

УДК 622.235

**РАЗВИТИЕ ИДЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД –
ОСНОВА ПРОГРЕССА В ГОРНОМ ДЕЛЕ**

С.Д.ВИКТОРОВ, *д-р техн. наук, профессор, зам. директора по научной работе, victorov_s@mail.ru*
В.М.ЗАКАЛИНСКИЙ, *д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, vmzakal@mail.ru*
Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, Россия

В статье рассмотрены основные направления развития исследований в области взрывного разрушения горных пород, используемого при добыче полезных ископаемых. Приведены результаты исследований, выполненных за последнее время, информация о возможности применения для разрушения горных пород различных источников энергии. Даны представления о возможности повышения эффективности взрывной подготовки горного массива за счет увеличения масштабов взрывного разрушения. Приведена информация о широкомасштабном внедрении подобных методов на крупнейших железорудных предприятиях России. Показаны последние результаты изучения процессов разрушения на различном масштабном уровне вплоть до разрушения с получением частиц субмикронных размеров.

Ключевые слова: взрывчатое вещество, средства инициирования, структура горной породы, масштаб отбойки, концентрированные заряды.

Использование энергии взрыва в мировой практике в обозримом будущем остается единственным универсальным и наиболее эффективным способом разрушения крепких горных пород при массовых взрывах и проведении выработок, является фундаментом, на котором создаются различные технологии при освоении месторождений полезных ископаемых [6].

Львиную долю ежегодно расходуемых промышленных взрывчатых веществ используют в горном деле при подготовке горных пород к выемке. Взрывчатые вещества, взрывные работы, горное дело – без этих понятий невозможно представить построение технократической цивилизации, главной особенностью которой является практически полная зависимость всех ее показателей от состояния и развития минерально-сырьевого комплекса. Объемы ежегодной добычи вещества литосферы для использования в хозяйственных целях измеряются сотнями миллиардов тонн, большая часть которых разрушается за счет энергии взрывчатых веществ.

Масштабы применения взрывных методов в горно-добывающей промышленности можно оценить по количеству применяемых взрывчатых веществ: в настоящее время для этих целей в России расходуется около 1 млн т взрывчатых веществ в год. Изучение процессов разрушения горного массива при взрывном воздействии дает идеи, внедрение которых в производство может существенно повысить эффективность работы горно-добывающих предприятий и помочь им выдержать конкурентную борьбу на мировом рынке.

Постоянное понижение глубины разработок, ухудшение их горно-геологических условий, усиление проявлений геомеханических явлений – все это в условиях рыночной эконо-

мики предъявляет дополнительные требования к горным технологиям в части управления взрывным разрушением горных пород. В результате для решения прежних задач потребовались новые подходы и идеи, реализация которых повысит технико-экономические показатели как в пределах выемочного участка, так и разработки месторождения в целом [8]. Исходя из этого, рассмотрим актуальные и имеющие перспективу идеи взрывного разрушения массивов горных пород для разработки эффективных методов ведения взрывных работ.

Классическим значением идеи как мысли, понятия, обобщающих некоторый опыт и отражающих отношение к действительности, в горном деле может служить исторический опыт появления и разработки взрывчатых веществ от порохов до современных модификаций взрывчатых составов. Причины развития вызваны разнообразием и, как правило, неповторимостью условий применения взрывчатых материалов (ВМ) на разных исторических этапах формирования требований к ним и к взрыву. На каком-то этапе обнаружилось, что ВМ и многие их компоненты, являясь химическими веществами, создаваемыми в стационарных условиях, могли быть не связаны с местами будущего применения. Это обстоятельство имело принципиальное значение, так как обозначался факт, что некоторые вещества и компоненты из состава ВМ самостоятельно не являлись или не считались взрывчатыми веществами, а таковыми получались лишь при механическом смешении. Прямым следствием был частичный перенос функции получения ВВ с химических производств в места их массового применения, что меняло концепцию связи «завод – горное производство».

Процесс сопровождался последовательными изменениями некоторых значений параметров взрывчатых смесей и требований к ним в связи со спецификой их применения на местах и прогрессом в области повышения эффективности управления действием взрыва. Значения и свойства таких параметров индивидуальных химических ВВ как критический диаметр, бризантность, фугасность, отражавшие природу их заводского происхождения и изготовления на предприятиях оборонной промышленности, в условиях гражданского изготовления и применения начали сильно трансформироваться. Это видно на примере разработки и применения в горно-добывающей промышленности простейших смесевых составов окислителя и горючего.

Идея простейших ВВ зародилась вскоре после открытия аммиачной селитры (нитрата аммония), термин «простейшие взрывчатые вещества» в 1960 г. впервые был применен А.Ф.Беляевым к смесевым взрывчатым веществам, компоненты которых в отдельности не обладают взрывчатыми свойствами.

В 1867 г. норвежские инженеры А.Ольсон и Ф.Норбин получили патент на взрывчатые смеси нитрата аммония с горючими веществами – как взрывчатыми, так и невзрывчатыми. Это совпало с началом эпохи динамитов, сменившей длительную эпоху дымного пороха. Начали создаваться взрывчатые составы и смеси из невзрывчатых веществ, не связанных между собой химически, одно из которых выполняет функции горючего, другое – окислителя, обычно это аммиачная селитра (АС).

Интересно отметить, что во время второй мировой войны в боевые заводские ВВ добавляли аммиачную селитру и этим восполняли нехватку взрывчатых веществ.

Значительный вклад принадлежит профессору Г.П.Демидюку, начавшему в ИГД им. А.А.Скочинского исследование и в дальнейшем популяризацию простейшего взрывчатого состава местного изготовления – игданита, представлявшего механическую смесь окислителя – гранулированной АС и горючего – дизельного топлива, и продолжившему с сотрудниками ИПКОН РАН цикл работ по разработке и внедрению серии простейших взрывчатых составов [3, 7].

Такие взрывчатые вещества очень просты в изготовлении, по своим взрывчатым характеристикам не уступают заводским взрывчатым составам, допускают механизацию всех процессов их изготовления, транспортирования и применения. И главное, они намного дешевле заводских составов.

Было исследовано влияние основных показателей промышленных ВВ: критического диаметра, бризантности и фугасности на результаты работы взрыва. К середине 50-х годов было широко освоено производство гранулированной АС с различными добавками, что в смеси с соляровым маслом увеличило безопасность применения и создало предпосылки для механизации процесса заряжания скважин сыпучими ВВ.

Позже в рамках идеологии простейших взрывчатых составов нашли практическое воплощение идея и способы регулирования объемной концентрации энергии ВВ в зарядной полости и разработка водосодержащих и современных эмульсионных ВВ, обеспечивающих наиболее высокие по сравнению с заводскими ВВ уровни безопасности взрывных работ и достаточную объемную концентрацию энергии.

На основании многолетних исследований было показано, что важнейшей характеристикой заряда взрывчатого вещества при разрушении горного массива является его энергия. Этот энергетический принцип действия взрыва в горной породе окончательно сформулирован и обоснован в ИПКОН РАН, также разработана методика расчета параметров детонации простейших взрывчатых веществ. В методике рассматривается протекание на фронте детонационной волны равновесных химических реакций. Используя уравнения, отражающие законы сохранения массы, импульса и энергии при переходе через детонационный фронт, получаем систему уравнений для расчета параметров детонации. Система уравнений решается численно методом последовательных приближений. В результате расчетов получаем параметры детонации рассматриваемого взрывчатого вещества. Сопоставление результатов расчета с известными экспериментальными данными показало хорошую сходимость экспериментальных и расчетных величин скорости детонации, массовой скорости и удельной теплоты взрыва для промышленных взрывчатых веществ [1].

Изменение вида применяемых взрывчатых веществ, возможности механизации их изготовления и применения непосредственным образом отразилось на конструктивных параметрах техники и технологии подземных и открытых буровзрывных работ.

Так, малые значения критических диаметров заводских ВВ имели на практике величину технологических диаметров зарядов шпуров и скважин. Это определило малый масштаб отбойки выемочной единицы, вследствие чего отечественная и зарубежная практика подземной разработки месторождений средней и большой мощности до сих пор осуществляется в основном мелко- и среднемасштабной отбойкой взрывных скважин диаметром до 100 мм, линией наименьшего сопротивления до 4 м, а на открытых работах соответственно до 300 мм и 12 м.

При таких параметрах для обеспечения требуемой производительности рудника требуется очень большое количество скважин и взрываемых рядов. В результате резко усложняется производство взрывных работ из-за необходимости заряжания большого количества скважин малого диаметра, контроля за состоянием ВВ и средств взрывания. Велика вероятность отказов из-за наличия множества электродетонаторов с возможностью при этом ненормального разброса по времени их срабатывания, сложности монтажа взрывной сети, смещения в подземных условиях одной части скважины малого диаметра относительно другой при напряженном состоянии горного массива и его склонности к горным ударам.

Свойства составов ВВ нового поколения позволили изготавливать их на местах применения, а большие критические диаметры определили концепцию развития буровой техники в сторону увеличения диаметра скважин. Логическим продолжением стало появление идеи увеличения масштабов взрывной подготовки горного массива к выемке, что привело к увеличению размеров сечения самого заряда, масштаба отбойки выемочной единицы части массива, приходящейся на один заряд, и в целом параметров отбиваемого слоя до появления современной подземной технологии крупномасштабной взрывной отбойки.

Увеличение масштабов взрывной подготовки горного массива к выемке путем использования зарядов большой массы привело к внедрению на подземных рудниках Сибири такого средства крупномасштабной отбойки как вертикальный концентрированный заряд (ВКЗ) [10, 12]. Такие заряды размещались в отрабатываемых панелях в цилиндрических по-

лостях, проходимых взрывными методами. В близкой к цилиндрической полости диаметром около метра экономично применять дешевые неводостойкие составы простейших ВВ, на которые даже воздействие слабопроточной воды в массиве ограничивается подмоканием периферийной части, без влияния на детонационную способность такого заряда.

Для снижения сейсмического воздействия на окружающие горные выработки и создания условий получения при этом качественного дробления горной массы большие заряды окружались (оконтуривались) сближенными скважинными зарядами обычного диаметра. Скважинные заряды взрывались первыми и создавали защитный объем, препятствующий негативным последствиям от взрыва крупных зарядов. Увеличение масштабов взрывной подготовки позволило сократить количество массовых взрывов, требующих остановок горного производства. Эта система взрывной подготовки обеспечивает существенное сокращение затрат на взрывные работы.

Идея увеличения масштабов взрывной подготовки справедлива и для открытых условий (взрывные работы на карьерах). Одна из таких возможностей нашла применение при известном взрывном разрушении высоких уступов, в том числе сдвоенных обычных уступов. Новый технологический подход заключается в реализации достижения практически любого большого диаметра заряда за счет новых схем бурения под заряды специальной конструкции и использования особенностей действия взрыва. Возможность направленного и селективного взрывания в сложных горно-геологических условиях вместе с разработкой для этих целей специальной буровой техники позволит существенно повысить технико-экономические показатели открытой разработки работы современного горного предприятия.

Прогресс в горном деле, связанный с взрывным разрушением массивов горных пород, немислим без перспектив развития его технической базы. Не затрагивая обширного перечня различных аспектов механизации, автоматизации, конструирования и строительства, отметим прогрессивные идеи и тенденции двух основных составляющих этой базы – буровых работ и пунктов подготовки и производства взрывчатых составов, результаты по которым могут рассматриваться на уровне технического прорыва.

Несмотря на определенные успехи в создании (конструировании) новой буровой техники, неизбежность выхода на пределы технических возможностей определяющих параметров диктует необходимость появления и разработки принципиально новых идей в науках о Земле. В этой связи представляет интерес (пока на уровне дискуссий) рассмотрение идеи разработки многошпиндельного бурового станка для открытых горных работ, когда вместо тяжеловесных и громоздких станков для бурения скважин предельно большого диаметра используются мобильные передвижные буровые установки с размещенными на них двумя-тремя высокоскоростными гидроперфораторами для одновременного бурения групп параллельно сближенных скважин малого диаметра, эквивалентных по энергии одному заряду большого диаметра [4, 10].

При подземных условиях может быть использован зарубежный опыт высокоскоростного бурения с возможностью перемещения гидроперфораторов в соответствии с геометрией расположения сближенных скважин. Снятие с этих машин целого ряда функций и защит, связанных со спецификой подземных горных работ (бурение полных вееров скважин, уменьшение максимальной глубины бурения, защищенность от ударов кусков горной породы, ограничение габаритов размерами горных выработок и т.д.), позволит существенно упростить их конструкцию, снизить вес и стоимость. Экономический эффект согласно расчетным данным при этом существенно возрастет.

Для технического воплощения идеи замены заводских ВВ типа гранулола и тротилсодержащих ВВ на эмульсионные и гранулированные бестротилового ВВ, представленного различными передовыми технологиями, модификациями компонентных составов, прогрессивными фрагментами производств на прикарьерных пунктах, основополагающим фактором является обращение на комплексах только невзрывчатых материалов и

компонентов ВВ, которые после приготовления для исключения взаимного контакта загружаются в отдельные емкости смесительно-зарядных машин (СЗМ). Непосредственно промышленное ВВ образуется вне территории комплекса на взрывном блоке во время разгрузки СЗМ в процессе заполнения скважины путем смешения компонентов в соответствующих пропорциях.

Автоматизированная система управления (АСУ) обеспечивает безаварийную эксплуатацию производства. Конструкции некоторых машин позволяют загружать их как на стационарном пункте, так и в карьере с помощью доставочных модернизированных машин. Современные машины российского производства характеризуются электронными автоматизированными системами управления технологическим процессом приготовления взрывчатого вещества из исходных компонентов полностью отечественного сырья. АСУ имеет возможность визуального отображения информации о давлении в трубопроводах, расходе исходных компонентов, индикации параметров температуры и давления, выходе параметров за пределы допустимых значений. Осуществляются программируемые задержки времени включения и выключения каждого технологического тракта, обеспечивается отключение в случае возникновения внештатных ситуаций. АСУ позволяет накапливать и хранить информацию по каждой скважине и в целом. Высокий технический уровень смесительно-зарядных машин позволит выдержать мощную конкуренцию на мировом уровне.

Следующее направление связано с исследованием результатов применения взрыва на различных, вплоть до наномасштабных уровнях разрушения [9].

В последние годы изучение наночастиц, создание наноматериалов и нанотехнологий является одним из приоритетных направлений научных исследований во всем мире. Сложные физико-химические процессы с участием минеральных частиц, в том числе высокодисперсных с характерным размером менее одного микрона, играют существенную роль во многих явлениях, определяющих движение и преобразование вещества в окружающей среде. Исследования различных технологических процессов, связанных с добычей полезных ископаемых, показали возможность образования тонкодисперсных фракций на различных этапах горного производства. Установлено, что доминирующая роль при образовании техногенных минеральных частиц связана с взрывным разрушением горных пород. Поэтому актуальными являются фундаментальные исследования по раскрытию механизмов образования высокодисперсных частиц, наноструктурных изменений в горных породах при технологических взрывах различного масштаба, механическом разрушении и геодинамических процессах, при которых разрушение пород связано с локальным динамическим воздействием взрыва на породу [2, 11].

Минеральные субмикронные частицы могут образовываться и в скальных массивах горных пород при их разрушении в результате критического изменения напряженно-деформированного состояния. Экспериментально установлено, что при разрушении образцов различных типов скальных пород область дробления породы до мелких фракций локализуется в достаточно узких зонах, суммарный объем которых не превышает нескольких процентов от объема образцов. В условиях неравномерно компонентного сжатия образцов пород с ростом величины главной компоненты наименьших сжимающих напряжений выход мелкодисперсных фракций снижается, а относительная доля субмикронных частиц возрастает.

Исследования показали, что изменение состояния природного минерального вещества происходит в результате разноуровневых и разномасштабных процессов неупругой деформации структурных элементов горной породы. Именно с ними связаны остаточные изменения, наблюдаемые на дифракционных спектрах и изображениях, полученных с помощью оптической микроскопии. В частности, появление видимых нарушений сплошности является следствием процессов, происходящих на уровне кристаллической решетки. Определены параметры структурного состояния зерен кварца в образце песчаника до и после воздействия. Структурная поврежденность входящих в породу минералов неодинакова и зависит от различия и анизотропии их механических свойств. В настоящее время эти исследования по микроструктурной дезинтеграции пород получили дальнейшее про-

должение: с помощью сканирующей электронной микроскопии проанализированы параметры структурного состояния образцов горных пород до и после воздействия. Метод сканирующей микроскопии позволяет получать во вторично рассеянных электронах изображение образцов горных пород с увеличением до 30 тыс. раз, проводить анализ минеральных объектов на химические элементы, изучать распределение химических элементов в заданных участках поверхности образца и вдоль заданного направления [5].

Разработана компьютерная программа анализа фотографических изображений различного увеличения. Она позволяет анализировать изображения, определять вид распределения частиц по их размерам, выполнять различные числовые оценки объектов на снимках.

Результаты этих исследований представляют особый интерес в связи с промышленной безопасностью работ на предприятиях и шахтах при разрушении угольных пластов. Нетронутый метанонасыщенный угольный пласт является равновесной системой «уголь – метан – природная влага». Под влиянием техногенного воздействия, когда изменяется напряженно-деформированное состояние пласта, в нем на уровне микроструктур, содержащих молекулы метана, происходят необратимые структурные изменения. В ИПКОН РАН изучаются структуры различных видов углей, опасных и неопасных по возможным выбросам метана и угля в процессе их разработки, отработывается методика исследования изображений образцов угля при различном увеличении вплоть до наноразмерных включений. Изучение изображений разных типов угля позволяет установить отличия в их структуре на разных масштабных уровнях и найти особенности, отвечающие за возможность возникновения катастрофических явлений, связанных с выбросом метана и угля при разработке угольных пластов. Возможно установление корреляционной связи между количеством частиц микро- и наноразмерного уровня и числом катастрофических эффектов как их предвестников [2].

Проблема образования субмикронных частиц в горных технологических процессах и разработка новых методов оценки катастрофических явлений находятся на стадии интенсивных исследований, накопления информации, определения иерархии научных направлений и поиска новых практических приложений

Таким образом, совершенствование буровзрывных работ при разработке месторождений полезных ископаемых связано с появлением и реализацией идей, вызванных практическими требованиями в различные периоды научно-технического развития человеческого общества. Их внедрение всеми горными предприятиями составит основу прогресса и эффективного развития взрывных работ в России.

Исследования проводятся при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2015 гг.» Соглашение № 14.607.21.0027 от 05 июня 2014 г.; уникальный идентификатор соглашения: RFMEFI60714X0027.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов С.Д. Разработка и применение простейших взрывчатых составов / Отв. ред. К.Н.Трубецкой; ИПКОН РАН. М., 1996. 250 с.
2. Викторов С.Д. Образование субмикронных частиц при горном производстве и новый метод оценки катастрофических явлений // Вестник РАН. 2013. Т.83. № 4.С.300-306.
3. Викторов С.Д. Простейшие взрывчатые вещества / С.Д.Викторов, Г.П.Демидюк // Вестник АН СССР. 1985. № 4. С.102-111.
4. Викторов С.Д. Многошпиндельные станки для бурения взрывных параллельно-сближенных скважин / С.Д.Викторов, В.М.Закалинский // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 9. С.20-22.
5. Викторов С.Д. Экспериментальные исследования микроструктурных изменений образцов горных пород при интенсивном взрывном нагружении / С.Д.Викторов, А.Н.Кочанов // Взрывное дело. 2009. № 101/58. С.8-12.
6. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / К.Н.Трубецкой, Ю.Н.Мальшев, Л.А.Пучков и др. М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. 478 с.
7. Демидюк Г.П. Развитие простейших взрывчатых веществ / Г.П.Демидюк, Б.Д.Росси // Взрывное дело. Вып. 62/22. М.: Недра, 1968. С.5-15.
8. IX Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле»: Доклады / Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе. М., 2009. 345 с.

9. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов / В.А.Чантурия, К.Н.Трубецкой, С.Д.Викторов, И.Ж. Бунин; ИПКОН РАН. М., 2006. 216 с.
10. Разрушение горных пород сближенными зарядами / С.Д.Викторов, Ю.П.Галченко, В.М.Закалинский, С.К.Рубцов; Под ред. К.Н.Трубецкого. М.: Научтехлитиздат, 2006. 276 с.
11. Техногенные минеральные частицы как проблема освоения недр / К.Н.Трубецкой, С.Д.Викторов, Ю.П.Галченко, В.Н.Одинцев // Вестник РАН. 2006. Т.76. № 4. С.318-332.
12. Технология крупномасштабной взрывной отбойки на удароопасных рудных месторождениях Сибири / С.Д.Викторов, А.А.Еременко, В.М.Закалинский, И.В.Машуков. Новосибирск: Наука, 2005. 212 с.

REFERENCES

1. *Viktorov S.D. Razrabotka i primeneniye prosteishikh vzryvchatykh sostavov (Development and application of simple explosive compositions)*. Editor K.N.Trubetskoi; IPKON RAN. Moscow, 1996, p.250.
2. *Viktorov S.D. Obrazovanie submikronnykh chastits pri gornom proizvodstve i novyi metod otsenki katastroficheskikh yavlenii (Formation of submicron particles in mining, and a new method for assessment of catastrophic events)*. Vestnik RAN. 2013. Vol.83. N 4, p.300-306.
3. *Viktorov S.D., Demidyuk G.P. Prosteishie vzryvchatye veshchestva (Simple explosives)*. Vestnik AN SSSR. 1985. N 4, p.102-111.
4. *Viktorov S.D., Zakalinskii V.M. Mnogoshpindel'nye stanki dlya bureniya vzryvnykh parallel'no-sblizhennykh skvazhin (Multi-engineering tools for drilling parallel blasting boreholes)*. Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2008. N 9, p.20-22.
5. *Viktorov S.D., Kochanov A.N. Eksperimental'nye issledovaniya mikrostrukturnykh izmenenii obraztsov gornykh porod pri intensivnom vzryvnom nagruzhении (Experimental studies of microstructural changes in rock samples under intense explosion loading)*. Vzryvnoe delo. 2009. N 101/58, p.8-12.
6. *Trubetskoi K.N., Malyshev Yu.N., Puchkov L.A. et al. Gornye nauki. Osvoenie i sokhraneniye neдр Zemli (Development and conservation of the Earth's interior)*. Moscow, Izd-vo Akademii gornykh nauk, 1997, p.478.
7. *Demidyuk G.P., Rossi B.D. Razvitiye prosteishikh vzryvchatykh veshchestv (Development of simple explosives)*. Vzryvnoe delo. Is. 62/22. Moscow: Nedra, 1968, p.5-15.
8. IX Mezhdunarodnaya konferentsiya «Novye idei v nauках o Zemle»: Doklady (IX international conference New ideas in the Geosciences). Rossiiskii gosudarstvennyi geologorazvedochnyi universitet imeni Sergo Ordzhonikidze. Moscow, 2009, p.345.
9. *Chanturiya V.A., Trubetskoi K.N., Viktorov S.D., Bunin I.Zh. Nanochastitsy v protsessakh razrusheniya i vskrytiya geomaterialov (Nanoparticles in the processes of destruction and uncovering of geomaterials)*. IPKON RAN. Moscow, 2006, p.216.
10. *Viktorov S.D., Galchenko Yu.P., Zakalinskii V.M., Rubtsov S.K. Razrusheniye gornykh porod sblizhennymi zaryadami (Destruction of rocks by connivent charges)*. Editor K.N.Trubetskoi. Moscow: Nauchtekhlitizdat, 2006, p.276.
11. *Trubetskoi K.N., Viktorov S.D., Galchenko Yu.P., Odintsev V.N. Tekhnogennyye mineral'nye chastitsy kak problema osvoeniya neдр (Technogenic mineral particles as a problem in mineral resources development)*. Vestnik RAN. 2006. Vol.76. N 4, p.318-332.
12. *Viktorov S.D., Eremenko A.A., Zakalinskii V.M., Mashukov I.V. Tekhnologiya krupnomasshtabnoi vzryvnoi otboiki na udaropasnykh rudnykh mestorozhdeniyakh Sibiri (Technology of large-scale breakage by blasting for the rock-bump hazardous ore deposits of Siberia)*. Novosibirsk: Nauka, 2005, p.212.

THE DEVELOPMENT OF IDEAS FOR IMPROVING EXPLOSIVE DESTRUCTION OF ROCK MASSES – THE BASIS OF PROGRESS IN MINING

S.D.VIKTOROV, Dr. of Engineering Sciences, Professor, deputy director of scientific work, viktorov_s@mail.ru

V.M.ZAKALINSKY, Dr. of Engineering Sciences, Leading Research Assistant, vmzakal@mail.ru
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The article describes the main areas of research in the field of the explosive destruction of rocks used in mining. The results of studies carried out in recent years are presented. Information on possible applications for breaking up rocks of various energy sources is provided. Ideas are given on the possibility of raising the efficiency of explosives for mining rock by increasing the scale of the explosive destruction. Information about the widespread adoption of these methods at Russia's biggest iron ore companies is presented. Recent results on the fracture processes at different levels of scale up to destruction to form particles of submicron size are shown. Studying the structural transformations of rock mass at the micro and macro features of allocation and distribution of energy in the charges of various designs allowed us to control the action of a new explosion by breaking up rock masses and the complex structure of multi-component fields.

Key words: explosive, the means of initiation, the structure of the rock, the scale of breaking, the concentrated charges, trinitrotoluol, non-explosive components, granulated explosives.