

Код МРНТИ 52.47.15

В.В. Григорьев¹, *М.А. Райымкулов¹, А.О. Киселев²¹Институт коммуникаций и информационных технологий Кыргызско-Российского Славянского Университета (г. Бишкек, Кыргызская Республика),²Общество с ограниченной ответственностью «Blast Maker» (г. Бишкек, Кыргызская Республика)

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «BLASTMAKER»: ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ОБ ЭНЕРГОЕМКОСТИ БУРЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В статье приведены примеры применения данных энергоёмкости бурения в качестве характеристики неоднородности массива при различных горно-технологических условиях. Информация, получаемая по результатам обурирования технологических скважин, позволяет уточнить пространственное залегание прочных и мягких прослоек. Программно-технический комплекс «BlastMaker» позволяет производить сбор и анализ данных о неоднородности массива. Для угольных месторождений информация об энергоёмкости бурения позволяет уточнить данные предварительной геологической разведки, отследить залегание угольных пластов. Информация о неоднородности массива может быть также использована и для решения задачи оптимизации конструкции заряда, например, с применением воздушного промежутка. При этом для каждой группы скважин может быть определена такая конструкция заряда, чтобы, например, заряд был расположен напротив прочных участков, а воздушный промежуток напротив мягкого прослойка.

Ключевые слова: энергоёмкость бурения, геологоразведка, оптимизация горных работ, проектирование буровзрывных работ, программно-технический комплекс BlastMaker.

«BlastMaker» бағдарламалық-техникалық кешені: әртүрлі тау-кен-технологиялық жағдайларында бұрғылаудың энергия сыйымдылығы туралы деректерді қолдану мүмкіндіктері

Аңдатпа. Мақалада тау және технологиялық жағдайларда сілемдердің әртекті сипаттамасы ретінде бұрғылаудың энергия сыйымдылығының деректерін қолдану мысалдары келтірілген. Технологиялық ұңғымаларды бұрғылау нәтижелері бойынша алынған ақпарат берік әрі жұмсақ қабатшалардың кеңістікте жайғасын нақтылауға мүмкіндік береді. «BlastMaker» бағдарламалық-техникалық кешені сілемнің әртектілігі туралы деректерді жинауға және талдауға мүмкіндік береді. Көмір кен орындары үшін бұрғылаудың энергия сыйымдылығы туралы ақпарат алдын ала геологиялық барлау деректерін нақтылауға, көмір қыртыстарының жайғасын қадағалауға көмектеседі. Сілемнің әртектілігі туралы ақпарат ауа аралығын қолдана отыру сияқты заряд құрылымын онтайландыру міндеттерін шешу үшін де қолданылуы мүмкін. Бұл ретте әр ұңғыма тобы үшін заряд берік учаскелеріне қарама-қарсы орналасып, ауа аралығы жұмсақ қабатшаға қарсы орналасу сияқты осындай заряд құрылымы анықталуы мүмкін.

Түйінді сөздер: бұрғылаудың энергия сыйымдылығы, геологиялық барлау, тау жұмыстарын онтайландыру, бұрғылау-жару жұмыстарын жобалау, BlastMaker бағдарламалық-техникалық кешені.

«BlastMaker» software and hardware complex: possibilities of applying the data on energy intensity of drilling in different mining and technological conditions

Abstract. The article provides examples of the application of drilling energy intensity data as a characteristic of massif heterogeneity under various mining and technological conditions. The information obtained from the results of infill drilling makes it possible to clarify the spatial occurrence of hard and soft layers. The software and hardware complex «BlastMaker» allows collection and analysis of data on the heterogeneity of the massif. For coal deposits, information about drilling energy intensity allows to clarify the data of preliminary geological exploration, to trace the occurrence of coal seams. Information about the massif heterogeneity can also be used to solve the problem of optimizing the design of the charge, for example, using an air gap. In this case, for each group of wells, a charge design can be defined so that, for example, the charge is located opposite the hard areas, and the air gap opposite the soft layer.

Key words: drilling energy intensity, exploration, optimization of mining operations, design of drilling and blasting operations, BlastMaker software and hardware complex.

Введение

Непредсказуемая неоднородность прочностных свойств горных пород остается главным фактором, осложняющим достижения оптимальных параметров буровзрывных работ (БВР) и снижения требуемого качества дробления горной массы. Геологическая разведка в общем случае не может дать достаточно точной и подробной информации о структуре массива и прочности горных пород, необходимой для поставленных задач, поскольку такой подход ограничен плотностью разведочной сети.

Возникает необходимость в применении новых методов для оперативного учета характеристик массива в границах отрабатываемого блока. Один из эффективных способов получения необходимых сведений о свойствах взрываемого массива – использование цифровых технологий для получения такого параметра, как удельная энергия бурения непосредственно с бурового станка в процессе бурения скважин [1]. Данный подход привлекателен прежде всего тем, что не нарушает существующего на карьере режима

работ и не требует затрат на проведение дополнительных геофизических работ по детализации свойств горных пород взрываемого блока.

Программно-технический комплекс (ПТК) «BlastMaker» – практическая реализация такого подхода на основе передовых технологий в микропроцессорной технике и программировании. Комплекс включает в себя информационно-аналитический программный пакет «BlastMaker» и систему «КОБУС» для обеспечения сбора и передачи данных о свойствах массива, определяемых в процессе бурения взрывных скважин. Комплекс позволяет выполнять контроль над бурением, используя данные, полученные с каждого бурового станка в режиме реального времени, изучать прочностные свойства массива горных пород и непрерывно отслеживать динамику их изменения в пределах отрабатываемого поля. Данная информация, при соответствующих условиях, может быть полезной для оптимизации параметров конструкции заряда и БВР с применением инструментов проекти-

рования, обработки данных и моделирования программного пакета «BlastMaker» [2].

На примере некоторых месторождений, где полноценно развернут комплекс «BlastMaker», рассматриваются особенности получаемых данных по удельной энергоёмкости бурения как характеристики обуриваемого массива и обсуждаются возможности применения данного параметра в задачах анализа массива и проектирования БВР.

Методы исследования

В основу работы системы «КОБУС» положена методика определения прочностных характеристик массива в виде данных удельной энергоёмкости бурения, которая зависит от таких параметров, как нагрузка на шарошечное долото (осевое давление), сечение скважины, тип шарошечного долота, скорость вращения бурового става, вращающий момент шарошечного долота, скорость проходки скважины и др. Результатом соответствующей обработки полученных данных является детализированное пространственное распределение удельной энергоёмкости бурения.

Если прочностные характеристики пород контрастно отличаются, то после накопления достаточной статистической информации появляется возможность идентифицировать породы по прочностным характеристикам, что позволяет получить такие характеристики блока, как, например, участки залегания полезного ископаемого. Вся информация, получаемая в процессе бурения по каждому блоку, автоматически архивируется в базе данных комплекса. Такой массив информации сопоставим с комплексом геофизических исследований и может быть полезным для уточнения предварительной геологической разведки [4,5].

Результаты исследований

Кумтор

Месторождение Кумтор является уникальным объектом, входящим в число крупнейших золоторудных месторождений мира. Месторождение приурочено к одноименному разлому, который прослежен на поверхности вдоль северо-западного склона хребта Акшийрак и расположено на высоте свыше 4000 м. над уровнем моря. Определяющую роль в строении месторождения играют разломы. Сложная геологическая структура, наличие тектонических нарушений приводит к оползням и обрушениям. Анализ практики эксплуатации месторождения показывает, что использование рациональных методов в процессе добычных работ на действующем предприятии – одно из решений по обеспечению качества взрыва и снижению техногенных опасностей. Такой подход усложняется тем, что при проектировании БВР в качестве физико-механических свойств среды применяются данные для преобладающей породы, и таким образом не учитывается неоднородность массива.

В результате полноценного внедрения комплекса «BlastMaker» появилась возможность регистрировать и анализировать данные о характере неоднородности массива. На рисунке 1 представлены примеры вертикальных сечений с отображением энергоёмкости бурения на руднике Кумтор на протяжении 100 и более метров. По данным картирования появилась возможность установить

характер залегания более прочных пород и произвести прогнозирование данных энергоёмкости бурения на нижележащем горизонте. Таким образом, при проектировании взрывных работ, источником информации о характере массива, наряду с данными предварительной геологической разведки, может служить информация о распределении энергоёмкости бурения в смежных блоках и блоках на вышележащих горизонтах.

Также анализ данных энергоёмкости бурения позволил выделить типичную для месторождения структуру массива на обуриваемом блоке: верхние слои массива, мощность которых варьируется в диапазоне 1-3 м., ослаблены горными работами на вышележащих горизонтах (рис. 2). Энергоёмкость бурения на ослабленных участках меньше в 2 раза, чем для остального участка массива, что позволяет достаточно быстро произвести районирование участков по прочностным характеристикам. Такая информация может быть полезна для определения оптимальных параметров конструкции заряда в скважине, например, применения воздушного промежутка в конструкции заряда, таким образом, чтобы снизить долю взрывной энергии, распространяемой в области ослабленных участков блока.

Разрез Тугнуйский

ОАО «Разрез Тугнуйский» – крупнейшее угледобывающее предприятие Забайкальского края и республики Бурятия, ведущее добычу каменного угля на Олонь-Шибирском и Никольском каменноугольных месторождениях. Мощные угольные пласты имеют сложное и очень сложное строение, в них фиксируются флексуриобразные складки, различные пликативы, относящиеся к структурам третьего порядка. Геологическая разведка не может дать достаточно полной информации, так как плотность разведочной сети составляет минимум 180м x 200 м.

Даже несмотря на высокую разведанность, при отработке месторождения встречаются неподтверждения строения пласта, мощности, зольности, наличие нарушений, не установленных разведкой [4].

Применение ПТК «BlastMaker» на месторождении предприятия «Разрез Тугнуйский» позволило получить полную привязку скважины: высотную отметку и координаты в плане, высотную отметку кровли кондиционного пласта; установить положение некондиционных пластов, расщепление пласта, выявить тенденцию в блоке, например, определить угол падения нарушения, контакты пород.

По результатам бурения на своем рабочем месте на экране монитора геологу четко виден результат разведки с абсолютной привязкой. Это значительно упрощает работу геолога, обеспечивая их актуальной информацией, без выезда на разрез. Поскольку сетка взрывных скважин составляет, например, 6 x 6 м, то появляется возможность оперировать геологическими данными достаточной степени точности. С помощью средств ПО «BlastMaker» удалось получить разрез в абсолютных отметках, на котором светло-желтым цветом показывается уголь, а крепкие скальные породы темно-коричневым цветом (рис.3). Было показано, что реальная картина геологического разреза с достаточной точностью совпадает с прогнозной, полученной по данным системы «BlastMaker».

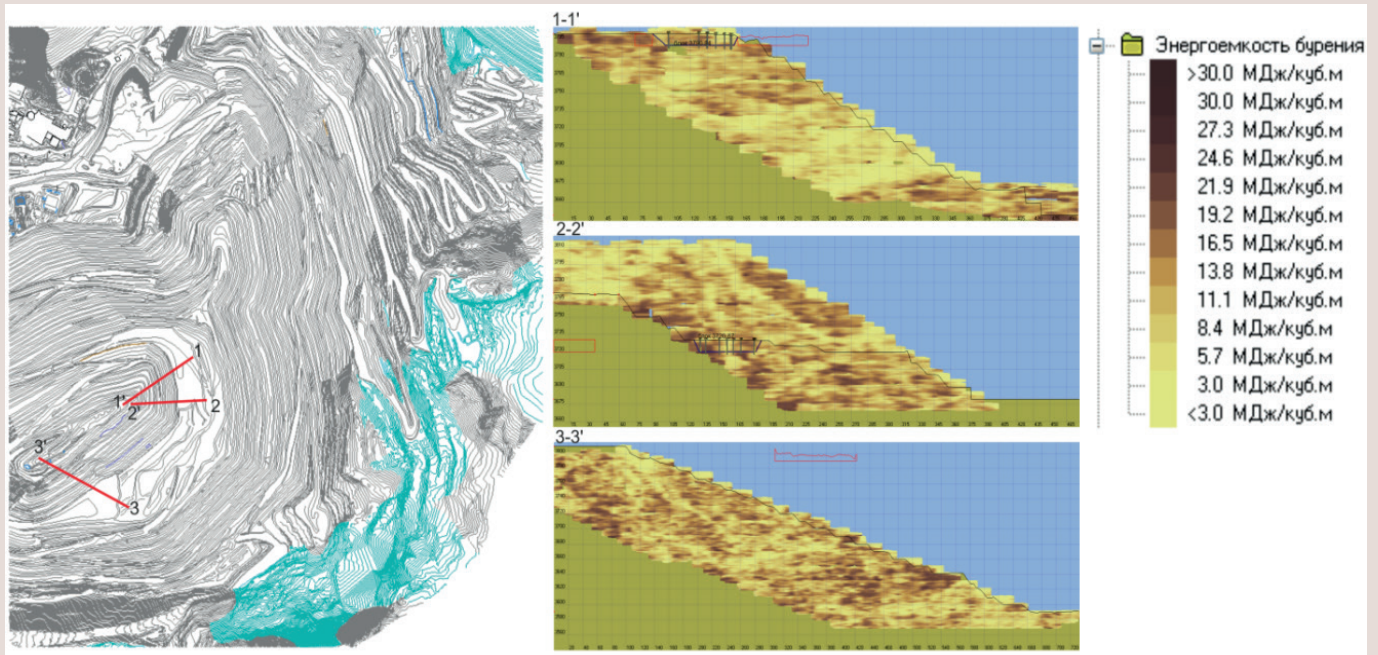


Рис. 1. Энергоемкость бурения на различных вертикальных сечениях карьера Кумтор: темные участки соответствуют более прочным породам, светлые – менее прочным.

Сурет 1. Құмтөр ашықкеніштің түрлі тік қималарындағы бұрғылаудың энергия сыйымдылығы: қара учаскелер беріктеу таужыныстарына, ашық түстілер беріктігі аздау таужыныстарына сәйкес келеді.

Figure 1. Drilling energy intensity in different vertical sections of the Kumtor open pit: dark zones correspond to harder rocks, light zones correspond to less hard rocks.

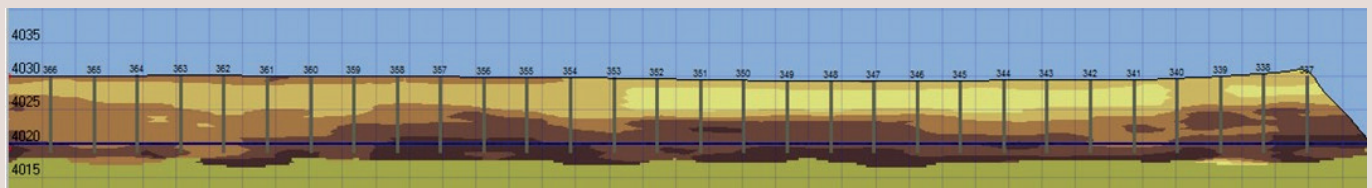


Рис. 2. Энергоемкость бурения на вертикальном сечении обуренного блока.

Светлые зоны соответствуют ослабленным участкам массива.

Сурет 2. Бұрғыланған блоктың тік қимасындағы бұрғылаудың энергия сыйымдылығы.

Ашық түсті аймақтар сілемнің әлсіз учаскелеріне сәйкес келеді.

Figure 2. Drilling energy intensity in the vertical section of a drilled block. Light zones correspond to weakened areas of the massif.

Михайловский ГОК им. А.В. Варичева

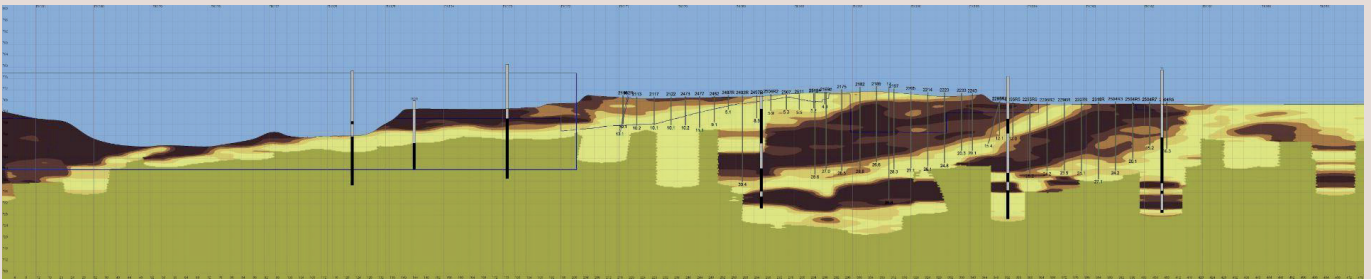
По горнотехническим условиям разработки карьер Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева (МГОК) относится к месторождению неглубокого залегания, пригодного для открытых работ. Оно приурочено к широкому полю железистых кварцитов и имеет большую ширину залегания. Железистые кварциты повсеместно залегают в основании богатых руд, что создает условия, благоприятные для одновременной разработки руд обоих типов. Богатые железные руды (50-60% содержания железа) залегают под осадочным чехлом и являются корой континентального выветривания железистых кварцитов. На предприятии распространены кварциты окисленные, кварциты неокисленные легкообогатимые, кварциты неокисленные среднеобогатимые, кварциты неокисленные труднообогатимые и богатая железная руда, коэффициент крепости по шкале проф. Протодяконова которых варьируется в диапазоне от 10 до 20 (и выше).

Первоначальный анализ данных об энергоемкости бурения на месторождении Михайловского ГОКа позволил сделать предварительные выводы о свойствах горного массива. Массив по данным энергоемкости бурения имеет преимущественно однородный характер, поскольку прочностные свойства кварцитов имеют близкие значения (рис.4, 5). Участки массива с меньшими значениями энергоемкости бурения предположительно представлены раздробленными породами в результате отработки вышележащих блоков или участками массива с высоким содержанием железной руды. Данный вывод о характере массиве вполне согласуется с предварительными сведения о свойствах пород месторождения Михайловского ГОКа, полученных от геологической службы.

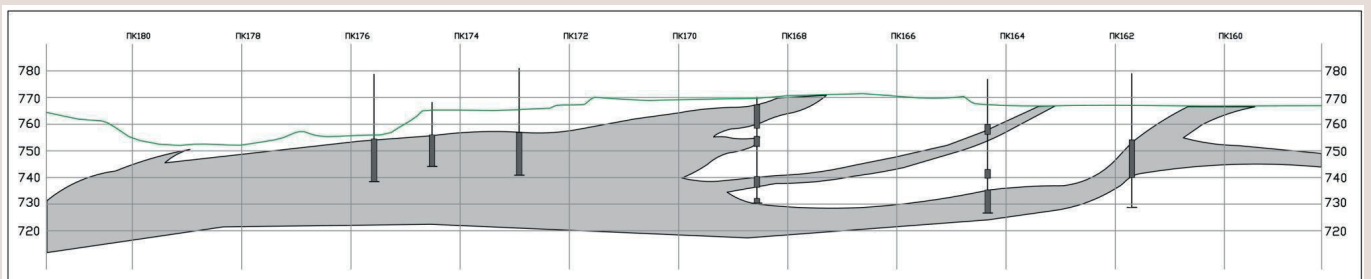
Сравнение данных энергоемкости бурения для участков с содержанием богатой руды показали, что энергоемкости бурения для богатой руды в 1,5-2 раза меньше, чем для железистых кварцитов (рис. 5). Это позволяет в последующем идентифицировать менее прочный участок бога-



а) фотосъемка фактической отработки участка угольного месторождения;
 а) көмір кен орнының нақты өңделген учаскесінің фототүсірілімі;
 a) photography of actual mining of the coal deposit area.



б) распределение энергоёмкости бурения на данном участке: светлые участки соответствуют залеганию угольного пласта;
 б) осы учаскеде бұрғылаудың энергия сыйымдылығын үлестіру: ашық түсті учаскелер көмір қабатының жайғасуына сәйкес келеді;
 б) distribution of drilling energy intensity in a given area: light zones correspond to the occurrence of the coal seam.



в) уточненное залегание угольных пластов по данным энергоёмкости бурения;
 в) бұрғылаудың энергия сыйымдылығы деректері бойынша көмір қабаттарының нақтыланған жайғасымы;
 в) refined occurrence of coal seams according to the drilling energy intensity data.

Рис. 3. Применение данных энергоёмкости бурения для целей эксплуатационной разведки угля на каменноугольном месторождении предприятия «Разрез Тугнуйский» [4].

Сурет 3. «Торғай қимасы» кәсіпорнының тас көмір кен орнында көмірді пайдаланып барлау мақсаттары үшін бұрғылаудың энергия сыйымдылығы деректерін қолдану [4].

Figure 3. Application of drilling energy intensity data for the purposes of operational coal exploration at the coal deposit of the «Razrez Tugnuisky» enterprise [4].

того содержания руды по результатам обработки данных, получаемых в процессе бурения.

Поскольку железорудные месторождения, как правило, характеризуются близкими прочностными свойствами слагающих пород, энергоёмкость бурения на разных участках достаточно однородная и заметно варьируется,

если наблюдаются участки массива с заметно отличающимися прочностными свойствами.

Рудник Куранах

Россыпное месторождение Куранах предприятия АО «Полюс Алдан» является сложноструктурным, с нали-

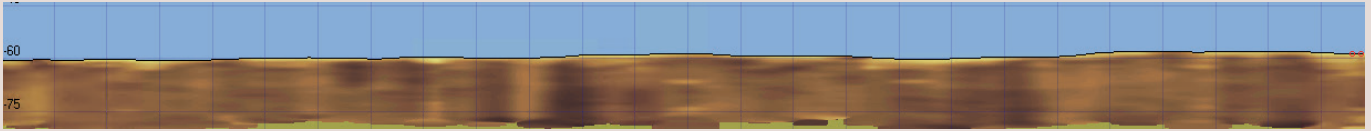


Рис. 4. Пример энергоемкости бурения блока на вертикальном сечении для месторождения Михайловского ГОКа. Массив носит относительно однородный характер по прочностным характеристикам, составлен преимущественно прочными породами.

Сурет 4. Михайловск тау-кен байыту комбинатының кен орны үшін тік қимада блоқты бұрғылаудың энергия сыйымдылығының үлгісі. Сілемде беріктік сипаттамасы бойынша біртекті сипаты бар, көбінесе берік таужыныстарымен құрастырылған.

Figure 4. Example of the energy intensity of drilling a block in the vertical section for the Mikhailovsky GOK deposit. The massif is relatively homogeneous in terms of strength characteristics, composed mainly of hard rocks.

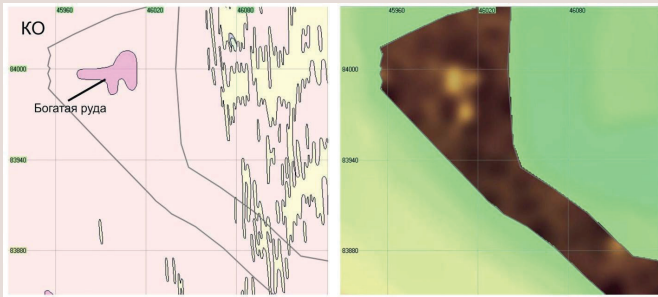


Рис. 5. Пример районирования массива по данным геологической разведки и данных энергоемкости бурения на МГОКе. Преобладающий тип породы – прочные кварциты. Богатая руда выделяется светлым участком на фоне прочных пород.

Сурет 5. МТКБК-да бұрғылаудың энергия сыйымдылығының деректері мен геологиялық барлау деректері бойынша сілемді аудандастыру үлгісі. Берік кварциттер таужынысы түрі басым. Бай кен берік таужыныстар аясында ашық түсті учаскемен белгіленеді.

Figure 5. Example of massif zoning according to geological exploration data and energy intensity drilling data at MGOK. The predominant rock type is strong quartzite. The rich ore stands out as a light area against the background of hard rocks.

чием в массиве различного рода прослоек, вечномерзлых пород и включений с физико-механическими свойствами, резко отличными от рудовмещающих пород. Месторождение состоит из рудных залежей неправильной пластобразной формы, сформированных в депрессиях вблизи даек лампрофиров, фиксирующих рудоконтролирующие структуры. Рудные залежи, как правило, приурочены к линейно-вытянутым тектоническим зонам и повторяют слоистые конфигурации карстовых полостей.

Сложная структура вмещающих пород представлена ожелезненными рыхлыми песчано-глинистыми отложениями, в которых неравномерно распределены щебень, глыбы песчаников, карбонатных пород и ожелезненных кремнистых пород кавернозной брекчиевидной текстуры. Величина обломков колеблется от 0,01 до 2,0 м, а количество – от 30 до 70%. Количество крупнообломочного материала (от 0,3 до 2,5 м) составляет 20-40%. Крепость

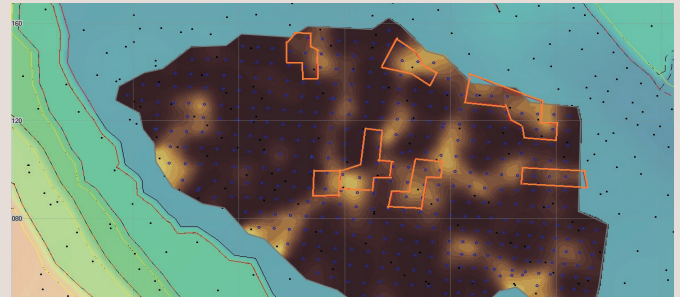


Рис. 6. Сопоставление положения рудных тел по данным геологической разведки с распределением средней энергоемкости бурения на руднике Куранах. Сурет 6. Куран кен орнында бұрғылаудың орташа энергия сыйымдылығын үлестірумен бірге геологиялық барлау деректері бойынша кен орны денелерінің орналасуын салыстыру.

Figure 6. Comparison of the position of ore bodies according to geological exploration data with the distribution of the average drilling energy intensity at the Kuranakh mine.

обломков от 6 до 11 по шкале проф. М.М. Протодыконова. Данные участки оказались достаточно легко идентифицируемыми по данным энергоемкости бурения как светлые, менее прочные участки (рис.6).

Поскольку невозможность точного определения положения твердых включений было одним из факторов, усложняющих оптимизацию БВР на предприятии, то получение данных энергоемкости бурения позволило с высокой степенью точности определить положение участков крепких пород и производить проектирование взрывных работ с учетом особенностей массива рудника.

Богатырь Комир

На сегодняшний день перед горнодобывающими предприятиями стоит задача идентификации прочностных свойств обрабатываемого массива с целью рационального использования взрывчатых веществ (ВВ) и снижения выхода негабаритов. Такая необходимость, в том числе, возникла на предприятии «Богатырь Комир». На долю данной компании приходится 70% от объема всего добываемого в Экибастузском угольном бассейне угля. По данным геологической службы коэффициент крепости по шкале проф.

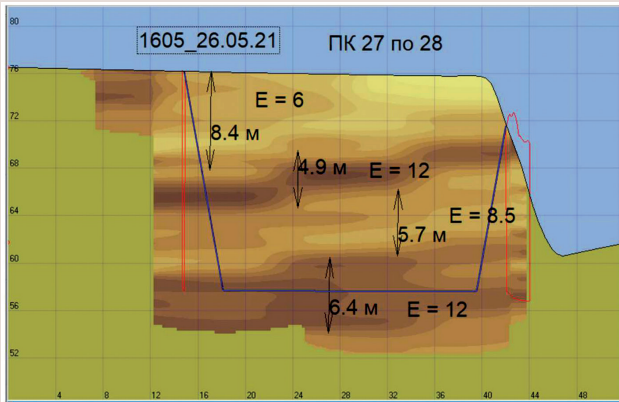


Рис. 7. Сопоставление энергоёмкости бурения E на вертикальном сечении с горно-технологической картой, полученной от геологической службы в условиях месторождений предприятия «Богатырь Комир».

Сурет 7. «Богатырь Көмір» кәсіпорны кен орындары жағдайында геологиялық қызметтен алынған тау-технологиялық картамен тік қимада E бұрғылаудың энергия сыйымдылығын салыстыру.

Figure 7. Comparison of energy intensity of drilling E in the vertical section with the mining and technological map obtained from the geological service in the conditions of deposits of Bogatyr Komir enterprise.

Протодряконова на участках добычи варьируется в диапазоне 1,5-4,5, а на участках по вскрыше 4,5-7,5. При этом могут встречаться породы с коэффициентом крепости значительно выше ожидаемых значений. Для поддержки высокой интенсификации производства на предприятии возникла необходимость уточнения имеющейся геологоразведочной информации по данным энергоёмкости бурения: точного определения положения, например, особо прочных участков на вскрышных и добычных блоках, уточнять значения коэффициента крепости по шкале проф. Протодряконова.

В ряде исследований [7, 8] отмечалась линейная зависимость между сопротивлением породы сжатию и энергоёмкостью бурения. В силу особенностей физико-механических свойств пород, такая зависимость наиболее часто наблюдается для угольных месторождений, что успешно было продемонстрировано на примере месторождений предприятия «Богатырь Комир».

На основании статистического сопоставления данных предварительной геологической разведки, передаваемых в виде коэффициента крепости по шкале проф. Протодряконова и получаемой информации об энергоёмкости бурения, была получена линейная зависимость крепости пород f от энергоёмкости бурения E с точностью корреляции до 85%:

$$f = b_1 E + b_2,$$

где b_1, b_2 – коэффициенты, определенные для условий месторождения. Из полученной зависимости следует вывод: чем выше энергоёмкость бурения, тем прочнее породы. Такая зависимость позволила идентифицировать вскрышные породы и угольные пласты по данным энергоёмкости бурения.

При сопоставлении данных было также отмечено, что по данным энергоёмкости бурения в условиях предприятия Богатырь удается уточнить неоднородность массива (рис. 7). Положение более прочных прослоек по данным энергоёмкости бурения хотя и подтвердили ожидаемое положение по предварительной геологической разведке, но и позволили уточнить структуру массива, положение и особенность геометрии прочных участков.

Совместная работа с отделом БВР предприятия позволила также получить зависимость оптимального удельно-

го расхода ВВ для эталонного ВВ (6ЖВ) от энергоёмкости бурения. Первоначально производился анализ применяемого удельного расхода ВВ при проектировании в зависимости от характера массива. Анализ массива осуществлялся отделом БВР на основе горно-технологической карты, качественной оценки массива при выезде на участок и информации об энергоёмкости бурения. Информация о применяемом расходе ВВ, качестве взрыва заносилась в Базу Данных ПО «BlastMaker», а в результате обработки дан-

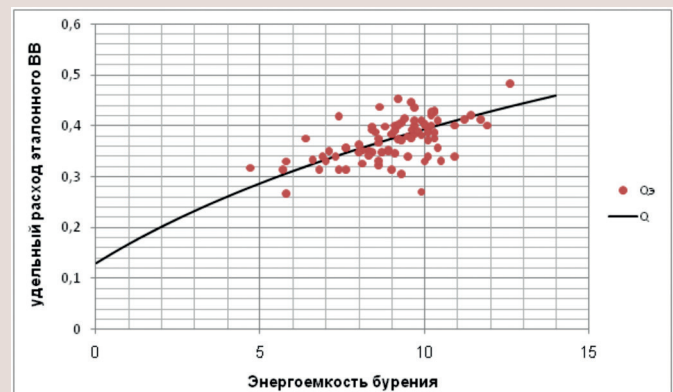


Рис. 8. Сопоставление расчетного и фактического удельного расхода ВВ в зависимости от энергоёмкости бурения. Удельный расход приведен в эквивалент эталонного ВВ диаметра скважины 250 мм и среднего кондиционного куса 500 мм.

Сурет 8. Бұрғылаудың энергия сыйымдылығына байланысты ЖЗ есептік және нақты меншікті шығынын салыстыру. Меншікті шығын 250 мм ұңғыма диаметрінің эталонды ЖЗ мен 500 мм орташа кондициялық бөліктің эквивалентіне келтірілген.

Figure 8. Comparison of calculated and actual specific consumption of explosives depending on drilling energy intensity. Specific consumption is given in the equivalent of the reference explosive of the borehole diameter with a well diameter of 250 mm and an average conditioned piece of 500 mm.

ных получена зависимость расчета удельного расхода по данным энергоемкости бурения:

$$q_p = k_1 \ln(k_2 E + k_3),$$

где k_1 , k_2 и k_3 – коэффициенты, уточняемые для условий конкретного месторождения.

Уточнение полученных коэффициентов производилось на основе проведения экспериментальных взрывов в рамках опытно-промышленных испытаний. Для осуществления экспериментальных взрывов на предприятии были обеспечены бесперебойность передачи данных об энергоемкости бурения от станков до рабочего места проектировщика, оперативная зачистка блока от предыдущей взорванной горной массы и непрерывный мониторинг за качеством взрыва. В результате для каждого блока были получены данные о примененном удельном расходе ВВ, качестве взрыва и средней энергоемкости бурения. Такой набор информации позволил получить уточненную зависимость рекомендуемого удельного расхода для эталонного ВВ (6ЖВ), диаметра скважины 220 мм и среднего размера кондиционного куска 500 мм от энергоемкости бурения (рис. 8). Полученная зависимость позволяет проектировщику получить рекомендуемый расход ВВ в соответствии с импортируемыми данными с системы «КОБУС» о характере массива в виде энергоемкости бурения.

Заключение

Информация, получаемая с системы КОБУС в процессе бурения скважин, позволяет уточнять пространственное залегание прочных и мягких прослоек, выделять особо прочные участки массива, требующие специального внимания при подготовке проекта на массовый взрыв и пр.

Такой подход продемонстрирован на примере предприятий Тугнуйский угольный разрез, Богатырь Комир, Михайловский ГОК им. А.В. Варичева и др.

Как показывает сопоставление данных, для месторождений, характеризующихся контрастностью прочностных свойств пород, как показано на примере карьера Богатырь Комир, наблюдается линейная зависимость между энергоемкостью бурения и крепостью пород по шкале проф. Протодяконова с точностью корреляции до 85%. Такая зависимость позволяет количественно уточнять данные предварительной геологической разведки на конкретном участке массива.

Энергоемкость бурения может применяться при непрерывном мониторинге состояния массива на обрабатываемом участке. При переходе от блока с типичным распределением энергоемкости бурения к блоку, где чаще встречаются более крепкие породы, взрывнику следует принять меры, чтобы добиться ожидаемого качества взрыва.

Установленная зависимость между удельным расходом и энергоемкостью бурения для эталонного ВВ позволяет рассчитать оптимальное распределение выбранного заряда по блоку в соответствии с прочностной неоднородностью массива. Энергоемкость по блоку может быть районирована на участки, в зависимости от размера блока и степени неоднородности. При этом для каждого участка рассчитывается свой удельный расход. Если же массив по энергоемкости бурения достаточно однороден, то заряд при равномерной сетке скважин также распределяется равномерно по блоку.

Информация о неоднородности массива может быть также использована и для решения задачи оптимизации конструкции заряда, например, с применением воздушного промежутка. При этом воздушный промежуток необходимо расположить напротив мягкого прослойка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тангаев И. А. Буримость и взрываемость горных пород. М.: Недра. – 1978. – С. 184 (на русском языке)
2. Коваленко В.А. Автоматизированная подготовка производства на карьерах // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. – 2009. – Т. 9. – №11. – С. 118-123 (на русском языке)
3. Артемьев В.Б., Коваленко В.А., 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 (на русском языке)
4. Белкина Т.А. Геологическое сопровождение отработки Олонь-Шибирского месторождения с использованием возможностей ПТК «Blast Maker» // Передовые технологии на карьерах: сборник докладов. – Бишкек: КРСУ. – 2015. – С. 65-67 (на русском языке)
5. Игнатьев Н.Н. Применение бескернового бурения для целей эксплуатационной разведки и оценки зольности угля на Олонь-Шибирском каменноугольном месторождении // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – №3. – С. 134-141. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-134-141 (на русском языке)
6. Татарчук С. Ю. Опыт внедрения и эксплуатации ПТК Blast Maker на карьерах // Горный журнал. – 2013. – №11(103). – С. 29-32 (на русском языке)
7. Vogusz A., Wikowska M. Удельная энергия разрушения угольных пород // Журнал геотехники и механики. – 2015. – №1(37). – С. 9-16. DOI: 10.1515/sgem-2015-0002 (на английском языке)
8. Wang Q., Qin Q., Gao S., Li S., Gao H. Энергетический подход в анализе корреляции между параметрами бурения и пределом прочности на сжатии пород // Журнал по вопросам угольной промышленности в Китае. – 2018. – 43(5). – С. 1289-1295 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тангаев И. А. Таужыныстарының бұрғылануы мен жарылғыштығы. М.: Недра. – 1978. – Б. 184 (орыс тілінде)
2. Коваленко В.А. Ашықкөніштерде өндірістің автоматтандырылған дайындығы // Қыргыз-Ресей Славян университеті хабаршысы. – 2009. – Т. 9. – № 11. – Б. 118-123 (орыс тілінде)

3. *Артемов В.Б., Коваленко В.А., Каинов А.И., Опанасенко П.И., Исайченков А.Б. СКЭЖ көмір қималарында БЖЖ дайындау және өткізуде заманауи ақпараттық технологиялар // Көмір. – 2012. – №11. – Б. 6-14 (орыс тілінде)*
4. *Белкина Т.А. «Blast Maker» БТК мүмкіндіктерін пайдаланатын Олонь-Шибир кен орнын өңдеудің геологиялық сүйемелдеу // Ашықкеніштердегі озық технологиялар: баяндамалар жинағы. – Бішкек: КРСУ. – 2015. – Б. 65-67 (орыс тілінде)*
5. *Игнатъев Н.Н. Олонь-Шибир тас көмір кен орнында көмірдің күлділігін пайдаланып барлау және бағалау мақсатында кернсіз бұрғылауды қолдану // Тау ақпараттық-аналитикалық бюллетень (ғылыми-техникалық журнал). – 2019. – №3. – Б. 134-141. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-134-141 (орыс тілінде)*
6. *Татарчук С. Ю. Ашықкеніштерде Blast Maker БТК ендіру және пайдалану тәжірибесі // Тау журналы. – 2013. – №11(103). – Б. 29-32 (орыс тілінде)*
7. *Bogusz A., Bukowska M. Көмір таужыныстарын бұзудың меншікті энергиясы // Геотехника және механика журналы. – 2015. – №1(37). – Б. 9-16. DOI: 10.1515/sgem-2015-0002 (ағылшын тілінде)*
8. *Wang Q., Qin Q., Gao S., Li S., Gao H. Таужыныстарын бұрғылау параметрлері мен қысымға беріктігі шегі арасындағы корреляцияны талдаудағы энергетикалық тәсіл // Қытайдағы көмір өнеркәсібі мәселелері жөніндегі журнал. – 2018. – 43(5). – Б. 1289-1295 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Tangaev I. A. Drillability and explosibility of rocks. M.: Nedra. – 1978. – P. 184 (in Russian)*
2. *Kovalenko V.A. Automated preparation of production in quarries // Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University. – 2009. – Vol. 9. – No. 11. – P.118-123 (in Russian)*
3. *Artemyev V.B., Kovalenko V.A., Kainov A.I., Opanasenko P.I., Isaichenkov A.B. Modern information technologies in the preparation and conduct of drilling and blasting at SUEK coal mines // Ugol. – 2012 – No.11. – P. 6-14 (in Russian)*
4. *Belkina T.A. Geological support for the development of the Olon-Shibirsk deposit using the capabilities of the «Blast Maker» SHC // Advanced technologies in quarries: a collection of reports, Bishkek: KRSU. – 2015 – P. 65-67 (in Russian)*
5. *Ignatiev N.N. Application of coreless drilling for the purposes of operational exploration and assessment of coal ash content in Olon-Shibirsk coal field// Mountain Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2019 – No. 3. – P. 134-141. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-134-141 (in Russian)*
6. *Tatarchuk S. Y. Experience of implementation and operation of the Blast Maker SHC at the quarries // Mining Journal. – 2013. – No. 11(103). – P. 29-32 (in Russian)*
7. *Bogusz A., Bukowska M. Specific energy of hard coal under load. Studia Geotechnica et Mechanica. – 2015. – 1(37). – P.9-16. DOI: 10.1515/sgem-2015-0002 (in English)*
8. *Wang Q., Qin Q., Gao S., Li S., Gao H. Relationship between rock drilling parameters and rock uniaxial compressive strength based on energy analysis// Journal of China Coal Society. – 2018. – 43 (5). – P. 1289-1295 (in English)*

Сведения об авторах:

Григорьев В.В., кандидат технических наук, директор Института коммуникаций и информационных технологий Кыргызско-Российского Славянского Университета (г. Бишкек, Кыргызская Республика), grigorevww@blastmaker.kg; <https://orcid.org/0009-0005-9435-2203>

Райымкулов М.А., старший научный сотрудник Института коммуникаций и информационных технологий Кыргызско-Российского Славянского Университета (г. Бишкек, Кыргызская Республика), raiymkulovma@blastmaker.kg; <https://orcid.org/0009-0002-4831-1038>

Киселев А.О., начальник управления «Кобус» Общества с ограниченной ответственностью «Blast Maker» (г. Бишкек, Кыргызская Республика), kiselev@blastmaker.kg; <https://orcid.org/0009-0004-1145-6449>

Авторлар туралы мәліметтер:

Григорьев В.В., техника ғылымдарының кандидаты, Қырғыз-Ресей Славян университетінің Байланыс және ақпараттық технологиялар институтының директоры (Бішкек қ., Қырғыз Республикасы)

Райымкулов М.А., Қырғыз-Ресей Славян университетінің Байланыс және ақпараттық технологиялар институтының аға ғылыми қызметкері (Бішкек қ., Қырғыз Республикасы)

Киселев А.О., «Blast Maker» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің «Кобус» бөлімінің басшысы (Бішкек, Қырғыз Республикасы)

Information about authors:

Grigoriev V.V., Candidate of Technical Sciences, Director of the Institute of Communications and Information Technologies of the Kyrgyz-Russian Slavic University (Bishkek, Kyrgyz Republic)

Raiymkulov M.A., Senior Researcher, Institute of Communications and Information Technologies of Kyrgyz-Russian Slavic University (Bishkek, Kyrgyz Republic)

Kiselev A.O., Head of the «Kobus» Department of the Limited Liability Company «Blast Maker» (Bishkek, Kyrgyz Republic)