УДК 553.521 (470.5)

**ВЫБОР СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОПРОЧНОГО КАМНЯ К ВЫЕМКЕ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ ПРИРОДНЫХ ТРЕЩИН В МАССИВЕ**

**Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С.**

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», 455000, Челябинская область, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Доказана техническая возможность и экономическая целесообразность отделения монолитов высокопрочного камня от массива породы на месторождениях с системами круто- и пологопадающих трещин с помощью канатных пил и разделки опрокинутых на рабочую площадку монолитов буроклиновым способом на товарные блоки на второй стадии процесса подготовки к выемке. Изложена и обоснована методика выбора рационального способа подготовки высокопрочного камня к выемке, учитывающая горно-геологические условия залегания (форма тела породы, пространственные характеристики систем трещин и расстояние между ними), температурную зону района месторождения, физико-механические свойства и минералогический состав породы.

Высокопрочный камень, способ подготовки, трещиноватость массива, комбинированный способ.

Анализ мирового и отечественного рынков высокопрочного камня свидетельствует о росте потребления изготавливаемых из него облицовочных изделий, строительных и дорожных конструкций. В условиях рыночной экономики для производимой из камня продукции важными являются качество и стоимость, определяемые технологией добычи, в том числе процессом подготовки блоков к выемке, на который приходится до 80 % затрат [1-3]. Недоиспользование потенциала месторождений камня в России обусловлено несоответствием применяемого способа отделения блоков структурным особенностям разрабатываемого породного массива [4-6]. В настоящее время для подготовки к выемке блоков из прочных пород существует достаточно много способов, основанных на применении различных видов оборудования. Шпуровой способ отделения объемов камня от массива с использованием различных распорных средств (механические и гидроклинья, шланговые взврывчатые вещества (ВВ), невзврывчатые разрушающие смеси (НРС), газогенераторы давления шпуровые (ГДШ)) повсеместно применяется на «пластовых» месторождениях. Для месторождений со сложными горно-геологическими условиями залегания (с системами круто- (*δ*≥45°) и пологопадающих (*δ*<45°) трещин) такой способ подготовки блоков к выемке неэффективен из-за дорогостоящих и длительных по времени горно-подготовительных работ при промышленно нерентабельном выходе блочной продукции [7, 8].

Мировой опыт ведущих в отрасли добычи высокопрочного камня предприятий свидетельствует о все более широком применении канатных пил (КП) в процессе подготовки блоков камня к выемке. Гибкий алмазный инструмент [9-12] позволяет отрабатывать породный массив высокими уступами, что существенно повышает выход блочной продукции. Высокоуступная технология на практике реализуется только по двухстадийной схеме, когда после отделения монолита с помощью КП и его опрокидывания на рабочую площадку осуществляется вторая стадия – разделка на товарные блоки. Совмещение (комбинация) камнерезного и шпурового способов отделения и разделки объемов камня соответственно на первой и второй стадиях в большинстве случаев позволяет существенно повысить эффективность добычи блочного высокопрочного камня. Применение КП в качестве основного добычного оборудования в зимнее время года затруднено в связи с необходимостью использовать воду для охлаждения каната. Кроме того не целесообразно применять высокоуступную технологию в случае наличия развитых систем трещин в массиве или на месторождениях с залеганием горной породы в виде валунов и гряд.

В данной работе приводятся методика и алгоритмы выбора рационального способа подготовки высокопрочного камня к выемке, в комплексе учитывающие горно-геологические условия залегания (форма тела породы, пространственные характеристики систем трещин и расстояние между ними), температурную зону района месторождения, физико-механические свойства и минералогический состав породы.

**Анализ современного мирового состояния добычи камня.**

Несмотря на постоянную конкуренцию с различными искусственными имитациями, появляющимися на рынке, потребление природных каменных материалов во всем мире ежегодно возрастает на 7 – 9 % и в настоящее время находится на уровне около 30 млн. м3 (650 млн. м2) [8]. Это свидетельствует о высокой конкурентоспособности природного камня. Его привлекательность заключается, прежде всего, в его естественной высокой декоративности и долговечности. Как показывает опыт, благодаря долговечности камня и его грамотному использованию, обеспечивается сокращение расходов на эксплуатацию зданий и прилегающих территорий в 5 – 8 раз по сравнению с применением имитаций камня. В 2008 – 2009 гг. произошло сокращение объемов добычи и переработки в связи с кризисом, а в 2013 г. рынок практически восстановился (рис. 1) [3, 6, 8].

Рис. 1. Объем добычи (а) и потребления (б) блочного природного камня странами в 2013 г.

Следует отметить, что по объему запасов и разнообразию природного облицовочного камня нашей стране принадлежит ведущее место в мире. По промышленным категориям А + В + С1 суммарные балансовые запасы облицовочного камня в Российской Федерации составляют в настоящее время около 1.5 млрд. м3 горной массы [8].

Существующая отечественная минерально-сырьевая база облицовочного камня представлена примерно 500 разведанными месторождениями, из них около 40 % – это месторождения прочных изверженных пород (граниты, диориты, габбро, базальты и т. п.); примерно такая же доля – месторождения пород средней прочности (мраморы, мраморовидные известняки, мраморные брекчии и т. п.), остальная доля приходится на месторождения низкопрочных пород (преимущественно осадочного происхождения): известняки, травертины, гипсовые камни и т. п.

Однако ресурсы российского камня «Балансом запасов» не исчерпываются: на территории страны зарегистрировано несколько тысяч месторождений и проявлений облицовочного камня с разной степенью их геологической изученности (чаще всего – на стадиях поисковой или предварительной разведки). По мнению многих специалистов геологических служб одних только гранитов у нас имеется более 1000 документально зафиксированных проявлений с прогнозными запасами свыше 4 млрд. м3 [8].

Имея громадный ресурсный потенциал, Россия в настоящее время занимает 25-е место в мире по объему добычи камня (0.3 млн. м3/год) и 37-е по объему потребления (0.4 млн. м3/год). В мировом товарообороте гранитной продукции роль России ничтожно мала. Общий объем товарооборота (экспорта и импорта) гранитных блоков в 2013 году в мире составил 4230 тыс. м3. По объемам экспорта гранитных блоков Россия занимает 35 место в мире. Ее доля в мировом масштабе составляет всего лишь 0.085 %, что соответствует 3.3 тыс. м3. Более четверти (26 %) общего объема добычи гранитных блоков в России приходится на долю УрФО [8, 13]. Дефицит блочной продукции камня связан, в первую очередь, с недостаточным количеством и низкой эффективностью работы действующих карьеров, малым выходом из массива готовых блоков при добыче (коэффициент выхода колеблется в пределах 0.05-0.8, составляя в большинстве случаев 0.1-0.4) [8].

При добыче гранитных блоков используют следующие способы подготовки к выемке: шпуровой с применением различных распорных средств (механические и гидроклинья, НРС, шланговые ВВ, ГДШ) и канатное пиление [6, 8].

Шпуровой способ подготовки блочного камня к выемке с применением клиньев оправдан на «пластовых» месторождениях с развитыми системами вертикальных продольных и поперечных трещин массива. В этом случае работы ведутся по одностадийной схеме с учетом расположения трещин, что обеспечивает достаточно удовлетворительный выход товарной продукции. С увеличением глубины карьера, как правило, мощность пластов увеличивается, и применение клиньев становится невозможным из-за диагональных сколов при отрыве объемов камня от массива. На пластах, мощностью более 1.5-2 м, в качестве распорных средств применяют шланговые ВВ, ГДШ и НРС (рис. 3).

Рис. 2. Расчетная себестоимость добычи блоков на примере Мансуровского месторождения гранита при различных способах подготовки камня к выемке (производительность 24 тыс. м3 в год по горной массе):

1 – шпуровой с применением мех. клиньев; 2 – шпуровой с применением НРС; 3 – комбинированный (КП и шпуровой); 4 – шпуровой с применением «К-трубок»; 5 – с применением КП (на 1-ой и 2-ой стадиях); 6 – шпуровой с применением ГДШ

Распорным средствам динамического воздействия (шланговые ВВ, ГДШ и др.) присущ общеизвестный недостаток – появление наведенной трещиноватости в околошпуровой зоне, что снижает выход товарных блоков на гранитных месторождениях с средней и выше средней прочностью пород. По данным распиловки, предоставленным ООО «Техногранит» (г. Челябинск), при использовании зарядов ГДШ для добычи камня, в 1.5-2 раза снижается цена реализации блоков и выход продукции из них.

Статическое распорное действие НРС на стенки шпуров достигает значений порядка 1 МПа (1000 кг/см2), но при этом в околошпуровой зоне не вызывает дополнительной трещиноватости массива, снижающей выход блоков. Однако применение воды для приготовления смеси НРС при температуре ниже -10 °С приводит к несрабатыванию НРС, что осложняет применение этих составов в зимний период.

Исследованиями (рис. 2) установлено, что для «пластовых» месторождений на уступах высотой более 1,5-2 м в наибольшей степени удовлетворяет условию минимизации себестоимости комбинированный способ по двухстадийной высокоуступной схеме, когда на первой стадии от породного массива отделяется монолит с помощью КП, а на второй стадии, без завалки монолита на рабочую площадку, осуществляется его разделка на товарные блоки с использованием станков строчечного бурения. Это связано с увеличенными выходом и качеством блоков по сравнению со шпуровым способом.

Таким образом, на «пластовых» месторождениях при расстояниях между постельными трещинами до 1,5-2 м рационально применение шпурового способа отделения камня с использованием механических клиньев, а при больших расстояниях – комбинированного.

Среди разрабатываемых месторождений магматических горных пород не все имеют «пластовое» залегание с горизонтальными или близкими к горизонтальным трещинами разрыва. В большинстве случаев «пластовые» отдельности имеют пологое залегание, а вертикальные продольные и поперечные трещины трансформируются в системы крутопадающих трещин. Для данных месторождений, характеризуемых сложным горно-геологическим залеганием полезного ископаемого, в качестве основного критерия экономической целесообразности разработки принимается выход из массива блоков заданного объема при минимальной их себестоимости (рис. 3).

Рис. 3. Расчетная себестоимость добычи блоков типовых месторождений с круто- и пологопадающими системами трещин при различных способах подготовки камня к выемке: 1 – комбинированный (КП + шпуровой); 2 – с применением КП (на 1-ой и 2-ой стадиях); 3 – шпуровой с применением мех. клиньев и НРС; 4 – шпуровой с применением ГДШ; 5 – буровзрывной

Результаты анализа (рис. 3) и опыт ведущих отечественных и зарубежных предприятий свидетельствует, что на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями залегания наименьшая себестоимость подготовки камня к выемке и максимально возможный выход товарных блоков достигается за счет использования высокоуступной двухстадийной схемы отработки массива, когда на первой стадии от массива отделяется монолит с помощью КП, а на второй – опрокинутый на рабочую площадку монолит разделывается на товарные блоки с использованием станков строчечного бурения и механических клиньев.

Учитывая, что неортогональность крутопадающих плоскостей продольных и поперечных трещин не превышает 15 град, пассировочные работы шпуровым способом по устранению косоугольности блоков по данным плоскостям не предусматривается. Тогда общий объем шпуровых работ на разделочно-пассировочных операциях (2-ая стадия) составит:

,



где *nк* – количество отдельностей, заключенных между плоскостями крутопадающих трещин массива, в пределах линейного размера рассматриваемого монолита, шт.; *lк* – расстояние между плоскостями в крутопадающих системах трещин, м; *B* – ширина монолита, м; *lшп* – расстояние между шпурами, м.

При сравнении показателей себестоимости добычи камня (см. рис. 2, 3) очевидно, что ее значение в случае разработки «пластовых» месторождений в 2-3 раза меньше по сравнению с месторождениями, имеющими сложное залегание природных трещин в массиве (см. табл. 1). Это связано с более высоким выходом товарных блоков. В табл. 1 в качестве примера приведены показатели разработки месторождений блочного камня Урала.

ТАБЛИЦА 1

Основные показатели на типовых месторождениях с различными

горно-геологическими условиями залегания камня (с применением

комбинированного способа подготовки блоков к выемке

и условной годовой производительности по горной массе 24 тыс. м3)

На месторождениях с развитыми системами трещин (лабрадорит) рациональным является способ подготовки блоков с применением КП, на месторождениях с залеганием камня в виде отдельностей (долерит, габбро-норит) – шпуровой способ с применением механических клиньев и НРС. Целесообразность добычи данных пород объясняется их высокой декоративностью (рис. 4).

Рис. 4. Расчетная себестоимость добычи блоков типовых месторождений с многочисленными системами трещин (Головинское, лабрадорит) и залеганием камня в виде отдельностей (Шрау-Тау, габбро-норит) при различных способах подготовки камня к выемке (24 тыс. м3 в год по горной массе): 1 – комбинированный (КП+шпуровой); 2 – с применением КП (на 1-ой и 2-ой стадиях); 3 – шпуровой с применением механических клиньев и НРС; 4 – шпуровой с применением ГДШ; 5 – буровзрывной

Как правило, граниты залегают среди горных пород в форме батолитов, лакколитов, штоков, жил и др. В процессе формирования гранитных тел и их охлаждения возникает закономерная система трещин.

В связи с большим количеством месторождений блочного камня на примере типичных карьеров Урала разработана классификация по следующим признакам: форма залегания тела породы, пространственные характеристики систем трещин (межтрещинные расстояния, азимут простирания ***α***, угол падения ***δ***) и включает 4 основные группы. В группах 1 – 3 (табл. 2) камень залегает в виде батолитов, штоков, даек, в группе 4 – в виде отдельностей (валун, гряда). Данная классификация принята за основу методики обоснования способа подготовки блоков к выемке.

ТАБЛИЦА 2

Классификация месторождений высокопрочного камня

Месторождения группы 1 характеризуются относительно высоким выходом блоков. Ортогональность систем трещин позволяет добывать блоки по вертикальным плоскостям. Кроме того, редко возникает необходимость в пассировке блоков за счет правильной формы природных отдельностей. Типичными представителями данной группы являются месторождения гранита: в России – Мансуровское, Ташмурунское, Малыгинское, Южно-Султаевское, в Финляндии – Curu Grey и Италии – Prugnola 1 и Prugnola 2. Следует отметить, что на карьерах Prugnola вследствие относительно молодого возраста гранитного массива мощность слоев составляет от 7 м уже на первых добычных горизонтах.

Представителями группы 2 являются месторождения: в России – Нижне-Санарское (гранодиорит), Сибирское (гранит), Суховязское (гранит), в Испании – Rosa Porrino.

Представители группы 3: месторождения гранита Восточно-Варламовское (Россия), Luboiu (Италия).

Представители группы 4: месторождения в России – Северо-Бускунское (единственный в России абсолютно черный долерит и габбро-долерит), Шрау-Тау (габбро-норит), Булатовское (габбро-долерит).

Для научного обоснования выбора способа подготовки к выемке высокопрочного камня была разработана методика, в которой учтены следующие моменты:

– обеспечение оптимальных условий труда, соответствующих установленным требованиям санитарных норм и правил безопасности [14];

– применение оборудования на пневмоколесном ходу и исключение взрывных работ при добыче блоков для сохранения целостности массива [14-16];

– минимизация численности рабочих;

– комплексное использование всех отходов производства, в том числе и из зон выветривания (скальная вскрыша), в качестве сырья на щебень и бутовый камень, а рыхлой вскрыши – для строительства временных автодорог и благоустройства территорий городов;

– приближение к потребителям мест добычи и производства изделий (плиты, слэбы, памятники, бордюры, брусчатка, щебень и др.);

– обоснованность принимаемых вариантов и решений;

– выбор рациональной технологии и формирование карьера в соответствии с ней уже на начальном этапе разработки, обеспечение технологией высокого качества и максимального выхода блоков камня из массива;

– ориентация фронта работ в направлении облегченного раскола (или распила) камня с учетом анизотропных свойств и природной трещиноватости массива: фронт работ (*Vф*) направлен ортогонально азимуту простирания основной (с наименьшим расстоянием между трещинами) системы вертикальных и крутопадающих трещин, создание врубовой траншеи и развитие работ против направления падения залежи;

– применение большегрузных (с емкостью ковша не менее 8 м3) погрузчиков для: выемочно-погрузочных и вспомогательных работ, транспортировки блоков и отходов, исключение применения кранов, необходимость очистки от отходов подъездов к забоям;

– целесообразность организации работы 2-х и более фронтов для одновременного и постоянного использования оборудования и создания временного склада товарных блоков в выработанном пространстве карьера.

Запас блоков на складе при такой системе работы составляет не менее   
3-месячной производительности карьера. Это позволяет снять горное давление с блока, избежать появления микротрещин на готовых изделиях, используемых в строительстве объектов, и выполнить все требования к блоку: допуск на сторону – 5 см, причём на блоке указывается направление распила. Покупатель при этом получает возможность подобрать блок конкретно под своё оборудование.

Предельно допустимые значения высоты раскалывания породы механизированным и ручным буроклиновым способами (*hпр*), при которых обеспечивается, в основном, полное отсутствие диагональных сколов камня для крупнозернистых, среднезернистых и мелкозернистых изверженных пород, составляющие соответственно 1.4 – 1.8, 1.6 – 2.0 и 1.8 – 2.4 м [17, 18].

На основе классификации месторождений блочного высокопрочного камня (табл. 2) разработана методика выбора способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня, описанная алгоритмами на рис. 5 и 6.

Рис. 5. Блок-схема определения возможных способов подготовки к выемке при разработке месторождений блочного высокопрочного камня для заданных условий

Рис. 6. Блок-схема выбора рационального способа подготовки к выемке при разработке месторождений блочного высокопрочного камня

В соответствии с приведенными алгоритмами предложены комплексы оборудования для участков с различными горно-геологическими условиями залегания в соответствии с табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

Комплексы оборудования

\* ДЭС – дизель-генератор (или ЛЭП); К – компрессор; ПФ – перфоратор; МК – механические клинья с щечками; ПМ – пневмомолоток; Ф – «К-трубки» фирмы Форсит; БУП – буровая установка для создания пилотных скважин; УСС – устройство для стыковки скважин; ВУ – водоотливная установка; S – буровая установка фирмы Sandvik (DC, DQ, DX, DP); УСБ – установка строчечного бурения; ЭГ – экскаватор и гидромолот; ЭР – экскаватор + ковш-рыхлитель; П – погрузчик (ковш, вилы, кантователь); С/Б – самосвал или бортовой грузовик.

**Выводы**

1. На «пластовых» месторождениях с межтрещинным расстоянием до   
1.5-2 м рационально применение буроклинового способа по одностадийной схеме отделения камня от массива. С увеличением мощности пластов повышение эффективности достигается за счет применения комбинированного способа по двухстадийной схеме, когда на первой стадии отделение монолита от горного массива осуществляется с помощью КП, а на второй – производится разделка его на блоки буроклиновым способом.

2. Совершенствование процесса подготовки блоков к выемке на месторождениях с системами круто- и пологопадающих трещин достигается за счет использования комбинированного способа по двухстадийной высокоуступной схеме, когда на первой стадии от горного массива отделяется монолит с помощью КП, а на второй стадии, после завалки монолита на рабочую площадку, осуществляется его разделка на товарные блоки с использованием станков строчечного бурения.

3. Разработана методика выбора рационального способа подготовки блоков высокопрочного камня к выемке для конкретного участка отрабатываемого месторождения с учетом горно-геологических условий залегания, температурной зоны района месторождения, физико-механических свойств и минералогического состава породы.

**Список литературы**

1. **Аглюков Х.И.** Повышение качества технологии добычи блочного гранита. Экономика, управление, качество: межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 68-73.
2. **Дубровский А.Б., Уляков М.С.** Выбор оборудования при разработке Нижне-Санарского месторождения гранодиоритов // Горный журнал. 2011. №5. С. 67-70.
3. **Аглюков Х.И.** Налог на добычу полезных ископаемых. Монография. Магнитогорск ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. 211 с.
4. **Першин Г.Д. и др.** Features of diamond-wire saws application for rock overburden removal at marble quarry construction / **Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С., Шаров В.Н.** // Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т. 14. № 3. С. 39-42.
5. **Аглюков Х.И.** Обоснование эффективности технологии добычи блочного гранита. Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 114-118.
6. **Пшеничная Е.Г. и др.** Технико-экономическое обоснование технологии добычи природного камня высокой прочности **/ Пшеничная Е.Г., Горбатова Е.А., Караулов Н.Г., Уляков М.С. //** В сборнике: Добыча, обработка и применение природного камня Першин Г.Д. сборник научных трудов. Магнитогорск, 2012. С. 4-18.
7. **Аглюков Х.И**. Эффективность производства гранитного щебня // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. C. 81-84.
8. **Уляков М.С.** Обоснование комбинированного способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2013.
9. **Бычков Г.В., Кокунин Р.В.** Оптимальные способы вскрытия рабочих горизонтов на перспективных и эксплуатирующихся месторождениях природного камня // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 2007. С. 83-92.
10. **Пащенко К.Г. и др.** Влияние технологических параметров на обрывность проволоки при бесфильерном волочении / **Пащенко К.Г., Бахматов Ю.Ф., Фролушкина К.А., Зарицкий Б.Б.** // Материалы 67-й научно-технической конференции: сб. докл. / МГТУ. Магнитогорск, 2009. Т. 1. С. 195-197.
11. **Пащенко К.Г., Бахматов Ю.Ф., Голубчик Э.М.** Влияние пластического растяжения – изгиба в совмещенном процессе удаления окалины - волочения на свойства проволоки // Сталь. 2011. №3, 2011. С. 47-50.
12. **Pashchenko K.G., Bakhmatov Y.F., Golubchik E.M.** Influence of plastic tension-flexure on the wire properties in scale removal and drawing // Steel in Translation. 2011. Т. 41. № 3. С. 246-249.
13. **Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С.** The research of high-strength dimension stone mining technological schemes in Russia and abroad // Сборник научных трудов SWorld. Выпуск 2. Том 11. Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. С. 64-73.
14. **Великанов В.С.** Реализация подходов по совершенствованию эргономических показателей карьерных экскаваторов: Монография. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. 85 с.
15. **Першин Г.Д., Пшеничная Е.Г., Уляков М.С.** Влияние режима управления работой канатной пилы на ее производительность // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 54-63.
16. **Великанов В.С.** Тестовые методики и тренажерные средства в системе повышения профессионального мастерства операторов горных машин // Горный журнал, 2012. №9. С.131-133.
17. **Чирков А.С.** Добыча и переработка строительных горных пород: учебник для вузов. М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2001. 623 с.
18. **Уляков М.С.** Совершенствование процесса подготовки к выемке высокопрочного камня на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями залегания // Сборник научных трудов SWorld. Вып. 4. Т. 8. Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. С. 49-60.

а б

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характерные признаки | «Пластовые» месторождения: постельные трещины практически горизонтальные (0 – 5°), продольные и поперечные расположены в основном вертикально | | Месторождения с полого- (<45°) и крутопадающими (≥45°) системами трещин | | |
| Типовое  месторождение | Мансуровское | Малыгинское | Нижне-Санарское | Суховяз-ское | Восточно-Варламовское |
| Средняя мощность рыхлой/скальной вскрыши, м | (1-2)/6 | 4.2/2.7 | (4-12)/  (6-10) | (2-3)/  (6-9) | (0.5-1.5)/6 |
| Капитальные затраты, млн. руб. | 128.6 | 127.3 | 132.8 | 124.0 | 137.3 |
| Эксплуатационные затраты, млн. руб. | 75.3 | 73.1 | 73.8 | 72.4 | 78.0 |
| Срок строительства, лет | 2.5 | 1.9 | 2.3 | 1.0 | 2.0 |
| Выход блоков, % | 80 | 75 | 40 | 44 | 30 |
| Себестоимость, тыс. руб./м3 | 2.4 | 2.3 | 5.0 | 4.7 | 6.5 |
| Реализованная продукция, млн. руб. | 230.8 | 228.2 | 126.6 | 135.6 | 113.2 |
| Общая рентабельность, % | 80.5 | 79.7 | 17.8 | 35.8 | 13.8 |
| ЧДД, млн. руб. | 682.1 | 675.4 | 160.0 | 258.4 | 115.0 |
| ВНД, % | 35 | 33 | 23 | 28 | 20 |
| ИД | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 1.1 |
| Срок  окупаемости, лет | 1.1 | 1.1 | 3.5 | 2.1 | 4.1 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Типовой карьер,  характерные  признаки | | | Схема трещиноватости (1, 2, 3 – порядок важности систем трещин) | Технологический цикл  на добычных работах |
| Группа 1. Месторождения с системой горизонтальных трещин («пластовые») | | | | |
| Мансуровский (респ. Башкортостан, гранит). Постельные трещины слабонаклонные и практически горизонтальные (угол наклона до 5°), продольные и поперечные, расположены в основном вертикально | | |  | При расстояниях между постельными < предельного: 1. Образование с помощью КП или сплошным бурением первоначального вруба. 2. Бурение вертикальных шпуров и отделение монолита от массива клиньями или НРС. 3. Разделка монолита, пассировка блоков.  При расстоянии ≥ предельного: 1, 2. Бурение и стыковка пилотных скважин, вертикальные пропилы КП. 3. Опрокидывание монолита и разделка его на блоки. 4. Отгрузка блоков и оходов |
| Группа 2. Месторождения с системой постельных, круто- и пологопадающих трещин | | | |
| Нижне-Санарское (Челябинская область, гранодиорит). Месторождения со слабонаклонными (10 – 15 град) постельными трещинами и крутопадающими (70 – 75 град) продольными и поперечными | |  | 1. Подготовка высокого уступа (КП, гидромолот). 2. Очистка поверхности массива от шламов для визуального обнаружения трещин (лом, лопата, вода, сжатый воздух), бypeние и стыковка пилотных скважин, пиление двух вертикальных (при необходимости еще горизонтальной) плоскостей КП, опрокидывание отделенного монолита от массива погрузчиком, пневмо- или гидроподушками на демпферную подсыпку. 3. Разделка монолита механическими клиньями на товарные блоки перпендикулярно плоскостям трещин, пассировка блоков. 4. Отгрузка блоков и отходов. |
| Группа 3. Месторождения с системой круто- и пологопадающих трещин | | | |
| Восточно-Варламовское (Челябинская область, гранит). Постельные трещины отсутствуют, продольные и поперечные – круто- и пологопадающие  (30 – 75 град) | |  | Технология добычи блоков аналогична технологии для второй группы месторождений. Особенностью является необходимость создания горизонтальной плоскости отделения монолита КП или шпуровым способом с применением шланговых ВВ (но при этом нарушается целостность камня) во всех случаях |
| Группа 4. С залеганием в виде гряд, валунов и глыб с системой крутопадающих трещин | | | |
| Шрау-Тау (респ. Башкортостан, габбро-норит). Постельные – отсутствуют, продольные и поперечные – крутопадающие (45 град) |  | | Технологией предусмотрена сезонная работа. Разделка гряды осуществляется КП в комплексе со шпуровым способом с применением НРС и механических клиньев. Шины погрузчиков защищены цепями, предохраняющими от острых каменных осколков для возможности работы в насыщенной водой глине |





|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Способ подготовки высокопрочного камня к выемке | Горно-геологические условия залегания камня | | | |
| Группа 1, расстояние между трещинами меньше hпр | Группа 1, расстояние между трещинами больше hпр | Группы 2 и 3 | Группа 4 |
| Шпуровой с применением мех. клиньев | ДЭС, К, ПФ, МК, ПМ, ВУ, S, УСБ, ЭГ, П, С/Б | - | - | ДЭС, К, ПФ, МК, ПМ, ВУ, S, ЭР, П, С/Б |
| Шпуровой с применением  «К-трубок» | ДЭС, К, ПФ, Ф, ВУ, S, УСБ, ЭГ, П, С/Б | | - | ДЭС, К, ПФ, Ф, ВУ, S, ЭР, П, С/Б |
| Комбинированный (КП+шпуровой) | - | ДЭС, К, ПФ, КП, БУП, УСС, МК, ПМ, ВУ, S, УСБ, ЭГ, П, С/Б | | ДЭС, К, ПФ, КП, БУП, МК, ПМ, ВУ, S, ЭР, П, С/Б |
| Шпуровой с применением НРС | - | ДЭС, К, ПФ, НРС, МК, ПМ, ВУ, S, УСБ, ЭГ, П, С/Б | - | - |