

РАЙОНИРОВАНИЕ КАРЬЕРНЫХ И ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ПО КАТЕГОРИЯМ БУРИМОСТИ И ВЗРЫВАЕМОСТИ, С ЦЕЛЬЮ СОКРАЩЕНИЯ ЗАТРАТ НА БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В РАЗМЕРЕ 20% И ВЫШЕ

Р.К. Игизбаев¹, М.К. Игизбаев¹, К.Б. Игизбаев², А.Н. Магер²

¹ Институт горного дела имени Кунаева Д.А., г. Алматы, Казахстан

² Общество с ограниченной ответственностью консалтинговый научно-технический центр «Прогнозирование и превенция геомеханических катастроф», г. Протвино, Россия

Аннотация. Разработаны математическая модель (теория) поверхностей наименьших значений критериев буримости и взрываемости руд и пород, трещиноватых криволинейно-анизотропных скальных массивов рудных месторождений, а также способ районирования карьерных и шахтных полей по категориям буримости и взрываемости. Цель исследований - сокращение затрат на проведение буровзрывных работ в размере 20% и выше, на основе разработки проектов производства работ БВР, с максимально возможным соответствием их реальным свойствам геологических тел, слагающих месторождения полезных ископаемых. Применение предлагаемых технических решений позволят достигнуть качественного дробления с минимально возможными затратами на проведение буровзрывных работ (БВР), а также обеспечить ресурсосбережение, энергосбережение при проведении БВР, обеспечить устойчивость откосов выработанных пространств, и др. Предлагаемый способ прошел апробацию на карьерах РК. Аналогии предлагаемому способу отсутствуют.

Ключевые слова: поверхности облепченной буримости и облепченной взрываемости, удельный расход, устойчивость выработанных пространств, районирование.

Введение. Первым основным технологическим процессом при разработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способами являются буровзрывные работы от качества, которого зависят технико-экономические показатели последующих технологических процессов. В общей себестоимости добычи полезных ископаемых открытым и подземным способами затраты на БВР достигают соответственно: при открытых горных работах до 70%, при подземных горных работах до 30% и более.

Основным фактором, определяющим качество БВР, является соответствие входных параметров, то есть физико-механических и деформационно-прочностных свойств геологических тел, слагающих месторождение и применяемых проектных параметров БВР. Данное соответствие достигается, путем районирования карьерных и шахтных полей по категориям буримости и категориям взрываемости. Рассмотрим основные способы районирования карьерных и шахтных полей по категориям буримости и категориям взрываемости.

Источник финансирования исследований. Предлагаемая вниманию читателей научно-техническая разработка не финансировалась ни из государственных или иных частных источников. Она выполнена в порядке частной инициативы и является частной собственностью авторов.

Методы оценки массивов горных пород по категориям буримости и взрываемости: геологический, фотометрический, сейсмоакустический и по удельной энергоёмкости бурения. **Геологический** метод основан на изучении инженерно-геологических свойств горных пород, кернавого изучения физико-механических свойств. Сам метод очень трудоёмкий [1, 2]. **Фотометрический**. Метод характеризуется большой погрешностью (относительное расхождение достигает 25%) по причине искажений на фотоснимках реальных угловых и линейных параметров, зафиксированных на них объектов и низкой оперативностью, обусловленной ручным способом получения исходной информации по фотоснимкам. Кроме того, сам фотографируемый блок (борт и подошва уступа), уже осложнен наличием искусственных трещин, образованных воздействием ранее произведенных взрывных работ, и это изначально искажает основные входные данные по оценке блочности массивов горных пород. **Сейсмоакустический и по удельной энергоёмкости бурения шарошечных скважин** [3-9]. Способ по удельной энергоёмкости не получил широкого распространения, их использование ограничивалось отдельными экспериментами. Причины этого подробно изложены в монографии И.А. Тангаева. Основные из них: большая сложность и трудоёмкость, **неоднозначность интерпретации полученных результатов** и самое главное **данные методы** (сейсмоакустический и по удельной энергоёмкости бурения шарошечных скважин) применимы на уже обуриваемом блоке, что резко ограничивает время на проектирование БВР и возможности маневрирования их параметрами. (Это заключение одного из основателей данного метода в СССР – Тангаева И.А.).

В настоящее время учеными проводятся исследования о влиянии увеличения глубины отработок месторождений на крепость пород. Результаты этих исследований однозначно свидетельствуют о увеличении

крепости пород с увеличением глубины отработок, и поэтому активно стали разрабатываться способы по ресурсосбережению и энергосбережению при разрушении горных пород взрывом [10-12].

Все имеющиеся на современном рынке способы по районированию *карьерных и шахтных полей по категориям буримости и взрываемости не могут быть использованы для этих целей, виду того, что этими способами не учитывается анизотропия массивов скальных горных пород, то есть различие значений свойств (прочностных, деформационных, электрических, тепловых и др.) горных пород по разным направлениям*.

Причины некачественного дробления горных пород, выхода негабарита, переизмельчения, и др., при проведении буровзрывных работ на открытых и подземных горных работах происходят в виду несоответствия применяемых на практике параметров БВР и реальных свойств массивов руд и вмещающих пород.

1. Буровзрывной цех любого предприятия ограничен в использовании на дроблении горной массы средним удельным расходом ВВ, согласно выполненного технического проекта по разработке месторождения, на основе усредненных показателей физико-механических свойств руд и вмещающих пород. Поэтому проводя БВР в различных литологических разностях характеризующиеся изменчивостью физико-механических свойств руд и вмещающих пород, БВР цех получает различные по качеству взрывания блоки, в одном случае это переизмельчение, в другом случае некачественное дробление и повышенный выход негабарита.

2. Наиболее распространенная практика проведения БВР основана на использовании в качестве расчетной – максимальной крепости пород, имеющейся на месторождении и как следствие максимального удельного расхода ВВ. Это однозначно сопровождается перерасходом удельного расхода ВВ.

И даже в этом случае, при расхождении крепости пород на 3-4 категории, в меньшую сторону, от максимального показателя крепости пород по М.М. Протоdjяконова f , буровзрывные работы будут сопровождаться выходом негабарита, и некачественным дроблением. И происходит это вследствие того, что взрывные скважины, будут работать на образование щели, а не дробление горной массы, т.е. взрывные скважины, будут взаимодействовать между собой.

3. Применение стандартных схем бурения и схем взрывания.

4. Низкий уровень технического выполнения взрывных работ.

5. Отсутствие на рынке способа, позволяющего с высокой точностью и достоверностью районировать карьерные и шахтные поля по категориям буримости и взрываемости.

Некачественное дробление является следствием того, что тектонические структурные формы слагающие месторождения, характеризуются неоднородной и неравномерной анизотропией геологических тел руд и вмещающих пород и значений их полей распределения физико-механических и деформационно-прочностных свойств горных пород, и их изменчивости. В настоящее время отсутствуют способы прогнозирования физико-механических свойств криволинейно-анизотропных скальных массивов горных пород, в виду отсутствия их теории прочности, потому как разработана только лишь теория прочности изотропных тел. Все существующие в настоящее время теории прочности и разрушения материалов основаны на допущениях о их сплошности, однородности и изотропности. Механика разрушения многих, помимо горных пород, материалов с ярко выраженной анизотропией их внутренних строений, обуславливающей, безусловно, анизотропию их физических свойств, не могут быть удовлетворительно описана ими.

Исполнителями данного проекта разработана математическая модель (теория) ани-

зотропного скального массива горных пород и способ районирования их физико-механических и деформационно-прочностных свойств, которая позволяет районировать карьерные и шахтные поля по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости в зависимости от направления приложения разрушающей энергии при бурении и взрывании. И для эффективного решения проблем качественного дробления криволинейно-анизотропных скальных массивов горных пород необходимо перспективное или оперативное районирование карьерных полей по категориям буримости и категориям взрываемости.

Имеющее в настоящее время несоответствия проектных параметров буровзрывных работ и фактических физико-механических и деформационно-прочностных характеристик массивов скальных руд и горных пород, сопряжены со следующими негативными последствиями: выход негабарита, и некачественная проработка подошвы забоя; простреливание взрывных скважин; перерасход ВВ и переизмельчение горной массы; нерациональное использование недр - оставление в карьерах и шахтах некачественно взорванных или отказных рудных и породных блоков; выброс в атмосферу вредных веществ вследствие вторичного дробления отказных или некачественно взорванных блоков и негабарита, и др.

В свою очередь, это имеет следствиями:

- увеличение непроизводительных затрат на вторичное дробление, уменьшение производительности выемочно-погрузочных работ, и др;

- наличие отказных взрывных блоков, затрат на вторичное перебуривание блока и производства повторного взрыва, что вызывает гораздо трудоемкие затраты, чем на вторичное дробление негабарита;

- затраты, связанные с увеличением объемов горной массы (переизмельчение отбитой горной массы) и связанные с этим дополнительные непроизводительные затра-

ты на выемочно-погрузочные и транспортные работы и непроизводительные затраты на буровзрывные работы, потери рудной мелочи и др.

Вышеуказанным обоснована актуальность проведения исследований по районированию карьерных и шахтных полей по категориям буримости и взрываемости горных пород.

Цель. Внедрение в производство предлагаемой технологии по сокращению затрат на проведение буровзрывных работ в размере 20% и выше, с получением качественного дробления обеспечивающего высокую производительность последующих технологических процессов.

Методы исследований.

1. Методы математической теории топоповерхности [14-15].

2. Методы математической геотектоники [16].

Разработанная авторами на основе сочетания научных подходов перечисленных выше авторов, а также методов и средств теории Механики деформируемых сред (Теории упругости и Теории пластичности) – методов новой ветви науки **Механики месторождений полезных ископаемых** [17-21].

4. Теория и способы проведения БВР [22-25].

5. Авторами выполнены фундаментально-прикладные разработки для решения проблемы прогнозирования физико-механических и деформационно-прочностных свойств криволинейно-анизотропных скальных массивов горных пород карьерных и шахтных полей, не имеющих Мировых аналогов и они представляют собой научно-технический прогресс (НТП) включающий:

5.1. Завершенный цикл фундаментальных и прикладных исследований – разработки математической модели анизотропного скального массива горных пород или же *основ теории прочности анизотроп-*

ных скальных массивов руд и пород, и теории поверхностей облегченной буримости и облегченной взрываемости криволинейно-анизотропных массивов руд и пород. (В настоящее время науке известны только теории прочности изотропного тела).

5.2. Разработку **проектов** (способов):

5.2.1. **Районирования** эксплуатационных горизонтов карьерных и шахтных полей по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости руд и вмещающих пород.

5.2.2. **Ведения** буровзрывных работ (БВР) с применением их индивидуального паспорта для каждой категории с целью сокращения затрат на их отбойку в размере 30% и выше.

Авторами ранее были проведены положительные апробации предлагаемого способа на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан с проведением массовых взрывов.

В публикациях [17-21] изложены основные положения теории прочности анизотропных скальных массивов руд и вмещающих пород.

Разработанная авторами математическая модель анизотропного скального массива горных пород, позволяет районировать карьерное и шахтное поле по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости в зависимости от направления приложения разрушающей энергии при бурении и взрывании.

Основой для проведения данных исследований является разработанная к.т.н., проф. К.Б. Игизбаевым: *«Геоструктурная теория прочности и их хрупко, а также псевдопластического разрушений конструкций систем подземной и открытой эксплуатации месторождений полезных ископаемых, сложенных множествами криволинейно-анизотропных геологических тел полезных ископаемых и вмещающих пород»*. На основе разработанной теории, применительно к проведению БВР

разработан способ: «Районирование карьерных и шахтных полей по категориям буримости и взрываемости и ведения БВР с применением их индивидуальных паспортов для каждой категории, с целью сокращения затрат на отбойку в размере 20% и выше».

Авторами разработана совершенно новая концепция проектирования параметров буровзрывных работ, учитывающая направление действия взрывного разрушения горных пород и применения в расчетах свойств горных пород по направлению действия взрыва.

Идея Проекта. Предлагаемая инновационная технология отбойки основана на идее максимальной эксплуатации *эффекта наименьшей сопротивляемости разрушению буровзрывным способом*, материалов (руд и пород) геологических тел рудных месторождений по их поверхностям, условно названным авторами поверхностями их облегченной буримости и облегченной взрываемости. *То есть, Идея Проекта заключается в эксплуатации свойств массивов горных пород – анизотропии массивов горных пород – различии свойств массивов горных пород по разным направлениям.*

Буримость и взрываемость литологической разности одного петрографического наименования, соответствующие их облегченным поверхностям называются облегченной буримостью и облегченной взрываемостью данной литологической разности.

Различия с позиций предлагаемого способа, по разрушению массивов горных пород буровзрывным способом, при его разработке открытым или подземным способом - нет. Необходимо только учитывать пространственную ориентацию взрывных скважин и шпуров относительно поверхностей облегченной буримости и облегченной взрываемости. Предлагаемая статья и приводимые конкретные результаты использования способа показаны на примерах районирования карьерных и шахтных полей.

Сущность и концептуальные основы предлагаемого инновационного способа отбойки руд и пород карьерных и шахтных полей месторождений. Предлагаемый инновационный способ включает:

- бурение взрывных скважин, которые располагаются по сетке, определяемой с использованием отображаемых на вертикальные проекции и планы горных работ графиков, направляющих поверхностей неоднородной (криволинейной) анизотропии буримости и взрываемости скальных трещиноватых литологических разностей, то есть, руд и пород эксплуатационных горизонтов месторождений:

- зарядание отбойных скважин и взрывание зарядов взрывчатых веществ.

Отбойные скважины располагаются компланарно спрямленным поверхностям наименьших сопротивлений руд и пород разрушению при бурении, *ортогональным* поверхностям, по которым будут происходить их разрушения при взрывании и которые обладают наименьшими сопротивлениями дроблению их взрывом.

Краткое описание технологии. Прочность (крепость) геологических тел подвергаемых БВР, при открытой или подземной системе разработок не определяются единичными замерами физико-механических и деформационно-прочностных свойств горных пород или же их усредненного значения, а также применениями в расчетах однородных математических моделей, а определяются направлениями и ориентациями поверхностей линий скольжений (сетки скольжений), или же, что то же самое, следами максимальных касательных напряжений, разрабатываемых авторами. Изменение направлений и ориентаций линий скольжений в геологических телах подвергаемых БВР, характеризуют изменение деформационно-прочностных и физико-механических свойств горных пород, вследствие чего, расчеты авторов основываются не на усредненных или же единичных замерах значений деформационно-прочност-

ных и физико-механических свойств горных пород, а учитывают направления, значения и изменения вышеуказанных свойств массивов горных пород, которые и определяют прочность (крепость) пород геологических тел. На основании разработанной сетки скольжения производится построение поверхностей облегченной буримости и облегченной взрываемости, а также расчет и районирование карьерных и шахтных полей по категориям буримости и взрываемости, что позволяет сокращение затрат на БВР в размере 20% и выше.

Одно из замечательных свойств линий скольжений гласит: «Если известно значение? в какой-либо точке заданной сетки скольжения, то оно может быть вычислено всюду в поле» [26]. Данное свойство линий скольжений позволяет нам районировать карьерное или шахтное поле по категориям буримости и взрываемости с погрешностями вычислений, которые варьируют в пределах – (0,95-0,975)%.

Алгоритмы составления инновационного проекта производства буровзрывных работ.

1-ый этап. Районирование геологических тел эксплуатационных горизонтов карьерных и шахтных полей горнорудных предприятий по категориям их облегченной буримости и облегченной взрываемости. Предлагаемый инновационный способ, суть которой отражена выше, осуществляется путем использования разработанной его авторами нетрадиционной концепции проектирования отбойки руд и пород эксплуатационных горизонтов месторождений, предусматривающей:

1. Построение графиков направляющих поверхностей неоднородной анизотропии буримости и взрываемости всех типов руд и пород базового месторождения, то есть, месторождения, применительно к которому будут выполнены проекты производства работ (ППР) по отбойке его руд и пород.

Построение графиков направляющих поверхностей будет достигнуто путём ис-

пользования, специально разработанных авторами: блок-схем (направляющих поверхностей), расчета и алгоритмов реализации блок-схем, входными параметрами которых служат:

– значения неоднородных полей деформационных и прочностных характеристик, образующих эксплуатационные горизонты карьерного и шахтного полей геологических тел руд и вмещающих пород.

2. Разбиение петрографически неоднородно (криволинейно) или кусочно-однородно анизотропных геологических тел руд и вмещающих пород эксплуатационных горизонтов карьеров и шахт на множество образующих их и связанных между собой петрографически однородно анизотропных структурных блоков.

3. Определение для каждого петрографически однородно анизотропного структурного блока руд и вмещающих пород эксплуатационных горизонтов карьеров и шахт категорий:

– их буримости и взрываемости.

Примечание. *Результатами предусмотренных п.п. 2 и 3 операций будет достигнуто:*

– районирование геологических тел эксплуатационных горизонтов карьерных и шахтных полей горнорудных предприятий по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости слагающих их скальных трещиноватых руд и вмещающих пород.

На рисунках 1-5 показаны результаты районирования карьерного или шахтного поля по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости по предлагаемому авторами способу. При этом на данном геолого-структурном блоке буровзрывной цех горнодобывающего предприятия проводит буровзрывные работы, согласно данным геологической разведки для крепости пород по шкале проф. М.М. Протодеяконова $f=15$ или для пород с показателями сопротивления на одноосное сжатие равное $\sigma_{сж} = 1500 \text{ кгс/см}^2$.

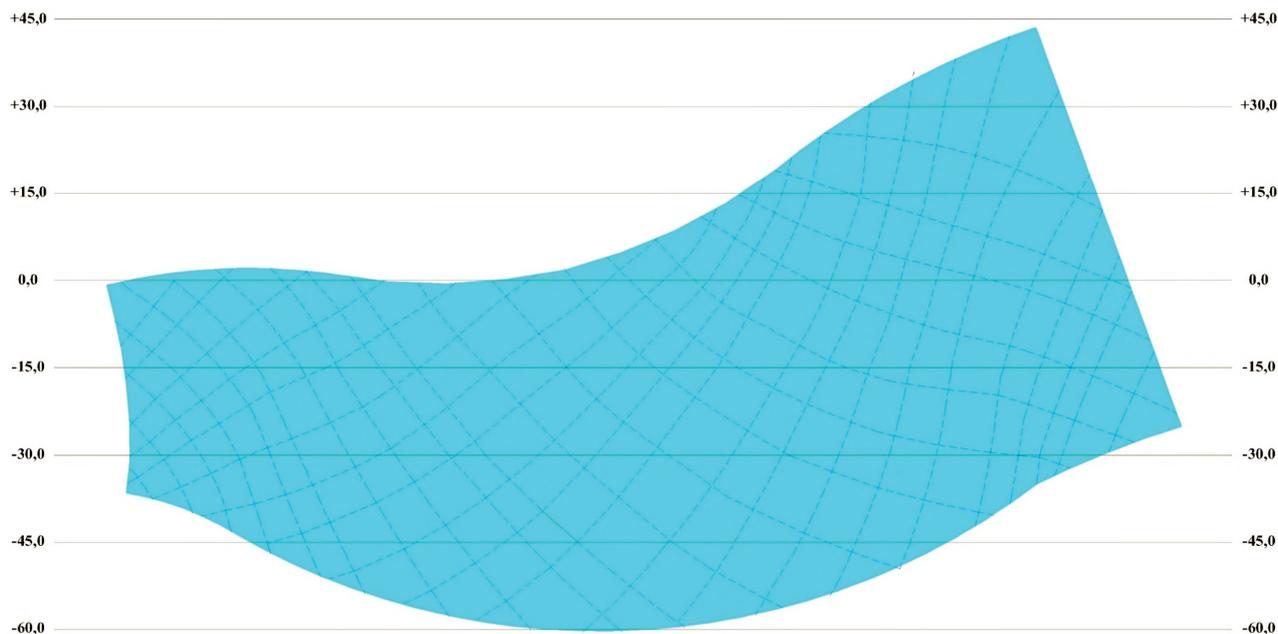
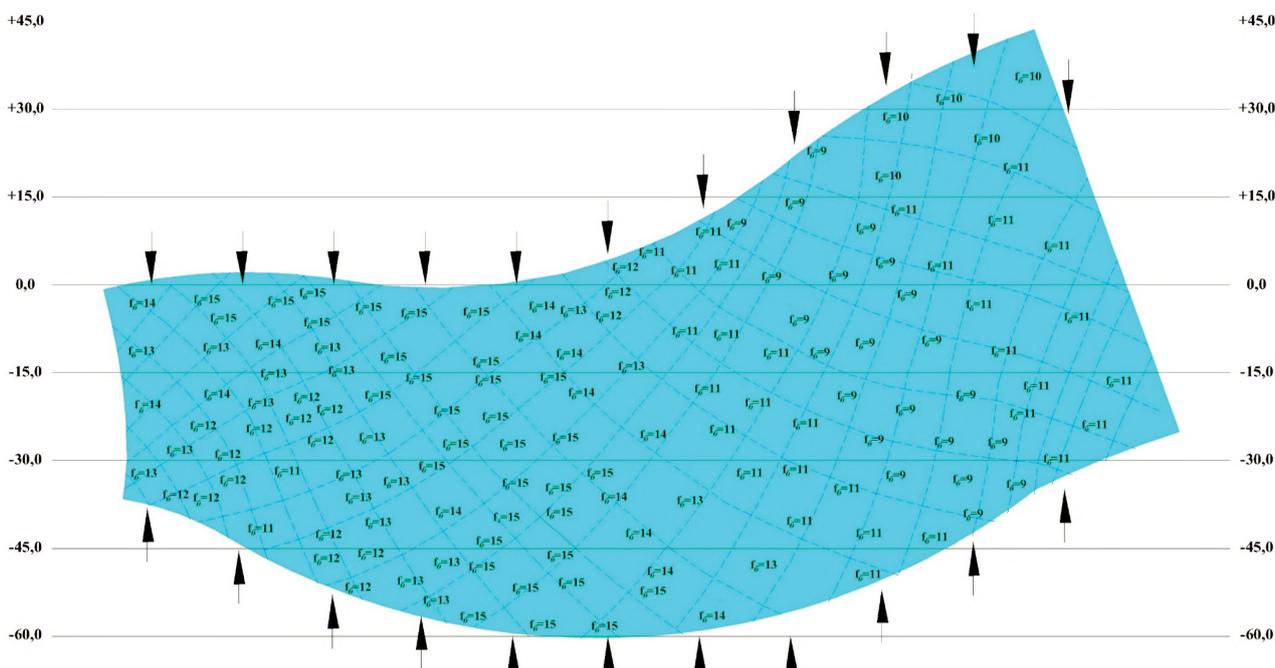


Рисунок 1. Следы поверхностей облегченной буримости и облегченной взрываемости (пуктирные линии) на контуре карьерного поля, для которых имеет место $f_{б.и} \approx 8$, при $1 \leq i \leq (n=7)$

Примечание. 1. Случай $8 \leq (f_{б.и} \approx 8)$, соответствует наибольшей оптимизации процесса бурения на карьере. 2. Буровзрывной цех рудника на данном блоке проводит взрывные работы с параметрами рассчитанными на показатель репости пород по шкале проф. М.М.Протождяконова $f=15$, согласно проведенному геологическому способу оценки массивов горных пород по их взрываемости



Условные обозначения: f_b - крепость пород по буримости -- и -- - направление бурения вертикальных шпуров и скважин.

Рисунок 2. Районирование карьерного или шахтного поля по категориям буримости f_b при бурении вертикальных взрывных скважин или шпуров, обеспечивающими условие $(9 \leq f_{б.и} \leq 15) \leq 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$, где n – число блоков карьера

Примечание. Согласно типовому проекту для всех блоков карьерного или шахтного полей паспорта БВР принимаются для $f_{б.и} = 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$

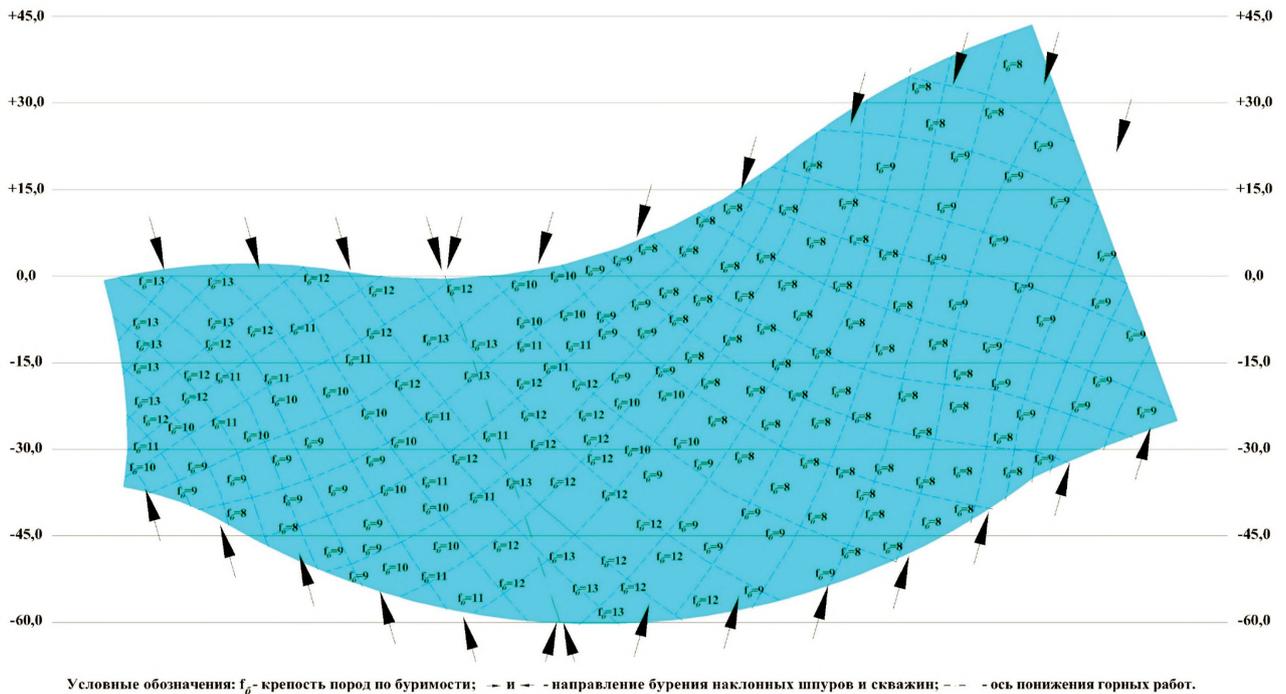


Рисунок 3. Районирование карьерного или шахтного поля по категориям буримости f_b при бурении наклонных взрывных скважин и шпуров, (с отклонением 15° от вертикали) обеспечивающими условие $(8 \leq f_{\text{бл.и}} \leq 13) < 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$, где n – число блоков карьера

Примечание. Согласно типовому проекту для всех блоков карьерного или шахтного полей паспорта БВР принимаются для $f_{\text{бл.и}} = 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$

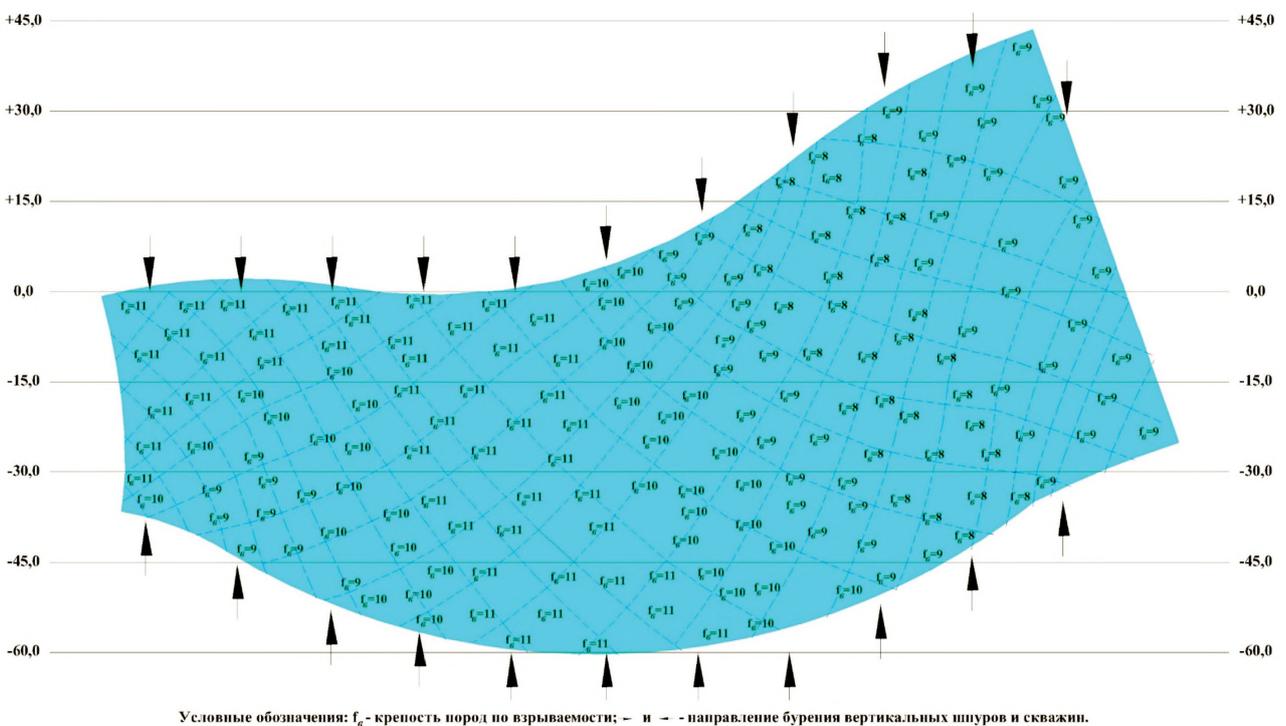


Рисунок 4. Районирование карьерного поля по категориям взрываемости f_v с вертикальными расположениями взрывных скважин и шпуров, обеспечивающими условие $(8 \leq f_{\text{бл.и}} \leq 10) < 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$, где n – число блоков карьера

Примечание. Согласно типовому проекту для всех блоков карьера паспорта БВР принимаются для $f_{\text{бл.и}} = 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$

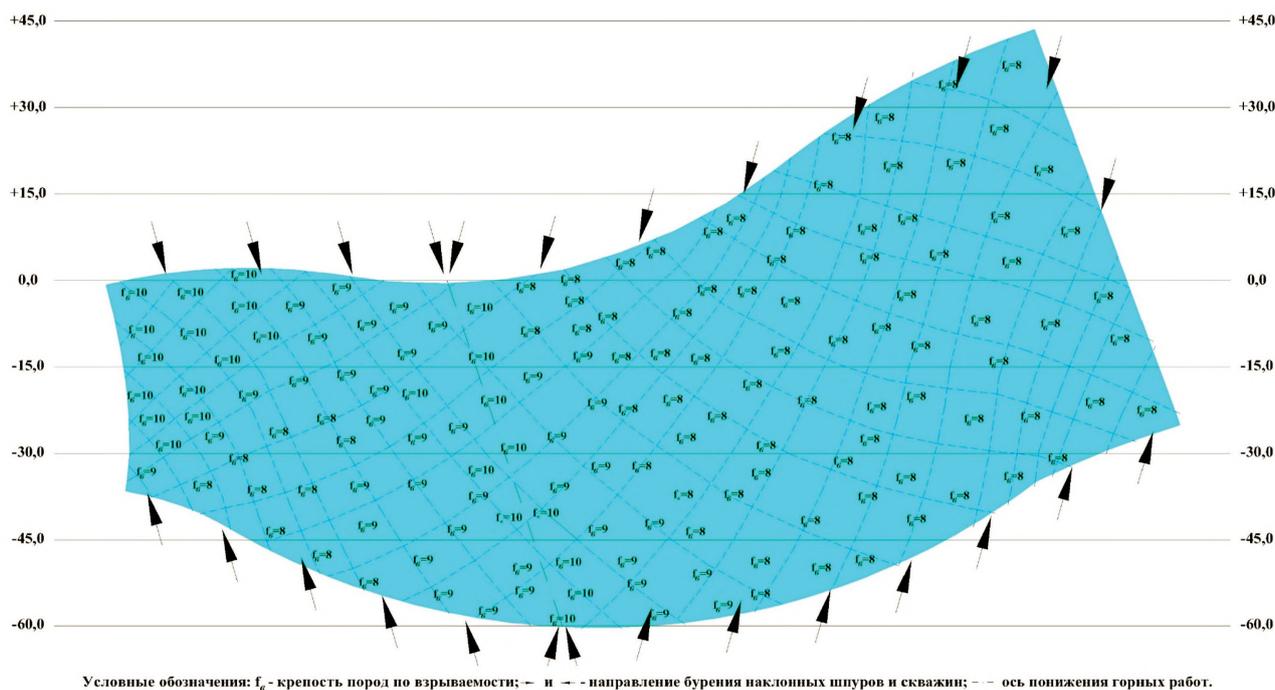


Рисунок 5. Районирование карьерного поля по категориям взрываемости f_v с наклонными расположениями взрывных скважин и шпуров, (с отклонением 15° от вертикали) обеспечивающими условие $(8 \leq f_{\text{от.и}} \leq 10) < 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$, где n – число блоков карьера.

Примечание. Согласно типовому проекту для всех блоков карьера паспорта БВР принимаются для $f_{\text{от.и}} = 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$

На рисунке 1 показаны разработанные авторами следы поверхностей облегченной буримости и облегченной взрываемости (пуктирные линии) на контуре карьерного или шахтного поля, для которых имеет место $f_{\text{бл.и}} \approx 8$, при $1 \leq i \leq (n=7)$. Случай $8 \leq (f_{\text{бл.и}} \approx 8)$, соответствует наибольшей оптимизации процесса бурения на карьере.

На рисунке 2 показаны результаты районирования карьерного или шахтного поля по категориям буримости f_b при бурении вертикальных взрывных скважин или шпуров, обеспечивающими условие $(9 \leq f_{\text{от.и}} \leq 15) \leq 15$.

На рисунке 3 показаны результаты районирования карьерного или шахтного поля по категориям буримости f_b при бурении наклонных взрывных скважин или шпуров, (с отклонением 15° от вертикали), обеспечивающими условие $(8 \leq f_{\text{от.и}} \leq 13) < 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$.

На рисунке 4 показаны результаты районирования карьерного поля по категориям

взрываемости f_v с вертикальными расположениями взрывных скважин и шпуров, обеспечивающими условие $(8 \leq f_{\text{от.и}} \leq 10) < 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$.

На рисунке 5 показаны результаты районирования карьерного поля по категориям взрываемости f_v с наклонными расположениями взрывных скважин и шпуров, (с отклонением 15° от вертикали) обеспечивающими условие $(8 \leq f_{\text{от.и}} \leq 11) < 15$, при $1 \leq i \leq (n=7)$.

В таблице №1 приведены технико-экономические показатели и экономия от внедрения предлагаемых нами технических решений при проведении БВР.

Примечание. На рисунках 1-5 изображены не вертикальные разрезы геологических тел, поэтому аппроксимирование полученных авторами результатов на геологические тела отображенных на вертикальных разрезах, не дадут качественного дробления и снижения затрат на БВР.

Таблица 1 - Техничко-экономические показатели буровзрывных работ.

Входные данные: высота уступа - $H_y = 15,0$ м; применяемый диаметр скважины - $d_{скв} = 250,0$ мм; требуемый кондиционный кусок - $d_{кр} = 0,5$ м; эмульсионное ВВ с плотностью заряжения $\Delta = 1,2$ кг/дм³; вместимость скважины - $P=56$ кг/п.м, скважины вертикальные.

Крепость пород по шкале проф. М.М. Протодяконова, f	7-8	8	9	10	11-12	12-13	14	15-16
Сопротивление горных пород на одноосное сжатие, $\sigma_{сж}$, кгс/см ²	757	817	915	1005	1146	1272	1416	1540
Удельный расход ВВ, $q_{уд}$, кг/м ³	0,39	0,42	0,75	0,83	1,03	1,14	1,26	1,46
Выход горной массы с 1 пог. м. скважины, $V_{п.м.}$, м ³	80,0	73,92	66,43	59,34	46,36	42,34	37,95	32,64
Объемы бурения, пог. м, на дробление 1,0 млн. м ³	12500,0	13528,1	15053,4	16850,0	21570,3	23618,3	26350,5	30637,2
Затраты на бурение, млн. долл. на дробление 1,0 млн. м ³	0,0667	0,081168	0,100356	0,123566	0,172562	0,204692	0,245938	0,30638
Кол-во ВВ, тонн, на дробление 1,0 млн. м ³	390,000	420,000	750,000	830,000	1030,000	1140,000	1260,000	1460,000
Затраты на дробление 1,0 млн. м ³ горной массы.	0,247000	0,266000	0,475000	0,525666	0,652333	0,722000	0,798000	0,924666
Сумма затрат на дробление 1,0 млн. м ³ горной массы и бурение, млн. долл. США	0,313666	0,347168	0,575356	0,649232	0,824895	0,926692	1,043936	1,231046
Разность затрат на дробление 1,0 млн. м ³ горной массы и бурение, млн. долл. США.	0,917380	0,883878	0,655690	0,581814	0,406150	0,304354	0,187110	0,0
Разность затрат на дробление 1,0 млн. м ³ горной массы и бурение, в %	74,52%	71,79%	53,26%	47,26%	32,99%	24,72%	15,19%	0,0%

Примечание. Стоимости материалов и работ приведены на момент 2015 г.

2-ой этап. Разработка проектов производства БВР с учетом поверхностей облегченной буримости и облегченной взрываемости. Общеизвестно, что любое тело при воздействии на него внешних сил (в данном случае воздействия энергии взрыва) разрушается по поверхностям наименьшего сопротивления тела этим внешним силам или же по поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости.

Учитывая анизотропию геологических тел, основной задачей специалистов буровзрывного цеха, для производства качественного взрыва с минимальными затратами взрывчатого вещества, средств инициирования и объемов бурения, является, учитывая эти свойства массивов скальных горных пород, а также учитывая горнотехнические параметры разработки месторождения и технологических характеристик бурового

оборудования, применять оптимальные параметры буровзрывных работ, схемы взрывания и схемы бурения.

При производстве буровзрывных работ по предлагаемому инновационному способу направление движения фронта отбиваемой горной массы, совпадает с направлением движения поверхностей **наименьшего сопротивления** разрушению их отбойке, что соответствует поверхностям минимальных показателей прочностных и деформационных характеристик массивов руд и пород. Для получения качественного дробления, при проведении буровзрывных работ с использованием предлагаемой технологии, с целью сокращения затрат на буровзрывные работы в размере 20% и выше, необходимо выполнение следующих условий, которые взаимосвязаны друг от друга и должны применяться индивидуально для каждого петрографически однородно анизотропных структурных блоков.

1. Соответствие применяемых параметров БВР и свойств массивов горных пород, в которых проводятся взрывные работы. Параметры БВР в данном случае, рассчитываются на основе районирования карьерного и шахтного полей по категориям буримости и взрываемости горных пород.

2. Соответствие схемы взрывания взрывного блока, с определением направления отбойки, поверхностям облегченной взрываемости, с обеспечением максимально возможного свободного пространства путем инициирования предыдущей взрывной скважины, для свободного перемещения отбиваемой горной массы, последующей взрывной скважины, которая в свою очередь обеспечивается правильным выбором: схемы взрывания, времен задержек между скважинами в ряду и между рядами скважин, а также правильно выбранной схемой бурения взрывного блока.

3. Соответствие схемы бурения взрывного блока поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости. В связи с тем, что проектом обработки экс-

плуатационных горизонтов месторождений полезных ископаемых, уже предусмотрены фронт (направление) развития горных работ, не всегда получается возможность сократить затраты на буровзрывные работы путем изменения только лишь схемы взрывания. Поэтому для сокращения затрат на буровзрывные работы следует применять индивидуальную схему бурения на каждый взрывной блок, которая отличается от классических схем бурения смещением оси междурядовых скважин, на угол согласно, поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости. Схемы бурения взрывных скважин, их наклонов и схем взрывания, которые будут соответствовать поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости с целью обеспечения максимальных площадей свободных поверхностей и пространства для движения отбиваемой горной массы.

4. Соответствие времен задержек между рядами скважин и между скважинами в ряду, которые будут приняты согласно категориям крепости скальных горных пород.

5. Соответствие величины перебура поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости, в целях качественной проработки подошвы уступа и уменьшения объемов бурения.

На рисунке 6 показана рекомендуемая по предлагаемому способу схема расположения взрывных скважин, при реализации которой будут достигнуты наименьшие экономические затраты на ведение буровзрывных работ, при угле наклона скважин к вертикали $\alpha=15^{\circ}$, для всех блоков, со смещением оси между рядами скважин на угол γ согласно поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости.

Главной целью проведения БВР является качественное дробление массивов горных пород соответствующее требуемому по проекту, с обеспечением высокой производительности последующих технологических процессов. Основным показателем качества буровзрыв-

ных работ является – выход горной массы с одного погонного метра взрывной скважины. В свою очередь показатель буровзрывных работ характеризуется:

1. Удельными расходами на бурение и взрывание, степенью дробления, то есть, соответствия размеров кусков горной массы, требуемой по проекту.

2. Формой развала горной массы (рисунком взрыва) и соответствия его согласно собранной схеме взрывания и схеме бурения.

3. Качеством проработки подошвы уступа.

4. Величиной отрыва.

5. Устойчивостью углов откосов уступов и совокупности их – углов откосов бортов карьера.

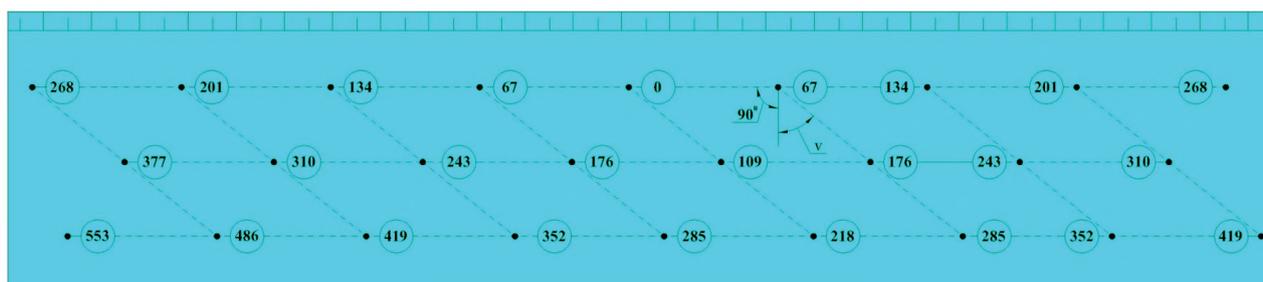


Рисунок 6. Рекомендуемая по предлагаемому способу схема расположения взрывных скважин, при реализации которой будут достигнуты наименьшие экономические затраты на ведение буровзрывных работ, при угле наклона скважин к вертикали $\alpha=15^\circ$, для всех блоков, со смещением оси между рядами скважин на угол v согласно поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости

Обсуждение результатов

1. Разработана математическая модель поверхностей наименьших значений критериев буримости и взрываемости руд и пород трещиноватых, криволинейно-анизотропных скальных массивов рудных месторождений;

2. Разработан способ оперативного и перспективного районирования карьерных и шахтных полей по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости руд и пород трещиноватых, криволинейно-анизотропных скальных массивов рудных месторождений;

3. Разработан инновационный способ скважинной отбойки руд и пород трещиноватых, криволинейно-анизотропных скальных массивов рудных месторождений, включающий:

– новые схемы бурения взрывных блоков, отличающихся от применяемых классических схем;

– новые схемы взрывания, соответствующие применяемым на каждом блоке схемам бурения, с определением направления

отбойки горной массы, и позволяющей обеспечивать перемещение последующих взрываемых скважин в образуемое свободное пространство;

– применение на каждом взрывном блоке, расчетных параметров БВР, соответствующих крепостям пород по взрываемости, тектонических структурных форм слагающих данный

– взрывной блок.

4. Разработанный нами способ позволяет сокращение затрат на проведение БВР в размерах 20% и выше, с улучшением качества дробления.

5. Проведены широкомасштабные промышленные апробации по предлагаемому в данной статье способу с проведением массовых взрывов, без раскрытия «ноу-хау» способа.

Выводы. Актуальность предлагаемого способа состоит в том, что при районировании эксплуатационных горизонтов карьерных и шахтных полей по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости руд и вмещающих пород, и ведения

буровзрывных работ с применением их индивидуального паспорта для каждой категории будут достигнуты:

1. Сокращение затрат на отбойку руд и пород в размере 20% и выше, обеспечивающее энергосбережение и ресурсосбережение, за счет увеличения сеток скважин, то есть бурения меньшего количества скважин, уменьшения удельного расхода ВВ, что естественно сократит расходы взрывчатого вещества, и др.;

2. Превенция сопровождающих процессы отбойки руд и пород на открытых и подземных горных разработках:

– выход негабарита, и некачественной проработки подошвы забоя простреливание взрывных скважин; перерасход взрывчатого вещества и переизмельчения горной массы;

– таких негативных последствий реализаций типовых проектов буровзрывных работ, как:

– нерациональное использование недр - оставление в карьерах и шахтах некачественно взорванных или отказных рудных и породных блоков;

– выброс в атмосферу и очистные пространства шахт вредных веществ вследствие вторичного дробления отказных или некачественно взорванных блоков и негабарита;

– обрушения откосов уступов и откосов бортов карьеров, а также целиков и кровли камер;

– и др.

Новизна и перспективность проекта заключается в создании основ оперативного и перспективного районирования карьерных и шахтных полей по категориям облегченной буримости и облегченной взрываемости, с учетом изменчивости прочностных и деформационных характеристик массивов скальных руд и пород, а также эффективно проектирования буровзрывных работ с целью сокращения их затрат в размере 20% и более.

Разработка параметров БВР выполняется с учетом анизотропии массивов горных

пород, когда наименьшие их показатели сопротивления взрыву, совпадает с направлением отбойки.

Уникальность данного способа заключается в том, ее применением достигаются:

– что отбойка горной массы производится по поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости или по поверхностям минимального сопротивления геологических тел разрушению, с обеспечением ориентированности отбойки горной массы, посредством сборки схем взрывания, максимальных свободных пространств и площадей для движения отбиваемой горной массы, что в свою очередь, обеспечивает качественное дробление горной массы;

– соответствие применения расчетных оптимальных параметров буровзрывных работ поверхностям облегченной буримости и облегченной взрываемости для каждого индивидуального взрывного блока;

– тем, что откосы открытых и подземных горных выработок, образуемые после отбойки руд и пород по предлагаемому способу будут совпадать с поверхностями из их множеств, представлявшими в условиях их естественных упаковок поверхности наименьшей сопротивляемости разрушению при взрывании. И поэтому они (откосы) будут обладать наибольшей степенью устойчивости.

– повышение безопасности управления деформированиями и сдвигами литологических массивов в эксплуатационных карьерах, а также управления горным давлением в очистных пространствах шахт за счет отмеченной выше высокой степени устойчивости откосов, соответственно: уступов бортов карьеров, а также контуров забоев и рудных целиков и кровли подземных выемочных единиц.

Конкурентоспособные технологии на внутреннем и внешнем рынках предлагаемому способу в настоящее время – отсутствуют.

Практическая применимость. Апробация разработанного способа проводилась

авторами на многих горнодобывающих предприятиях РК без раскрытия ноу-хау разработки, с качественным дроблением.

Предлагаемые авторами способы районирования карьерных и шахтных полей по категориям буримости и взрываемости и ведения БВР с применением их индивидуальных паспортов для каждой категории, с целью сокращения затрат на отбойку в размере 20% и выше **не имеют Мировых аналогов и являются пионерскими.**

Указанные способы районирования карьерных и шахтных полей по категориям буримости и взрываемости, **высокоэффективны и недорогостоящие**, характеризуются

отсутствиями трудностей, сдерживающих их практическую реализацию, ибо они основаны на использованиях:

– в качестве входных величин – имеющих на горнодобывающих предприятиях геологических, морфологических, структурно-тонических, инженерно-геологических и физико-механических характеристик литологических разностей месторождений, данных детальной и эксплуатационной разведок месторождений, а также горно-технологических параметров ведения очистных работ. (Без указанных материалов невозможно ни проектирование, ни тем более функционирование любого горнодобывающего предприятия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев В. А., Самарин А. В. Районирование карьерных полей по физико-технологическим параметрам горных пород. – Свердловск: горный институт имени В. В. Вахрущева, 1988. - 60 с., [Gordeev V. A., Samarin A. V. Rajonirovanie kar'ernyh polej po fiziko-tehnologicheskim parametram gornyh porod. – Sverdlovsk: gornyj institut imeni V. V. Vahrushheva, 1988. - 60 s.]
2. Гордеев В. А. Самарин А. В. Критерий районирования карьерного поля по устойчивости откосов. // Известия Уральского горного института - 1992. - №3. - С. 70 - 72., [Gordeev V. A. Samarin A. V. Kriterij rajonirovanija kar'ernogo polja po ustojchivosti otkosov. // Izvestija Ural'skogo gornogo instituta - 1992. - №3. - S. 70 – 72.]
3. Горяинов Н.Н. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии — М: Недра, 1992. — 264 с., [Gorjainov N.N. Primenenie sejsmoakusticheskih metodov v gidrogeologii i inzhenernoj geologii. — М: Nedra, 1992. — 264 s.]
4. Никитин В.Н. Основы инженерной сейсмологии. — М: МГУ, 1981. - 176 с., [Nikitin V.N. Osnovy inzhenernoj sejsmologii. — М: MGU, 1981. - 176 s.]
5. Горяинов Н.Н. Ляховицкий Ф.М. Сейсмические методы в инженерной геологии. - М: Недра, 1979. 143с., [Gorjainov N.N. Ljahovickij F.M. Sejsmicheskie metody v inzhenernoj geologii. - М: Nedra, 1979. 143s.]
6. Савич А.И. Яценко В.Г. Исследование упругих и деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами – М: Недра, 1979. – 215с., [Savich A.I. Jashhenko V.G. Issledovanie uprugih i deformacionnyh svojstv gornyh porod sejsmoakustическими методами – М: Nedra, 1979. – 215s.]
7. Тангаев И. А. Буримость и взрываемость горных пород - М: Недра, 1978 - 184 с., [Tangaev I. A. Burimost' i vzryvaemost' gornyh porod - М: Nedra, 1978 - 184 s.]
8. Коваленко В. А. Автоматизированная подготовка производства на карьерах // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета – 2009. т. 9 - № 11 – С.118–123., [Kovalenko V. A. Avtomatizirovannaja podgotovka proizvodstva na kar'erah // Vestnik Kyrgyzsko-Rossijskogo Slavjanskogo universiteta – 2009. t. 9 - № 11 – S.118–123.]
9. Артемьев В. Б., Каинов А. И., Опанасенко П. И., Исайченков А. Б. Современные информационные технологии в подготовке и проведении БВР на угольных разрезах СУЭК // Уголь – 2012. - № 11 – С.6–14., [Artem'ev V. B., Kainov A. I., Opanasenko P. I., Isajchenkov A. B. Sovremennye informacionnye tehnologii v podgotovke i provedenii BVR na ugol'nyh razrezah SUJEK // Ugol' – 2012. - № 11 – S.6–14.]
10. Снитка Н.П., Насиров У.Ф., Маслибаев И.Т., Нутфуллоев Г.С. Ресурсосберегающие технологии ведения буровзрывных работ на карьерах. – Ташкент: Фан, 2017 - 256с., [Snitka N.P., Nasirov U.F., Maslibaev I.T., Nutfulloev G.S. Resursosberegajushhie tehnologii vedenija burovzryvnyh rabot na kar'erah. – Tashkent: Fan, 2017 - 256s.]
11. Першуков А.А., Першуков В.А. Горно-рудная промышленность пути и методы реализации программ энергосбережения. - М: Недра, 1996 - 126с., [Pershukov A.A., Pershukov V.A. Gorno-rudnaja promyshlennost' puti i metody realizacii programm energosberezhenija. - М: Nedra, 1996 - 126s.]

12. Падуков В.А., Маляров И.Г., Угольников В.К. Повышение эффективности взрывного дробления горных пород. // Комплексное использование минерального сырья - 1987, № 5. –С.7-10., [Padukov V.A., Maljarov I.G., Ugol'nikov V.K. Povyshenie jeffektivnosti vzryvnogo droblenija gornyh porod. // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja - 1987, № 5. –S.7-10.]
13. Букринский В.А. Геометрия недр: учебное пособие для вузов / под ред. В.А. Букринского. – Изд. 2-е, перер. и доп. – М: Недра, 1985. – 526с., [Bukrinskij V.A. Geometrija nedr: uchebnoe posobie dlja vuzov / pod red. V.A. Bukrinskogo. – Izd. 2-e, perer. i dop. – M: Nedra, 1985. – 526s.]
14. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле. – М: Московский институт радиоэлектроники и горной электромеханики, 1965. – 186с., [Ryzhov P.A. Matematicheskaja statistika v gornom dele. – M: Moskovskij institut radiojelektroniki i gornoj jelektromehaniki, 1965. – 186s.]
15. Рыжов П.А. Геометрия недр: учебное пособие для вузов/ под ред. П.А. Рыжова. – Изд. 3-е, перер. и доп.– М: Недра, 1971. – 500с., [Ryzhov P.A. Geometrija nedr: uchebnoe posobie dlja vuzov/ pod red. P.A. Ryzhova. – Izd. 3-e, perer. i dop.– M: Nedra, 1971. – 500s.]
16. Гзовский М.В. Математика в геотектонике. – М: Недра, 1971. – 240с., [Gzovskij M.V. Matematika v geotektonike. – M: Nedra, 1971. – 240s.]
17. Игизбаев Р.К., Игизбаев М.К. Деформационная анизотропия параллельных складчатостей с весьма пологими погружениями их шарниров // Горный журнал Казахстана – 2006. - № 8. – С.17-22., [Igzbaev R.K., Igizbaev M.K. Deformacionnaja anizotropija parallel'nyh skladchatostej s ves'ma pologimi pogruženijami ih sharnirov // Gornyj zhurnal Kazahstana – 2006. - № 8. – S.17-22.]
18. Игизбаев Р.К., Игизбаев М.К., Игизбаев К.Б. Гукова модель прочностной анизотропии геологических тел осадочного происхождения // Комплексное использование минерального сырья – 2007. - №5. – С.7-21., [Igzbaev R.K., Igizbaev M.K., Igizbaev K.B. Gukova model' prochnostnoj anizotropii geologicheskikh tel osadochnogo proishozhdenija // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja – 2007. - №5. – S.7-21.]
19. Игизбаев Р.К., Игизбаев М.К., Игизбаев К.Б. Конфигурация гравитационных и тектонических полей скольжений параллельных складчатостей осадочного происхождения // Комплексное использование минерального сырья – 2007. - №6. – С.17-28., [Igzbaev R.K., Igizbaev M.K., Igizbaev K.B. Konfiguracija gravitacionnyh i tektonicheskikh polej skol'zhenij parallel'nyh skladchatostej osadochnogo proishozhdenija // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja – 2007. - №6. – S.17-28.]
20. Игизбаев Р.К., Игизбаев М.К., Игизбаев К.Б. Базисные структурные поверхности и сетка скольжений мощных складчатых структур // Комплексное использование минерального сырья – 2008. - №1. - С.17-28., [Игизбаев Р.К., Игизбаев М.К., Игизбаев К.Б. Базисные структурные поверхности и сетка скольжений мощных складчатых структур // Комплексное использование минерального сырья – 2008. - №1. - С.17-28.]
21. Игизбаев Р.К., Игизбаев М.К., Игизбаев К.Б. Ограничение на теорию Мора при моделировании криволинейной прочностной анизотропии скальных горных массивов рудных месторождений // Комплексное использование минерального сырья – 2011. - №1. – С.16-29., [Igzbaev R.K., Igizbaev M.K., Igizbaev K.B. Ogranichenie na teoriju Mora pri modelirovanii krivolinejnoj prochnostnoj anizotropii skal'nyh gornyh massivov rudnyh mestorozhdenij // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja – 2011. - №1. – S.16-29.]
22. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ: учебное пособие для вузов / под ред. В.В. Ржевского – Изд. 3-е, перер. и доп. – М: Недра, 1978. – 542с., [Rzhevskij V.V. Processy otkrytyh gornyh rabot: uchebnoe posobie dlja vuzov / pod red. V.V. Rzhevskogo – Izd. 3-e, perer. i dop. – M: Nedra, 1978. – 542s.]
23. Миндели Э. О. Разрушение горных работ: учебное пособие для вузов / под ред. Э. О. Миндели – М: Недра, 1974. – 600с., [Mindeli Je. O. Razrushenie gornyh rabot: uchebnoe posobie dlja vuzov / pod red. Je. O. Mindeli – M: Nedra, 1974. – 600s.]
24. Кутузов Б.Н. Взрывные работы: учебное пособие для вузов / под ред. Б.Н. Кутузова. – 2-е издание, перер.и доп.– М: Недра, 1980. – 392с., [Kutuzov B.N. Vzryvnye raboty: uchebnoe posobie dlja vuzov / pod red. B.N. Kutuzova. – 2-e izdanie, perer.i dop.– M: Nedra, 1980. – 392s.]
25. Олофссон С. Прикладная технология взрывной отбойки для строительства и горной промышленности. / под ред. Р.Б. Юна. – Жезказган: Корпорация Казахмыс, 2003. – 280с., [Olofsson S. Prikladnaja tehnologija vzryvnoj otbojki dlja stroitel'stva i gornoj promyshlennosti. / pod red. R.B. Juna. – Zhezkazgan: Korporacija Kazahmys, 2003. – 280s.]
26. Качанов Л.М. Основы теории пластичности: учебное пособие для вузов / под ред. Л.М. Качанова. – 2-е издание, перер. и доп.– М: Наука, 1969. – 420с., [Kachanov L.M. Osnovy teorii plastichnosti: uchebnoe posobie dlja vuzov / pod red. L.M. Kachanova. – 2-e izdanie, perer. i dop.– M: Nauka, 1969. – 420s.]

Игизбаев Р.К., Игизбаев М.К., Игизбаев К.Б., Магер А.Н. БҰРҒЫЛАУ-ЖАРУ ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ШЫҒЫНДАРЫН 20% ЖӘНЕ ОДАН ЖОҒАРЫ МӨЛШЕРДЕ ҚЫСҚАRTУ МАҚСАТЫНДА БҰРҒЫЛАУ ЖӘНЕ ЖАРЫЛУ САНАТТАРЫ БОЙЫНША КАРЬЕРЛІК ЖӘНЕ ШАХТАЛЫҚ АЛАНДАРДЫ АУДАНДАСТЫРУ

Түйіндіме. Математикалық модельдер (теория) әзірленді, рудалар мен тау жыныстарының жарылған, қисық сызықты-анизотропты тау жыныстары массивтерінің рудаларының бұрғылану және жарылғыштық критерийлерінің ең төменгі мәндерінің беттері, сонымен қатар карьер мен кен орындарын аудандастыру әдісі. бұрғылау және жарылғыштық категорияларына. Зерттеудің мақсаты бұрғылау-жару жұмыстарын өндіру жобаларын әзірлеу негізінде, олардың геологиялық денелердің нақты қасиеттеріне барынша сәйкес келетін бұрғылау және жару жұмыстарына кететін шығындарды 20% және одан да көп төмендету болып табылады. пайдалы қазбалар кен орындары. Ұсынылған техникалық шешімдерді қолдану жарылыс жұмыстарына барынша аз шығындармен жоғары сапалы ұсақтауға қол жеткізуге мүмкіндік береді, сонымен қатар ресурс үнемдеуді, жару кезінде энергияны үнемдеуді қамтамасыз етеді, өңделген кеңістіктердің еңістерінің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. және т.б. Ұсынылған әдіс Қазақстан Республикасының карьерлерінде сынақтан өтті. Ұсынылған әдістің аналогтары жоқ.

Түйінді сөздер: оңай бұрғылау және жеңіл жарылыс беттері, меншікті тұтыну, тұрақтылық қалдық кеңістіктер, аймақтарға бөлу.

Igizbaev R.K., Igizbaev M.K., Igizbaev K.B., Mager A.N. ZONING OF QUARRY AND MINE FIELDS ACCORDING TO CATEGORIES OF DRILLABILITY AND EXPLOSIVENESS, IN ORDER TO REDUCE THE COST OF DRILLING AND BLASTING BY 20% OR MORE

Abstract. Mathematical models (theory) have been developed, surfaces of the lowest values of the criteria for drillability and explosibility of ores and rocks of curvilinear-anisotropic rock massifs of ore deposits, and a method for zoning quarry and mine fields by categories of drillability and explosibility.

The purpose of the research is to reduce the cost of drilling and blasting by 20% or more, based on the development of projects for the production of drilling and blasting operations, in accordance with their actual properties of geological bodies that make up mineral deposits.

The application of the proposed technical solutions will make it possible to achieve high-quality crushing with the lowest possible costs for blasting, as well as to ensure resource saving, energy saving during blasting, to ensure the stability of the slopes of worked-out spaces, etc. The proposed method has been tested in the quarries of the Republic of Kazakhstan. There are no analogues of the proposed method.

Keywords: surfaces of facilitated drillability and facilitated explosibility, specific consumption, stability of worked out space, zoning.

Сведения об авторах

ИГИЗБАЕВ Рустем Кадрович, заведующий «Лаборатории сдвижения горных пород» ИГД имени Д.А.Кунаева, e-mail: h2oenergy19@mail.ru

ИГИЗБАЕВ Майдан Кадрович, инженер-технолог «Лаборатории сдвижения горных пород» ИГД имени Д.А.Кунаева, e-mail: h2oenergy@mail.ru

ИГИЗБАЕВ Кадр Боранкулович, кандидат технических наук, научный руководитель, ООО КНТЦ «ПроПревГМК», e-mail: h2oenergy19@mail.ru

МАГЕР Анатолий Николаевич, генеральный директор ООО КНТЦ «ПроПревГМК», e-mail: anatoliy_mager@mail.ru