

УДК 553.2

**МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ,
ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
РАСПЛАВЛЕННЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД**

Айдаралиев Ж.К., Кайназаров А.Т., Исманов Ю.Х., Абдиев М.С., Атырова Р.С.

*Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры
им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: i_yusupjan@mail.ru*

Проведен анализ влияния на минералогический состав базальтового расплава технологии получения и первоначального состава магматических горных пород. Исследования проводились для таких пород, как базальты и породы группы базальта – сиениты, алевролиты и мергели. Основные требования к сырью для производства супертонких волокон следующие: определенный химико-минералогический состав, низкая температура плавления, быстрая проварка и т.д. Указанные требования предопределили направленность исследований свойств базальтов и алевролита. Результаты петрографического анализа показали, что при высоких температурах физико-химическое взаимодействие минералов, входящих в состав базальтовых и алевролитовых пород, способствует возникновению новых фаз минерального состава гомогенного расплава. Силикатная масса электроплавленного базальта представлена в основном стеклом, в остальном это мелкие кристаллические образования, являющиеся результатом девитризации стекла. Минералогический состав базальтового расплава состоит из стеклофазы, порфировых выделений микролитов, рудных минералов, тридимита и волластонита. Такой состав расплава определяет высокие качественные характеристики супертонких волокон на основе алевролита и базальта. Однако необходимо учитывать, что минеральный состав базальтовых пород влияет на величину температуры, длительность технологического процесса плавки и на качество базальтового волокна.

Ключевые слова: базальт, алевролит, лейкобазальт, минерал, гомогенный расплав, шлиф

**MINERALOGICAL PHASES FORMED DURING THE CRYSTALLIZATION
OF MOLTEN IGNEOUS ROCKS**

Aydaraliev Zh.K., Kaynazarov A.T., Ismanov Yu.Kh., Abdiev M.S., Atyrova R.S.

*Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov, Bishkek,
e-mail: i_yusupjan@mail.ru*

The analysis of the influence of the technology of production and the initial composition of igneous rocks on the mineralogical composition of basalt melt was carried out. Studies have been conducted for rocks such as basalts and rocks of the basalt group – syenites, siltstones and marls. The main requirements for raw materials for the production of super-thin fibers are as follows: a certain chemical and mineralogical composition, a low melting point, fast procuring, etc. These requirements predetermined the focus of research on the properties of basalt and siltstone. The results of petrographic analysis showed that at high temperatures, the physicochemical interaction of minerals that make up the basalt and aleurolite rocks contributes to the emergence of new phases of the mineral composition of the homogeneous melt. The silicate mass of basalt melted by electricity is represented mainly by glass, remaining part of molten basalt is a small crystalline formation, which is the result of glass devitrization. The mineralogical composition of the basalt melt consists of a glass phase, porphyritic microlitic secretions, ore minerals, tridymite and wollastonite. Such a composition of the molten basalt determines the high quality characteristics of super-thin fibers based on aleurolite and basalt. However, it is necessary to take into account that the mineral composition of basalt rocks affects the temperature value, the duration of the smelting process and the quality of basalt fiber.

Keywords: basalt, aleurolite, leuco basalt, mineral, homogeneous molten rock, thin section of rock

Сырьем для получения минерального супертонкого волокна может служить целый ряд горных магматических пород, месторождения которых расположены на территории Кыргызской Республики. Это в первую очередь базальты и породы группы базальта – сиениты, алевролиты и мергели.

Основные требования к сырью для производства супертонких волокон следующие: определенный химико-минералогический состав, низкая температура плавления, быстрая проварка и т.д.

Всем указанным требованиям соответствуют базальтовые и алевролитовые породы.

К основным минералам, входящим в состав базальтовых пород, относятся пироксены, плагиоклазы, магнетиты, оливины и др. Кроме основных минералов минералогический состав базальтовых пород формируют и другие минералы, содержание которых мало, но тем не менее они влияют на свойства базальтового расплава и качество волокна из него [1–3].

Целью представленной работы являлось исследование влияния состава исходного сырья на формирование характеристик минералогического состава базальтового расплава, обеспечивающих гомогенную фазу [4, 5].

Минералогические составы исходного базальтового сырья и его расплава

Исследования минералогических составов базальта и его расплава проводились на лабораторной базе Государственного агентства по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве Кыргызской Республики по следующей методике.

Контроль температурного режима плавления базальтовой породы осуществлялся интерферометрическим методом [6]. Петрографический анализ и фотосъемки (фотоснимки получены при 40-кратном увеличении) производились при помощи поляризационного микроскопа «Nikon» серии Orthophot2-pol (Япония). Петрографический анализ сводился, по сути, к кристаллооптическому методу, основанному на применении поляризованного света. При помощи вышеупомянутого микроскопа были изучены специально приготовленные препараты – шлифы. Шлиф представляет собой срез (пластинку) горной породы толщиной около 0,03 мм, наклеенный на стекло. С обратной стороны на пластинку наклеивается тонкое покровное стекло, предохраняющее ее от загрязнения. При изготовлении шлифов в качестве клея используют канадский бальзам. Данный метод анализа дает точное представление о минеральном составе и структуре горных пород, об объемном соотношении минералов, о размерах и количестве областей, занимаемых различными минералами. Для исследований брались образцы базальта с месторождений Кашка-Суу и Сулуу-Терек, а также алевролиты с месторождения Таш-Булак.

На рис. 1–3 показаны микроструктуры образцов базальта и его расплавов.

На основе результатов поляризационного анализа определен минералогический

состав базальтов месторождений Кашка-Суу и Сулуу-Терек.

Минералогический состав базальта Кашка-Суу можно охарактеризовать следующим образом: в основной массе порода интенсивно карбонатизирована с равномерным распределением криптокристаллического кальцита и хлорита. Порфиновые выделения полностью замещены хлоритом, карбонатом и гидроокислами железа (гематитом). Размеры порфириновых выделений до ~1,5 мм в длину. Карбонаты развиваются также по трещинам в породе, образуя микропросечки мощностью до ~0,4 мм. К микропросечкам кальцита привязаны выделения гематита. Среди основной массы просматриваются зерна плагиоклазов, на долю которых приходится ~60% объема шлифа (рис. 1).

В минеральном составе базальта месторождения Сулуу-Терек основная масса породы имеет апоинтерсертальную структуру, сложенную из грубо ориентированных лейст плагиоклаза основного состава, в интерстициях которых развиты хлорит, пироксен и рудные минералы. Хлорит образовался, вероятно, за счет девитрификации первичного вулканического стекла. Размер лейст плагиоклазов до ~0,5 мм в длину. На долю порфириновых выделений приходится до ~10% объема шлифа. Порфириновые выделения представлены отдельными зернами пироксена (авгита), плагиоклаза, иддингсита (продукт изменения оливина), а также их кучными скоплениями. Наблюдается миндалина овальной формы, выполненная крупными зернами кальцита (в поле шлифа попала одна миндалина). Размер миндалины до ~2,8 мм. Размеры порфириновых выделений пироксенов до ~1,6 мм, плагиоклазов до ~1,1 мм, иддингсита до ~1,5 мм в длину (рис. 1–2).

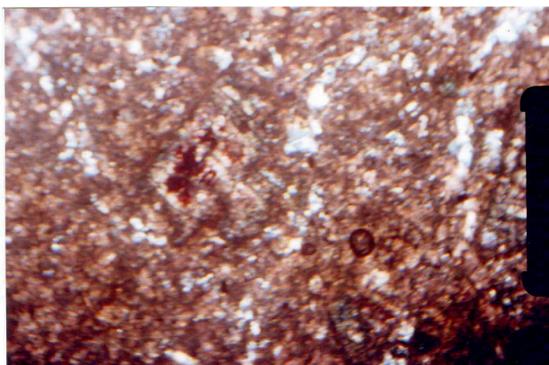


Рис. 1. Лейкобазальт месторождения Кашка-Суу. Здесь порфириновые выделения (пироксены) замещены карбонатом, гематитом и хлоритом

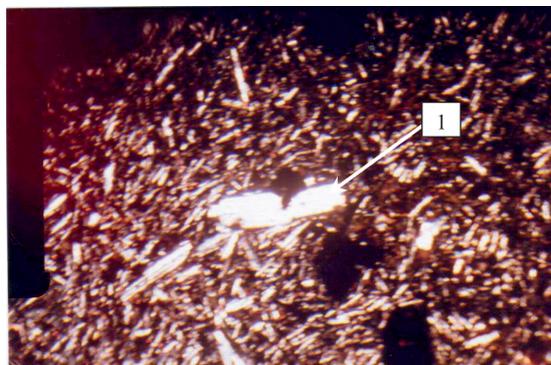


Рис. 2. Миндалекаменный базальт месторождения Сулуу-Терек: 1 – порфириновые выделения плагиоклаза в основной массе (основная масса – лейсты плагиоклаза)

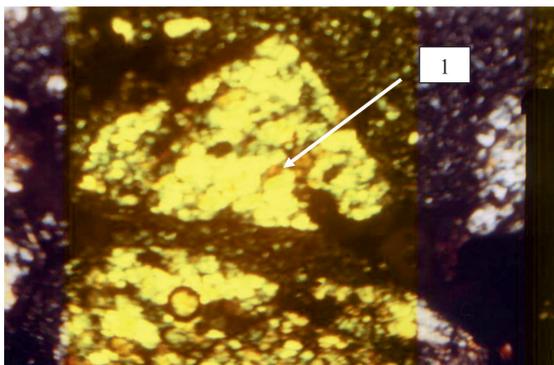


Рис. 3. Расплав миндалекаменного базальта месторождения Сулуу-Терек: 1 – микролиты

В минералогическом составе базальтового расплава основная масса шлифа представлена мелкими (менее 0,02 мм) беспорядочно расположенными осколками кварца, погруженными в стекло бурого и желтовато-зеленого цвета. Порфиновые выделения, на долю которых приходится ~70% объема шлифа, представлены оплавленными агрегатами, состоящими из кварца. В агрегатах по трещинкам развивается стекло (рис. 3). Размер порфиновых выделений до ~5 мм.

В структуре базальта месторождения Кашка-Суу имеется порфировая составляющая. В структуре базальта месторождения Сулуу-Терек имеются порфировая, гломеропорфировая, миндалекаменная составляющие, а в его гомогенном расплаве – порфировая составляющая.

Количественные характеристики минералогического состава базальта и его расплава приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что лейкобазальт Кашка-Суу содержит в основном (до 80%) полевые шпаты, кальцит и рудные минералы (до 10%).

Миндалекаменный базальт Сулуу-Терекского месторождения содержит около 80% плагиоклаза и 10–15% рудных минералов. За счет высокотемпературных физико-химических взаимодействий этих минералов в расплаве происходят порфиновые выделения и появляются микролиты (около 75%), а также формируется стеклофаза – 20%.

Базальтовый расплав, подвергаясь высокотемпературному воздействию, переходит в жидкую фазу минералов, составляющих базальтовые массы, а при медленном охлаждении превращается в мелкозернистый кристаллический материал, обладающий высокой механической прочностью и химической стойкостью.

Для проведения анализа были выбраны шлифы из алевролитового базальта по горизонтали (шлиф 1) и по вертикали (шлиф 2).

Результаты исследования шлифов по горизонтали (шлиф 1) алевролитово-базальтового состава представлены на рис. 4–5: структура псаммито-псефитовая, в местах соприкосновения обломки плотно прилегают друг к другу.

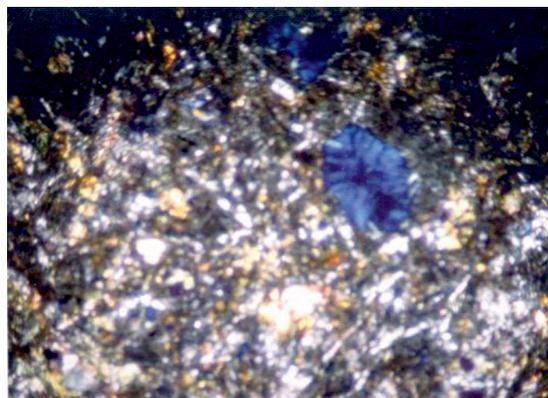


Рис. 4. Шлиф. Увеличение 40, николи X



Рис. 5. Шлиф. Увеличение 40, николи II

Из рис. 4–5 видно, что алевролитовое сырье сложено слабо окатанными и угловатыми обломками различных пород и минералов – базальтов, андезитов, спилитов, долеритов, трахитов, пироксена, хлорита, кварца, полевых шпатов, микрокварцитов, вулканического стекла серого и буро-зеленоватого цвета. Обломки андезитов заполнены пылевидными рудными минералами (тонкораспыленным гематитом и бурыми окислами железа). Спилиты характеризуются беспорядочным расположением лейст плагиоклазов, интерстиции между которыми заполнены хлоритом, пироксенами. Основная масса трахитов состоит из сферолитов калиевого полевого шпата, между которыми виден хлорит. Полевые шпаты имеют полисинтетическое двойникование – замещаются хлоритом, эпидотом, пелитоморфным глинистым веществом. Пироксены часто замещаются хлоритом. Вторичные

образования – карбонаты, эпидот, цоизит, лейкоксен.

Исследования структуры алевролитов под микроскопом дают следующую картину (табл. 1): в целом для алевролитов характерна пелитовая структура – основной компонент кварц – до 70%, хлорит – до 15%, пироксены – 2–3%, полевые шпаты – до 10%, серицит – до 5% и карбонаты – до 15%.

В табл. 1 приведены характеристики минерального состава алевролитовых базальтов, добываемых на различных месторождениях Кыргызстана и используемых в качестве сырья для производства супер-тонких волокон.

Для обоснования изменения минералогического состава базальта в процессе перехода от твердого состояния в жидкую расплавленную фазу, с помощью газозелитического и электрического расплавления с постепенным последующим охлаждением, проведено исследование минералогического состава базальтовых расплавленных масс.

В отличие от первоначального минералогического состава базальтовой массы,

в расплаве плаггиоклаз в основном переходит в порфиновые структуры, рудные минералы по содержанию уменьшаются с образованием центров кристаллизации, а остальные компоненты входят в состав стеклофазы (например, пироксен и кальцит).

Из рис. 3 и 4 видно, что в процессе плавления базальта миндалины, состоящие из кальцита, преобразуются в белые включения микролитов. По нашему мнению, полученная структура близка по свойствам и составу к волластониту. То есть увеличение содержания кальцита способствует формированию волластонита и обеспечивает игольчатую кристаллическую структуру расплава. Поэтому степень аморфности и кристалличности расплава зависит не только от рудного минерала, но и от содержания кальцита.

На основании данных микроскопического анализа (табл. 2) можно сделать вывод, что силикатная масса электроплавленного базальта представлена в основном стеклом, в остальном это мелкие кристаллические образования, являющиеся результатом девитризации стекла.

Таблица 1

Минералогический состав различных месторождений базальта

№ Минералы и соединения	Процентное содержание в породе, %		
	лейкобазальт (Кашка-Суу)	миндалекаменный базальт (Сулуу-Терек)	алевролитовый базальт (Таш-Булак)
Кварц	–	–	60
Хлорит, рудные минералы	10–20	10–15	<15
Пироксен	–	5	2–3
Полевой шпат	60	–	<10
Серицит	–	–	<5
Кальцит	20	5	<15
Плаггиоклаз	–	75–80	–
Илденгсит	–	1	–
Порфиговое выделение плаггиоклазов	–	4	–

Таблица 2

Фазовый состав электроплавленного базальта

Наименование фаз и минералов	Содержание фаз, %	
	1 проба	2 проба
Стеклофаза	98	94–96
Тридимит	1	1–2
α-кордиерит	–	1
Битовнит	–	сл
Девитрит	–	сл
Корунд	–	сл
Волластонит	–	2–3
Меллорит	1	–

В отличие от пробы 2, в пробе 1 кристаллическая фаза представлена в объеме до 2% и только тридимитом и меллоритом.

Следовательно, минералогический состав базальтового расплава состоит из стеклофазы, порфирированных выделений микролитов, рудных минералов, тридимита и волластонита.

В процессе электроплавки базальта наблюдается появление искусственного минерала – волластонита. Содержание волластонита в расплаве не превышает 1–3%.

Выводы

1. Петрографический анализ показал, что минералогический состав базальтовых пород, применяемых для получения минеральных волокон, складывается из железистомагнезиальных силикатов (полевых шпатов, хлорита и пироксенов), алюмосиликатов (плагиоклазов и иденгсита), кальция, рудных минералов (магнетита и ильменита), кварца и других минералов.

2. Минеральный состав базальтовых пород влияет на величину температуры, длительность технологического процесса плавки и на качество базальтового волокна.

Учитывая разнообразие базальтов, следует научно обоснованно подходить к выбору базальтового сырья и технологиям производства из него волоконных материалов.

3. Минералогический состав расплава отличается от состава первоначального сырья – за счет физико-химических взаимодействий при высоких температурах в нем формируются несколько искусственных фаз минералов.

Список литературы

1. Ормонбеков Т.О. Технология базальтовых волокон и изделия на их основе. Бишкек: Технология, 1997. 122 с.
2. Ормонбеков Т.О. Техника и технология производства базальтовых волокон. Бишкек: Илим, 2009. 252 с.
3. Абдыкалыков А.А., Айдаралиев Ж.К., Дубинин Ю.Н., Кайназаров А.Т. Перспективы применения плазматрона для плавильной печи базальта // Вестник КГУСТА. 2016. Т. 4. № 54. С. 29–34.
4. Ормонбеков Т.О., Байсалов Э.А., Дубинин Ю.Н. Технология, оборудование и производство базальтовых волокон электрическим плавлением пород. Бишкек: Илим, 2010. 96 с.
5. Попенко И.В., Шевченко О.Г. Волокна и теплоизоляционные материалы на их основе. Киев: Укр. НИИТИ, 1985. 32 с.
6. Ismanov Y.Kh., Tynyshova T.D., Aidaraliev Z.K. Wide-range holographic interferometer. Optical Engineering. 2018. V. 57. No. 12. 124106. DOI: 10.1117/1.OE.57.12.124106.