

УДК 553.521 (470.5)

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ГРАНИТНЫХ БЛОКОВ К ВЫЕМКЕ

**Першин Г.Д., Голяк С.А., Доможиров Д.В., Караулов Н.Г., Пшеничная Е.Г.,  
Уляков М.С., Иштакбаев Р.Ф., Домнин В.Ю., Пивоварова К.А., Лобастов А.П.**  
*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,  
Магнитогорск, e-mail: maxim-atlet@yandex.ru*

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.

**Ключевые слова:** высокопрочный камень, способ подготовки, трещиноватость массива, комбинированный способ

## MODERN WAYS TO PREPARE FOR EXTRACTION OF GRANITE BLOCKS

**Pershin G.D., Golyak S.A., Domojиров D.V., Karaylov N.G., Pshenichnaya E.G.,  
Ulyakov M.S., Ishtakbaev R.F., Domnin V.Y., Pivovarova K.A., Lobastov A.P.**  
*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: maxim-atlet@yandex.ru*

Demonstrate the technical feasibility and economic viability of high stone monoliths separation of solid rock in the fields of systems kruto- and dipping fractures using wire saws and cutting overturned the jobsite monoliths buroklinovym way to trade blocks in the second stage of the preparatory process for excavation. The technique is described and the choice of rational method of preparing high stone to excavation, taking into account the geological conditions of occurrence (body shape rocks, the spatial characteristics of joint systems and the distance between them), temperature zone of the deposit area, the physical and mechanical properties and mineralogical composition of the rock.

**Keywords:** high-strength stone, a method of preparing, fracturing array combined method

### Анализ современного состояния добычи камня в России

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 5 млрд м<sup>3</sup> горной массы [1–6].

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 1 трлн м<sup>3</sup>.

Имея громадный ресурсный потенциал, Россия в настоящее время занимает 25-е место в мире по объему добычи камня (0,3 млн м<sup>3</sup>/год) и 27-е по объему потребления (0,4 млн м<sup>3</sup>/год). 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) [9–17].

При добыче гранитных блоков используют следующие способы подготовки к выемке: водоструйный, сплошное выбуривание, термогазоструйный, с использованием дисковой пилы большого диаметра, шпу-

ровой с применением различных распорных средств (механические и гидроклинья, НРС, шланговые ВВ, ГДШ) и канатное пиление [1, 7, 8]. В данной статье рассмотрены области применения только последних двух (шпуровой способ и канатное пиление).

Шпуровой способ подготовки блочно-го 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. 1).

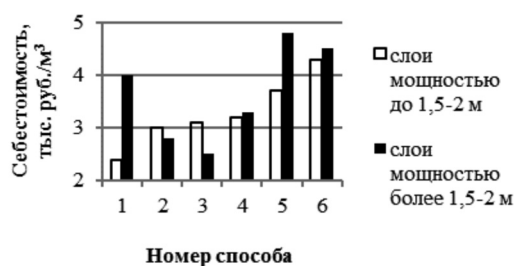


Рис. 1. Расчетная себестоимость добычи блоков на примере Мансуровского месторождения гранита при различных способах подготовки камня к выемке (производительность 24 тыс. м<sup>3</sup> в год по горной массе): 1 – шпуровой с применением мех. клиньев; 2 – шпуровой с применением НРС; 3 – комбинированный (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/см<sup>2</sup>), 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. 1) 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 увеличенным 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.

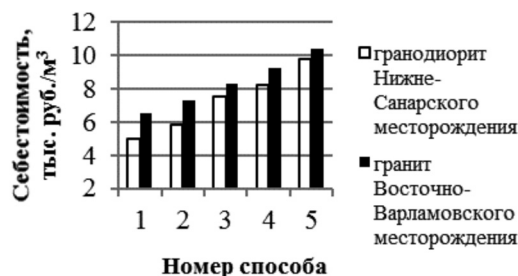


Рис. 2. Расчетная себестоимость добычи блоков типовых месторождений с круто- и пологопадающими системами трещин при различных способах подготовки камня к выемке: 1 – комбинированный (КП + шпуровой); 2 – с применением КП (на 1-ой и 2-ой стадиях); 3 – шпуровой с применением мех. клиньев и НРС; 4 – шпуровой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

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. 2).

Результаты анализа (рис. 2) и опыт ведущих отечественных и зарубежных предприятий свидетельствует, что на месторож-

дениях 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.

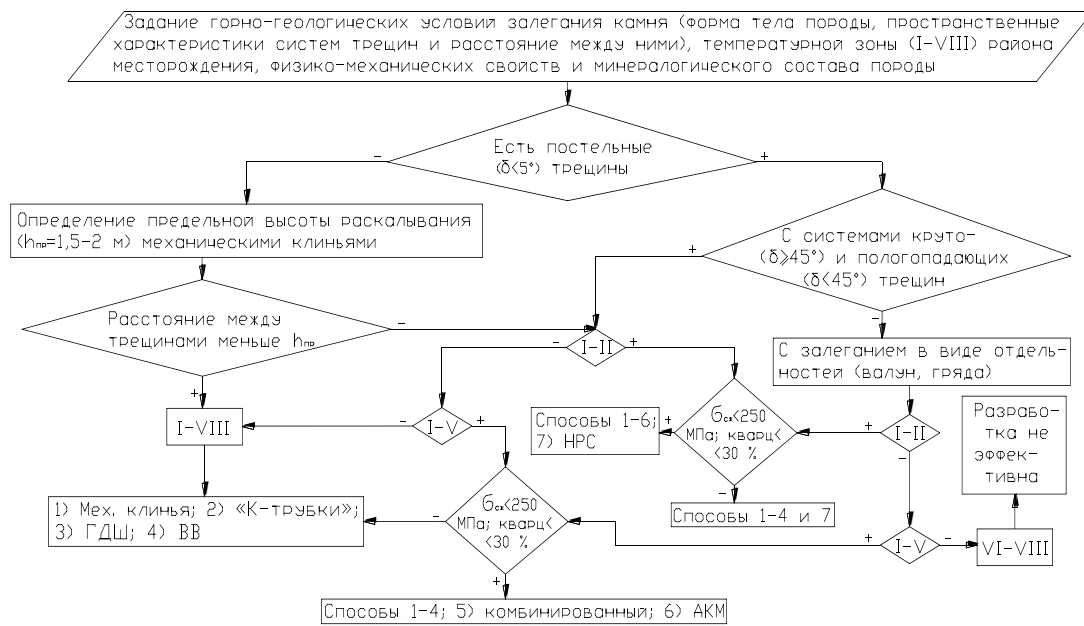


Рис. 3. Блок-схема определения возможных способов подготовки к выемке при разработке месторождений блочного высокопрочного камня для заданных условий

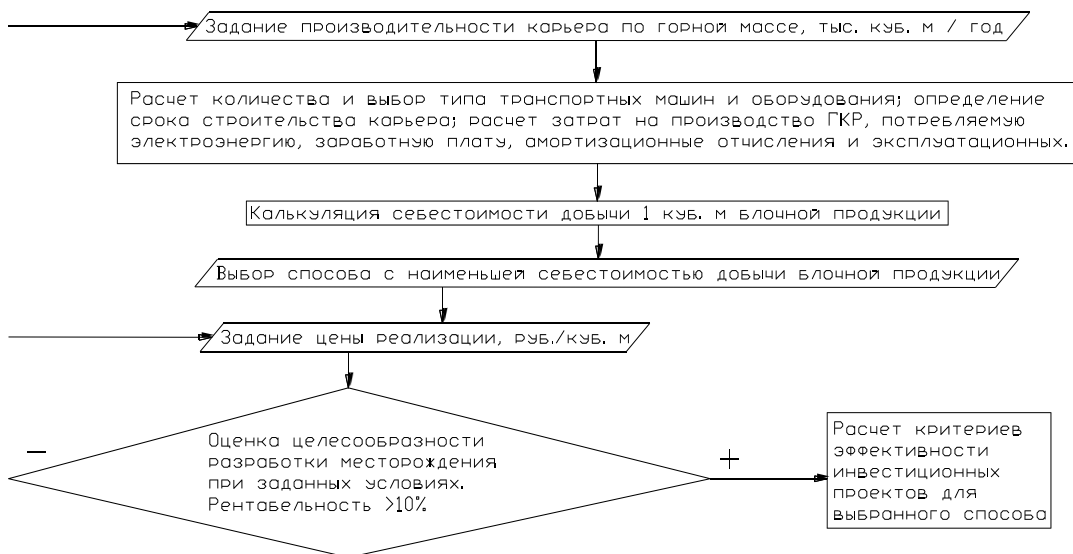


Рис. 4. Блок-схема выбора рационального способа подготовки к выемке при разработке месторождений блочного высокопрочного камня

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:

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

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.

Разработанная методика выбора способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня описывается алгоритмами на рис. 3 и 4.

### 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 обрабатываемого месторождения с учетом горно-геологических условий залегания, температурной зоны района месторождения, физико-механических свойств и минералогического состава породы.

### Список литературы

1. Уляков М.С., Дубровский А.Б. Выбор технологии и оборудования при разработке Нижне-Санарского месторождения гранодиоритов // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. / под ред. Г.Д. Першина. Вып. 11. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – С. 59–68.
2. Першин Г.Д., Уляков М.С. Анализ влияния режимов работы канатных пил на себестоимость отделения монолитов камня от породного массива // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 2. – С. 125–135.
3. Першин Г.Д., Уляков М.С. Повышение эффективности разработки месторождений блочного высокопрочного камня // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 7. – С. 10–18.
4. Уляков М.С. Обоснование комбинированного способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2013.
5. Уляков М.С. Обоснование комбинированного способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня: дис. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2013.
6. Першин Г.Д., Уляков М.С. Анализ влияния режимов работы канатных пил на эффективность отделения монолитов природного камня от массива // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – № 4 (48). – С. 14–21.
7. Пашенко К.Г. и др. Геометрические характеристики проволоки после совмещенного процесса бесфильтрного волочения и очистки поверхности / Пашенко К.Г., Бахматов Ю.Ф., Кальченко А.А., Рузанов В.В., Михайлицин С.В., Ярославцев А.А., Ярославцева К.К., Терентьев Д.В., Шекшеев М.А., Тютеряков Н.Ш., Шашкин Д.А. // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12–4. – С. 421–424.
8. Бахматов Ю.Ф. и др. Совмещенный процесс бесфильтрного волочения и очистки поверхности катанки / Ю.Ф. Бахматов, К.Г. Пашенко, А.А. Кальченко, А.С. Белов, Н.Ш. Тютеряков. – Metallurg, 2014. – № 4. – С. 88–91.
9. Вагин В.С., Филатов А.М., Курочкин А.И. Снижение динамичности передвижных проходческих подъемных установок с безредукторным гидроприводом // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – № 3 (47). – С. 25–29.
10. Извеков Ю.А., Грачева Л.А. Анализ научно-методического аппарата и современных подходов к оценке безопасности сложных технических систем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8–4. – С. 9–10.
11. Кольга А.Д., Айбашев Д.М. Определение параметров рифлений дробящих плит щековых дробилок // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. / под ред. Г.Д. Першина. Вып. 13. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – С. 50–55.
12. Короткова Л.И., Морева Ю.А., Ений М.В. Анализ эффективности теплогенерирующих установок // Архитектура. Строительство. Образование. – 2014. – № 1 (3). – С. 282–287.
13. Першин Г.Д. и др. Влияние режимов работы канатных пил на себестоимость отделения монолитов камня от массива породы / Г.Д. Першин, С.А. Голяк, Н.Г. Караулов, М.С. Уляков, И.С. Сорокин, Р.Ф. Иштакбаев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11. – С. 350–354.
14. Левицкий В.Г., Соболевский Р.В. Обґрунтування оптимальних технологічних параметрів видобування гранітних блоків на основі показників тріщинуватості // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 3, № 3 (69). – С. 48–52.
15. Короткова Л.И., Морева Ю.А. Снижение потребления энергоресурсов в челябинской области // Сборник научных трудов Sworld. – Одесса: Куприенко, 2013. – Вып. 3, Т. 50. – С. 76–80.
16. Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С., Шаров В.Н. 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. – С. 39–42.
17. 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. – С. 64–73.