

УДК 622.241
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-12-159-165

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ДЛЯ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРУЙ

А.З. Даанаева, А.Т. Мокешова

Аннотация. Рассматривается административное и географическое положение, геологическое строение, гидрогеологические условия и запасы полезного ископаемого месторождения Джеруй. Рассмотрен вопрос выбора оптимальных параметров буровзрывных работ применительно к сложным геологическим условиям месторождения, которые смогут обеспечить заданный коэффициент разрыхления горных пород. Особое внимание уделено тем параметрам, которые способны обеспечить необходимое качество взрыва рудного массива, сохранность его структуры и границ рудных тел в нем, что позволит снизить потери ценного полезного ископаемого и уменьшить разубоживание руды.

Ключевые слова: параметры буровзрывных работ; выбор; свойства горных пород; массив.

ЖЕРҮЙ КЕНИН ИШТЕҮҮ ШАРТТАРЫНДА БУРГУЛОО ЖАНА ЖАРДЫРУУ ПАРАМЕТРЛЕРИНИН НЕГИЗДЕМЕСИ

А.З. Даанаева, А.Т. Мокешова

Аннотация. Макалада Жеруй кенинин административдик-географиялык абалы, геологиялык түзүлүшү, гидрогеологиялык шарттары, пайдалуу кендердин запастары тууралуу жалпы маалымат берилген. Бургулоо жана жардыруу иштеринин оптималдуу параметрлерин тандоо маселеси Жеруй кенинин татаал геологиялык шарттарына карата каралат, бул тоо тектеринин жумшартуусунун берилген коэффициентин камсыз кыла алат. Руда массасынын жарылышынын зарыл сапатын, анын структурасын жана андагы рудалык тулкулардын чектерин сактоону камсыз кыла ала турган параметрлерге өзгөчө көңүл бурулат, бул баалуу минералдардын коромжу болушун азайтат жана руданын суюлушун азайтат.

Түйүндүү сөздөр: бургулоо жана жардыруу иштеринин параметрлери; тандоо; тоо кендеринин касиеттери; массив.

JUSTIFICATION OF DRILLING AND BLASTING PARAMETERS FOR THE DEVELOPMENT CONDITIONS OF THE JEROOY FIELD

A.Z. Daanaeva, A.T. Mokeshova

Abstract. The article provides an overview of the administrative and geographical location, geological structure, hydrogeological conditions, and mineral reserves of the Jerooy deposit. The issue of choosing the optimal parameters of drilling and blasting operations is considered in relation to the complex geological conditions of the Jerooy deposit, which can provide a given coefficient of rock loosening. Particular attention is paid to those parameters that can ensure the necessary quality of the explosion of the ore mass, the preservation of its structure and the boundaries of the ore bodies in it, which will reduce the loss of valuable minerals and reduce the dilution of ore.

Keywords: drilling and blasting parameters; choice; rock properties; massif.

Введение. Месторождение Джеруй с запасами золота более 80 т является вторым по величине в республике после месторождения Кумтор. Содержание золота в руде колеблется в широких пределах и составляет от 1 до 27,5 г/т. Породы, слагающие месторождение, а также руда являются очень прочными. Эти обстоятельства заставляют тщательно подойти к выбору параметров буровзрывных работ (способу взрывания, типу ВВ и СИ, диаметру скважин, организации БВР, удельному расходу, схем КЗВ и т. д.). При выборе параметров необходимо, чтобы соблюдались следующие требования: рациональная стоимость для обеспечения качественного дробления, минимальный выход негабарита (менее 5 %), исключение разубоживания дорогостоящей руды и сохранность разрабатываемого массива. Правильный выбор параметров буровзрывных работ позволит уменьшить значительную часть затрат на горные работы.

Геология. Месторождение Джеруй располагается в Таласской области в северо-западной части Кыргызской Республики, на северном склоне одноименного хребта. Связь с областным центром г. Талас осуществляется через с. Караой по асфальтированной дороге, которая имеет протяженность 60 км, и далее по грунтовой дороге до месторождения еще 23 км. Связь с г. Бишкек осуществляется через перевал Отмек с выходом на автомагистраль Бишкек–Ош (320 км). Ближайшая железнодорожная станция на территории Кыргызстана – Маймак – находится в 100 км к западу от г. Талас (рисунок 1).

Площадь месторождения на 60–70 % сложена кварцевыми диоритами краевой фракции Чичкано-Колбинского батолита позднего протерозоя, среди которых заключены небольшие блоки и ксенолито-подобные обособления интенсивно дислоцированных и метаморфизованных отложений ортоауской свиты рифея, представленных кварцево-роговообманковыми и кварцево-пироксено-полевошпатовыми парагнейсами, мигматитами, кварцево-сланцевыми сланцами и доломитовыми мраморами. Диориты и образования ортоауской свиты прорваны дайками и жилами аплитов, кварцевых порфиров, спессартитов, базальтовых порфиритов, пересекаются жилами и прожилками золотоносного кварца и многочисленными зонами дробления и гидротермального изменения пород, содержащими сульфидную минерализацию [1].



Рисунок 1 – Общий план расположения месторождения Джеруй

Основные разрывы на месторождении и рудном поле по всем признакам опережают зону Ичкелетау-Сусамырского разлома и имеют в большинстве случаев северо-западное (300–320°) простирание. Амплитуды смещения, как правило, не превосходят нескольких десятков метров.

Джеруй относится к числу месторождений золотокварцевой формации. Золото приурочено к малосульфидным жилам, прожилкам и зонам метасоматического окварцевания. Кварц однородный, мелко- и тонкозернистый до халцедоновидного, цвет его светло-серый и серый.

Свойства горных пород. В таблице 1 приведена прочность пород в образцах по данным Госгеолагентства Кыргызской Республики.

Породы и руды в основном относятся к высоким категориям крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова ($f = 17 \div 19$). Согласно межведомственной классификации, породы в пределах зоны минерализации относятся к IV категории (малотрещиноватые), центральная кварцевая зона – ко II категории (сильнотрещиноватые). Вмещающие рудную зону породы относятся к среднетрешиноватым (III категория).

Объемная масса пород и руд по определениям в целиках и во многих сотнях образцов составляет 2,64 т/м³. Коэффициент разрыхления по данным изучения 18 целиков колеблется от 1,53 до 1,81, и в среднем составляет 1,64. Влажность в среднем равна 0,05 %. Породы практически беспористые: водопоглощение в среднем составляет 0,30 %. Руды и подавляющая часть вмещающих пород являются силикозоопасными – среднее содержание свободной кремнекислоты составляет 42,2 %.

По радиационным условиям месторождение безопасно. Основная масса вмещающих пород характеризуется гамма-активностью от 5,0 до 15,0 мкр/час, а руды – 0,5÷6,0 мкр/час.

Обоснование параметров БВР исходя из механических нарушений массива и свойств горной породы. На эффективность буровзрывных работ влияют такие горнотехнические характеристики горных пород, как крепость, абразивность, буримость, взрываемость, дробимость, трещиноватость и т. д. По характерным признакам горнотехнологических свойств горных пород создают соответствующие классификации [2].

Таблица 1 – Прочность пород

№ п/п	Породы	Прочность на одноосное сжатие, МПа		Среднее значение
		минимальная	максимальная	
1	Кварцевый диорит	130	230,6	190,0
2	Кварцевый диорит окварцованный	163,4	219,6	175,9
3	Кварцевый диорит выветрелый	57,7	62,5	60,0
4	Кварц	212,8	246,5	220,0
5	Гнейс терригенного начала	118,9	201,5	135,0
6	Гнейс карбонатного начала	133,6	244,2	185,0
7	Гнейс карбонатного начала выветрелый	69,5	69,5	69,5
8	Кварцевые порфиры	236,6	236,6	236,6

Классификации горных пород и трещиноватость имеют большое практическое значение при ведении горных работ с точки зрения выбора бурильных машин, методов взрывных работ, определения норм выработки и расхода взрывчатых материалов [3].

Трещиноватость существенно влияет на технологию ведения горных работ, в связи с чем трещиноватые породы подразделяются на пять технологических категорий (таблица 2).

Вмещающие породы месторождения Джеруй относятся к третьей категории трещиноватости (среднетрещиноватые, крупноблочные), центральная кварцевая зона относится ко II категории (сильнотрещиноватые). Для каждой категории пород по трещиноватости, учитывая требования к качеству взрыва, необходимо выбрать рациональный диаметр взрывных скважин, параметры их расположения, схему их взрывания, удельный расход, тип ВВ.

Для выемки взорванной горной массы на месторождении Джеруй предусматривается использовать экскаваторы RH40E с емкостью ковшей 7,0 и 5,5 м³, соответственно. Для производительной работы этих машин в условиях карьера максимально допустимый размер куска должен составлять не более 1,4 и 1,3 м, соответственно; если куски породы с линейными размерами больше этих параметров, то они считаются негабаритом.

Для самосвалов САГ 773Е с геометрической емкостью кузова 35,2 м³, допустимый максимальный размер куска породы составит 1,6 м.

Для используемых на Таласском золоторудном комбинате дробилок допустимый максимальный размер куска рудной массы должен быть не более 0,6 м по любому ребру куска.

Окончательно негабаритной фракцией в условиях месторождения считаются куски размером более 1,3 м для вскрышных пород и размером более 0,6 м – для рудной породы.

Основными свойствами массивов, определяющими выбор ВВ, являются прочностные характеристики горных пород – коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова или группа пород по СниП, трещиноватость массивов и степень их обводненности.

Проведенный обзор по выбору различных типов ВВ позволяет сделать выводы, смысл которых сводится к следующему: тип взрывчатого вещества для конкретных условий взрывания определяется условиями взрывания (крепость и обводненность горных пород); простотой изготовления и безопасностью в обращении; надежностью инициирования; высокой работоспособностью (повышенная концентрация энергии на единицу объема разрушения); пониженной токсичностью; технологическими требованиями продукции (регулирование выхода переизмельченной (некондиционной) фракции дробления); высокой экономичностью.

Таблица 2 – Характеристика горных пород по трещиноватости

Категория трещиноватости пород	Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднее расстояние между естественными трещинами всех систем, м	Удельная трещиноватость, м ⁻¹
I	Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	До 0,1	Более 10
II	Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0,1-0,5	2-10
III	Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0,5-1,0	1-2
IV	Малотрещиноватый (весьма крупноблочный)	1,0-1,5	1,0-0,65
V	Практически монолитный (исключительно крупноблочный)	Свыше 1,5	Менее 0,65

Вследствие проведенного анализа и с учетом горно-геологических условий месторождения Джеруй, наиболее оптимальным считается применение бестроилового ВВ типа: гранулит АС-8, игдарин ЭГ, игданит.

Для инициирования скважинных зарядов, а также для создания замедления между рядами скважин при КЗВ предусматривается использование неэлектрических систем взрывания СИНВ, производимых фирмой Искра (Россия).

Первичный импульс к капсулю-детонатору СИНВ С подходит по шнуру-волноводу от замедлителя СИНВ П, который инициируется от основного магистрального волновода СИНВ-СТАРТ. Иницирование взрывной сети производится стартовой машинкой Дайно-Старт. Промежуточный детонатор состоит из СИНВ-С и шашки Т-400Г.

Разница между СИНВ и другими неэлектрическими системами, например, детонирующим шнуром, состоит в том, что реакция в системе СИНВ протекает в трубке-волноводе, в то время как детонирующий шнур детонирует сам. Основное преимущество таких систем заключается в возможности обратного инициирования заряда без угрозы нарушения взрывной сети в результате подбоя.

Основываясь на свойствах горных пород и свойствах ВВ, расчетный удельный расход принимается для условий месторождения Джеруй в пределах 0,68–0,88 (аммонит 6 ЖВ), для игдарина ЭГ, применяемого на вскрыше, с учетом переводного коэффициента 0,92 величина удельного расхода составляет 0,8. Для игданита, применяемого для дробления руды с учетом переводного коэффициента 1,13, величина удельного расхода составляет 0,7. По этому параметру породы месторождения Джеруй относятся к VI и V классу взрываемости по Б.Н. Кутузову [4].

Поскольку на предприятии используется буровой станок FlexiROC C65, способный бурить взрывные скважины диаметром до 180 мм, целесообразно рекомендовать увеличение диаметра скважин до 193,2–200,4 мм (что потребует замены его на более дорогостоящее оборудование), выбор же меньшего диаметра скважины, как было отмечено выше, позволит обеспечить более качественное дробление крепких и крупноблочных пород в условиях месторождения Джеруй. В соответствии с производительностью бурового оборудования и горно-геологических условий месторождения диаметр скважин в проекте принят равным 170 мм.

Современный станок FlexiROC C65 – это оптимальный буровой станок для работ по добыче и предварительному дроблению в открытых шахтах, карьерных разработках и на стройплощадках, где существует необходимость в высокой производительности. Стандартная буровая установка предназначена для работы в самых жестких производственных условиях.

Главным параметром КЗВ является оптимальный интервал замедления между взрывами двух зарядов в ряду или между рядами зарядов в зависимости от принятой схемы замедлений.

Интервал времени замедления зависит от свойств взрываемых пород и величины W :

$$t = A \times W, \text{ мс,}$$

где W – величина с.п.п., м; A – коэффициент замедления, зависящий от свойств взрываемых пород.

Оптимальный интервал замедления для месторождения Джеруй при взрывании скважинных зарядов в уступе определен по формуле треста «Союзвзрывпром» [5]: $t = 4 \times 5,3 = 21,2$ мс. A с учетом имеющегося ассортимента средств взрывания с помощью системы СИНВ принимается равным 25 мс.

Существенное влияние на степень дробления горной массы оказывает конструкция заряда. При равномерном выходе горной массы с 1 м скважины и удельном расходе ВВ, рассредоточение заряда приводит к улучшению дробления вследствие увеличения зоны регулируемого дробления по сравнению со сплошным зарядом [6]. Выбор конструкции заряда производится с учетом строения и состояния горного массива.

При сплошном заряде его действие в мягкой части массива развивается более активно, а в зоне дробления твердой части массива (пропластке) уменьшается.

Сплошной заряд рекомендуется применять при взрывании обводненных крепких пород с высоким удельным расходом ВВ, когда заряд занимает все выбуренное пространство за исключением верхней части скважины, в которой размещается необходимой длины забойка.

Также сплошной заряд следует применять и при разрушении легко взрывающихся трещиноватых пород, когда взрывом достаточно лишь нарушить связь между естественными отдельностями массива.

Для условий месторождения Джеруй, с учетом малой высоты уступа, применяется сплошная конструкция заряда, как наиболее технологичная при применении механизированного заряжения.

Поскольку месторождение Джеруй представлено преимущественно крепкими породами, с учетом изложенной выше характеристики схем КЗВ и сетки скважин, проектом принята шахматная сетка, обеспечивающая интенсивное дробление и позволяющая создать значительное количество свободных поверхностей за счет увеличения относительного расстояния m .

На основе результатов проведенного анализа для месторождения Джеруй приняты следующие параметры:

- мощность подпорной стенки – 8 м;
- взрывчатые вещества – игдарин ЭГ и игданит;
- расчетный удельный расход ВВ – 0,6–0,89 кг/м³;
- диаметр скважин – 170 мм;
- буровой станок – FlexiROC C65;
- конструкция заряда – сплошная;
- схемы взрывания – врубово-волновая и безврубово-диагональная;
- способ взрывания – система СИИВ;
- интервал замедления $t = 25$ мс;
- сетка скважин – квадратная и шахматная;
- коэффициент сближения $m = 0,8–1,4$.

Буровзрывные работы на карьере Джеруй для рыхления скальных пород предусматривается вести методом вертикальных скважинных зарядов.

Расчет производится в соответствии с “Техническими правилами ведения взрывных работ на дневной поверхности” на основании принятых типовых элементов зарядов.

Выводы. Горные породы на месторождении имеют довольно высокую крепость и блочность, в то же время рудоносные породы пережаты, разделены на мелкие блоки и имеют высокую ценность из-за добываемого полезного компонента, что создает проблему выбора рациональных параметров БВР, которые смогут обеспечить качество взрыва, в особенности на добычном участке. В результате исследований авторами разработан индивидуальный подход к выбору параметров БВР добычного и вскрышного участка. А именно, предложены волновые и диагональные схемы КЗВ для двух участков, оптимальные диаметры скважинных зарядов 170 мм, наиболее безопасный способ инициирования зарядов с помощью СИИВ и интервалы замедления, повышенный удельный расход в пределах 0,6–0,89 кг/м³, рациональные для данных условий ВВ, параметры и конструкции зарядов. Приведены данные по концепции развития БВР. Рассмотрены классификации горных пород и общие требования к качеству взрыва. Анализ результатов опыта работ на других месторождениях позволил выбрать наиболее оптимальные параметры БВР на карьере с учетом горно-геологических условий. Рассмотрена возможность управления качеством взрыва и шириной развала путем применения различных схем короткозамедленного взрывания.

Поступила: 02.09.24; рецензирована: 16.09.24; принята: 18.09.24.

Литература

1. Кутузов Б.Н. Классификация горных пород по взрываемости для карьеров / Б.Н. Кутузов, Н.И. Лемеш, В.Ф. Плужников // Горный журнал. 1979. № 2. С. 41–44.
2. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. М.: Недра, 1972. 240 с.

3. *Тажобаев К.Т.* Физика горных пород: учебник для студентов горных специальностей вузов / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев. Бишкек: Алтын-Принт, 2022. 501 с.
4. *Сатыбалдиев Л.И.* Отчет по детальной разведке золоторудного месторождения Джеруй с подсчетом запасов по состоянию на 1 марта 1980 г. // Фонды Госгеологоагенства.
5. *Оника С.Г.* Разрушение горных пород взрывом / С.Г. Оника, В.И. Стасевич, И.М. Ковалёва. Минск: БНТУ, 2016. 168 с.
6. *Поздняков З.Г.* Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания / З.Г. Поздняков, Б.Д. Росси. М.: Недра, 1971, 253 с.