

УДК 553.521 (470.5)

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

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

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова,
E-mail: pshenichnaya_e@mail.ru,
просп. Ленина, 38, 455000, г. Магнитогорск, Россия*

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 взрывчатые вещества (ВВ), невзрывчатые разрушающие смеси (НРС), газогенераторы давления шпуровые (ГДШ)) повсеместно применяется на “пластовых” месторождениях. Для месторождений со сложными горно-геологическими условиями залегания (с системами круто- ($\delta > 45^\circ$) и пологопадающих ($\delta < 45^\circ$) трещин) такой способ подготовки блоков к выемке неэффективен из-за дорогостоящих и длительных по времени горноподготовительных работ при промышленно нерентабельном выходе блочной продукции [7, 8].

Мировой опыт ведущих предприятий в отрасли добычи высокопрочного камня свидетельствует о все более широком применении канатных пил (КП) в процессе подготовки блоков камня к выемке. Гибкий алмазный инструмент [9–12] позволяет обрабатывать породный массив высо-

кими 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, нецелесообразно 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 камня в связи с кризисом, а в 2013 г. рынок практически восстановился (рис. 1) [3, 6, 8].

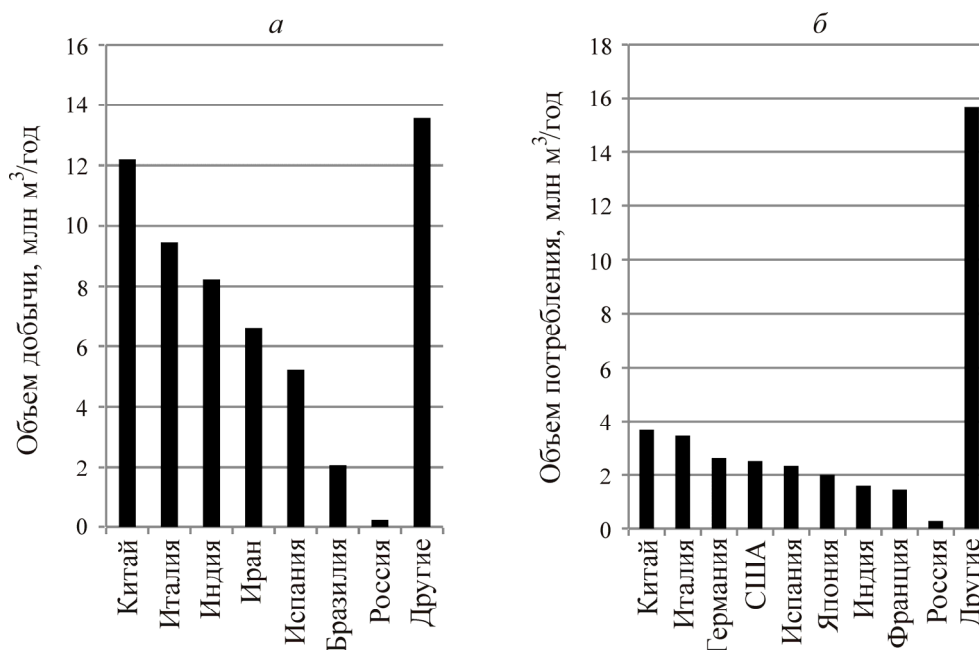


Рис. 1. Объем добычи (а) и потребления (б) блочного природного камня странами в 2013 г.

Следует отметить, что по объему запасов и разнообразию природного облицовочного камня нашей стране принадлежит ведущее место в мире. По промышленным категориям $A + B + C_1$ суммарные балансовые запасы облицовочного камня в Российской Федерации составляют в настоящее время около 1.5 млрд m^3 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 часть — месторождения пород средней прочности (мраморы, мраморовидные известняки, мраморные брекчии и т. п.), остальная часть 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 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 m^3 [8].

Имея громадный ресурсный потенциал, Россия в настоящее время занимает 25-е место в мире по объему добычи камня (0.3 млн m^3 /год) и 37-е по объему потребления (0.4 млн m^3 /год). В мировом товарообороте гранитной продукции роль России ничтожно мала. Общий объем товарооборота (экспорта и импорта) гранитных блоков в 2013 г. в мире составил 4230 тыс. m^3 . По объемам экспорта гранитных блоков Россия занимает 35-е место в мире. Ее доля в мировом масштабе составляет всего лишь 0.085 %, что соответствует 3.3 тыс. m^3 . Более четверти (26 %) общего объема добычи гранитных блоков в России приходится на долю Уральского федерального округа [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 мощность пластов, как правило, увеличивается, и применение клиньев становится невозможным из-за диагональных сколов при отрыве объемов камня от массива. На пластах мощностью более 1.5–2.0 м в качестве распорных средств применяют шланговые ВВ, ГДШ и НРС (рис. 2).

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 со 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.

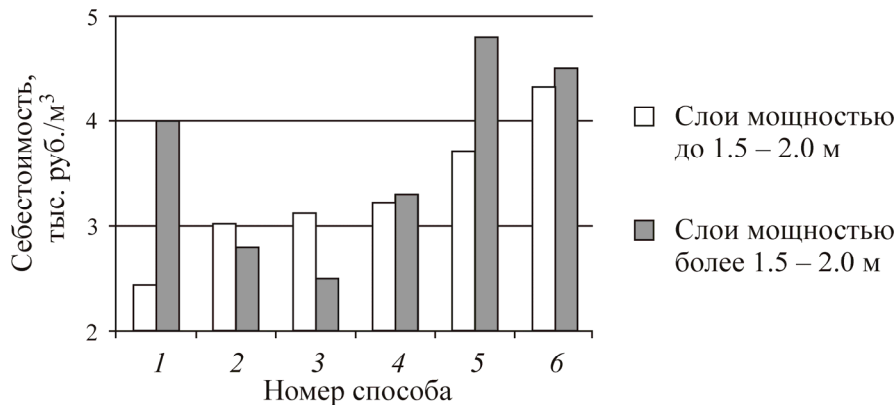


Рис. 2. Расчетная себестоимость добычи блоков на примере Мансуровского месторождения гранита при различных способах подготовки камня к выемке (производительность 24 тыс. м³ в год по горной массе): 1 — шпуровой с применением механических клиньев; 2 — шпуровой с применением НРС; 3 — комбинированный (КП + шпуровой); 4 — шпуровой с применением “К-трубок”; 5 — с применением КП (на 1-й и 2-й стадиях); 6 — шпуровой с применением ГДШ

Статическое распорное действие НРС на стенки шпуров достигает ~1 МПа (1000 кг/см²), но при этом в околошпуровой зоне не вызывает дополнительной трещиноватости массива, снижающей выход блоков. Однако использование 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 1.5–2.0 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 1.5–2.0 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, характеризующихся 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).

Результаты анализа (рис. 3) и опыт ведущих отечественных и зарубежных предприятий свидетельствуют о том, 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 разделяется на товарные блоки с использованием станков строчечного бурения и механических клиньев.

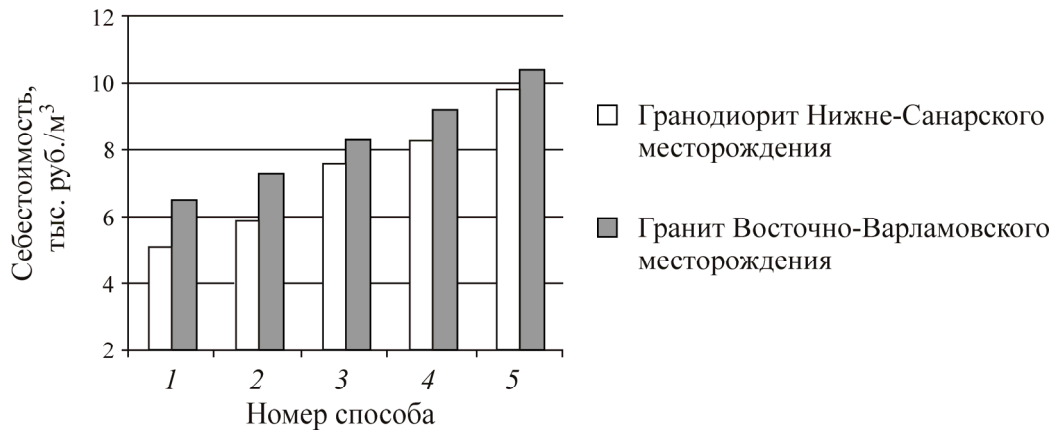


Рис. 3. Расчетная себестоимость добычи блоков типовых месторождений с круто- и пологопадающими системами трещин при различных способах подготовки камня к выемке: 1 — комбинированный (КП + шпуровой); 2 — с применением КП (на 1-й и 2-й стадиях); 3 — шпуровой с применением механических клиньев и НРС; 4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

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

$$L_{\text{шп}} = 2n_k l_k B / l_{\text{шп}},$$

где n_k — количество отдельностей, заключенных между плоскостями крутопадающих трещин массива в пределах линейного размера рассматриваемого монолита, шт.; l_k — расстояние между плоскостями в крутопадающих системах трещин, м; B — ширина монолита, м; $l_{\text{шп}}$ — 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 (табл. 1). Это связано с более высоким выходом товарных блоков. В табл. 1 в качестве примера приведены показатели разработки месторождений блочного камня Урала.

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).

Как правило, граниты залегают среди горных пород в форме батолитов, лакколлитов, 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 четыре 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 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)

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		
	Мансуровское	Малыгинское	Нижне-Санарское	Суховязское	Восточно-Варламовское
Типовое месторождение					
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./м ³	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

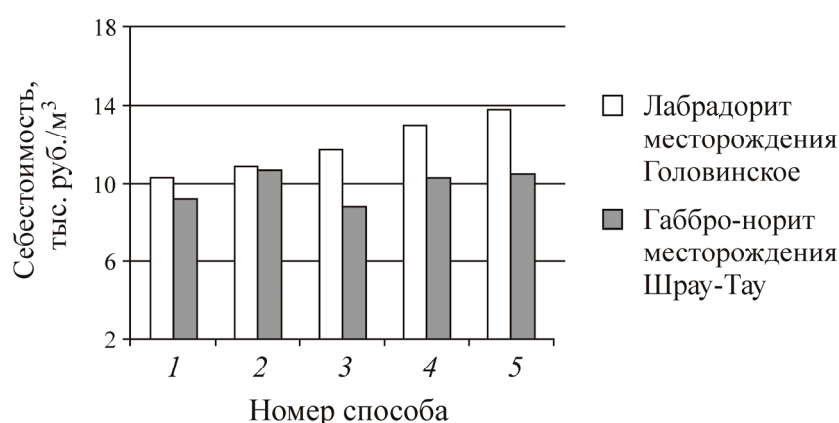


Рис. 4. Расчетная себестоимость добычи блоков типовых месторождений с многочисленными системами трещин (Головинское, лабораторит) и залеганием камня в виде отдельностей (Шпрау-Тау, габбро-норит) при различных способах подготовки камня к выемке (24 тыс. м³/г по горной массе): 1 — комбинированный (КП+шпуровой);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

ТАБЛИЦА 2. Классификация месторождений высокопрочного камня

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”)		
<p>Мансуровский (Респ. Башкортостан, гранит). Постельные трещины слабонаклонные и практически горизонтальные (угол наклона до 5°), продольные и поперечные расположены в основном вертикально</p>		<p>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, пассивровка блоков. При расстояниях ≥ предельного: 1, 2. Бурение и стыковка пилотных скважин, вертикальные пропилы КП. 3. Опрокидывание монолита и разделка его на блоки. 4. Отгрузка блоков и отходов</p>
Группа 2. Месторождения с системой постельных, круто- и пологопадающих трещин		
<p>Нижне-Санарское (Челябинская область, гранодиорит). Месторождения со слабонаклонными (10 – 15° постельными трещинами и крутопадающими (70 – 75°) продольными и поперечными</p>		<p>1. Подготовка высокого уступа (КП, гидромолот). 2. Очистка поверхности массива от шламов для визуального обнаружения трещин (лом, лопата, вода, сжатый воздух), бурение 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, пассивровка блоков. 4. Отгрузка блоков и отходов</p>
Группа 3. Месторождения с системой круто- и пологопадающих трещин		
<p>Восточно-Варламовское (Челябинская область, гранит). Постельные трещины отсутствуют, продольные и поперечные – круто- и пологопадающие (30 – 75°)</p>		<p>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</p>
Группа 4. С залегающим в виде гряд, валунов и глыб с системой крутопадающих трещин		
<p>Шрау-Тау (Респ. Башкортостан, габбро-норит). Постельные отсутствуют, продольные и поперечные – крутопадающие (45°)</p>		<p>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</p>

Месторождения группы 1 характеризуются относительно высоким выходом блоков. Ортогональность систем трещин позволяет добывать блоки по вертикальным плоскостям. Кроме того, редко возникает необходимость в пассивровке 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 Portino. 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), Шпрау-Тау (габбро-норит), Булатовское (габбро-долерит).

Для научного обоснования выбора способа подготовки к выемке высокопрочного камня 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 (V_{ϕ}) 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 м^3) погрузчиков для выемочно-погрузочных и вспомогательных работ, транспортировки блоков и отходов; исключение применения кранов, необходимость очистки от отходов подъездов к забоям;
- целесообразность организации работы двух 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, причем на блоке указывается направление распила. Покупатель при этом получает возможность подобрать блок конкретно под свое оборудование.

Предельно допустимые значения высоты раскалывания породы механизированным и ручным буроклиновым способами ($h_{\text{пр}}$), при которых обеспечивается в основном полное отсутствие диагональных сколов камня для крупно-, средне- 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.

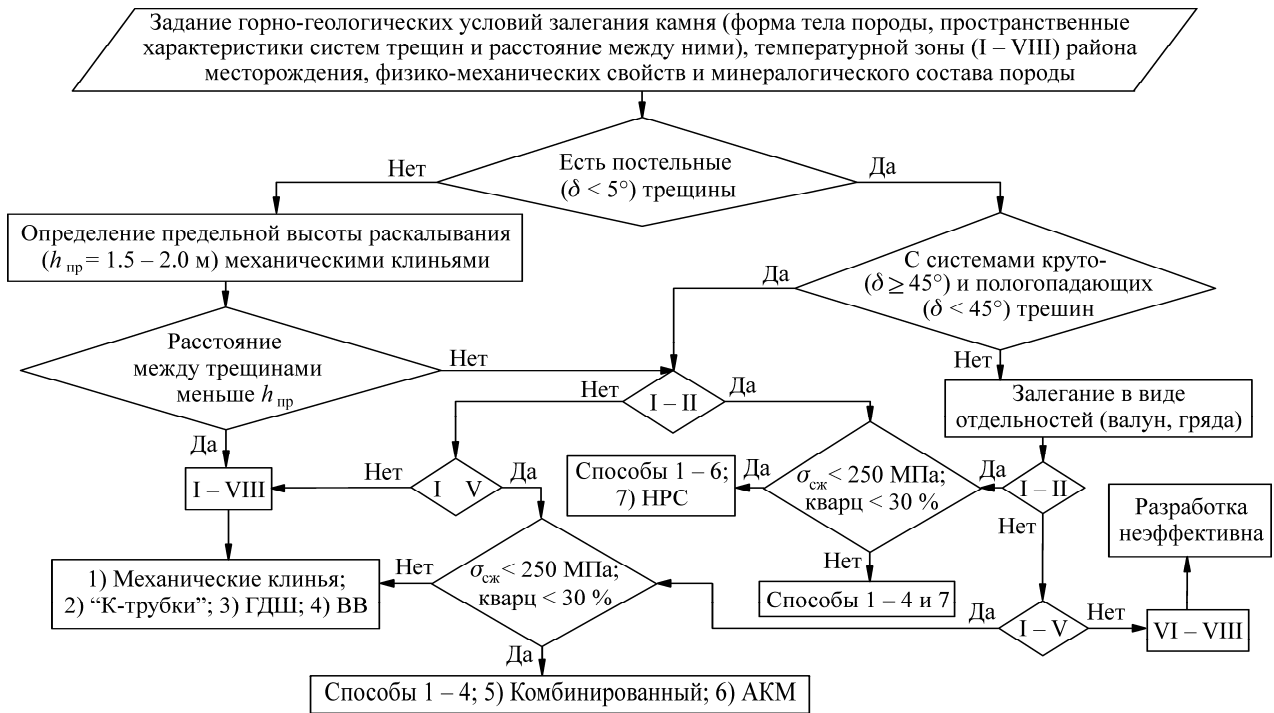


Рис. 5. Блок-схема определения возможных способов подготовки к выемке при разработке месторождений блочного высокопрочного камня для заданных условий

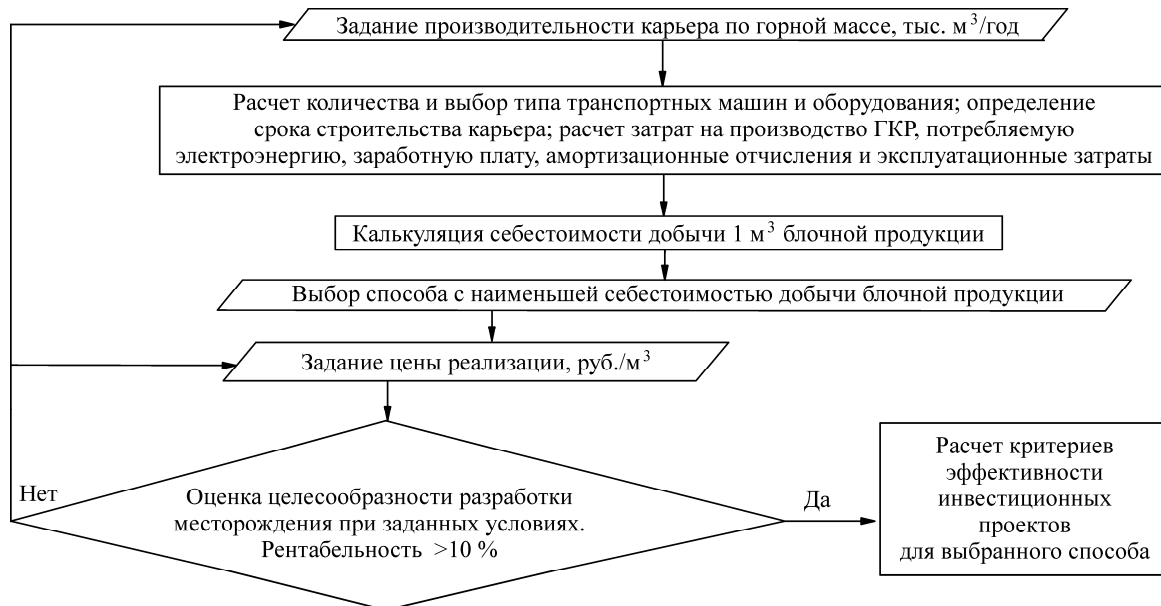


Рис. 6. Блок-схема выбора рационального способа подготовки к выемке при разработке месторождений блочного высокопрочного камня

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

Способ подготовки высокопрочного камня к выемке	Горно-геологические условия залегания камня			
	Группа 1, расстояние между трещинами меньше $h_{пр}$	Группа 1, расстояние между трещинами больше $h_{пр}$	Группы 2 и 3	Группа 4
Шпуровой с применением механических 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	—	—

Примечание. 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

На “пластовых” месторождениях с межтрещинным расстоянием до 1.5–2.0 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.

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, выполняется его разделка на товарные блоки с помощью станков строчечного бурения.

Разработана методика выбора рационального способа подготовки блоков высокопрочного камня к выемке для конкретного участка обрабатываемого 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.
2. **Дубровский А. Б., Уляков М. С.** Выбор оборудования при разработке Нижне-Санарского месторождения гранодиоритов // Горн. журн. — 2011. — № 5.

3. **Аглюков Х. И.** Налог на добычу полезных ископаемых. — Магнитогорск: МГТУ, 2010.
4. **Першин Г. Д., Караулов Н. Г., Уляков М. С. и др.** Features of diamond-wire saws application for rock overburden removal at marble quarry construction // Сборник научных трудов SWorld. — Одесса: Куприенко. — 2013. — Вып. 3. — Т. 14.
5. **Аглюков Х. И.** Обоснование эффективности технологии добычи блочного гранита // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. — Магнитогорск: МГТУ, 2003.
6. **Пшеничная Е. Г., Горбатова Е. А., Караулов Н. Г. и др.** Техничко-экономическое обоснование технологии добычи природного камня высокой прочности // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. — Магнитогорск: МГТУ, 2012.
7. **Аглюков Х. И.** Эффективность производства гранитного щебня // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. — Магнитогорск: МГТУ, 2009.
8. **Уляков М. С.** Обоснование комбинированного способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня: дис. ... канд. техн. наук. — Магнитогорск: МГТУ, 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.
10. **Пашенко К. Г., Бахматов Ю. Ф., Фролушкина К. А. и др.** Влияние технологических параметров на обрывность проволоки при бесфильтерном волочении // Материалы 67-й науч.-техн. конф.: сб. докл. — Магнитогорск: МГТУ, 2009. — Т. 1.
11. **Пашенко К. Г., Бахматов Ю. Ф., Голубчик Э. М.** Влияние пластического растяжения–изгиба в вмещенном процессе удаления окалины–волочения на свойства проволоки // Сталь. — 2011. — № 3.
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, Vol. 41, No. 3.
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. — Одесса: Куприенко. — 2013. — Вып. 2. — Т. 11.
14. **Великанов В. С.** Реализация подходов по совершенствованию эргономических показателей карьерных экскаваторов. — Магнитогорск: МГТУ, 2011.
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: МГТУ, 2012.
16. **Великанов В. С.** Тестовые методики и тренажерные средства в системе повышения профессионального мастерства операторов горных машин // Горн. журн. — 2012. — № 9.
17. **Чирков А. С.** Добыча и переработка строительных горных пород: учебник для вузов. — М.: Изд-во МГТУ, 2001.
18. **Уляков М. С.** Совершенствование процесса подготовки к выемке высокопрочного камня на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями залегания // Сборник научных трудов SWorld. — Одесса: Куприенко. — 2012. — Вып. 4. — Т. 8.

Поступила в редакцию 14/II 2014