

УДК 622.235

**Ш.А. Камолов**

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВАНИЯ РАЗНОПРОЧНЫХ МАССИВОВ В УСЛОВИЯХ ФОСФОРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УЗБЕКИСТАНА**

*Проведен анализ эффективности взрывания разнопрочных массивов в условиях фосфоритовых месторождений Узбекистана. Показано, что традиционные схемы взрывания малоэффективны при сложной геологической структуре массивов и большом разбросе пород по прочностным свойствам.*

*Ключевые слова: разнопрочные породы, оптимизация, забои разных типов, камуфлетная полость, взрыв.*

Семинар № 5

**S.A. Kamolov**

### **THE ANALYSIS OF THE EFFECTIVE BLASTING OF THE ROCK MASS OF DIFFERENT RIGIDITY IN THE CONDITIONS OF PHOSPHATE DEPOSITS OF UZBEKISTAN**

*The article gives an analysis of the effectiveness of exploding massives within Uzbekistan's phosphorite deposits. The results reveal that traditional explosion schemes are of little effectiveness given the complex geological structure of the massives and a big variation of rock with regards to its strength property.*

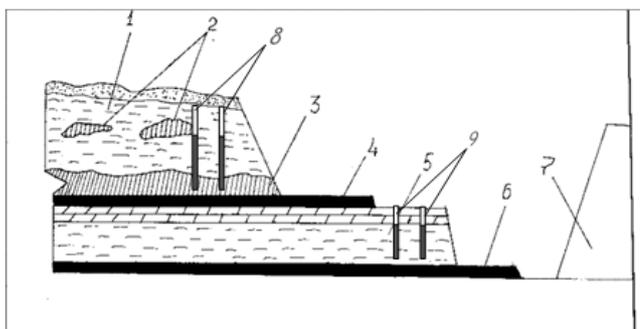
**Г**орно-геологические условия месторождения Джарой-Сардара представлены разнопрочными породами, которые перекрывают два пологих фосфопласта малой мощности и предъявляют особые требования к буровзрывным работам.

Вскрышные породы месторождения представлены сверху вниз супесями и суглинками, галечником и конгломератами, бентонитовыми глинами, глинистым мергелем. Они условно разделены на внешнюю (первый уступ) и внутреннюю (второй уступ) вскрышу (рис. 1). Породы внешней вскрыши – комплекс пород рас-

положенный над первым фосфопластом, а в краевых частях месторождения над вторым. К внутренней вскрыше отнесены породы между первым и вторым фосфопластами (междупластье). Мощность внешней вскрыши в зависимости от рельефа и падения фосфопластов колеблется от 3 до 30 м, в основном 12-20 м. Мощность междупластья колеблется от 8 до 12 м и в основном составляет 10 м [1].

Опытно-промышленными работами по безвзрывной экскаваторной разработке первого и второго вскрышных уступов установлено: нижняя часть обоих уступов (сложенная незагипсованными, некарбонатизированными глинами) легко поддается прямой экскавации; верхняя – сложена более крепкими породами и ее непосредственная экскавация весьма затруднительна, а зачастую для гидравлического экскаватора и фронтального погрузчика вообще невозможна.

Практикой ведения буровзрывных работ по разнопрочным породам было установлено, что после взрыва на поверхности взрывааемых блоков, образовывались участки вспучивания с



**Рис. 1. Схематический разрез карьера:** 1 – внешняя вскрыша (мощность 3- 30 м, в среднем 12-20 м); 2 - твердые пропластки; 3 - известковый мергель (средняя мощность 3 м); 4 – первый фосфоласт; 5 - внутренняя вскрыша; 6 – второй фосфоласт; 7 - внутренний отвал; 8, 9 - взрывные скважины

трещинами и заколами без «шапки» из взорванной горной массы, а последующая отработка блоков показала низкое качество рыхления с наличием в нижней части уступа камуфлетных полостей, которые представлены на рис. 2. В связи с этим можно сделать вывод, что основная часть энергии взрыва затрачивается на уплотнение мягких глин в нижней части уступа, и лишь незначительная часть энергии расходуется непосредственно на рыхление крепкой верхней части уступа.

Компоненты вскрышных пород отличаются друг от друга по физико-механическим свойствам и акустической жесткости в несколько раз (табл. 1), что затрудняет эффективное использование в этих условиях традиционных методов управления энергией взрыва.

При оценке необходимости применения взрывного рыхления целесообразно разделить породы месторождения на пять условных групп по степени влияния на параметры БВР (табл. 2):

Для имеющихся в настоящее время горно-геологических условий выделено четыре типовых забоя требующих рыхления (рис. 3):

Сплошной глинистый;

Сплошной гравелит;

Разнопрочный массив из гравелита и глин внешней вскрыши;

Разнопрочный массив из гравелита и глин внутренней вскрыши.

С целью оптимизации параметров БВР для каждого типа забоя были проведены опытно-промышленные взрывы блоков с различными конструкциями заряда, размерами сеток и диаметрами взрывных скважин, типами и удельными расходами ВВ, в ходе которых оценивалось качество проработки пород 2-4 групп. [1-3].

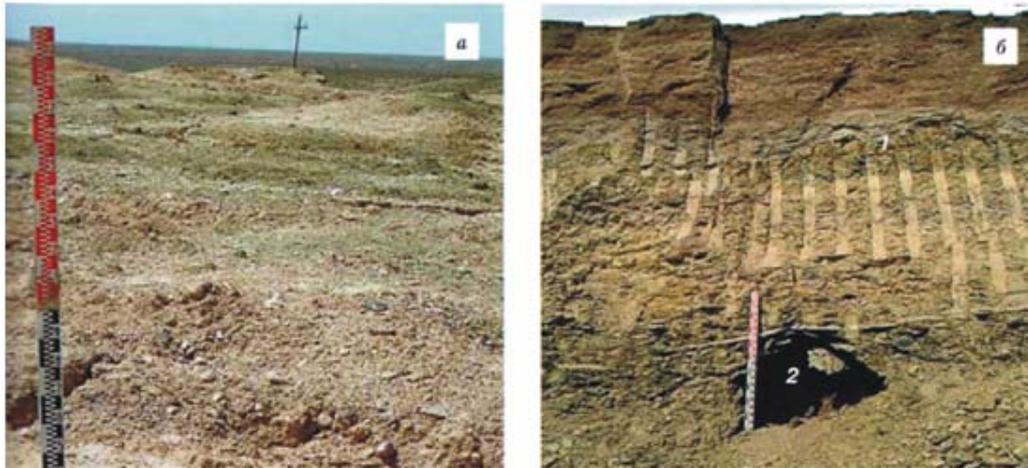
**1. Забой 1 типа** (Сплошной глинистый).

Трудностей с качеством рыхления не возникает. Могут применяться любые типы ВВ.

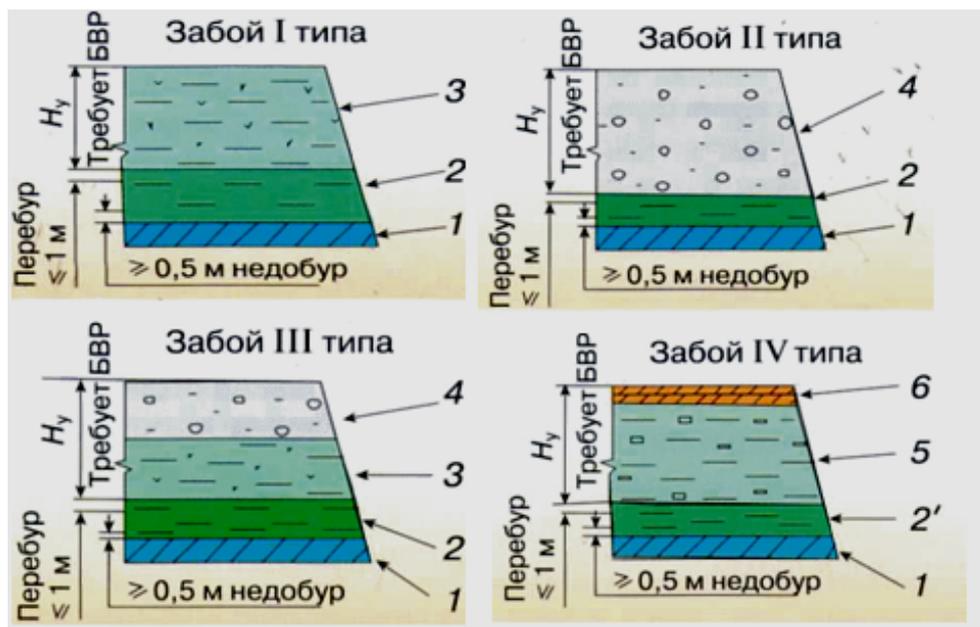
**2. Забой 2 типа** (Сплошной гравелит)

Проведенные опытно-промышленные работы показали, что применение на данных участках в качестве ВВ игданита характеризуется низким качеством проработки массива. Кроме того, зарядание данных блоков зарядными машинами МЗ-4 весьма затруднительно из-за несоответствия ёмкости дозатора машины (100 кг) и зарядов в скважинах, а также габаритов машины и расстояния между рядами скважин. Задача зарядки данных блоков и качественного рыхления массива решается путем применения на данных участках Нобелана 2080 и смешительно-зарядных машин «Скания».

Сложности при взрывном рыхлении массива 2 типа возникают в краевых частях месторождения при мощности вскрыши до 7 м.



**Рис. 2. Поверхность развала и забой блока разнопрочных пород, взорванного на всю высоту по традиционной технологии: а - непроработанная часть; б - камуфлетная полость в пластичных глинах**



**Рис. 3. Типовые забой при разработке Джерей-Сардаринского месторождения: 1 - фосфоласт; 2 и 2' - бентонитовая глина (пластичная); 3 - заглипсованная глина (плотная); 4 и 4' — гравелиты (конгломераты); 5 - глинистый мергель; 6 - известковый мергель (полускальный);  $H_y$  — высота уступа вскрыши**

Таблица 1

**Выделенные группы геологических разностей пород Джерой- Сардаринского месторождения по степени влияния на параметры БВР**

Показатель	Песок эоловый, супеси, суглинки, дресва	Гравелиты, загипсованные на известковистом цементе	Глина плотная, известковистая, загипсованная	Мергель глинистый	Фосфориты, крепко сцементированные
Мощность слоя, м	0,5÷4,0 1,2	0,8÷9,0 3,2	0÷25 10,2	8÷15 10,2	0,35÷1,05 0,63
Объемная масса, т <sup>3</sup> /м	1,36÷1,96 1,78	2,0	1,61÷2,09 1,85	1,64÷2,0 1,86	2,17÷2,37 2,27
Влажность, %	2,8	3,2	15,6	6,6	2,24
Пористость, %	2,8	-	31,0	31,9	13,9
Предел прочности на сжатие, МПа	0,006÷1,42 0,42	до 50	1,4÷22,1 11	-	38,9÷49,4 45,7
Сцепление, МПа	-	-	1,6÷8,0 4,7	3,6÷10,2 6,4	-
Коэффициент крепости по Протодюжакову	0,2-1,4	4-5	2	2-4	3-5
Коэффициент разрыхления	1,2	-	1,29	1,28-1,36	1,42

При большей мощности, в связи с относительной однородностью массива, сложностей не возникает и необходимая степень дробления достигается большим количеством комбинаций диаметра, сетки взрывных скважин и типа применяемого ВВ.

**3. Забои 3 типа** (Разнопрочный массив из гравелита и глин внешней вскрыши).

Самым сложным по обеспечению необходимого качества проработки массива является данный тип забоев, представленный сверху гравелитами (конгломератами), ниже загипсованными глинами переходящие в вязкую и пластичную глину. При этом основной проблемой является выявление загипсованных и цементированных участков в данных породах.

Важным фактором эффективного взрывного рыхления разнопрочного массива, является выбор параметров

взрывных работ, обеспечивающий выполнение установленных зависимостей между сеткой взрывных скважин и конструкцией заряда, которые зависят от конкретных горно-геологических условий участка.

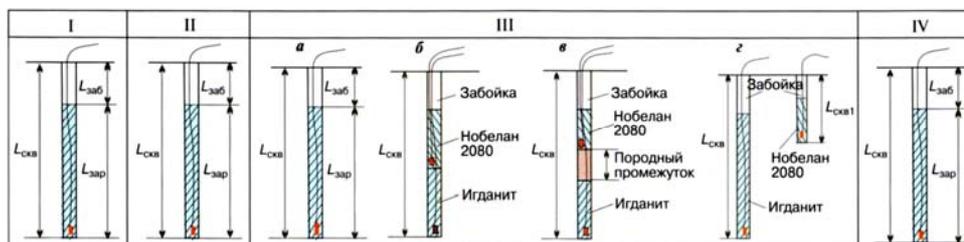
Опытно-промышленные работы в забоях данного типа включали оценку области применения трех схем БВР (рис. 4):

Первая – рассредоточение скважинного заряда и размещение его нижней части в твердых глинах, верхней части – в гравелитах. Вторая – дополнительные заряды в коротких скважинах пробуренных до контакта гравелита и твердых глин. Данная конструкция предназначена для массива сложенного в верхней части цементированными гравелитами и конгломератами. Третья – разрежение сетки или уменьшение диаметра взрывных скважин для сохранности

Таблица 2

**Выделенные группы геологических разностей пород Джерой-Сардаринского месторождения по степени влияния на параметры БВР**

Условная группа	Геологические разности пород, слагающие уступы	Мощность, м	Крепость $f$ по шкале Протодяконова, ед, при 0	Степень влияния на параметры БВР
Рыхлые отложения	Супеси и суглинки. Покрывают всю поверхность месторождения, имеют относительно выдержанную мощность. В основном рыхлые и пористые, иногда в подошве загипсованные с галькой коренных пород	0,5-2	<2 при <20 МПа	Оказывают влияние на устойчивость устьев взрывных скважин, создают затруднения при передвижениях буровых станков и зарядных машин. Предварительно удаляются без БВР
Крепкие включения	Гравелиты и конгломераты. Залегают на глинах, не выдержаны по простиранию и мощности, местами полностью или частично эродированы. На поверхности выветренные и рыхлые, ниже — плотные и сцементированные	0--9	2-5 при 40-50 МПа	Разработка без взрывного рыхления невозможна, оказывают максимальное влияние на параметры БВР
	Известковистый (полускальный) мергель. Подстилает первый фосфопласт, с глубиной переходит в пластичную глину	0,5--1	2-5 при > 50 МПа	
Твердые глины	Загипсованные и карбонатизированные участки глин повышенной крепости, с глубиной их пластичность и вязкость повышаются. Распространены во внешней вскрыше	2-4	3-4 при 30-40 МПа	Требуют взрывного рыхления для повышения эффективности работы выемочно-погрузочного оборудования
	Глинистый мергель, переслаивающийся с известковистой глиной. Подстилает полускальный мергель междупластья	6-7,5	3-4 при 20-40 МПа	
Пластичные глины	Бентонитовая глина, имеет повышенную влажность и пластичность. Распространена в нижней части вскрышных уступов	0-20	2-4 при <20 МПа	Не требуют взрывного рыхления. Снижают эффективность БВР
Рудный пласт	Фосфоритные пласты, имеющие промышленное значение (первый и второй), обрабатываемые фрезерными комбайнами	0,5-1	2-5 при 30-90 МПа	Требуют предохранения от взрывного воздействия для сохранения геологической целостности пласта



**Рис. 4. Конструкция скважинных зарядов для типовых забоев. (I-IV):**

I, II, III а, IV- сплошной заряд; III- б и в - комбинированный и рассредоточенный соответственно; III, г - основной и вспомогательный; q - удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>; I- 0.6 (игданит); II - 0.65 (нобелан 2080); III, а - 0.7-0.8 (игданит); III, б-г - 0.65 (игданит/нобелан); IV - 0.65 (игданит).  $L_{скв}$ ,  $L_{зар}$ ,  $L_{заб}$  - длина (глубина) соответственно скважины, колонки заряда ВВ, забойной части скважины, м; I-  $L_{заб} = 0,3L_{скв}$ ; II- 2.5 -3.0 м; III, IV-  $0,2 L_{скв}$ .

удельного расхода ВВ при увеличении длины колонки заряда. Данная конструкция предназначена при взрывании уступа сложенного в верхней части плотными гравелитами.

Взрывание блоков по первой схеме производилось с применением неэлектрической системы инициирования EXEL. Схема монтажа взрывной сети – «квадратная» с началом в центре.

В результате визуальных осмотров экспериментальных блоков со сплошной конструкцией заряда на поверхности взорванного блока выявлены трещины и заколы без образования «шапки» из взорванной горной массы, а с рассредоточенными зарядами – равномерный подъем с «шапкой» взрыва.

Необходимо отметить, что применение первой схемы БВР отличается большой трудоемкостью процесса заряжания и трудностью применения механизированного заряжания, большей продолжительностью по времени и возможно только при малых объемах взрывания.

Для оценки эффективности проведения взрывов в разнопрочных породах с диаметрами скважин 215 и 250мм были обураны и взорваны экспериментальные блока с различными сеткой бурения и удельными расходами

ВВ. Критериями для оценки эффективности взрыва опытного блока явились: качество развала и фракционный состав взорванной массы.

Взрывание экспериментального блока № 7 производилось с применением неэлектрической системы инициирования СИНВ. Рассредоточение заряда не производилось в связи с трудоемкостью заряжания скважин, поэтому было принято решение об увеличении удельного расхода ВВ. В результате визуального осмотра блока после взрыва на его поверхности образовались участки вспучивания с трещинами и заколами без «шапки» из взорванной горной массы, а последующая отработка данного блока показала низкое качество рыхления, с проявлением в нижней части уступа камуфлетных полостей, в связи с чем можно сделать вывод о том, что основная часть энергии взрыва затрачивается на уплотнение мягких глин в нижней части уступа, и лишь незначительная часть энергии расходуется непосредственно на рыхление крепкой верхней части уступа.

На экспериментальных блоках №11 и №55 были произведены взрывы с рассредоточенными зарядами. В результате визуального осмотра после

взрыва установлено, что «шапка» из разрыхленной горной массы составила 2,5-3 м и имеется развал до 4-5 м. В апреле произведена отработка данных блоков экскаватором ЭКГ № 47, в ходе которого выявлено следующее: вся часть забоя прорабатывается практически полностью, негабаритная фракция отсутствует, угол откоса уступа удовлетворяет требованиям безопасности.

Последующие взрывы проведены при мощности слоя гравелитов 6-7 м. Скважины бурили станком СБШ-250 с диаметром 250мм в количестве 30 шт с сеткой 7х7м. В качестве взрывчатого вещества на опытном блоке использовали игданит и нобелан 2080. В каждой скважине было установлено по 2 промежуточных детонатора нобелит 2167 диаметром 70 мм и массой 2 кг – в верхней и нижней части заряда, которые в дальнейшем взрывались одновременно с осуществлением встречного инициирования. Удельный расход ВВ для игданита составил 0,75 кг/м<sup>3</sup>, а для нобелана 2080 - 0,65 кг/м<sup>3</sup>. Выход горной массы с одного погонного метра – 49 м<sup>3</sup>/м. Объем блока составил 8,1 тыс. м<sup>3</sup>.

После взрывов в процессе отгрузки проанализирован гранулометрический состав горной массы. Среднее значение максимального размера куска при встречном инициировании составило 51 см, тогда как при одностороннем составляло 86,9 см. При максимальной линейной фракции 1200 мм содержание фракций при встречном инициировании составило 5,5 %. [2].

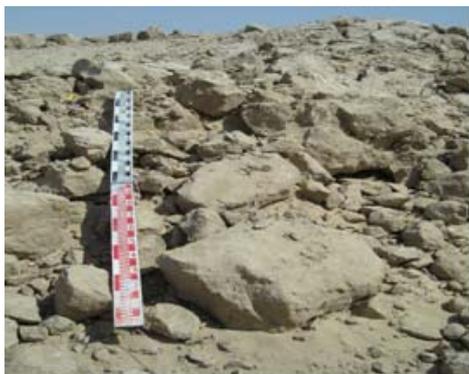
Анализ показал эффективность указанного способа, однако при этом имеет место высокая трудоемкость заряжания скважин в связи с технологической сложностью конструкции заряда. Также завышен удельный расход ВВ, что экономический нецелесообразно.

**4. Забой 4 типа** (Разнопрочный массив из гравелита и глин внутренней вскрыши)

Особенностью данного типа забоев является то, что находясь между первым и вторым рудными пластами (междупластье) они имеют выдержанную мощность и требуют взрывного рыхления на высоту 7– 8 м. Взрываемый уступ междупластья представлен крепким пропластком полускального мергеля мощностью 0,8-1,2 м сверху, ниже – более мягкими прослойками мергелей и глин мощностью 7-7,5 м. В результате взрыва верхняя крепкая часть уступа прорабатывается неудовлетворительно, что подтверждается качеством дробления массива блоков № 42 и № 50

Для определения влияния конструкции заряда на качество проработки междупластья были обурены и взорваны экспериментальные блоки с различными сетками и диаметрами скважин, типами и удельными расходами ВВ.

В ходе опытно-промышленных работ установлено, что скорость бурения скважин долотом диаметром 215 мм (в комплекте со штангой диаметром 180 мм) в условиях глинистого массива выше, чем при бурении долотом 250 мм (в комплекте со штангой диаметром 203 мм) на 25-30 %, за счёт уменьшения затрубного пространства и повышения эффективности очистки забоя скважины. Кроме того, увеличение длины колонки заряда повышает качество рыхления массива. Для этого приходится разряжать сетку скважин или уменьшать диаметр взрывных скважин чтобы обеспечить сохранение удельного расхода ВВ. При этом, при применении сетки скважин 7 х 7 м диаметром 215 мм проработка верхней части забоя лучше, чем у скважин диаметром 250 мм.



а)



б)

**Рис. 5. Результаты опытно-промышленных взрывов:**

а) образование негабаритов, б) образование камуфлетных полостей

При разрежении сетки скважин до 8 x 8 м с диаметрами скважин 215 и 250 выявлено следующее: часть блока №26, взорванная зарядом игданита при диаметре взрывных скважин 250 мм, имеет качественную проработку нижней части блока, однако имеет место увеличение выхода негабаритов из верхней части забоя; на части блока №26, взорванной зарядом нобелана, по качеству образовавшейся шапки взорванной массы имеются различные участки. На части блока №26, обуренной скважинами диаметром 250 мм, взорванная горная масса имеет более крупную кусковатость, по сравнению с частью, обуренной скважинами диаметром 215 мм.

Таким образом, наибольшая эффективность рыхления массива достигается при длине колонки заряда, обеспечивающей максимальное приближение ВВ к верхнему крепкому слою гравелита за счет уменьшения длины забойки.

Для оценки возможности поднятия заряда в верхнюю часть уступа без увеличения удельного расхода ВВ была оценена глубина и степень проработки твердых глин ниже дна скважины. Для этого при проведении опытно-промышленных работ в забо-

ях 3 типа ряд участков взрывался с разным недобуром до контакта твердых и пластичных глин (блоки №46, №54 и №26/46 – 5 м, блок № 11 – 3 м, блок №55 – 2 м). Отработка этих участков выявила, что блоки с недобуром 2-3 м экскавируются по твердым глинам без особых затруднений. При недобуре 5 м экскавация затруднена.

За 10 месяцев 2007 г. произведено 69 взрывов, из них некачественными можно считать 21 взрыва. Таким образом, около 30,5% всех взрывов на карьере, можно считать некачественными. В верхней части образуются негабариты, как за счет прострелов по скважинам, так и за счет того, что основная энергия взрыва идет на образование камуфлетных полостей и вспучивание глин (рис. 5). В некоторых случаях выемка затруднена из-за наличия плотных мергелевых глин, проработка взрывом, которых оказывается недостаточной для работы выемочнопогрузочного оборудования. Это может быть обусловлено тем, что основной заряд ВВ, располагается в глинах. После взрыва происходит частичное уплотнение мергелевых глин в момент образования камуфлетных полостей.

Таким образом качественное дробление массивов в условиях фосфоритовых месторождений Узбекистана требует разработки новых оптимальных способов взрывания, учитывающих разнородность массива,

определяющей сложную структуру зоны радиальных трещин, а также пористость пород, ответственную за образование камуфлетных полостей и снижение давления продуктов детонации ВВ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубцов С.К., Котенко Е.А. «Буровзрывная подготовка разнородных пород с крепкими прогласками для поточной технологии разработки на карьерах пластовых месторождений».
2. Отчет НИТИ. На тему «Совершенствование взрывной технологии разработки фосфоритовых руд на месторождении Джерой-Сардара». Навои 2007.,60 с.
3. Бибик И.П., Рахманов Р.А., Ивановский Д.С. «Повышение эффективности взрывного рыхления разнородных массивов при разработке месторождения фосфоритов». Горный журнал.2008 №8. **ГИАБ**
4. Бибик И.П., Рахманов Р.А., Ивановский Д.С. «Повышение эффективности взрывного рыхления разнородных массивов при разработке Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов». Горный журнал.2008 №8. **ГИАБ**

#### Коротко об авторе

Камолов Ш. - аспирант кафедры «Разрушение горных пород взрывом» Московского государственного горного университета, sh\_28@mail.ru



#### ДИССЕРТАЦИИ

##### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>УХТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
КУЛЕШОВ Владислав Евгеньевич	Развитие методов интегрированного анализа гравиметрических данных на основе эволюционно-динамических принципов	25.00.16	к.т.н.