

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА КАРЬЕРАХ С УМЕНЬШЕННОЙ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНОЙ

Т. Ф. Холоденко, Е. Б. Устименко, Л. И. Подкаменная

ГП «Научно-производственное объединение «Павлоградский химический завод»
ул. Заводская, 44, г. Павлоград, 51402, Украина. E-mail: ootn@pkhz.dp.ua

А. В. Павличенко

ГВУЗ «Национальный горный университет»
просп. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49005, Украина. E-mail: kafedra_ecology@ukr.net

Проанализированы экологические и технологические аспекты проведения массовых взрывов на карьерах нерудных полезных ископаемых. Выявлены факторы негативного воздействия на окружающую среду при проведении массовых взрывов, варьирование которыми позволит уменьшить негативное влияние на прилегающие территории. Установлен характер влияния добавки в виде продуктов переработки твердого ракетного топлива в эмульсионные взрывчатые вещества марки «ЕРА» на кислородный баланс и выход токсичных газов при их использовании. Определен оптимальный диапазон добавки продуктов переработки твердого ракетного топлива, обеспечивающий минимальное образование токсичных газов и сажистых веществ. Обоснована возможность применения эмульсионных взрывчатых веществ марки «ЕРА» на карьерах с уменьшенной санитарно-защитной зоной.

Ключевые слова: карьер, массовый взрыв, взрывчатые вещества, экологическая безопасность, санитарно-защитная зона, эмульсионные взрывчатые вещества.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ МАСОВИХ ВИБУХІВ НА КАР'ЄРАХ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ САНИТАРНО-ЗАХИСНОЮ ЗОНОЮ

Т. Ф. Холоденко, Є. Б. Устименко, Л. І. Підкаменна

ДП «Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод»
вул. Заводська, 44, м. Павлоград, 51402, Україна. E-mail: ootn@pkhz.dp.ua

А. В. Павличенко

ДВНЗ «Національний гірничий університет»
просп. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна. E-mail: kafedra_ecology@ukr.net

Проаналізовано екологічні та технологічні аспекти проведення масових вибухів на кар'єрах нерудних корисних копалин. Виявлено чинники негативного впливу на навколишнє середовище при проведенні масових вибухів, варіювання якими дозволить зменшити негативний вплив на прилеглі території. Встановлено характер впливу добавки у вигляді продуктів переробки твердого ракетного палива до емульсійних вибухових речовин марки «ЕРА» на кисневий баланс і вихід токсичних газів при їх використанні. Визначено оптимальний діапазон добавки продуктів переробки твердого ракетного палива для забезпечення мінімального утворення токсичних газів і сажистих речовин. Обґрунтовано можливість застосування емульсійних вибухових речовин марки «ЕРА» на кар'єрах зі зменшеною санитарно-захисною зоною.

Ключові слова: кар'єр, масовий вибух, вибухові речовини, екологічна безпека, санітарно-захисна зона, емульсійні вибухові речовини.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Интенсивное развитие горнодобывающего комплекса вызывает необходимость освоения и развития новых горизонтов месторождений. В большинстве случаев запасы, которые могут быть дополнительно извлечены, размещаются в непосредственной близости от населенных пунктов. Безопасная разработка месторождений возможна только при условии, что на границе жилых застроек и селитебной зоны воздействие загрязняющих веществ и негативных факторов от производственной деятельности карьеров не будут превышать предельно допустимых концентраций и уровней их влияния.

Авторами работы [1, 2] установлено, что более 35 % всех полезных ископаемых расположены в пределах санитарно-защитных зон, а именно на расстоянии от 300–350 до 1200–1500 м относительно населенных пунктов и других объектов и территорий общественного назначения. При этом 261 месторождение (80 %) находятся в эксплуатации.

Разработка большинства нерудных месторождений осуществляется с применением буровзрывных работ, являющихся причиной загрязнения и транс-

формации компонентов окружающей среды. При этом происходит изменение природных гидрогеологических режимов подземных вод за счет образования депрессионных воронок вокруг карьеров, загрязнение подземных и поверхностных вод, воздействие на атмосферный воздух, нарушение природного ландшафта. Все это оказывает негативное влияние на состояние живых организмов, включая человека. Степень такого влияния в большинстве случаев зависит от способа разработки месторождений, условий взрывания, типа применяемых при массовых взрывах взрывчатых веществ (ВВ) и эффективности применяемых на предприятии природоохранных и ресурсосберегающих технологий.

Анализ предыдущих исследований. Проблема снижения негативного воздействия массовых взрывов с применением промышленных ВВ на окружающую среду требует использования более безопасных в экологическом отношении технологий ведения взрывных работ, позволяющих минимизировать степень воздействия того или иного фактора на окружающую среду за счет оптимизации характеристик применяемых ВВ, средств инициирования,

параметров и условий ведения взрыва. Важно также применять методы контроля, которые позволяют оперативно и эффективно определять уровни техногенной нагрузки и предупреждать ухудшение экологического состояния объектов окружающей среды на территориях, прилегающих к карьерам.

Необходимость разработки полезных ископаемых в условиях уменьшенной санитарно-защитной зоны (СЗЗ) обуславливает ужесточение требований к экологическим и санитарно-гигиеническим показателям ВВ, применяемых на горнодобывающих предприятиях.

В настоящее время производится все большее количество эмульсионных ВВ (ЭВВ). Тем не менее, следующей, не менее актуальной задачей, непосредственно относящейся к вопросам экологической безопасности, является замена тротила и тротилосодержащих ВВ, доля которых (десятки тысяч тонн) наибольшая в объеме всех промышленных ВВ, производимых в Украине.

Преимуществом применения ЭВВ, по сравнению с другими типами ВВ, является возможность существенного снижения негативного воздействия на объекты окружающей среды вследствие выделения токсичных газов при ведении взрывных работ. Следует отметить, что минимальное выделение токсичных газов при использовании ЭВВ наблюдается только при их определенном сбалансированном составе по окислительным и горючим компонентам [3]. Для максимального исключения образования токсичных газов в составе продуктов взрыва, кислородный баланс ЭВВ должен находиться в диапазоне от $-0,2$ до $-2,0$ %.

Для улучшения экологического и санитарного состояния объектов окружающей среды в районах размещения горнодобывающих предприятий на ГП «НПО «Павлоградский химический завод» разрабатываются и совершенствуются ЭВВ различных марок «ЕРА». В некоторых составах из них предусмотрено применение в качестве добавок высокоэнергетических компонентов – продуктов глубокой переработки твердого ракетного топлива (ТРТ).

Поэтому актуальной проблемой является разработка новых и усовершенствование существующих ЭВВ в аспекте уменьшения количества загрязняющих веществ, выделяющихся в окружающую среду, при их применении на горнодобывающих предприятиях, в том числе с уменьшенной СЗЗ.

Цель работы заключается в разработке способов повышения уровня экологической безопасности при проведении массовых взрывов на карьерах с уменьшенной санитарно-защитной зоной с применением эмульсионных ВВ марки «ЕРА».

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Известно, что технологические процессы добычных работ связаны с бурением, производством массовых взрывов и погрузочно-разгрузочными и транспортными работами.

Разработка месторождений сопровождается проведением массовых взрывов, являющихся наибольшим источником негативного влияния на атмосферу, литосферу, гидросферу, а также биоту.

В результате массовых взрывов на карьерах в ат-

мосферный воздух выбрасывается пылегазовое облако объемом от несколько тысяч до нескольких миллионов кубических метров на высоту более 1,5 км, распространяется по всему карьере и, вовлеченное атмосферными потоками, распространяется на сотни метров (доходит и до километров) по прилегающим территориям [4, 5]. При массовых взрывах в карьерах в атмосферу выбрасывается значительное количество пыли и газов, сравнимое, а иногда и больше, чем предусмотрено в других технологических процессах горного производства.

Степень загрязнения карьера и прилегающей территории во многом определяется характеристиками газопылевого облака, формирующегося в результате взрыва, а также скоростью рассеивания газообразных продуктов взрыва и скоростью осаждения суспендированных (твердых) частиц, которые, в свою очередь, напрямую зависят от метеорологических характеристик атмосферного воздуха в момент проведения взрыва [6, 7].

При этом массовые взрывы на карьерах являются также источниками загрязнения объектов окружающей среды, сейсмо-акустического воздействия, а также изменения устойчивости горного массива и земной поверхности. Для управления количественными характеристиками и объемами образующихся продуктов взрыва и, соответственно, уровнями воздействия массовых взрывов на экологическое и санитарное состояние объектов окружающей среды необходимо проанализировать факторы, которые оказывают наибольшее негативное воздействие на прилегающие к горнодобывающим предприятиям территории [8]. На основании проведенного анализа разрабатываются мероприятия по минимизации их негативного влияния, как на объекты окружающей среды, так и на население, проживающее вблизи зоны расположения этих предприятий (рис. 1).

Для оценки безопасного экологического воздействия, по влиянию так называемого фактора «внутренних» рецептурных условий, проведен выбор и анализ используемых в ЭВВ марки «ЕРА» компонентов. Основными компонентами ЭВВ марки «ЕРА» подкласса 1.5 являются аммиачная и кальциевая селитры, используемые в виде сухих компонентов и (или) растворов в количестве 75–95 %, и индустриальное масло в смеси с углеводородным эмульгатором в количестве 4,5–7,0 %. В качестве энергетических добавок, увеличивающих фугасное действие ЭВВ, в некоторые составы добавляются компоненты в виде крошки продуктов переработки ТРТ в количестве до 10 % (продукт ИТЭМ). Для обеспечения необходимых технологических свойств, стабильности структуры ЭВВ и достижения сенсibiliзирующих характеристик ЭВВ в их составах используются соответствующие технологические добавки и газогенерирующие реагенты с общим количеством до 2 % [3, 9].

Продукты переработки ТРТ являются высокоэнергетическими веществами, добавка которых в эмульсионные ВВ позволяет повысить энергетическую эффективность последних. В тоже время такие добавки в составе ЭВВ без изменения содержания окислительных компонентов изменяют кислород-

ный баланс ВВ в сторону уменьшения, что может приводить к увеличению выхода таких продуктов детонации как СО. Поэтому при разработке ЭВВ с продуктами переработки ТРТ основное внимание уделяется выбору состава, обеспечивающего высо-

кий энергетический потенциал и минимальное содержание токсичных газов и сажистых веществ в продуктах детонации путем сбалансированного соотношения между окислительными и горючими компонентами.



Рисунок 1 – Основные виды и объекты воздействия массовых взрывов на карьерах на окружающую среду и мероприятия по их минимизации

Расчетные физико-химические и взрывчатые показатели для ЭВВ с продуктами переработки ТРТ (тип 1 и тип 2), характеризующие изменение количества выбросов оксида углерода и оксидов азота в зависимости от концентрации производных ТРТ, представлены в табл. 1 и 2.

В результате анализа данных табл. 1 и 2 установлено, что с увеличением содержания продуктов переработки ТРТ в рецептуре ЭВВ возрастает энергия взрыва и уменьшается кислородный баланс. Одновременно с этим снижается содержание оксидов азота в выбросах. Относительно оксида углерода, то заметный рост его концентрации наблюдается при содержании продуктов переработки ТРТ в ЭВВ более 10 %.

Проведенные исследования показали, что добавление в ЭВВ в качестве высокоэнергетических компонентов продуктов переработки ТРТ позволяет уменьшить количество выбросов таких вредных

газов как оксиды азота и улучшить энергетические характеристики ВВ и полностью уйти от сажистых (суспендированных) частиц (присутствуют при применении тротиловых и тротилосодержащих ВВ в большом количестве).

Следует также отметить, что компоненты, входящие в состав ЭВВ, не являются высокотоксичными веществами: продукты переработки ТРТ применяются в виде измельченной резиновой крошки, наполненной алюминиевым порошком, относятся к 3 классу опасности по токсичности, остаточное содержание в такой крошке перхлората аммония не превышает 1 %. ЭВВ марки «ЕРА», в том числе с продуктами переработки ТРТ, не содержит хлорорганических и диоксиновых соединений, что подтверждено экспериментальными и мониторинговыми исследованиями характеристик продуктов взрыва ЭВВ марки «ЕРА» [3, 9, 10].

Таблица 1 – Физико-химические и взрывчатые показатели ЭВВ с продуктами переработки ТРТ (тип 1)

Наименование показателя	Значение показателя при содержании продуктов переработки ТРТ в ЭВВ (тип 1)				
	8 %	9 %	10 %	11 %	15 %
Теплота взрыва, кДж/кг	3560,8	3673,0	3746,2	3755,7	3769,1
Объем газов, л	821,58	817	815	813,3	812
Кислородный баланс, %	1,22	0,67	0,02	-0,43	-2,82
Состав продуктов взрыва, %:					
СО	–	–	0,5	1,33	5,7
СО ₂	13,89	14,43	14,28	13,4	8,8
Н ₂ О	44,98	44,85	44,75	44,6	44,1
Н ₂	22,24	22,55	22,7	22,5	21,7
NO _x	1,84	0,75	–	–	–
Al ₂ O ₃	2,87	3,23	3,59	3,9	5,4
CaCl ₂	1,78	2,0	2,2	2,44	3,3
CaCO ₃	12,42	12,23	12,0	11,83	11,0

Таблица 2 – Физико-химические и взрывчатые показатели ЭВВ с продуктами переработки ТРТ (тип 2)

Наименование показателя	Значение показателя при содержании продуктов переработки ТРТ в ЭВВ (тип 2)				
	8 %	9 %	10 %	11 %	15 %
Теплота взрыва, кДж/кг	3620,1	3736,5	3814,0	3826,9	3873,0
Объем газов, л	821,28	816,7	813,7	813,3	811,0
Кислородный баланс, %	0,99	0,44	-0,14	-0,74	-3,02
Состав продуктов взрыва, %:					
СО	–	–	0,38	1,45	5,5
СО ₂	13,12	13,54	13,38	12,2	7,4
Н ₂ О	44,76	44,6	44,45	44,3	43,7
Н ₂	23,11	23,51	23,74	23,64	23,3
NO _x	1,75	0,69	–	–	–
Al ₂ O ₃	3,17	3,57	3,94	4,36	6
CaCl ₂	0,5	0,61	0,68	0,74	1
CaCO ₃	–	–	0,38	1,45	5,5

При изготовлении и применении ЭВВ с продуктами переработки ТРТ была проведена оценка факторов безопасного использования данного типа ВВ, а также выполнена оценка влияния на образование токсичных продуктов взрыва так называемых «эксплуатационных» факторов, в частности, сохранения стабильности соотношений ингредиентов ЭВВ при механизированном изготовлении и зарядании в скважины.

Сравнением результатов взрывов, полученных на участках пород с переменными по высоте уступа свойствами горных пород, по мере уменьшения их сплошности, увеличения трещиноватости, было установлено, что интенсивность дробления этих пород при равной теплоте взрыва ВВ тем выше, чем ниже скорость детонации. Наличие воздушных и водяных промежутков в скважинном заряде может привести к прерыванию детонации или развитию дефлаграционного процесса, когда энергия взрыва ВВ не реализуется в полном объеме. Эта проблема решалась за счет выбора оптимальных параметров производительности машин смесительно-зарядных (МСЗ), а также оптимизации реологических и взрывчатых свойств ВВ.

При зарядании ЭВВ, имеющих критический

диаметр детонации, близкий к диаметру скважины, возможно прерывание детонации ЭВВ и возникновение дефлаграционных процессов, которые сопровождаются образованием токсичных продуктов от неполного окисления горючих компонентов и снижением взрывчатых характеристик. Аналогичная ситуация обнаруживается при зарядании в скважины с сильной трещиноватостью ЭВВ с малой вязкостью и низкой тексотропностью – в этом случае ЭВВ в трещинах выгорает с образованием большого количества токсичных продуктов. Все это приводит к ухудшению параметров взрыва и, соответственно, к ухудшению качества дробления горной массы.

Выполненные термодинамические расчеты подтвердили, что ЭВВ марки «ЕРА» с продуктами переработки ТРТ, характеризуются незначительным содержанием вредных веществ в продуктах взрывчатого превращения.

Следующим важным этапом обработки технологического процесса изготовления наливных эмульсионных взрывчатых веществ с продуктами переработки ТРТ, предназначенных для механизированного зарядания скважин с использованием СМЗ, является экспериментальная оценка воздействия ЭВВ на атмосферный воздух, подземные воды и почву.

Экологический контроль на этапе приемочных испытаний ЭВВ марки «ЕРА» с продуктами ТРТ осуществлялся при проведении взрывных работ на горнодобывающих предприятиях разрабатывающих месторождения полезных ископаемых как открытым, так и подземным способом. При этом месторождения имели различные структурно-геологические, физико-химические свойства горных пород и наряду с экологическими задачами решался ряд задач относительно промышленной применимости ЭВВ марки «ЕРА» с ТРТ.

При выполнении экологических исследований на местах ведения взрывных работ определялись показатели по наличию и концентрации: в атмосферном воздухе (оксид углерода, диоксид азота, хлороводород); в верхнем слое почвы (подвижные \equiv растворимые формы никеля, цинка, меди, свинца, нитраты, аммоний); в поверхностных и подземных водах (нитраты, нитриты, азот аммонийный).

Результаты выполненных исследований в период с 2007 по 2015 гг., показали, что при взрывании ЭВВ марки «ЕРА» с продуктами переработки ТРТ в воздушной среде на площадках взрывания отсутствуют хлористый водород и хлорорганические вещества. В почве и в подземных водах – не обнаружены перхлорат аммония и хлорорганические вещества, а содержание нитрат- и хлорид-ионов остается на уровне фоновых концентраций, и не превышает предельно допустимые концентрации. Анализ проб воздушной среды через 30–45 минут после взрыва показывает, что за счет рассеивания эти показатели возвращаются к исходным значениям до взрыва.

Результаты экологического мониторинга подтверждают, что рецептура, условия применения и изготовления ЭВВ марки «ЕРА», содержащих до 10 % продуктов переработки ТРТ, обеспечивают полноту прохождения химических реакций при взрывных процессах без образования токсичных продуктов взрыва.

Подтверждена стабильность структуры ЭВВ с продуктами переработки ТРТ и соответствующие реологические характеристики, обеспечивающие сплошность колонки заряда ЭВВ в скважине. Все это позволяет в полной мере реализовать энергетический потенциал ЭВВ с продуктами глубокой переработки ТРТ при расходе на взрывание горной массы от 0,6 до 1,0 кг/м³ (в зависимости от крепости пород), при низком содержании токсичных веществ в продуктах детонации (менее 1 %).

Для минимизации вредного воздействия взрывных работ на окружающую среду необходимо использовать ВВ с минимальным содержанием токсичных веществ, содержащихся в продуктах взрывчатого превращения ЭВВ. Для исключения образования оксидов азота и минимизации содержания оксида углерода в составе продуктов взрыва кислородный баланс ВВ должен быть в пределах от –0,2 до –2,0 %, содержание энергетических добавок, в качестве которых рекомендуется использовать продукты, полученные при глубокой переработке ТРТ (полимерная матрица, содержащая алюминиевый порошок и пластифицированный бутилкаучук или полибутадиеновый каучук), не должно превышать 10 %.

При этом обеспечивается высокая теплота взрыва ВВ (свыше 3700 кДж/кг), исключается образование оксидов азота, сажистых частиц и обеспечивается минимальное содержание оксида углерода в продуктах детонации.

Результаты многолетних мониторинговых исследований на карьерах, добывающих нерудные полезные ископаемые, в том числе с уменьшенной санитарно-защитной зоной, подтвердили отсутствие превышений концентраций загрязняющих веществ на границе жилой застройки. Этот факт подтверждает возможность применения ЭВВ марки «ЕРА» на карьерах с уменьшенной санитарно-защитной зоной.

Следует отметить, что ЭВВ марки «ЕРА» разрабатываются, изготавливаются и поставляются таким образом, чтобы представлять минимальный риск для жизни и здоровья населения, а также предупреждать возникновение опасности для будущих поколений. Кроме того, применение этих ЭВВ является целесообразным не только с экологической точки зрения, но и является экономически выгодным.

ВЫВОДЫ. Результаты проведения взрывных работ с использованием эмульсионных ВВ марки «ЕРА» в условиях нерудных карьеров, имеющих различные структурно-геологические, физико-химические свойства горных пород показывают, что при взрывании крепких и весьма крепких пород с различной степенью обводненности достигается требуемое качество дробления горных пород.

Выполненный анализ свойств компонентов ЭВВ марки «ЕРА», содержащих продукты переработки ТРТ, выявил отсутствие в их составе токсичных веществ. Используемые компоненты являются традиционно применяемыми в составах промышленных ВВ. Выполненный анализ рецептурных особенностей этих ЭВВ подтвердил их сбалансированность по кислородному балансу и отсутствие термохимических и термодинамических условий для образования токсичных хлорорганических и диоксиновых веществ в продуктах взрывчатого превращения ЭВВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологічні параметри та схеми розробки при завершени розкриття родовищ скельних будівельних матеріалів / В.І. Симоненко, В.Д. Кірнос, А.В. Мостика та ін. // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2010. – № 5. – С. 31–37.
2. Систематизация гранитных и каменных карьеров для исследования ресурсосберегающей технологии их разработки / В.И. Симоненко, А.В. Черняев, А.В. Мостика // Збір. наук. праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2007. – № 27. – С. 47–51.
3. Kholodenko T., Ustimenko Ye., Pidkamenna L. & Pavlychenko A. Ecological safety of emulsion explosives use at mining enterprises // Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining. – The Netherlands: CRC Press / Balkema, 2014. – PP. 255–260.
4. Зберовский А.В. Охрана атмосферы в экосистеме «карьер–окружающая среда–человек». – Д.: РИО АП ДКТ, 1997. – 136 с.
5. Козловская Т.Ф., Чебенко В.Н. Пути снижения уровня экологической опасности в районах добычи полезных ископаемых открытым способом // Вісник

Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2015. – Вип. 6/2010 (65), част. 1. – С. 163–168.

6. Юрченко А.А. Физические процессы выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 2. – С. 85–88.

7. Колесник В.Е., Бучавый Ю.В., Юрченко А.А. Методы оценки экологической опасности выбросов пыли при массовых взрывах в железорудных карьерах // Науковий вісник НГУ. – 2011. – № 5. – С. 113–120.

8. Ефремов Э.И., Никифорова В.А. Влияние конструкции заряда и уровня обводненности горных пород на интенсивность их дробления // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого ви-

робництва: науково виробничий збірник. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 2/2008 (2). – С. 7–13.

9. Устименко Е.Б., Холоденко Т.Ф. Оценка внутренних параметров влияния ЭВВ, в том числе с продуктами переработки ТРТ, на окружающую среду при их использовании на взрывных работах // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: науково виробничий збірник. – 2009. – № 2 (4). – С. 62–71.

10. Shyman L. & Ustimenko Y. Disposal and destruction processes of ammunition, missiles and explosives, which constitute danger when storing // NATO Security through Science. Series C: Environmental Security. – 2009. – PP. 147–152.

ENHANCEMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY AT CONDUCTING OF LARGE-SCALE BLASTS AT OPEN PITS WITH REDUCED SANITARY PROTECTION ZONE

T. Holodenko, Ye. Ustimenko, L. Podkamennaya

SE “Research-Industrial Complex “Pavlograd Chemical Plant”

vul. Zavodskaya, 44, Pavlograd, 51402, Ukraine. E-mail: ooen@pkhz.dp.ua

A. Pavlichenko

State Higher Education Institution “National Mining University”

prosp. K. Marks, 19, Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: kafedra_ecology@ukr.net

The environmental and the technological aspects of conducting large-scale blasts at non-metallic open pits were studied. The factors of negative impact on the environment when conducting large-scale blasts, variation of which will allow reducing negative impact on adjacent areas, were revealed. The nature of influence of the additive in the form of solid propellant products reprocessing into ERA emulsion explosives on oxygen balance and toxic gases emission when using them was determined. The optimal range of the additive of solid propellant products reprocessing ensuring the minimum formation of toxic gases and carbon black was determined. The possibility of using ERA emulsion explosives at open pits with reduced sanitary protection zone was substantiated.

Key words: open pit, large-scale blast, explosives, environmental safety, sanitary protection zone, emulsion explosives.

REFERENCES

1. Simonenko, V.I., Kirnos, V.D., Mostika, A.V. and Gritsenko, L.S. (2010), “Process parameters and circuit design at the conclusion of the opening of rocky fields of building materials”, *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 5, pp. 31–37.

2. Simonenko, V.I., Chernyaev, A.V. and Mostika, A.V. (2007), “Systematization of granite and stone open-cast for the study of resource-saving technologies for their development”, *Collection of scientific works of the National Mining University*, no. 27, pp. 47–51.

3. Kholodenko, T., Ustimenko, Ye., Podkamennaya, L., Pavlychenko, A. (2014), “Ecological safety of emulsion explosives use at mining enterprises”, *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, pp. 255–260.

4. Zberovskiy, A.V. (1997), *Ohrana atmosfery i ekosistemy «karer-okruzhayushchaya sreda-chelovek»* [Protection of the atmosphere in the ecosystem «quarry-environment-man»], RIO AP DKT, Dnepropetrovsk, Ukraine.

5. Kozlovskaya, T.F., Chebenko, V.N. (2010), “Ways to reduce the level of environmental danger in regions of the open pit mining”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 6 (65), part 1, pp. 163–168.

6. Yurchenko, A.A. (2010), “Physical processes in the emission of dust and gas clouds in the mass explo-

sions in quarries”, *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 2, pp. 85–88.

7. Kolesnik, V.Ye., Buchavyu, Yu.V., Yurchenko, A.A. (2011), “Methods of estimation of environmental threat from dust emission during mass explosion in iron-ore opencast mine”, *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 5, pp. 113–120.

8. Efremov, E.I., Nikiforova, V.A. (2008), “The impact of the charge structure and rocks watering level on the intensity of their split”, *Modern resource- and energy - saving technologies in mining industry*, no. 2/(2), pp. 7–13.

9. Ustimenko, Ye.B., Kholodenko, T.F., Ustimenko, M.A. (2009), “Evaluation of influence of internal parameters of emulsion explosives, including the processing products of solid rocket fuels on the environment when they are used in explosive operations”, *Modern resource- and energy - saving technologies in mining industry*, no. 2/ (4), pp. 62–71.

10. Shyman, L., Ustimenko, Y. (2009), “Disposal and destruction processes of ammunition, missiles and explosives, which constitute danger when storing”, *NATO Security through Science. Series C: Environmental Security*, pp. 147–152.

Статья поступила 16.05.2015.