
	Э-50	790	1066	1350	4,0–4,8	–
Сибирит	1000	690	862	1250	4,4–5,2	–
	1200	720	864	1200	4,3–5,1	–
	2500 РЗ	810	1053	1300	4,6–5,3	–
Нитронит	Э-20	852	–	900–1050	4,2–4,7	11
	Э-30	830	–	1000–1200	4,3–4,7	11
	Э-50	784	–	1100–1300	4,3–4,8	15
Зарубежные производители						
Иремекс	–	658–750	822–937	1170–1320	4,2–5,2	–
Ирегель	–	730–804	912–1005	1250	4,1–4,5	–
Сларрит	–	690	863	1250	4,4–5,2	–
Тован	–	725	–	1200	4,1–5,1	–
	25\75	862	–	1200	4,1–5,1	–
	60\40	798	–	1200	4,1–5,1	–
Эмулит	ВЭТ 300	790	1027	1300	4,3–5,3	–
	ВЭТ 500	810	1092	1350	4,2–5,0	–
	ВЭТ 700	860	1118	1300	4,0–4,5	–
	Э-70	739	–	1150–1250	4,2–4,7	20
Колымит	Б 25\75	815	–	1240–1280	–	70
	Б 60\40	796	–	1200–1240	–	40
	М	724	–	1100–1150	–	40

- Необходимо завершить разработку и внедрение безопасных и невзгорающих эмульсионных составов для шахт, опасных по газу и пыли (проведены с положительным результатом промышленные испытания порэммита на шахте «Распадская»).
- Предполагается более широкое промышленное освоение эффективных эмульсионных патронов малого диаметра взамен тротилсодержащего аммонита бЖВ и дешевых и безопасных промышленных детонаторов на основе эмульсионных ВВ, что позволит создать безопасную систему взрыва.
- На горных предприятиях, особенно в угольной промышленности, предполагается увеличение объемов потребления смесей АС-ДТ на пористой селитре, для чего запущено производство пористой селитры в НАК «Азот» (МХК

«ЕвроХим»).

- В ближайшее время необходимо осуществить внедрение маркирования промышленных ВВ в соответствии с регламентом.

Информационные источники:

1. *Industrial Explosives Market by Type (High Explosives, ANFO, Emulsions and Others), End-use Industry (Metal Mining, Non-Metal Mining, Quarrying, Construction and Others) – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014–2022.*
2. www.usgs.gov
3. *National Bureau of Statistics of China; BP Statistical Review of World Energy, 2014*
4. *Global Industrial Explosives Market 2016 Historical Market, Growth, Analysis, Opportunities and Forecast to 2022.*
5. *Российский рынок взрывчатых веществ. Научный Центр Черноголовка, апрель 2017, Изд. ЦИПАП*
6. *Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 г.*
7. *Российский рынок буровзрывных и взрывных работ, Научный Центр Черноголовка, апрель 2017, Изд. ЦИПАП*