

УДК 622.235

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ  
НА КАРЬЕРАХ ПО ДОБЫЧЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**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

Рассмотрены особенности влияния буровзрывных работ на карьерах строительных материалов на состояние окружающей среды. Установлено, что уменьшение выхода переизмельченных фракций достигается за счет оптимизации энергоплотности заряда, снижения удельных затрат и изменения детонационных характеристик взрывчатых веществ. Получена зависимость изменения качества подготовки горной массы от величины затрат эмульсионных взрывчатых веществ. Определено влияние детонационных характеристик и плотности заряда взрывчатых веществ на образование мелкодисперсных пылевых частиц.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, буровзрывные работы, переизмельчение пород, эмульсионные взрывчатые вещества.

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ НА КАР'ЄРАХ  
ІЗ ВИДОБУТКУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Т. Ф. Холоденко, Е. 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

Розглянуто особливості впливу буровибухових робіт на кар'єрах будівельних матеріалів на стан навколишнього середовища. Встановлено, що зменшення виходу переподрібнених фракцій досягається за рахунок оптимізації енергощільності заряду, зниження питомих витрат і зміни детонаційних характеристик вибухових речовин. Одержано залежність зміни якості підготовки гірської маси від величини витрат емульсійних вибухових речовин. Визначено вплив детонаційних характеристик і щільності заряду вибухових речовин на утворення дрібнодисперсних пилових частинок.

**Ключові слова:** екологічна безпека, буровибухові роботи, переподрібнення порід, емульсійні вибухові речовини.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Горнодобывающие предприятия оказывают комплексное негативное воздействие на состояние окружающей среды и здоровье населения. В результате открытой разработки месторождений полезных ископаемых происходит повышение уровней загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов, земельных угодий, а также накопление значительного количества промышленных отходов в горнодобывающих регионах Украины. Такая ситуация приводит к изменению естественных условий существования живых организмов, включая человека, уменьшению биоразнообразия, а также повышению уровня заболеваемости населения.

Уровень экологической безопасности добычи полезных ископаемых во многом зависит от технологии буровзрывных работ, которые являются основным способом подготовки горной массы к выемке и одновременно приоритетным источником загрязнения атмосферы. При массовых взрывах образуются мощные пылегазовые облака, содержащие значительное количество пылевых частиц различных размеров, а также загрязняющие газообразные вещества [1, 2]. Пылегазовые облака являются источником загрязнения объектов окружающей среды,

как на территориях, прилегающих к карьерам, так и на значительном удалении от них [3, 4].

Для повышения уровня экологической безопасности буровзрывных работ на карьерах возникает необходимость разработки комплекса мероприятий, направленных на снижение негативного влияния массовых взрывов, на состояние окружающей среды.

*Анализ предыдущих исследований.* При разработке месторождений строительных горных пород для подготовки массива к выемке используются взрывные способы, применение которых сопровождается выбросами газообразных и твердых вредных веществ, которые под влиянием ветра распространяются на значительные расстояния [4].

Процесс воздействия взрыва на горную породу многофазен.

*Первая фаза* образуется вследствие резкого скачка давления и температуры в момент детонации заряда взрывчатых веществ (ВВ), генерируя при этом ударную волну, которая, преодолевая сопротивление породы сжатию, приводит к ее переизмельчению и увеличению зарядной полости. Развитие такой области вокруг зарядной полости продолжается до тех пор, пока давление продуктов детонации (ПД) не снизится до предела прочности породы

к сжатию, достигая при этом от одного до 10 радиусов заряда. Данный диапазон расстояний составляет незначительную часть зоны разрушения, но по процессам затрат энергии в формировании мелкодисперсных фракций эта зона является определяющей в процессе переизмельчения горной породы [5, 6].

*Вторая фаза* начинается на некотором удалении от заряда, после того, как ударная волна переходит в волну напряжений, формирующую развитие радиальных и тангенциальных трещин на расстоянии от 15 до 20 радиусов заряда. Условия распространения таких трещин зависят от свойств ВВ и естественной трещиноватости массива.

Закрывающая стадия взрыва, которой отводится основная роль в разрушении среды, начинается после завершения волнового процесса, когда по имеющимся природным и вновь образованным трещинам распространяются ПД, за счет давления которых продолжается разупрочнение и отделение породы от основного массива в сторону свободной поверхности. При этом время воздействия ПД на горную породу имеет немаловажное значение при образовании сжимающих и растягивающих напряжений, от которых зависят параметры разрушения массива.

С учетом установленных механизмов разрушения массивов горных пород можно выделить две основные зоны разрушения:

1. *Область регулируемого дробления* – интенсивность разрушения породы можно изменять путем регулирования параметров взрывного нагружения.

2. *Область мало или практически нерегулируемого дробления*, в которой разрушение происходит вследствие механических соударений. Разрушение пород зависит от ряда факторов, таких как ширина и направленность трещин в массиве, размеров отдельных и наличия в них микродефектов, параметров буровзрывных работ (БВР) и других факторов, не подлежащих регулированию.

Управление качеством подготовки взрыва основано на закономерностях, описывающих взаимодействие ПД заряда ВВ с окружающей его средой – горным массивом и материалом забойки. Существующие средства и методы управления качеством взрывной подготовки вскрышных пород распространяются, главным образом, на зону регулируемого дробления, которая подвергается активному, совокупному воздействию всех компонентов взрыва – ударных волн, прямых и отраженных волн напряжений, а также газообразных ПД. Эта часть массива снизу ограничивается плоскостью подошвы взрываемого уступа, а сверху некоторой поверхностью, образованной зонами разрушений породы от предыдущего взрыва. Это слой породы от 2 до 4 м в кровле горизонта, который является зоной нерегулируемого дробления. Интенсивность волн напряжений здесь ослабляется в связи с резким их затуханием, а фугасности взрыва оказывается недостаточно для равномерного дробления породы и поэтому наблюдается выход негабаритных фракций.

Улучшение экологической обстановки на терри-

ториях, прилегающих к карьерам, может быть достигнуто за счет разработки способов управления качеством взрывной подготовки строительных материалов, позволяющих обеспечить равномерность дробления и минимизировать выход как негабаритной, так и переизмельченной фракции.

Цель работы заключается в разработке способов повышения уровня экологической безопасности буровзрывных работ на карьерах за счет обеспечения равномерности дробления добываемых строительных материалов.

#### МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

На сегодняшний день на карьерах определение качества взрывоподготовки горной массы проводится по визуальной оценке крупности кусков либо по результатам экскавации. При этом отсутствие системного подхода по учету негабаритных фракций не позволяет в полной мере выявить зависимость качества подготовки горной массы и величины расхода ВВ, необходимых для ее эффективного дробления по показателям выхода таких фракций.

Разработка мероприятий по повышению уровня экологической безопасности проводилась для условий Шархинского карьера, технологическая схема по добыче и переработке горной массы на котором состоит из двух стадий.

*Первая* – предусматривает разупрочнение горных пород до возможности эффективной погрузки в автосамосвалы.

*Вторая* – является вспомогательной операцией по додрабливанию негабаритных фракций, образовавшихся после взрыва, методом шпуровых зарядов.

Существующая на карьере технология позволяет использовать весовой метод для учета фракций 5–15; 5–20; 20–40 мм и объемный метод для учета взорванной горной массы и мелких фракций 0–6 мм полученных после полного цикла механической обработки на дробильно-сортировочном комплексе. Поэтому в дальнейшем, для более объективного описания крупности и равномерности распределения кусков взорванной горной массы предлагается использовать параметры по среднему куску и проценту выхода мелких фракций 0–6 мм.

Параметры зоны сжатия (переизмельчения) при взрывном нагружении горных пород можно описать зависимостью:

$$R_{cm} = \left( d \sqrt{\frac{\rho_{вв} \cdot D^2}{8 \cdot \sigma}} \right), \text{ м} \quad (1)$$

где  $R_{cm}$  – радиус образовавшейся зоны переизмельчения;  $d$  – диаметр ВВ в заряде, м;  $D$  – скорость детонации ВВ, м/с;  $\rho_{вв}$  – плотность ВВ в заряде, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  – предел прочности пород на сжатие, Па.

Из приведенной зависимости видно, что на размер области переизмельчения оказывают влияние начальные параметры заряда, детонационные свойства ВВ и базисные свойства горной породы.

Объем образования переизмельченной горной массы при взрыве одного скважинного заряда Ø110 мм можно определить по формуле:

$$V_{пер.г.м.} = \left( d \sqrt{\frac{\rho_{вв} \cdot D^2}{8 \cdot \sigma}} \right)^2 \cdot \pi \cdot \rho_{г.н.} \cdot L_{зар}, \quad (2)$$

где  $L_{зар}$  – длина заряда,  $L_{зар}=9,0$  м;  $\rho_{г.н.}$  – плотность породы,  $\rho_{г.н.}=2700$  кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  – предел прочности пород на сжатие,  $\sigma=8,8 \cdot 10^6$  Па.

С использованием уравнения 2 на рис. 1 приведен график зависимости изменения объема переизмельчения пород от скорости детонации и плотности ВВ. При увеличении скорости детонации ВВ на 27 % объем переизмельченной породы вблизи зарядной полости увеличивается на 47 %, а с повышением плотности ВВ с 1,1 до 1,3 г/см<sup>3</sup> возрастает еще на 15 %. Снижение выхода мелких фракций следует производить за счет оптимизации параметров детонационных характеристик и плотности заряда ВВ.

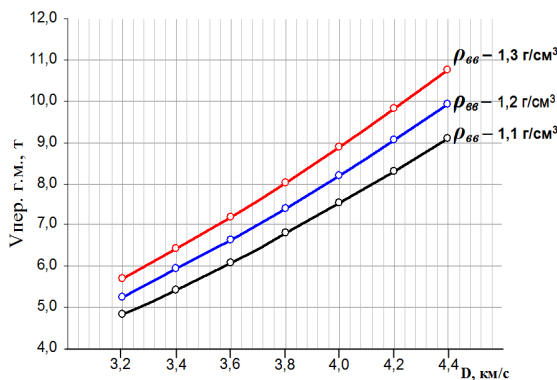


Рисунок 1 – Диаграмма зависимости объема переизмельчения пород от скорости детонации и плотности ВВ

Для ведения взрывных работ на Шархинском карьере при разрушении обводненных массивов преимущественно применяются водоземulsionные типы ВВ, в условиях сухих забоев используются неводоустойчивые простейшие ВВ типа «Гранулит».

Для оценки эффективности и сравнения результатов опытных взрывов полученных при проведении исследований использовали два метода:

1. Метод базируется на использовании системы фотоанализа «WipFrag» для оценки качества взрыва по параметрам распределения кусков на поверхности развала горной массы и описания качественных характеристик параметров зоны разрушения при использовании различных методов управления действием взрыва.

2. Метод основывался на аналитическом обобщении результатов и определении зависимости между параметрами работы дробильно-сортировочного и буровзрывного комплекса с применением методов регрессионного анализа.

При выборе методов исследований для получения взорванной горной массы с заданными характеристиками, были рассмотрены основные направления по совершенствованию параметров управления энергией взрыва.

*Метод 1.* Наиболее распространенным методом повышения интенсификации дробления горных пород является увеличение энергоплотности заряда, так как с ростом концентрации энергии в заряде увеличивается силовое воздействие на среду. Однако из выражения (2) следует, что с увеличением энергоплотности заряда возрастает количество некондиционных мелких фракций. Поэтому, применительно к данному методу снижение негативного действия взрыва заряда на процесс переизмельчения пород, можно достичь за счет снижения общей площади взаимодействия заряда с породой. Следовательно, для уменьшения площади взаимодействия заряда с породой необходимо увеличить объем породы, взрывааемый одной скважиной.

При фиксированной длине и диаметре линейного заряда прирост объема горной массы обеспечивается за счет увеличения межскважинных расстояний. При этом, выбор параметров расположения скважин на блоке следует проводить с учетом коэффициента энергетических параметров заряда ВВ ( $K_e$ ).

$$K_e = \rho_{зар} \cdot e, \quad (3)$$

где  $\rho_{зар}$  – плотность заряжения ВВ, кг/м<sup>3</sup>;  $e$  – коэффициент относительной работоспособности ВВ.

Значение коэффициента  $K_e$  для отдельных видов ВВ приведены в табл. 1.

Изменение расстояния (сопротивления) между скважинными зарядами в ряду от энергетических параметров заряда ВВ можно определить из выражения:

$$a = 53 \cdot k_t \cdot d_{зар} \cdot \left( \frac{K_e}{\rho_{г.н.}} \right)^{0,5}, \quad (4)$$

где  $k_t$  – коэффициент местных геологических условий (для пород Шархинского карьера  $k_t=0,85$ );  $d_{зар}$  – диаметр заряда, м;  $\rho_{г.н.}$  – плотность взрываемой породы, кг/м<sup>3</sup>.

Расстояние между рядами скважинных зарядов определяется из соотношения

$$b = a \cdot m, \quad (5)$$

где  $W$  – величина минимального сопротивления, м;  $m$  – коэффициент сближения зарядов  $m=a/W$ , м.

Используя выражение 3, на рис. 2 построен график изменения расстояний между зарядами на блоке в зависимости от энергетических параметров применяемых ВВ. Анализ данных рис. 2 выявил, что расстояние между зарядами ВВ будет возрастать с увеличением их энергоплотности.

Таблица 1 – Коэффициенты  $K_e$  для видов ВВ

Наименование ВВ	Плотность заряжения, г/см <sup>3</sup>	Значение коэффициента $K_e$
Гранулит ПК	1,1	0,86
Аммонит 6 ЖВ (порошок)	0,8	1,0

ЭВВ марки – «ЕРА»–АМ	1,22	1,05
– «ЕРА»–ІІ, ІІІ	1,22	1,15
– «ЕРА»–Р1, Ø90мм	0,8	0,65
– «ЕРА»–Р2, Ø90мм	0,8	0,71
– «ЕРА»–Р3, ІІІ, Ø90мм	0,8	0,75

*Метод 2.* Снижение выхода некондиционных фракций во взорванной горной массе можно достичь при взрыве удлиненных зарядов в рукавах с кольцевым зазором [7]. Применение такой конструкции заряда позволяет снижать удельные затраты ВВ на 10–30 % при сохранении параметров зоны и качества разрушения горных пород, что и при взрыве сплошных зарядов.

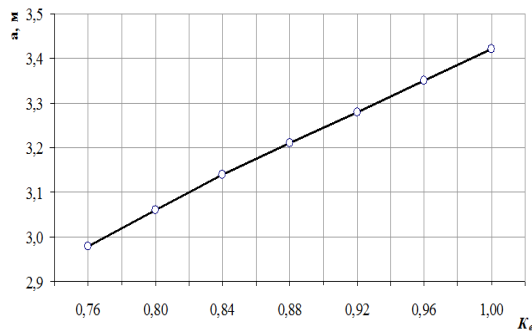


Рисунок 2 – Зависимость изменения расстояний между зарядами на блоке в зависимости от энергетических параметров заряда ВВ

В основу данного метода положен принцип повышения эффективности управления действием взрыва за счет снижения величины давления ударного импульса и увеличения продолжительности его действия, что позволяет эффективно перераспределять энергию волн напряжений из ближней в дальнюю зону массива.

Однако, предусмотренные на карьере «Мероприятия по снижению сейсмического действия взрыва и борьбы с оползнями», предусматривают ограничение массы и диаметра скважинного заряда до 110 мм. Это обстоятельство весьма затрудняет применение такой конструкции заряда в скважинах диаметром 110 мм из-за высокой вероятности нарушения целостности заряда и как следствие прерывания детонации по длине заряда, а также высокой трудоемкости и увеличения времени процесса зарядки скважин в четыре раза.

*Метод 3.* Способом формирования зарядов с кольцевым зазором в условиях нарушенных и трещиноватых массивов в скважинах менее Ø200 мм является использование патронированных эмульсионных ВВ. Исходя из аналитических расчетов, а также возможности практической реализации данного метода величина радиального зазора между стенкой скважины и патроном должна составлять

порядка 15 мм. Поскольку для условий Шархинского карьера минимальное сопротивление  $W$  по длине заряда является переменной величиной и находится в диапазоне 2,5–5,5 м, следует учитывать тот факт, что с увеличением кольцевого зазора соответственно будет снижаться энергопередача от заряда в породе.

Исходя из этого, применение удлиненных зарядов с кольцевым зазором, имеющих одинаковое энергонасыщение по всей его длине, является эффективным способом управления взрывом для условий, когда величина сопротивления  $W$  относительно свободной поверхности по длине заряда имеет постоянные параметры.

*Метод 4.* Управление параметрами энергоплотности заряда относительно свободной поверхности, как по длине скважины, так и со стороны забойки может осуществляться путем последовательного размещения нескольких видов ВВ с заданными характеристиками.

Применение таких зарядов позволяет повышать эффективность дробления пород за счет изменения начальных параметров и характера приложения взрывной нагрузки, создавая неоднородные волны напряжений в различных точках разрушаемого массива.

При расчете энергоплотности зарядов с линейно-заданными детонационными характеристиками основными управляющими параметрами являются плотность заряжания, относительная работоспособность и скорость детонации ВВ. При выборе типа ВВ для формирования комбинированных зарядов, необходимо учитывать влияние гидрогеологических условий месторождения на эффективность их применения [6].

*Метод 5.* Для изменения параметров приложения взрывной нагрузки, а следовательно, параметров поля напряжений в среде и характера ее разрушения в заряде ВВ могут использоваться рассредоточенные элементы инертных промежутков.

Подготовка к проведению серии опытных взрывов проводилась в следующем порядке:

- обустройство блоков осуществлялось скважинами диаметром 110 мм под углом 90°. Для скважин первого ряда в случае, когда сопротивление  $W$  по подошве уступа составляло более 3,5 м, предусматривалось использование парносближенных скважин, пробуренных под углом 75–80°;

- обустройство скважин контурного ряда осуществлялось скважинами диаметром 110 мм под углом 75°. В качестве зарядов контурного взрывания применяли патронированные эмульсионные ВВ марки «ЕРА»–ІІІ Ø70 мм и Ø40 мм.

Во всех случаях коммутация и инициирование скважинных зарядов осуществлялось с использованием НСИ «Прима–ЕРА». Интервал замедлений между группами одновременно взрывааемых зарядов для поверхностной сети составлял 25, 42, 67 мс и внутрискважинных замедлений 500 мс.

В качестве средств взрывания использовали ПБ эмульсионного ВВ марки «ЕРА»–ІІІ Ø90 мм, кото-

рые располагались в верхней и нижней точках заряда и инициировались одновременно.

Опытный взрыв № 1 проводился 12.05.11 г. на блоке № 12 гор. +437 м для определения параметров разрушения массива горных пород с применением сплошных удлиненных зарядов эмульсионных ВВ «ЕРА»–III и рассматривался в качестве базового варианта для сравнения результатов последующих промышленных экспериментов.

Опытный взрыв № 2 проводился 26.07.11 г. на блоке № 13 гор +437 м с целью определения влияния межскважинных расстояний и детонационных характеристик сплошных зарядов эмульсионного ВВ «ЕРА»–III на параметры разрушения массива горных пород.

Опытный взрыв № 3 проводился 18.08.11 г. на блоке № 14 гор +437 м с целью определения влияния межскважинных расстояний и детонационных характеристик при наличии инертного промежутка в комбинированном заряде эмульсионного ВВ «ЕРА»–III на параметры разрушения массива горных пород.

Опытный взрыв № 4 проводился 13.09.11 г. на блоке № 15 гор +412 м с целью определения влияния межскважинных расстояний и детонационных характеристик при наличии инертного промежутка в комбинированном заряде эмульсионного ВВ «Гранулит ПК–1» на параметры разрушения массива горных пород.

Опытный взрыв № 5 проводился 30.09.11 г. на блоке № 16 гор +425 м с целью определения влияния межскважинных расстояний и детонационных характеристик при наличии инертного промежутка в комбинированном заряде эмульсионного ВВ «Гранулит ПК–1» на параметры разрушения массива горных пород.

Основные параметры ведения БВР при проведении серии опытных взрывов приведены в табл. 2. Увеличение межскважинных расстояний в диапазоне 3,0–3,4 м и снижение удельных энергозатрат с 1,27 г/см<sup>3</sup> до 0,97 г/см<sup>3</sup> при проведении опытных взрывов №№ 2–5 не привело к ухудшению характеристики зон разрушения горных пород, а максимальное отклонение величины среднего куска породы относительно базовых параметров БВР не превышает 20 %.

Таблица 2 – Характеристика основных параметров буровзрывных работ

Наименование параметров	Номер эксперимента				
	1	2	3	4	5
Высота уступа, м	11,5±0,5	11,5±0,5	12,5±0,5	12,5±0,5	11,5±0,5
Длина скважин, м	14,5±0,5	14,5±0,5	15,5±0,5	15,5±0,5	14,5±0,5
Длина забойки, м	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Количество скважин, шт					
– основных	–	89	67	78	68
– парносближенных	–	28	12	19	14
– контурных	0	58	56	0	34
Расстояние между скважинами, м	3,0	3,2	3,4	3,0	3,2

Расстояние между рядами скважин, м	3,0	3,0	3,4	3,0	3,1
Объем ВВ, кг:					
– ЭВВ марки «ЕРА»–IIIн	7295	14800	7040	0,0	0,0
– ЭВВ марки «ЕРА»–III Ø90 мм	304,5	919,3	707,6	1160	1067
– ЭВВ марки «ЕРА»–III Ø70 мм	52,2	0,0	0,0	0,0	61,2
– ЭВВ марки «ЕРА»–III Ø40 мм	0,0	527,4	454,8	93,6	285,6
– Гранулит ПК–1 (Игданит)	850	950	2800	12110	8300
Удельный расход, г/см <sup>3</sup>	1,27	1,18	1,0	1,17	0,98

Для установления зависимости увеличения потерь минерального сырья был проведен анализ показателей выхода мелких фракций 0–6 мм от удельных энергозатрат ВВ (рис. 3).

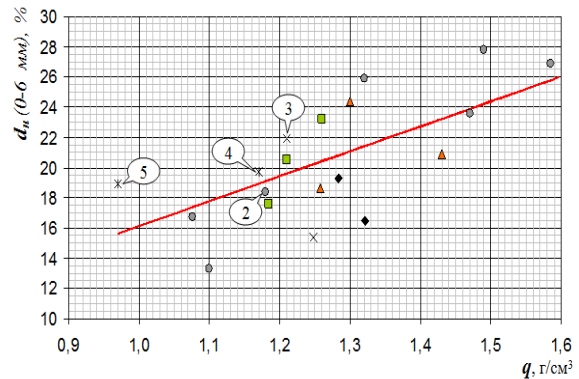


Рисунок 3 – Диаграмма зависимости выхода мелких фракций 0–6 мм от удельного расхода ВВ:

удельный вес ЭВВ, %:

- – от 90 до 100
- ▲ – от 70 до 90
- ✕ – от 50 до 70
- ◆ – от 20 до 50
- ✕ – от 10 до 20
- – от 0 до 10

1–5 – показатели выхода мелких фракций 0–6 мм, полученные по результатам экспериментальных взрывов

Анализ данных рис. 3 показал, что количественно выход фракций 0–6 мм взаимосвязан с параметрами работы дробильно-сортировочного комплекса и изменяется пропорционально объему выпускаемых фракций.

Установлено, что с увеличением выпуска фракционного щебня 5–15 мм, 5–20 мм объем фракций 0–6 мм снижается. При этом, с увеличением выпуска фракционного щебня 20–40 мм объем фракций 0–6 мм возрастает.

Максимальный объем переизмельчения образуется при условии, когда величина  $q$  составляет более 1,26 г/см<sup>3</sup>. Очевидно, что такая зависимость связана со снижением прочностных характеристик кусков породы в результате чрезмерного энергонасыщения массива при взрыве.

Для снижения действия взрыва на объем переизмельчения горных пород месторождения Шархинского карьера удельные затраты ВВ на взрывное дробление не должны превышать 1,2 г/см<sup>3</sup>. Однако,

при расчете параметров БВР следует учитывать, что снижение энергозатрат на взрывное дробление может негативно отразиться на параметрах зоны разрушения от взрыва скважинных зарядов.

На примере исследований действия взрыва удлиненных зарядов эмульсионных ВВ марки «ЕРА», имеющих сплошную конструкцию, установлено, что увеличение параметров сетки скважин до 20 % по отношению к базовым параметрам предусмотренным «Типовым проектом ведения БВР» позволяет эффективно регулировать энергетические параметры заряда ВВ, тем самым снижать объем переизмельченной массы.

В результате проведенных исследований установлено, что для повышения качества получаемой продукции и снижения потерь минерального сырья до уровня не более 20 % удельные затраты ВВ на дробление пород при взрыве не должны превышать  $1,2 \text{ г/см}^3$  при этом, применение комбинированных зарядов с элементами рассредоточенных инертных промежутков позволит снизить удельный расход ВВ по сравнению с зарядами сплошной конструкции на 10–25 % без ухудшения параметров качества дробления.

**ВЫВОДЫ.** Повышение уровня экологической безопасности при разработке месторождений строительных материалов может быть достигнуто за счет реализации следующих мероприятий:

- широкомасштабное внедрение на карьерах строительных материалов эмульсионных ВВ марки «ЕРА» позволяющих значительно уменьшить объемы выбросов в атмосферу твердых и газообразных загрязняющих веществ;
- оптимизация технологии взрывного разрушения добываемых строительных материалов с учетом горно-геологических и гидрологических условий месторождения, свойств разрушаемых пород, типа и свойств ВВ;
- модернизация и приведение используемого на карьерах технологического оборудования в соответствие с европейскими и мировыми стандартами;
- постоянное проведение мониторинговых исследований экологического состояния объектов окружающей среды на территориях, прилегающих к горнодобывающим предприятиям;
- разработка и внедрение комплекса мероприятий по озеленению территорий санитарно-защитных зон карьеров;
- применение планировочных и строительно-

акустических мероприятий по снижению шума и обеспечения комфортных условий в ближайшей жилой застройке.

Внедрение предлагаемых мероприятий позволит повысить уровни экологической безопасности взрывной подготовки горной массы будет минимизировать загрязнение компонентов окружающей среды и способствовать созданию более комфортных условий для населения, проживающего в горнодобывающих регионах.

Кроме того, сокращение объемов переизмельчения добываемого сырья позволяет минимизировать невосполнимые потери полезного ископаемого.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зберовский А.В. Охрана атмосферы в экосистеме «карьер-окружающая среда-человек». – Д.: РИО АП ДКТ, 1997. – 136 с.
2. 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. – 2010. – Вип. 6/2010 (65), част. 1. – С. 163–168.
3. Юрченко А.А. Физические процессы выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах // Науковий вісник національного гірничого університету. – 2010. – № 2. – С. 85–88.
4. Колесник В.Е., Бучавый Ю.В., Юрченко А.А. Методы оценки экологической опасности выбросов пыли при массовых взрывах в железорудных карьерах // Науковий вісник національного гірничого університету. – 2011. – № 5. – С. 113–120.
5. 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. – Кременчук, 2009. – Вип. 2/2009 (4). – С. 62–71.
6. Ефремов Э.И., Никифорова В.А. Влияние конструкции заряда и уровня обводненности горных пород на интенсивность их дробления // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник. – Кременчук, 2008. – Вип. 2/2008 (2). – С. 7–13.
7. Модели взрывного дробления горных пород / Р.С. Крысин, В.В. Новинский. – Д.: АРТ-Пресс, 2006. – 144 с.

#### WAYS TO INCREASE ECOLOGICAL SAFETY OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS AT BUILDING MATERIALS QUARRIES

**T. Holodenko, Ye. Ystimenko, L. Podkamennaya**

Research-Industrial Complex “Pavlograd Chemical Plant”, State enterprise  
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

In the paper, the authors have considered the features of environmental impact of drilling and blasting operations at the building and construction materials quarries. It was established that decrease in the yield of overgrinded factions can be achieved by optimizing the energy density of charge, reduction of per unit costs and changing detonation characteristics of explosives. It was obtained the dependence of change in the rock preparation quality on the consumption of emulsion explosives and determined the effect of detonation characteristics and explosives' charge-density on formation of fine dust particles.

**Key words:** ecological safety, blasting, rocks overgrinding, emulsion explosives.

#### REFERENCES

1. Zberovskiy, A.V. (1997), *Okhrana atmosfery v ekosisteme «kar'er-okruzhayushchaya sreda-chelovek»* [Protection of the atmosphere in the ecosystem «quarry-environment-man»], RIO AP DKT, Dnipropetrovsk, Ukraine.
2. Kozlovskaya, T.F., Chebenko, V.N. (2010), "Ways to reduce the level of environmental hazard in the areas of open-pit mining", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 6 (65), part 1, pp. 163–168.
3. Yurchenko, A.A. (2010), "Physical processes in the emission of dust and gas clouds in the mass explosions at quarries", *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 2, pp. 85–88.
4. Kolesnik, V.Ye., Buchavyy, Yu.V., Yurchenko, A.A. (2011), "Methods of estimation of environmental threat from dust emission during mass explosion at an iron-ore opencast mine", *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 5, pp. 113–120.
5. 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", *Up-to-date resource- and energy-saving technologies in mining industry*, Kremenchuk, Ukraine, no. 2 (4), pp. 62–71.
6. Efremov, E.I., Nikiforova, V.A. (2008), "The impact of the charge structure and rocks watering level on the intensity of their split", *Up-to-date resource- and energy-saving technologies in mining industry*, Kremenchuk, Ukraine, no. 2 (2), pp. 7–13.
7. Krisin, R.S., Novinskiy, V.V. (2006), *Modeli vzryvnogo drobleniya gornykh porod* [Model of explosive crushing of rocks], ART-Press, Dnepropetrovsk, Ukraine.

Стаття надійшла 16.12.2013.