



Оригинальная статья / Original article
УДК 691.212

Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность облицовки полов, изготовленных из гранитных пегматитов

© Г.Д. Мальцева^а, Г.Н. Иванова^б

^{а,б}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме: Целью данного исследования стало определение причин разрушения полированной облицовочной плитки из гранитных пегматитов, использованной для облицовки полов в закрытом помещении. Материалом для исследования явилась полированная облицовочная плитка из разнозернистой, крупно-гигантозернистой слюдисто-кварц-полевошпатовой породы. При исследовании использован метод микроскопический в проходящем свете (микроскоп OLYMPUS BX51 и микроскоп стереоскопический лабораторный Steindorff 170-BD-LED-E). Проведена оценка природных особенностей гранитных пегматитов, влияющих на устойчивость облицовочной плитки при эксплуатации. В результате определены минеральный состав и структурно-текстурные особенности гранитных пегматитов, процентное содержание минералов, их размер и взаимоотношения. Установлено, что на устойчивость исследуемой плитки влияет свойство кристаллических сред, связанное с внутренним строением минералов. Исследуемая облицовочная плитка состоит из плагиоклаза, микроклина, кварца, мусковита, биотита, граната. Структура – разнозернистая, от мелкозернистой до гигантозернистой (кристаллически зернистой). Наблюдается перемежаемость участков мелкозернистого строения, среднезернистого и крупно-гигантозернистого строения. Минералы в основном относятся к твердым (их твердость – 6–7 по шкале Мооса), исключение составляют слюды (твердость которых составляет 2–3 по шкале Мооса). Два из установленных минералов – мусковит и плагиоклаз – обладают весьма совершенной и совершенной спайностью соответственно. В основе проявления спайности лежит анизотропия сил сцепления закономерно расположенных структурных единиц в кристаллических решетках минералов. Весьма совершенная спайность слюд является плоскостью скольжения, что отрицательно влияет на устойчивость облицовочной плитки и приводит к растрескиванию и последующему скалыванию и выкрашиванию по спайности. Плагиоклаз, имеющий совершенную спайность в двух направлениях, в случае крупнокристаллического строения при приложении вертикальной нагрузки раскалывается по спайности в двух направлениях. Таким образом, можно сделать вывод о том, что причиной разрушения облицовочной плитки, представленной неравномернозернистой, крупно-гигантозернистой породой слюдисто-кварц-полевошпатового состава, является кристаллическое строение мусковита и плагиоклаза, приводящее к разрушению минералов по спайности.

Ключевые слова: облицовочные материалы, минералы, спайность, твердость, структура и текстура, пегматит, кристаллическая решетка

Информация о статье: Дата поступления 9 апреля 2019 г.; дата принятия к печати 9 августа 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 сентября 2019 г.

Для цитирования: Мальцева Г.Д., Иванова Г.Н. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность облицовки полов, изготовленных из гранитных пегматитов. *Науки о Земле и недропользование*. 2019. Т. 42. № 3. С. 366–374.

Factors affecting the serviceability of granite pegmatite floor facing tiles

© Galina D. Maltseva^а, Galina N. Ivanova^б

^{а,б}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract: The aim of the research work has been to define the factors causing the destruction of polished granite pegmatite tiles used for indoor flooring. Facing tiles made of various-size-grain and large-to-giant-grain rocks (mica-quartz-feldspar composition) have been studied using a transmitted-light microscopy method (OLYMPUS BX51 microscope and Steindorff stereoscopic laboratory microscope, 170-BD-LED-E model). The natural features of the granite pegmatite that affect the endurance of the facing tiles have been studied, i.e. the mineral composition and structural-textural properties of the granite pegmatite tiles, as well as the mineral percentage, the grain size and interrelationships have been defined. It has been found that that the tile endurance depends on a crystalline-media property connected with the minerals' internal structure. The studied tiles consist of plagioclase, microcline, quartz,



muscovite, biotite, and garnet. The structure is heterogeneous, varying from fine-grain to giant-grain (crystalline-grain), with alternating fine-grain, medium-grain and large-to-giant-grain structure areas. The minerals are mainly hard (6–7 by the Mohs scale of hardness), except for the mica (2–3). The muscovite and plagioclase have perfect and perfect cleavage, respectively. The cleavage is associated with the anisotropic cohesive forces acting among the regularly arranged structural units in the minerals' lattice. The mica's cleavage is a slip plane, which affects the endurance of the facing tile and causes cleavage fracture and subsequent chipping and breakdown. The coarse-crystalline plagioclase has perfect cleavage in two directions, i.e. under vertical load it splits in two directions on the cleavage. Thus, a conclusion can be made that the muscovite's and plagioclase' crystalline structure causes cleavage fracture of the facing tiles and their further destruction.

Keywords: facing materials, minerals, cleavage, hardness, structure and texture, pegmatite, crystal lattice

Information about the article: Received April 9, 2019; accepted for publication August 9, 2019; available online September 30, 2019.

For citation: Maltseva G.D., Ivanova G.N. Factors affecting the serviceability of granite pegmatite floor facing tiles. *Earth Sciences and Subsoil Use*. 2019;42(3):366–374. (In Russ.)

Введение

Наиболее прочными облицовочными материалами из природного камня являются магматические горные породы, имеющие твердость 6–7 по шкале Мооса, в частности граниты. Они являются не только прочными согласно технологической классификации облицовочных камней, но весьма долговечными и долговечными по классификации облицовочного камня по долговечности. В условиях внутренней облицовки долговечность гранита может оказаться практически неограниченной. При этом гранит должен быть равномернозернистым, мелко-среднезернистым. Порода, близкая по минеральному составу к граниту, но отличающаяся по строению – это гранитные пегматиты, характеризующиеся крупно-гигантозернистой, неравномернозернистой структурой. При облицовке полов естественными материалами из породы, имеющей крупно-гигантозернистое строение, возникает проблема, обусловленная разрушением плитки в процессе эксплуатации, что приводит к большим финансовым потерям. Обусловлены эти проблемы игнорированием природных особенностей данных материалов и нарушением правил устройства полов [1–3].

Горные породы, используемые для изготовления изделий для покрытий полов общественных и промышленных

зданий, должны быть стойкими к механическим истирающим и ударным воздействиям, что нормируется соответствующими документами. Перечень технических требований, предъявляемых к облицовке, достаточно велик^{1,2} [4]. К ним относятся:

- механические требования (несущая способность, ударпрочность и износостойкость, упругость, обеспечение безопасного передвижения по ним и т. д.);
- теплотехнические требования (тепло- и морозостойкость, теплопроводящая и теплопоглощающая способность и т. д.);
- акустические требования (поглощение звука шагов и шума, который производит поток воздуха);
- гидротехнические требования (гидроизоляционная способность, способность удерживать испарения и т. д.);
- светотехнические требования (светостойкость, способность поглощать солнечный свет и т. д.);
- устойчивость к химикатам;
- требования, связанные с электричеством (отсутствие электропроводимости, неспособность к накоплению электростатики);
- санитарно-гигиенические требования (возможность чистки и обеззараживания);

¹ ГОСТ 9480-2012. Плиты облицовочные из природного камня. Технические условия. Введ. 01.07.2013.

² Айрапетов Г.А., Безродный О.К., Жолобов А.Л. [и др.]. Строительные материалы: учеб.-справ. пособие / ред. Г.В. Несветаева. Ростов н/Д.: Феникс, 2005. 621 с.



- требования по безопасности (облицовка не должна быть скользкой);
- радиологические требования (отсутствие радиоактивности, устойчивость к радиоактивному излучению);
- требования, связанные с прочностью и долговечностью (антикоррозийная стойкость, сопротивление старению);
- эстетические требования (равномерная окраска, цвет и т. д.);
- противопожарные требования.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования явилась полированная облицовочная плитка из разнозернистой, крупно-гигантозернистой слюдисто-кварц-полевошпатовой породы. При исследовании использован метод микроскопический в проходящем свете (микроскоп OLYMPUS BX51 и микроскоп стереоскопический лабораторный Steindorff 170-BD-LED-E). Проведена оценка природных особенностей гранитных пегматитов, влияющих на устойчивость облицовочной плитки при эксплуатации.

Физико-механические и декоративные показатели составляющих горную породу минералов (твердость, цвет, блеск, степень прозрачности, спайность и др.) и их пространственное расположение в породе оказывают влияние на ее строительные качества.

Важным фактором декоративности камня является блеск слагающих его минералов. Он характеризует также способность горной породы принимать зеркальную фактуру, в которой полностью выявляются рисунок и все нюансы расцветки [5–7].

Результаты исследования

Исследованная напольная плитка изготовлена из лейкократовой неравномернозернистой, крупно-гигантозернистой породы, являющейся, безусловно,

декоративным облицовочным материалом. Минеральный состав в процентах: кварц – 40, плагиоклаз – 50, мусковит – 9, биотит, гранат, калишпат – примерно 1. Все минералы характеризуются различными свойствами и имеют разный размер зерен и кристаллов. Кварц имеет твердость 7, и его зерна имеют размер от первых миллиметров до 1,5–4 см. Аналогичный размер имеют зерна и кристаллы плагиоклаза. Плагиоклаз замещает калиевый полевой шпат, и последнего практически не осталось. Твердость полевых шпатов – 6–6,5. Размер мусковита – от 1–2 мм (мелкочешуйчатый) до 2–4 см. Мусковит беспорядочно рассеян по всей массе пегматита и частично замещается биотитом. Твердость слюд – 2–3. Зерна граната размером 1–2 мм имеют округлую форму, цвет – желтый, твердость – 6,5–7,5. Таким образом, облицовочный материал представлен преимущественно твердыми минералами с твердостью 6–7, и только слюды характеризуются более низкой относительно остальных минералов твердостью. По минеральному составу и структурно-текстурным особенностям порода относится к магматогенным гранитным пегматитам формации слюдоносных пегматитов³, которые изучались многими исследователями [8–15].

Неравномернозернистая, крупно-гигантозернистая структура породы обуславливает ее неоднородное строение, то есть чередуются участки с мелкозернистым, среднезернистым и крупнозернистым строением. Естественно, участки с мелкозернистым строением будут более устойчивыми к внешним воздействиям (рис. 1).

Менее устойчивые участки облицовочной плитки – те, которые имеют неравномернозернистое (кристаллическое) крупно-гигантозернистое строение и состоят из нескольких минералов с различными свойствами (рис. 2).

³ Семинский Ж.В., Мальцева Г.Д., Семейкин И.Н., Яхно М.В. Геология и месторождения полезных ископаемых: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Ж.В. Семинского. М.: ЮРАЙТ, 2018. 347 с.

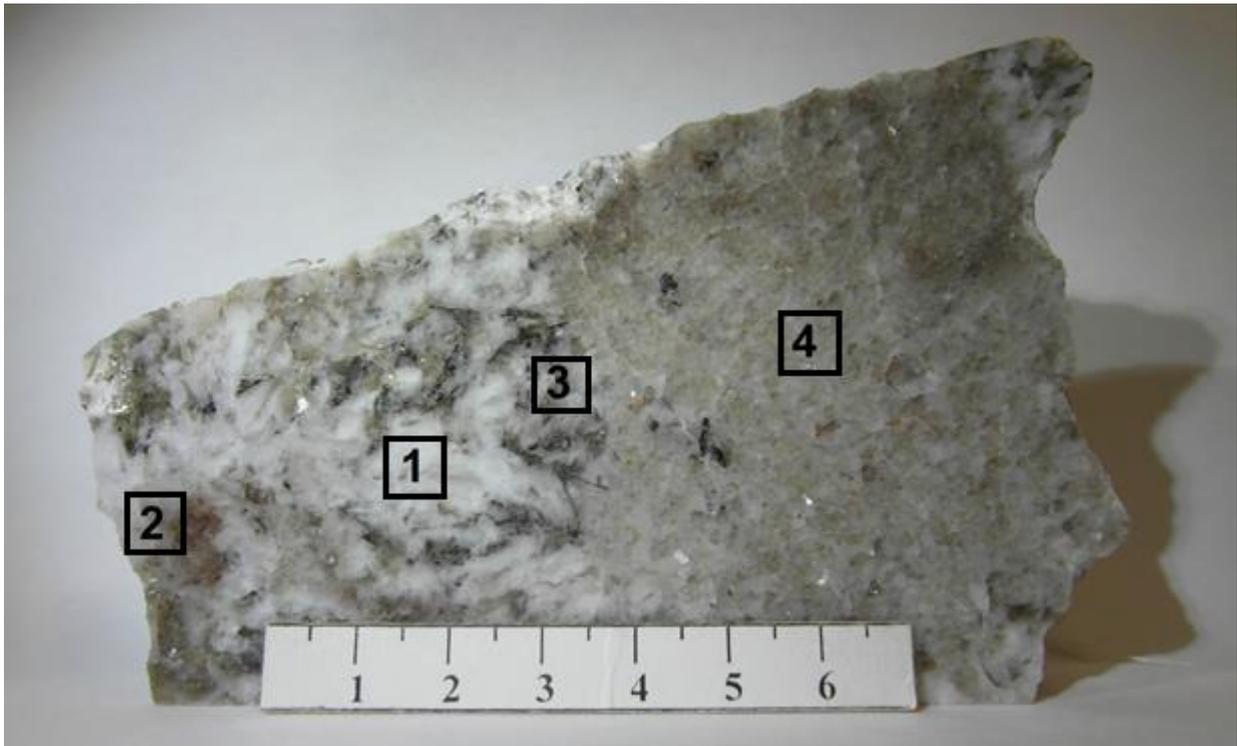


Рис. 1. Неоднородное строение облицовочной плитки:

1–3 – среднекристаллическое строение: 1 – плагиоклаз (белый), 2 – кварц (серый),
3 – слюды (серо-черные); 4 – мелко-среднезернистая масса из зерен кварца и плагиоклаза
с редкими зернами граната размером 1–2 мм (желтые) и мелкими чешуйками мусковита (аплит)

Fig. 1. Heterogeneous structure of facing tiles:

1–3 medium-crystalline structure: 1 – plagioclase (white), 2 – quartz (gray),
3 – mica (gray-black), 4 – fine-medium-grained mass of quartz grains and plagioclase
with rare grains of garnet 1–2 mm in size (yellow) and fine muscovite scales (aplite)



Рис. 2. Крупно-гигантозернистое строение облицовочной плитки

Крупные кристаллы кварца (3) и белого плагиоклаза (1), замещающего розовый калишпат (2)

Fig. 2. Coarse-structure pegmatite tiles

Large crystals of quartz (3) and white plagioclase (1) as a substituent of pink K-feldspar (2)



В составе горной породы имеются минералы, обладающие спайностью. Спайность минералов – это способность минералов раскалываться параллельно плоским сеткам пространственной решетки с образованием разных поверхностей скола. Раскол проходит между теми плоскими сетками, которые характеризуются самыми слабыми силами связи. Такие плоскости обычно густо заселены атомами, но отстоят друг от друга на большем расстоянии. Лучше всего спайность проявляется на крупных кристаллах. Плоскости спайности отличаются ровностью и блеском, поэтому при обработке скалыванием порода приобретает поверхностный искристый блеск, а при распиловке спайность срезается под различными углами. Наличие спайности несколько нарушает направленность разрушения, поскольку под действием удара камень скалывается не только в требуемом направлении, но и по линии наименьшего сопротивления, определяемой плоскостями спайности^{4,5} [16–19]. В этом случае поверхность обработки приобретает некоторую неровность, характерную для пород, сложенных из минералов с ярко выраженной спайностью, то есть у изделия образуется своеобразная шероховатая поверхность. В пиленом камне спайность разных минералов будет проявляться различным образом. В срезе спайность наблюдается в виде серии трещин, пересекающих минерал.

Спайность проявляется по-разному в зависимости от направления среза минерала плоскостью шлифа. Если срез минерала прошел перпендикулярно плоскостям спайности, трещины имеют вид тонких четких линий. С увеличением наклона среза относительно плоскостей спайности трещины становятся все более широкими, расплывающимися, пока совершенно не исчезнут. Так, слюды в разрезах, перпендикулярных плоскостям спайности, имеют тонкие четкие трещины; в разрезах, проходящих близкопараллельно или параллельно плоскостям спайности, трещины не обнаруживаются.

В рассматриваемой плитке минералы, обладающие спайностью – это слюды и плагиоклаз. Слюды (мусковит и биотит) относятся к листовым силикатам и характеризуются весьма совершенной спайностью в одном направлении и несовершенной в двух направлениях. Присутствие слюд в составе горной породы придает сколу камня характерный блеск и улучшает его декоративность, но при этом снижается стойкость. У мусковита, как и у всех слоистых силикатов и алюмосиликатов, весьма совершенная спайность по пинакоиду, так как пакеты в их структурах связаны друг с другом слабо (рис. 3).

Весьма совершенная спайность в одном направлении позволяет расщепить кристалл только в этом направлении и является плоскостью скольжения, что



Рис. 3. Спайность по пинакоиду
Fig. 3. Cleavage on pinacoid

⁴ Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учеб. пособие. М.: КДУ, 2007. 720 с.

⁵ Булах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Общая минералогия: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Академия, 2008. 416 с.



отрицательно влияет на устойчивость облицовочной плитки. Спайные пластинки у слюд (мусковита, биотита) упругие; отогнутые по спайности, они притягиваются назад из-за связей, возбуждаемых в них межпакетными катионами калия. У слюд за счет межпакетного катиона K^+ твердость составляет 2–3 (рис. 4).

Порода, из которой изготовлена облицовочная плитка, трещиноватая. Трещинки длиной от 2–3 мм до 2–3 см имеют различное направление и совпадают в основном со спайностью слюд, если кристалл срезается под углом к полированной поверхности. Поскольку чешуйки слюд различно ориентированы в породе, соответственно, они при распиловке породы срезаются под разными углами. Различный угол среза слюд обуславливает либо их выкрашивание (выбоины) при остром угле встречи, либо переличатость слюд по спайности при угле среза, близком к расположению чешуйки. В первом случае места выкрашивания слюды создают в полированной плитке шероховатость и являются путями проникновения воды и, соответственно, последующих гипергенных преобразова-

ний, а во втором придают большую декоративность породе.

Другой минерал в исследуемой плитке, обладающий спайностью – это плагиоклаз, относящийся к группе каркасных силикатов и обладающий совершенной спайностью в двух направлениях. Крупные кристаллы плагиоклаза при приложении нагрузки раскрашиваются по двум пинакоидам, то есть получаются спайные выколки (рис. 5).

Способствовать раскрашиванию плагиоклаза может тепловое расширение минералов, различное у кварца и полевых шпатов. Коэффициент теплового расширения кварца в два раза выше, чем у плагиоклаза. Вблизи источников тепла или при нагреве солнечными лучами, расширяясь и сжимаясь в разной степени, зерна или кристаллы минералов создают микронапряжения в породе, которые расшатывают между частицами связи, возникшие при кристаллизации породы. В результате кристаллическая порода, сохраняя свой минеральный и химический состав, рассыпается на отдельные зерна по спайности.

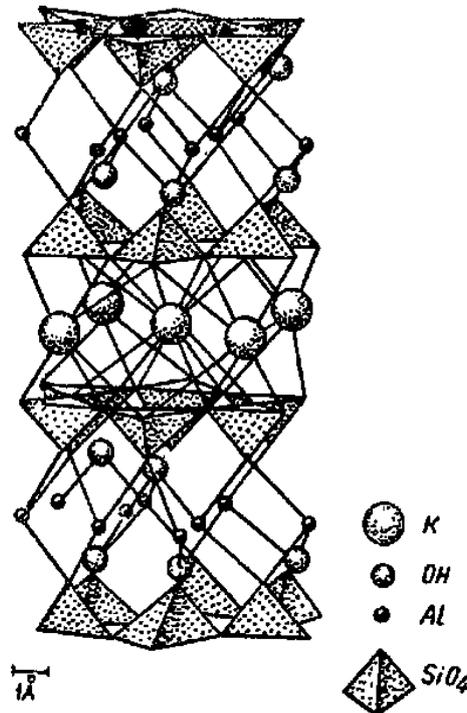


Рис. 4. Последовательность слоев в структуре мусковита
Fig. 4. Sequence of layers in the muscovite structure

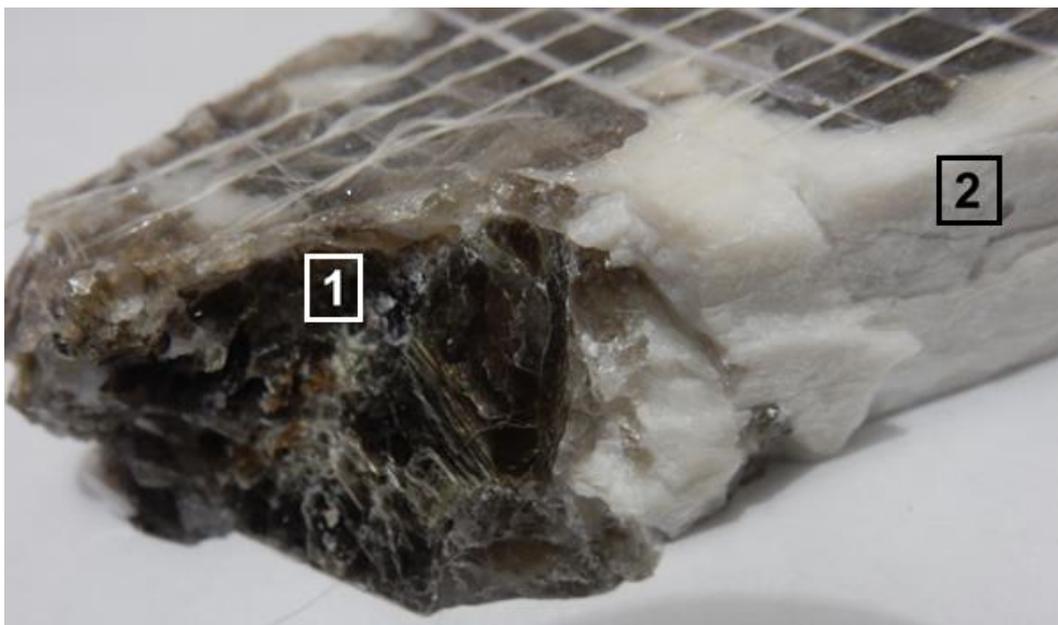


Рис. 5. Разрушение облицовочной плитки по спайности мусковита (1) в одном направлении и плагиоклаза в двух направлениях (2)
Fig. 5. Cleavage fracturing of tiles: muscovite, in one direction (1), and plagioclase, in two directions (2)

Отдельно следует отметить и технологию приклеивания плитки. Плитка была приклеена через определенное расстояние. Высота удерживающей массы – 2–3 мм, что привело к образованию пустот под плиткой. При приложении нагрузки к плитке (особенно при большом пешеходопотоке), под которой имеются пустоты, происходит растрескивание по микротрещинкам и по спайности минералов.

Заключение

Оценивая исследуемую полиминеральную породу с точки зрения эксплуатации в качестве покрытия для полов, следует отметить:

– пегматит будет разрушаться быстрее из-за неустойчивого рыхлого разнозернисто-разнокристаллического сложения;

– пегматит будет разрушаться быстрее в части крупнокристаллического полиминерального агрегата;

– раскалывание происходит по спайности слюд в одном направлении (скольжение) и по спайности плагиоклаза в двух направлениях (выколки);

– пегматит мелкотрещиноватый, интенсивно будет подвергаться физическому и химическому изменению при эксплуатации.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что облицовочную плитку, имеющую крупно-гигантозернистое строение, при котором минералы характеризуются весьма совершенной и совершенной спайностью, использовать для покрытия полов не рекомендуется.

Библиографический список

1. Сычёв Ю.И. Камень в облицовке: ошибки, которых можно избежать // Камень вокруг нас. 1999. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://kilouma.ru/safia/kamene-vokrug-nas/main.html> (19.05.2019).

2. Шеков В.А. Современные требования к продукции из природного камня // Камень и

бизнес. 2003. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://stonebusiness.ru/modules.php?op=mod-load&name=News&file=article&sid=74> (19.05.2019).

3. Бурмистров Г.Н. Материалы для облицовки зданий. М.: Стройиздат, 1988. 175 с.

4. Классификация облицовочных материалов по различным параметрам // RusArticles.



[Электронный ресурс]. URL: <http://www.rusarticles.com/tehnologii-remonta-statya/klassifikaciya-oblicovochnyx-materialov-po-razlichnym-parametram-4480333.html> (19.05.2019).

5. Маркова Л.В., Иванова Г.Н. Иризирующие полевые шпаты Южного Прибайкалья // Проблемы освоения минеральной базы Восточной Сибири: сб. науч. трудов. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. С. 154–158.

6. Сычев Ю.И., Глазова Г.П. Методика оценки декоративности облицовочного камня // Облицовочный камень Карело-Кольского региона / ред. Г.И. Горбунов, О.Н. Крашенинников. Л.: Наука, 1983. С. 80–97.

7. Зискинд М.С. Декоративно-облицовочные камни. Л.: Недра, 1989. 255 с.

8. Гинзбург А.И., Тимофеев И.Н., Фельдман Л.Г. Основы геологии гранитных пегматитов / ред. Б.М. Шмакин. М.: Недра, 1979. 296 с.

9. Киевленко Е.Я., Чупров В.И., Драмшева Е.Е. Декоративные коллекционные минералы. М.: Недра, 1987. 223 с.

10. Лебединский В.И. В удивительном мире камня. Изд. 3-е, перераб и доп. М.: Недра, 1985. 224 с.

11. Макрыгина В.А., Макагон В.М., Загорский В.Е., Шмакин Б.М. Гранитные пегматиты: монография. В 5 т. Т. 1. Слюданосные пегматиты /

отв. ред. В.Н. Собаченко, Б.М. Шмакин. Новосибирск: Наука, 1990. 232 с.

12. Петров В.П. Рассказы о поделочном камне. М.: Наука, 1982. 104 с.

13. Тальгамер Б.Л., Федорко В.П., Филонюк В.А., Драбчук Ю.В., Мальцева Г.Д., Рубцов Л.Г. [и др.]. Минерально-сырьевая база и перспективы развития горнодобывающей промышленности Иркутской области. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. 91 с.

14. Тальгамер Б.Л., Федорко В.П., Филонюк В.А., Драбчук Ю.В., Мальцева Г.Д., Рубцов Л.Г. Перспективы развития горнодобывающей промышленности Иркутской области // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2003. № 2 (14). С. 11–17.

15. Шмакин Б.М. Мусковитовые и редкометалльно-мусковитовые пегматиты. Новосибирск: Наука, 1976. 367 с.

16. Херлбат К., Клейн К. Минералогия по системе Дэна. М.: Недра, 1982. 728 с.

17. Либау Ф. Структурная химия силикатов / пер. с англ. М.: Мир, 1988. 412 с.

18. Пушаровский Д.Ю. Структурная минералогия силикатов и их синтетических аналогов. М.: Недра, 1986. 160 с.

19. Пушаровский Д.Ю. Структурная минералогия силикатов // Соросовский образовательный журнал. 1998. Т. 4. № 3. С. 83–91.

References

1. Sychev Yul. Facing stone: mistakes to avoid. *Kamen' vokrug nas = Stone Around Us*. 1999;6. Available from: <http://kilouma.ru/safia/kamene-vokrug-nas/main.html> [Accessed May 19th 2019].

2. Shekov VA. Present requirements for natural stone products. *Stone and Business*. 2003;3. Available from: <https://stonebusiness.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=74> [Accessed May 19th 2019].

3. Burmistrov GH. *Materials in facing buildings*. Moscow: Stroizdat; 1988. 175 p. (In Russ.)

4. Classification of facing materials by various parameters. *RusArticles*. Available from: <http://www.rusarticles.com/tehnologii-remonta-statya/klassifikaciya-oblicovochnyx-materialov-po-razlichnym-parametram-4480333.html> [Accessed May 19th 2019].

5. Markova LV, Ivanova GN. Iridescent feldspar of the southern Baikal region. In: *Problemy osvoeniya mineral'noi bazy Vostochnoi Sibiri: sbornik nauchnykh trudov = Development of mineral base of Eastern Siberia: collected articles*. Irkutsk: Irkutsk State Technical University; 2014. p.154–158. (In Russ.)

6. Sychev Yul, Glazova GP. Methodology for assessing the decorativeness of facing stone. In: Gorbunov GI, Krasheninnikov ON (eds.). *Facing*

stone of the Karelian-Kola region. Leningrad: Nauka; 1983. p.80–97. (In Russ.)

7. Ziskind MS. *Decorative facing stones*. Leningrad: Nedra; 1989. 255 p. (In Russ.)

8. Ginzburg AI, Timofeev IN, Fel'dman LG. *Fundamentals of Granite Pegmatite Geology*. Moscow: Nedra; 1979. 296 p. (In Russ.)

9. Kievlenko EYa, Chuprov VI, Dramsheva EE. *Decorative collection minerals*. Moscow: Nedra; 1987. 223 p. (In Russ.)

10. Lebedinskii VI. *In the wonderful world of stone*. Moscow: Nedra; 1985. 224 p. (In Russ.)

11. Makrygina VA, Makagon VM, Zagorskii VE, Shmakin BM. *Granitic pegmatites*. In 5 vol. Vol. 1. *Mica-bearing pegmatites*. Novosibirsk: Nauka; 1990. 232 p. (In Russ.)

12. Petrov VP. *Tales of ornamental stone*. Moscow: Nauka; 1982. 104 p. (In Russ.)

13. Tal'gamer BL, Fedorko VP, Filonyuk VA, Drabchuk YuV, Maltseva GD, Rubtsov LG, et al. *Mineral resource base and prospects for the mining industry development in the Irkutsk region*. Irkutsk: Irkutsk State Technical University; 2002. 91 p. (In Russ.)

14. Tal'gamer BL, Fedorko VP, Filonyuk VA, Drabchuk YuV, Maltseva GD, Rubtsov LG. Prospects for the development of the mining industry of the Irkutsk region. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2003;2(14):11–17. (In Russ.)



15. Shmakin B.M. *Muscovite and rare-metal muscovite pegmatites*. Novosibirsk: Nauka; 1976. 367 p. (In Russ.)

16. Kherlbat K, Klein K. *Mineralogy by the Dan system*. Moscow: Nedra; 1982. 728 p. (In Russ.)

17. Libau F. *Structural chemistry of silicates*. Moscow: Mir; 1988. 412 p. (In Russ.)

18. Pushcharovskii DYu. *Structural mineralogy of silicates and their synthetic analogues*. Moscow: Nedra; 1986. 160 p. (In Russ.)

19. Pushcharovskii DYu. Structural mineralogy of silicates. *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal = The Soros Educational Journal*. 1998;4(3):83–91. (In Russ.)

Критерии авторства / Authorship criteria

Мальцева Г.Д., Иванова Г.Н. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Galina D. Maltseva and Galina N. Ivanova are the authors of the article, hold equal copyright and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

Сведения об авторах / Information about the authors



Мальцева Галина Дмитриевна,

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры прикладной геологии, геофизики
и геоинформационных систем,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
✉ e-mail: dis@istu.edu

Galina D. Maltseva,

Cand. Sci. (Geol. & Mineral.),
Associate Professor, Department of Applied Geology,
Geophysics and Geoinformation Systems,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
✉ e-mail: dis@istu.edu



Иванова Галина Николаевна,

доцент кафедры ювелирного дизайна и технологий,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: galu@istu.irk.ru

Galina N. Ivanova,

Associate Professor, Department of Jewelry Design and Technologies,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: galu@istu.irk.ru