

УДК 622.235

**А.В. Лешинский**

## **ПОТОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЕМКИ ГОРНЫХ ПОРОД В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ**

*Предложена новая технологическая схема выемки горных пород в глубоких карьерах, позволяющая ликвидировать подготовительно-восстановительные операции применением специальных укрытий для локализации взрыва.*

*Ключевые слова: взрывное дробление горных пород, глубокие карьеры, скважинные заряды, комбинированная забойка.*

**Семинар № 14**

**A.V. Leschinskiy**  
**THE CONTINUOUS FLOW  
PROCESS TECHNOLOGY DURING  
DEEP OPEN-PIT MINING**

*A new technological scheme of deep open-pit mining is proposed; the scheme allows to eliminate the preoperational and reconstructive operations by the help of special shelters for the blast isolations.*

*Key words: explosive fracturing of rock, deep open-pits, blasthole charge, complexed stemming.*

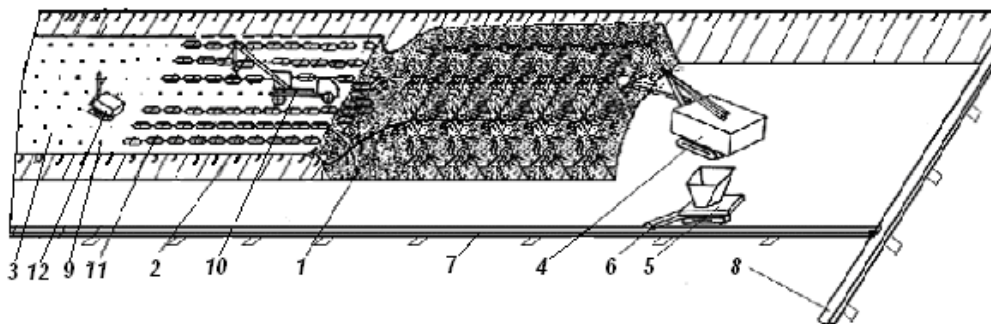
**Р**азвитие экономики России в значительной мере определяется объемами добычи и переработки полезных ископаемых. Интенсификация производства на карьерах ведет к увеличению их глубины, а, значит, стоимости подготовительно-восстановительных работ и транспортирования горной массы. В этих условиях технический прогресс требует кардинального изменения технологических схем добычи, прежде всего применения поточной технологии, когда все транспортные операции обеспечивают конвейеры.

Для внедрения поточной технологии необходимо обеспечить взрывное дробление горных пород с минимальным выходом кусков размером более 400 мм и минимизировать или ликвидировать подготовительно-восстановительные работы при массовых взрывах.

Решение этой проблемы может быть достигнуто применением разработанной в Институте горного дела ДВО РАН прогрессивной технологии открытых горных работ, базирующейся на принципиально новом подходе к буровзрывным работам - разрушение горных пород осуществляется послойным (сверху вниз) взрыванием горизонтальных скважинных зарядов уменьшенного (50–105 мм) диаметра с предварительным шелеобразованием по контуру взрываемого объема под мобильным укрытием в виде щита с демпфирующими элементами [1]. Однако промышленное внедрение предложенной технологии сдерживается необходимостью создания основного элемента - демпфирующего щита на самоходной установке.

В Тихоокеанском государственном университете предложен иной вариант поточной технологии разработки глубоких карьеров, позволяющий решить следующие задачи:

- ликвидировать подготовительно-восстановительные операции применением специальных укрытий для локализации взрыва;
- минимизировать размер кусков взорванной породы увеличением времени действия взрыва на массив рассредоточением заряда ВВ воздушным промежутком в комбинации с невылетающей до разрушения массива короткой забойкой;



**Рис. 1. Технологическая схема выемки горных пород в глубоких карьерах**

- доизмельчать неизбежно остающиеся крупные куски породы до размеров, определяемых возможностями ленточных конвейеров, применением самоходного дробильного агрегата с дробилкой специальной конструкции.

Способ поточной отработки скальных горных пород осуществляют по схеме, представленной на рис. 1.

Вначале на уступе создают достаточный запас взорванной горной массы, обеспечивающий непрерывную работу выемочного оборудования на период времени, обеспечивающий выполнение работ по обуриванию и взрыванию последующих двух блоков. Затем разрабатываемая часть уступа делится на три эксплуатационных блока: блок обуривания 3, блок подготовки к взрыву 2 и блок выемки 1.

Блок 3 обуривают по принятой сетке взрывными скважинами 9, начиная работу бурового станка 12 с противоположной от блока подготовки к взрыву стороны. Это необходимо для того, чтобы взрывные скважины не были повреждены при взрыве блока 2, кроме того, буровой станок будет расположен за пределами запретной зоны. Количество буровых станков определяется производительностью экскаватора – блок 3 должен быть обурен за время, в течение которого экскаватор на блоке 1 продвинется при выемке на длину блока обуривания. После взрыва добуривают запретную 30-ти метровую зону.

Для решения первой задачи – ликвидации подготовительно-восстановительных работ – после зарядки скважин на блоке 2 самоходным краном 10 укладывается укрытие из автомобильных шин 11. Предлагаемое укрытие [2] обладает значительными достоинствами по сравнению с известными: после взрыва все шины находятся на горизонте, не закапываясь в горную массу, стоимость укрытия низка при высокой долговечности, т.к. одна шина выдерживает несколько сотен взрывов. Автошины снимают прямо с поверхности ранее взорванной горной массы (рис. 2), либо берут из накопительного объема, куда их помещают при предварительной уборке с ранее взорванного блока. Размещают автошины в направлении от блока 1 (см. рис. 1) к блоку 3, с постепенным перемещением грузоподъемной техники по свободному пространству блока 2. После размещения автошин по всей укрываемой поверхности блока 2 их связывают в единое укрытие гибкими связями, выполненными из цепей, канатов, проволоки-катанки и т. п. При взрывании в сторону конвейеров укрытие размещают и на откос уступа, для этого мат закрепляют на поверхности уступа с помощью канатов или цепей за анкера, установленные в неглубоких скважинах за пределами взрываемого блока. Можно разместить над или под матом из автошин сетку, тогда вероятность разлета даже мелких



**Рис. 2. Укрытие в виде мата из автомобильных шин:** а - укладка шин автокраном; б - общий вид укрытия

кусков будет полностью исключена. Это позволяет на время взрыва не убирать технику из карьера, оставляя ее на безопасном тридцатиметровом расстоянии от взрываемого блока. Для обеспечения полной безопасности взрывы можно производить в разрыв между сменами или в обеденное время, когда рабочие уходят из карьера.

Подготовительно-восстановительные работы в данном случае будут заключаться лишь в планировке части блока обруивания, контактирующей с взорванным блоком.

Вторая задача - минимизация размера кусков взорванной породы увеличением времени действия взрыва на массив решается следующим образом. Необходимым и достаточным критерием максимальной передачи энергии взрыва в массив является рассредоточенный воздушным промежутком заряд в комбинации с невылетающей до разрушения массива короткой забойкой.

Скважинные заряды, рассредоточенные воздушными промежутками, дают возможность значительно повысить полезную работу взрыва за счет уменьшения доли энергии на переизмельчение породы вокруг скважины бризантным действием ВВ. При этом достигается более равномерное и мелкое дробление скальных горных пород; размер среднего куска уменьшается в

1,5...2,0 раза, выход негабарита снижается от двух до десяти раз, а в некоторых случаях полностью исключается. Объясняется это тем, что при взрывании зарядов с воздушными промежутками образуется газовая полость заметно большего объема, чем при применении сплошного заряда. Объем же разрушенной породы должен быть пропорционален объему газовой камеры. Перекачка энергии взрыва из продуктов детонации в ударную волну происходит именно в процессе расширения продуктов взрыва, поэтому, чем больше объем газовой камеры, тем относительно большая часть энергии переходит в ударную волну и тем, следовательно, больше при прочих равных условиях должен быть объем разрушенной породы [3].

Наиболее технологично применение в качестве воздушного промежутка вспененного полистирола [4]. Плотность пенополистирола составляет 10–15 кг/м<sup>3</sup>, и он содержит в гранулах до 98 % воздуха. Однако такая малая плотность материала создает некоторые трудности: в ветреную погоду пенополистирол при засыпке из мерной емкости в скважину раздувается ветром, что требует применения дополнительных приспособлений (воронок, рукавов и пр.). Кроме того, гранулы пенополистирола электризуются, что также затрудняет засыпку его в скважину.

Для устранения указанных недостатков целесообразно формировать воздушные промежутки в скважинах выполненными из пенопласта элементами различной формы, свободно проходящими в скважину.

В скважинах правильной цилиндрической формы постоянного диаметра воздушные промежутки предлагается создавать параллелепипедами с длиной одной из граней, равной высоте воздушного промежутка. Размеры поперечного сечения параллелепипеда должны, с одной стороны, обеспечить свободное прохождение элемента в скважину, с другой стороны – обеспечить изгибную прочность элемента.

В скважинах, пробуренных в породах нарушенной структуры, имеющих вывалы стенок, воздушные промежутки также предлагается создавать параллелепипедами с длиной одной из граней, равной высоте воздушного промежутка, в соответствии с вышеприведенными рекомендациями.

В скважинах, искривленных относительно продольной оси, создание воздушного промежутка установкой параллелепипеда с длиной одной из граней, равной высоте этого промежутка, затруднено, поэтому следует применять элементы кубической формы. Они свободно, не зависая, опускаются в скважину, обеспечивают минимальный коэффициент заполнения скважины пенопластом, что снижает его расход. Заданная высота воздушного промежутка определяется количеством уложенных элементов, что не требует затрат времени на замеры.

Таким образом, на блоке подготовки к взрыву зарядка скважин ведется с образованием воздушных промежутков установкой элементов из пенопласта.

Другим условием, обеспечивающим хорошее дробление породы, является применение укороченной забойки. [5]. При этом конструкция забойки, расположенной вблизи устья скважины, над воздушным промежутком, должна обес-

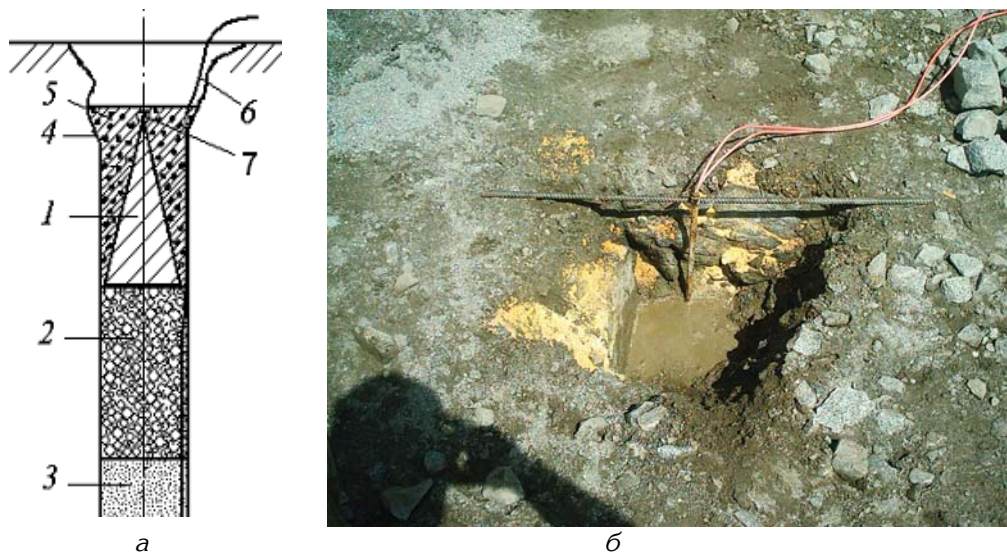
печивать полное противодействие ее выбросу действием взрыва до момента разрушения массива [6].

Этим условиям не отвечают засыпные забойки, длина которых велика. Большинство отечественных и зарубежных ученых считает, что оптимальное соотношение длины засыпной забойки и диаметра скважины составляет от 14 в трудновзрываемых породах и до 28 в легковзрываемых, в зависимости от свойств ВВ и породы, а также направления инициирования скважинного заряда.

Таким образом, требуется такая забойка, которая имела бы малую длину, располагалась у устья скважины, и надежно заперла скважину до момента разрушения массива. Конструкции таких забоек были разработаны и испытаны в ТОГУ.

В скважинах с вывалами и трещинами в стенках следует применять бетонные забойки. При формировании монолитной бетонной забойки бетонная смесь заполняет впадины и трещины в стенках скважины. Изготовленная таким образом забойка даже из обычного, а не расширяющегося цемента, после взрыва удерживается в скважине не за счет сил трения и сцепления между стенками скважины и монолитной забойкой, а бетон работает на срез, возникающие при этом сопротивления соизмеримы сопротивлениям горной породы.

Нами предложена бетонная комбинированная забойка, включающая конический элемент 1 (рис. 3), выполненный из пенопласта и обращенный узким концом к устью скважины. Он расположен на пробке 2 из пенополистирола, отделяющей его от заряда ВВ, а материалом забойки между ним и стенками скважины является бетонная смесь. Конический элемент выполнен с основанием диаметром на 4...8 % меньше диаметра скважины. Использование конического элемента позволяет ускорить процесс формирования забойки и



**Рис. 3. Конструкция (а) и исполнение (б) бетонной забойки**

уменьшить объем доставляемой на блок бетонной смеси.

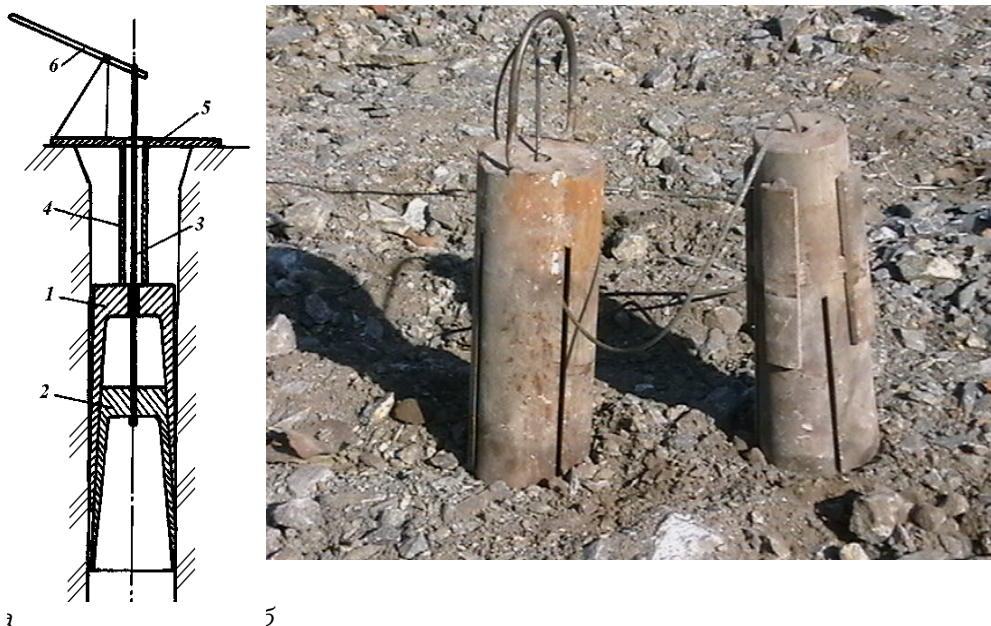
Бетонную забойку формируют следующим образом. В скважине 4 формируют заряд ВВ 3 заданной высоты и выводят проводник инициирующего импульса 6 вдоль стенки скважины. Над зарядом ВВ размещают пробку из пенополистирола засыпкой гранулированного вспененного полистирола на расчетную высоту. На пробку на шнуре опускают конический элемент острием вверх, используя кольцо 7. Затем заливают бетонную смесь 5. Вспененный полистирол препятствует утечке жидкой части бетонной смеси. На этом процесс формирования бетонной забойки заканчивается, и она остается до набора бетонной смесью необходимой прочности. При использовании быстротвердеющего цемента этот процесс завершается в течение нескольких часов, а зарядка блоков обычно продолжается в несколько раз дольше. После отвердевания бетонная смесь получает прочное сцепление с коническим элементом и стенками скважины, превращая забойку в единый монолит.

В скважинах с гладкими, ненарушенной структуры стенками бетонная монолитная забойка при взрыве не может удержаться в скважине за счет сил трения и сцепления со стенками, поэтому здесь целесообразно применять распорные металлические забойки (рис. 4).

Подвесная металлическая забойка [7] представляет собой разрезанный параллельно образующей на четыре элемента цилиндр 1, в который вставлен полый распорный конус 2 с канатиком 3.

Забойка устанавливается в скважине с помощью натяжного приспособления, для чего она опускается на такую глубину, чтобы распорная труба 4 была на уровне поверхности уступа. Затем на скважину устанавливается натяжное приспособление 5, канатик забойки пропускается через отверстие платформы приспособления. Распорная труба упирается в платформу приспособления и удерживает разрезной цилиндр забойки в неподвижном положении, а распорный конус канатиком через натяжной рычаг 6 втягивается в цилиндр и создает предварительный распор забойки в стенки скважины. При взрыве динамический удар газов по





**Рис. 4. Подвесная металлическая забойка:** а – схема забойки; б - элементы забойки; в – забойка в сборе

распорному конусу вдавливает его в стенки цилиндра и окончательно заклинивает забойку в скважине.

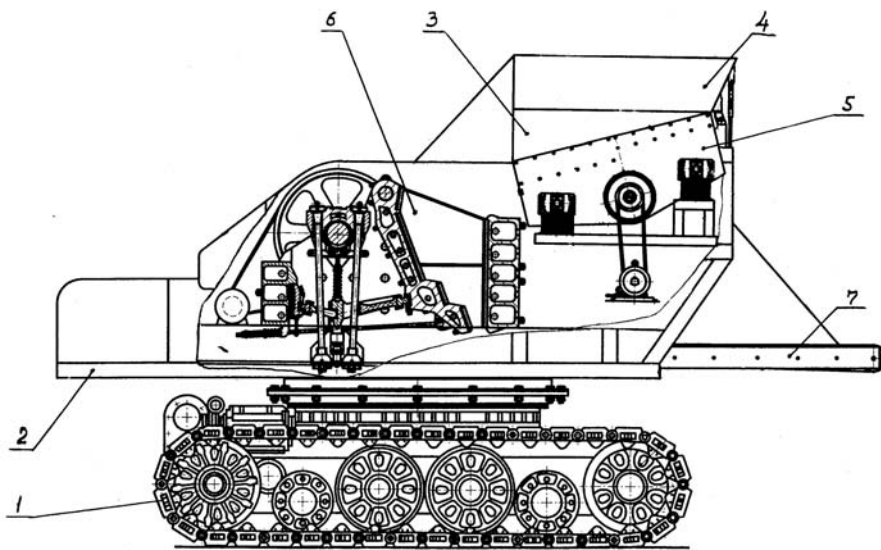
По предлагаемой технологии после зарядки в зависимости от структуры стенок скважины, устанавливаются бетонные или металлические забойки.

Третья задача - доизмельчение неизбежно остающиеся крупных кусков породы до размеров, определяемых возможностями ленточных конвейеров, решается применением самоходного дробильного агрегата с дробилкой специальной конструкции.

На блоке выемки экскаватор 4 (см. рис. 1) выгружает горную массу в приемный бункер самоходной дробилки 5. На вибрационном грохоте приемного бункера порода предварительно сортируется на две фракции: куски породы размером до 400 мм отправляются на конвейер 6 под дробилку, более крупные куски измельчаются в дробилке и подаются на тот же конвейер, с которого горная масса поступает на забойный конвейер 7, а с него – на сборочный конвейер 8.

В настоящее время разработаны и находятся в эксплуатации различные типы самоходных дробильных агрегатов [8]. На них устанавливаются щековые, конусные, валковые и роторные дробилки. Самоходные агрегаты с щековыми дробилками имеют большие габаритные размеры по высоте, что требует применения экскаваторов с увеличенной высотой разгрузки. Относительно меньшими габаритными размерами по высоте обладают конусные, валковые и роторные дробилки, а также конусно-валковые крупного дробления. Однако все эти дробилки спроектированы для условий работы на обогатительных фабриках, где одним из главных требований является получение большой степени измельчения материала.

Совершенно другая задача ставится дробилкам, предназначенным для внутрикарьерного дробления – измельчение крупных кусков материала до размеров, определяемых возможностями ленточных конвейеров. Дробление же пород до размера, достаточного для загрузки в мельницы, следует проводить не в



**Рис. 6. Конструктивная схема самоходной дробильной установки:** 1 – гусеничное ходовое оборудование; 2 – платформа; 3 – приемный бункер; 4 – откидывающиеся боковины бункера; 5 – виброгрохот-питатель; 6 – щековая дробилка со ступенчатой камерой дробления; 7 – поворотный ленточный конвейер

карьере, а на обогатительной фабрике. Это позволит уменьшить количество оборудования в карьере, снизить его массу и, соответственно, стоимость монтажных и строительных работ, облегчит организацию перемещения дробильных агрегатов с одного концентрационного горизонта на другой по мере углубления карьера и уменьшит эксплуатационные расходы на дробление. Кроме того, значительно снизятся затраты энергии, потребляемой дробильным оборудованием в карьере, что облегчит решение вопросов его энергопитания.

Для дробления кусков горной массы большого размера и высокой прочности наиболее подходят щековые дробилки с простым движением щеки, способные развивать большие раздавливающие усилия. Однако габаритные размеры по высоте выпускаемых промышленностью дробилок велики. Этим требованиям в большей степени отвечает щековая дробилка со ступенчатой камерой дробления [9], разработанная в ТОГУ (рис. 5).

Дробилка с камерой дробления ступенчатой формы, по сравнению с тра-

диционной щековой дробилкой, имеет при том же размере загрузочного отверстия на 30 % меньшую высоту камеры дробления, не переизмельчает материал, обладает большей производительностью и меньшей энергоемкостью.

Буровые станки 11 (см. рис. 1) обуривают в первую очередь часть блока, отстоящую от заряжаемого блока на ширину запретной зоны. Для обеспечения производительности по бурению, заданной производительностью экскаватора, устанавливается необходимое количество буровых станков. После взрыва добуривают запретную 30-ти метровую зону, одновременно проводя зарядку блока. После завершения обуривания блока буровые станки переходят на следующий блок.

Таким образом, для создания поточной технологии выемки горных пород на карьерах, требуется рассредоточение воздушными промежутками зарядов в комбинации с невылетающими до разрушения массива забойками, на взрываемом блоке должно устанавливаться укрытие в виде мата, связанного

из изношенных автомобильных шин, а доизмельчение крупных кусков породы

– в самоходном дробильном агрегате.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шевкун Е.Б.* Взрывные работы под укрытием. / Е.Б. Шевкун. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2004. – 202 с.
2. *Способ взрывания уступов под укрытием:* Пат. 2265796 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F42D 5/00. / Шевкун Е.Б., Лешинский А.В., Шевкун Т.И. - №2004117303/03; заявл. 07.06.2004; опубл. 10.12.2005. Бюл. № 34., – 5 с.
3. *Баум Ф.А.* К вопросу оценки эффективности действия взрыва зарядов с воздушными промежутками. / Ф.А. Баум // Сб. Взрывное дело № 54/11. М.: Недра, 1964. – С. 48-52.
4. *Жаркенов М.И.* Результаты промышленных испытаний скважинных зарядов с промежутками из гранулированного полистирола. / Жаркенов М.И., Бекетаев Е.Б., Кинеев Т.А., Жунусов К.Н. // Сб. Взрывное дело № 78/35. М.: Недра, 1978. – С. 102-106.
5. *Демидюк Г.П.* Влияние забойки на степень дробления горных пород взрывом / Г.П. Демидюк, В.Д. Росси, Н.Ф. Андриянов, В.А. Усачев // Сб. Взрывное дело № 53/10. М.: Недра, 1963. – С. 96-105.
6. *Яковенко А.И.* Расчет скважинных зарядов в карьерах. / А.И. Яковенко // Сб. Взрывное дело № 51/8. М.: Недра, 1963. – С. 108-120.
7. *Подвесная забойка:* Пат. 2286534 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F42D 1/08. / Лешинский А.В., Шевкун Е.Б. Левин Д.В., Матушкин Г.В. - №2005108146/03; заявл. 22.03.2005; опубл. 27.10.2006. Бюл. № 30., – 5 с.
8. *Справочник.* Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Винницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994.- 590 с.
9. *Шековая дробилка:* Пат. 2272671 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 02С 1/04. / Лешинский А.В., Секисов Г.В., Шевкун Е.Б., Эунап Р.А. - №2004114056/03; заявл. 06.05.2004; опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9., – 3 с. **ГИАБ**

### Коротко об авторе

*Лешинский А.В.* – кандидат технических наук, доцент, Тихоокеанский государственный университет, rector@khstu.ru



РУКОПИСИ,

**ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ  
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Хотченков Е.В., Абаимов В.В.* Инвестиционная стратегия развития и проведения геологоразведочных работ (698/07-09 от 15.04.09) 3 с.