

ГАББРОДОЛЕРИТЫ УСЬВИНСКОГО КОМПЛЕКСА (СРЕДНИЙ УРАЛ, ПЕРМСКИЙ КРАЙ) И ОЦЕНКА ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Манькова Т.В., Суслов С.Б., Исаева Г.А., Казымов К.П.

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия (614990, Пермь, ГСП, ул. Букирева, 15), e-mail: mineral@psu.ru

В рамках научного проекта международной исследовательской группы ученых «Оценка минерально-сырьевой базы Пермского края для обеспечения производства высокотехнологичного базальтового волокна» проведены петрографические и петрохимические исследования габбродолеритов усьвинского комплекса (*vβD_{1us}*) из даек, расположенных в пределах Горнозаводского района Пермского края. Установлено, что породы обладают однородным строением, имеют постоянный минеральный состав и одинаковый характер вторичных изменений. Габбродолериты имеют незначительные вариации химического состава, модуль кислотности составляет в среднем 3,44. Эти характеристики отвечают главным требованиям к породам для производства базальтового волокна. Также, положительными моментами являются распространенность пород, высокая степень обнаженности даек, наличие дорог и подъездов к ним. Отрицательным фактором является присутствие в большинстве проб кварца (1-10 %), как минерала с высокой температурой плавления. Дальнейшие работы по получению базальтового волокна на экспериментальной установке, позволят более точно оценить пригодность пород усьвинской свиты в качестве сырья для производства базальтовых волокон.

Ключевые слова: магматические породы, долерит, дайка, базальтовое волокно

THE USVINSKY FORMATION GABBRODOLERITES (MIDDLE URALS, PERM REGION) AND THE EVALUATION OF THEIR SUITABILITY FOR THE BASALT FIBER PRODUCTION

Mankova T.V., Suslov S.B., Isaeva G.A., Kazymov K.P.

Perm State National Research University, Perm, Russia (614990, Perm, Bukireva street), e-mail: mineral@psu.ru

The petrographic and petrochemical investigations of the Usvinsky formation gabbrodolerites from dikes located in Gornozavodsky district in Perm region were held as the part of a international research scientists group project "Evaluation of mineral base of Perm region for the provision of high quality basalt fiber production ". It is established that the rocks have a homogeneous structure, constant mineral composition and the same character of secondary changes . Gabbrodolerites have little variations in the chemical composition; the acidity module is in average 3.44 . These characteristics corresponds with the main requirements for the rocks for the basalt fiber production. Also, the positive aspects are abundance, dikes exposure, the presence of roads and entrances to them. Negative factor is the presence of quartz in most samples (1-10 %) as a mineral with a high melting temperature. Further works to basalt fiber obtaining from melting furnace will more accurately assess the suitability of rocks the Usvinsky formation for the basalt fiber production.

Keywords: igneous rocks, mineral fiber.

Введение

В рамках научного проекта МИГ «Оценка минерально-сырьевой базы Пермского края для обеспечения производства высокотехнологичного базальтового волокна» были отобраны и исследованы пробы габбродолеритов усьвинского комплекса из даек, расположенных в Горнозаводском районе Пермского края. Пробы отобраны из 11 даек – Хмелевской, Ольховской, Бисерской, Воронковской, Нововильвенской, Вижайской, Сарановской, Першинской, дайки г. Дублинский Камень, дайки водораздела рр. Койва-Березовка, дайки левого борта р. Хмели – всего 21 проба. В статье приводятся краткая сводка по геологии и распространенности пород усьвинского комплекса по результатам предшествующих геолого-съемочных ра-

бот и литературным данным, результаты петрографических исследований, анализ полученных петрохимических данных, дана предварительная оценка их пригодности для производства базальтового волокна.

Геологическая характеристика и распространённость

Усьвинский комплекс ($v\beta D_{1us}$) представлен габбродолеритами, редко трахидолеритами, встречающимися в дайковой форме на всей территории Центрально-Уральского поднятия. В Пермской серийной Легенде возраст габбродолеритов принимается как раннедевонский. Вмещающими для усьвинского комплекса являются породы не моложе нижнего силура включительно [6]. Абсолютный возраст дайкового комплекса оценивался по единичным K-Ar определениям, последние из которых составляли 332 млн. лет [2].

Положение даек контролируется крутопадающими субмеридиональными нарушениями, вблизи Висимского синклиория ориентировка даек часто меняется на северо-восточную. Дайки распределены неравномерно по площади и группируются в рои тел протяжённостью от 10 до 100 км. Количество интрузивных тел отдельных роёв колеблется от 10 до 70-80 [1]. На Среднем Урале наблюдается постепенное нарастание концентрации даек с юга на север. Всего на Среднем Урале на протяжении 200 км от бассейна р.Межевая Утка до верховий р.Косьва выделено 17 пучков (роёв) даек и два пучка силлов [1].

Дайки габбродолеритов образуют хорошо выраженные в рельефе гребни или уступы (рис. 1) и сопровождаются крупными элювиальными развалами. Мощность даек варьируется от 2 до 200 м, при протяженности от 100 м до 18 км (Бисерская и Хмелёвская дайки). Иногда отмечаются ветвящиеся дайки. От крупных даек отходят многочисленные апофизы, причем как правило, с восточной стороны [7].

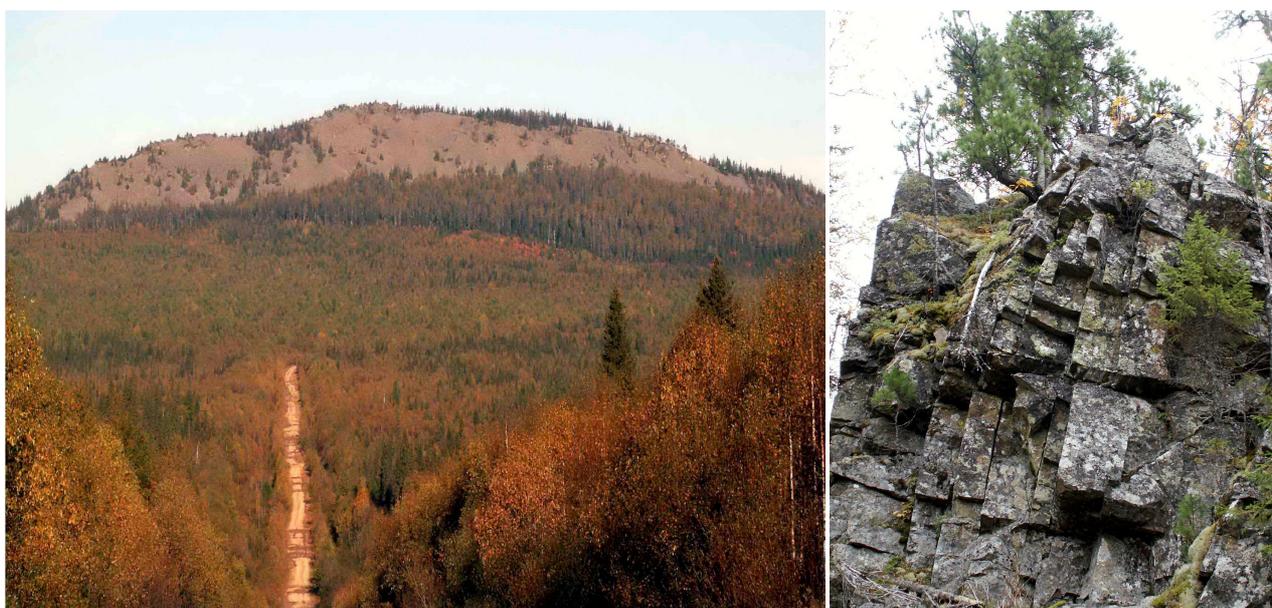


Рис. 1 Выходы Хмелевской дайки.

Дайки преимущественно имеют однородное строение, на контактах наблюдается зона закалки до 1-5 см. Контакты резкие секущие, крутопадающие. Ширина контактовых ореолов зависит от мощности дайки и состава вмещающих пород и составляет от нескольких см до 40 м, из них роговиков до 7 м (Ольховская дайка). Роговики представлены обычно низкотемпературной фацией, чаще всего кремнистого состава с новообразованиями кварца, серицита, хлорита, эпидота и лейкоксена. На контакте даек с карбонатными породами развиты мраморизованные известняки. Очень часто в контактовых зонах отмечаются жилы кварца, альбита, сульфидная минерализация. Все породы комплекса претерпели автометаморфические изменения на гидротермальной, реже пневматолитовой стадии, на которые наложены метаморфические изменения низов зеленосланцевой фации [1].

Габбродолериты усьвинского комплекса в целом безрудные, часто используются в качестве щебня для дорожного строительства (Ломовское месторождение на г. Дублинский Камень).

Петрохимические характеристики габбродолеритов усьвинского комплекса соответствуют толеитовым базальтам траппов древних платформ и сходны с аналогичными породами востока Русской платформы [5].

Петрографическая и петрохимическая характеристика

Породы усьвинского комплекса практически однородны по минеральному и химическому составу, структурам и характеру вторичных изменений. Все породы обладают массивной текстурой и различными вариациями офитовой структуры (рис. 2). Резкий идиоморфизм плагиоклазов по отношению к пироксенам и мелко-среднезернистые структуры, полное замещение пироксенов и основных плагиоклазов, позволяют называть описанные породы метадолеритами, за исключением дайки г. Дублинский Камень, по структуре переходной от долеритов к габбро.

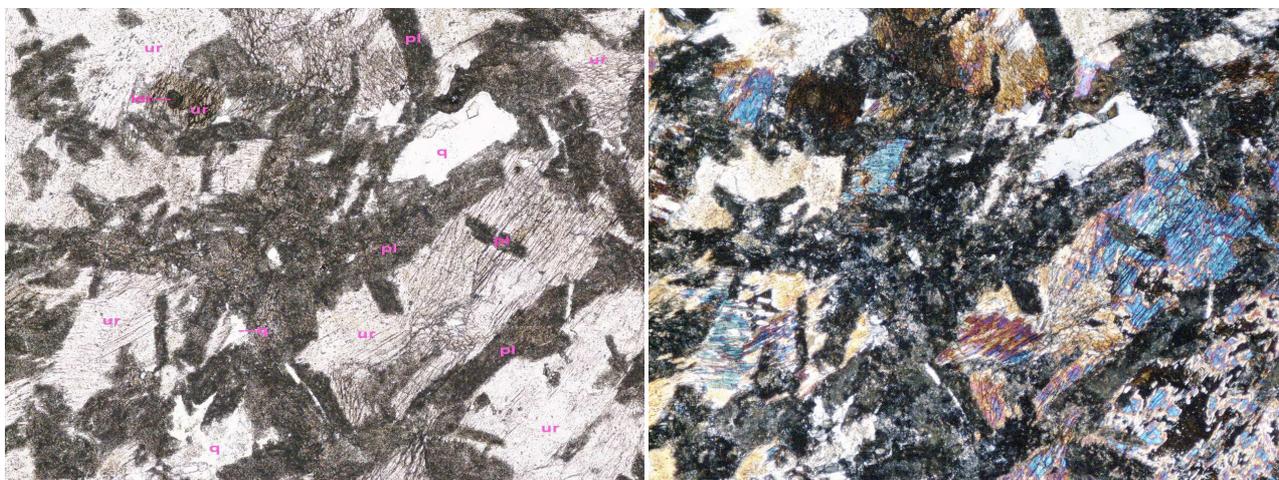


Рис. 2. Шл. 16 Пойкилоофитовая структура метадолерита. Псевдоморфозы бесцветного уралита по пироксену, соссуриита по плагиоклазу (темно-серое). Ширина фотографии – 2,6 мм. Слева – николи //, справа – X.

Отмечено небольшое преобладание содержаний плагиоклаза над пироксеном, в соотношении примерно 55 на 45%, повсеместное присутствие титаномагнетита в количестве 1-6 % и апатита в редких зернах. Наблюдается одинаковый характер вторичных изменений – сосюритизация плагиоклаза, уралитизация и хлоритизация пироксена, причем замещение первичных минералов полное, без сохранения реликтов, за исключением шл. 11 и 116-1 где клинопироксен сохраняется частично, в виде реликтов. Характерно, что продукты замещения пироксена – уралитовый амфибол, актинолит и хлорит бесцветные, либо очень слабо окрашены. Титаномагнетит частично или полностью лейкоксенизирован, причем в зернах всегда наблюдаются реликты структур распада твердых растворов, за счет сохранения магнетитовой составляющей, а в полных псевдоморфозах – за счет неоднородности агрегатов лейкоксена (рис. 3).

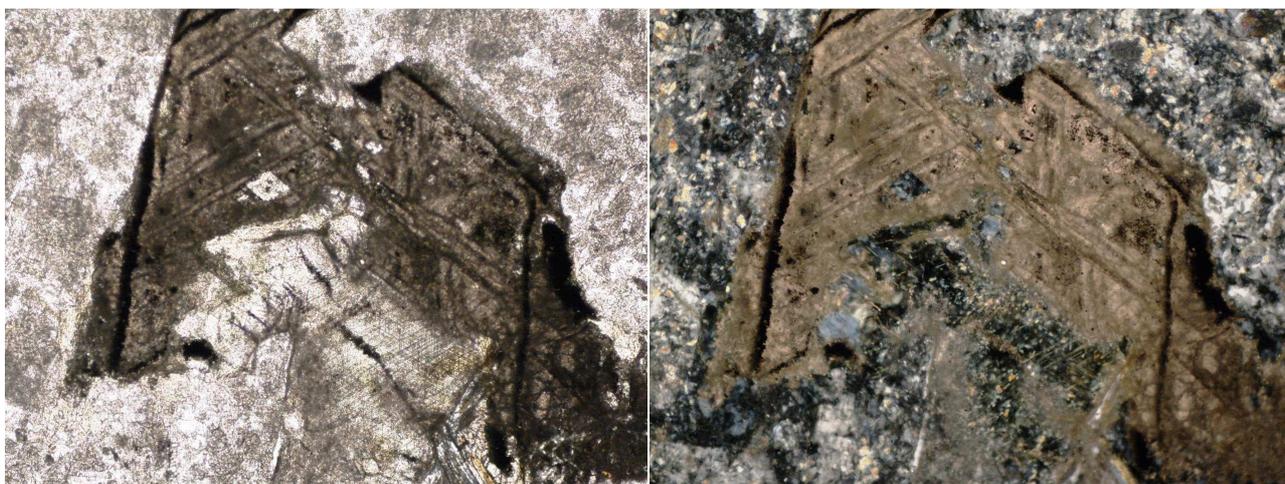


Рис. 3. Шл. 102-1 Псевдоморфоза лейкоксена по титаномагнетиту с реликтами структур распада твердых растворов. В нижней части зерно замещается хлоритом, в котором наблюдаются решетки игольчатого рутила. Ширина фотографии – 1,3 мм. Слева – николи //, справа – X.

Особенностью долеритов во всех дайках, кроме Ново-Вильвенской, г. Дублинский Камень и водораздела рр. Березовка-Койва, является присутствие позднемагматического кварца в количестве 1-10%. Кварц выполняет интерстиции породообразующих минералов (рис. 2), иногда образует микропегматитовые срастания со щелочным полевым шпатом (рис. 4).

Содержание кварца даже в одном дайковом теле сильно варьируется. Так, из трех проб, отобранных на Ломовском карьере, в пробе 17 кварц отсутствует, в пробе 16 его содержание составило 1 %, в пробе 15 – 8 %. Очевидно, что количество кварца в одном теле меняется как по простиранию, так и по направлению от контактов к центральным частям.

Текстуры пород массивные, неориентированные, за исключением дайки левого борта р. Хмели, где наблюдается слабое рассланцевание.

Степень метаморфических изменений пород низкая, ее можно оценить как переходную от метагенеза к низам зеленосланцевой фации.

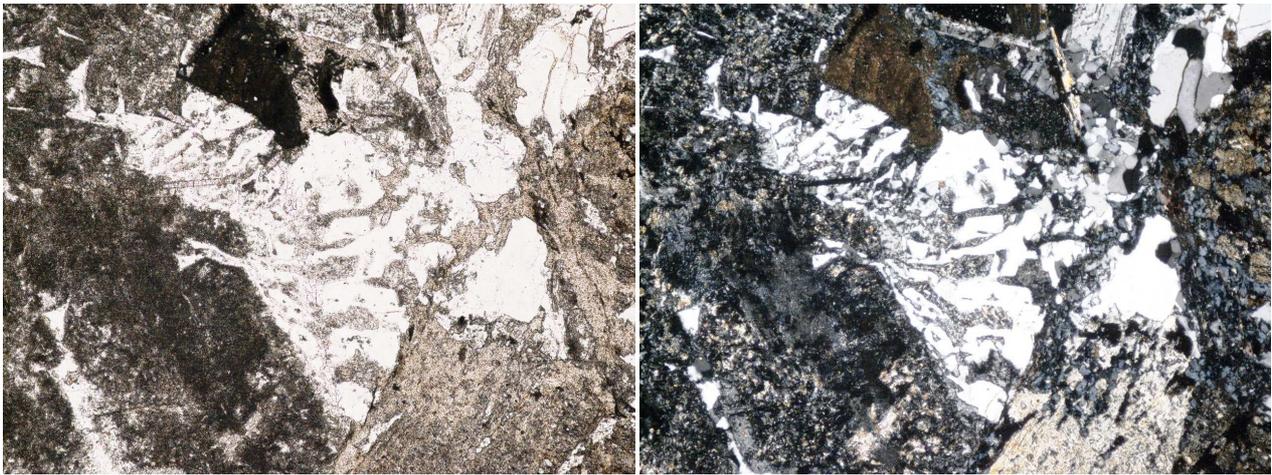


Рис. 4. Шл. 102-1 Микропегматитовый сросток кварца и пелитизированного щелочного пш (в центре) в интерстиции породообразующих. Справа внизу – агрегаты хлорита и актинолита по пироксену, слева – соссюрит по плагиоклазу, вверху – лейкоксен по титаномagnetиту. Ширина фотографии – 2,6 мм. Слева – николи //, справа – X.

Определение химического состава проводилось с использованием программы Silicates, составленной на основе калибровочных кривых на рентгенофлюоресцентном спектрометре последовательного типа действия S8 TIGER фирмы «BRUKER» (ФРГ). Результаты приведены в таблице 1.

Анализируя химический состав изучаемых пород, можно сказать, что метадолериты обладают однообразным составом и, в целом, средними для габброидов содержаниями макрокомпонентов. На классификационной диаграмме TAS фигуративные точки составов пород занимают очень компактную область, попадают в поле основных пород нормально-щелочного ряда (рис. 5). На диаграмме AFM метадолериты усьвинского комплекса попадают в поле толеитовых серий (рис. 5)

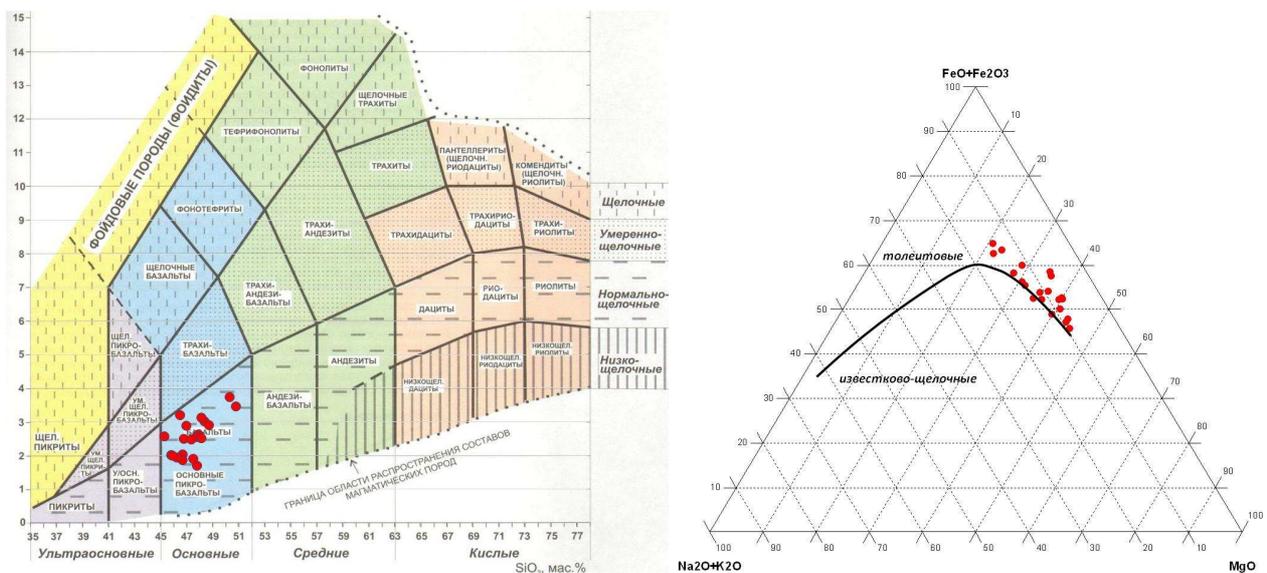


Рис. 5. Точки составов габбродолеритов усьвинского комплекса на диаграммах TAS (слева) и AFM (справа).

Таблица 1

Химический состав габбродолеритов усьвинского комплекса по данным РФА (%)

Название дай-ки	Бисерская	Бисерская	Бисерская	Ольховская	Ольховская	Воронковская	Воронковская	Ново-Вильвенская	Ново-Вильвенская	Хмелевская	Хмелевская	Хмелевская	Хмелевская	Лев. борга р. Хмели	Сарановская	Першинская	Водораздела рр. Койва-Березовка	Вижайская	г. Дублинский Камень	г. Дублинский Камень	г. Дублинский Камень	
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	18	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	
№ пробы	102-1	102-2	102-3	103-1	103-2	104-1	104-2	106-1	106-2	108-1	11	110-1	112-1	113-1	116-1	202-2	9	10	15	16	17	
SiO ₂	50,36	48,41	48,17	48,75	47,97	47,96	47,85	45,89	46,75	46,76	46,55	46,81	47,03	50,84	46,32	47,86	45,34	47,43	47,54	45,95	48,2	
TiO ₂	2,041	1,243	1,508	1,194	1,592	1,389	1,098	0,726	0,633	1,009	1,7	0,897	1,359	2,17	1,094	1,06	0,82	0,79	0,82	0,74	0,53	
Al ₂ O ₃	15,27	13,36	12,39	15,45	13,62	12,41	12,72	12,73	13,15	12,18	14,2	13,21	15,13	13,44	11,98	10,35	11,77	10,48	9,87	9,88	9,61	
FeO+Fe ₂ O ₃	15,36	12,37	13,34	12,36	14	12,89	11,61	11,14	10,23	13,18	14,5	10,92	12,4	16,38	12,11	14,73	12,45	14,35	15,63	13,86	13,71	
MnO	0,185	0,163	0,178	0,131	0,16	0,18	0,152	0,161	0,151	0,183	0,17	0,145	0,155	0,209	0,162	0,2	0,19	0,23	0,25	0,21	0,22	
CaO	6,93	11,13	10,5	10,95	10,64	10,88	11,02	11,74	12,42	11,08	8,41	12,32	11,39	7,98	12,02	9,54	8,39	8,77	9,14	10,31	7,03	
MgO	5,36	8,05	7,5	5,89	6,64	8,36	7,99	9,01	9,35	9,92	4,6	8,83	6,69	5,95	9,11	8,66	12,1	9,59	9,55	10,56	12,31	
Na ₂ O	3,167	2,336	2,213	2,624	2,418	2,213	2,231	1,792	1,718	1,742	2,54	1,842	2,247	2,746	1,742	1,62	1,74	1,97	1,67	1,43	2,34	
K ₂ O	0,57	0,679	0,897	0,265	0,189	0,402	0,311	0,218	0,305	0,112	0,65	0,651	0,627	0,698	0,182	0,07	0,82	0,49	0,23	0,55	0,16	
P ₂ O ₅	0,139	0,091	0,105	0,113	0,097	0,11	0,086	0,051	0,05	0,089	0,35	0,068	0,071	0,148	0,079	0,22	0,16	0,11	0,11	0,1	0,06	
S	0,011	0,04	0,088	0,015	0,008	0,01	0,01	0,007	0,007	0,016	0,06	0,017	0,013	0,01	0,081	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	
Ba	0,0163	0,0185	0,024	0,0156	0,0114	0,0167	0,0133	0,0143	0,0149	0,011	0,01	0,0183	0,0242	0,0205	0,0121	0	0,02	0,01	0	0,01	0,01	
Cr	0,0037	0,0164	0,0084	0,0066	0,0082	0,0139	0,0285	0,0288	0,0331	0,0477	0,01	0,0343	0,0071	0,0059	0,0287	0,02	0,07	0,01	0,01	0,06	0,01	
Cu	0,0088	0,0115	0,0084	0,003	0,0046	0,0047	0,0054	0,0047	0,0032	0,0071	0,0114	0,0072	0,0068	0,0158	0,0125	0,0181	0,0059	0,0186	0,0313	0,0198	0,0239	
Zn	0,0128	0,0271	0,0088	0,006	0,0075	0,0094	0,0073	0,0067	0,0063	0,011	0,0104	0,0074	0,0087	0,0128	0,0077	0,012	0,0093	0,0102	0,0114	0,0097	0,0113	
Pb	0,0013	0,0012	0,0012	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0011	0,0013	0,0012	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011
Ni	0,0074	0,008	0,0074	0,0064	0,0077	0,0071	0,0071	0,0092	0,0087	0,0118	0,0075	0,0092	0,007	0,0075	0,0106	0,0092	0,0195	0,0095	0,0087	0,0115	0,0136	
Sr	0,0218	0,0177	0,0165	0,0143	0,0136	0,0166	0,0156	0,0122	0,0102	0,0129	0,0176	0,0126	0,0179	0,0169	0,0106	0,0253	0,0408	0,0066	0,0067	0,0076	0,0034	
V	0,0463	0,0297	0,0347	0,0315	0,0519	0,0352	0,0304	0,0262	0,0258	0,03	0,03	0,0276	0,0366	0,0376	0,0317	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	
Rb	0,0016	0,0018	0,0023	0,0007	0,0007	0,0011	0,0009	0,0006	0,0008	0,0005	0,0023	0,0017	0,0017	0,002	0,0006	0,0002	0,0025	0,0011	0,0006	0,0013	0,0005	
Zr	0,0109	0,0086	0,0096	0,0084	0,0092	0,0091	0,0081	0,0071	0,006	0,0074	0,0118	0,0071	0,0076	0,0119	0,0073	0,0112	0,0102	0,0081	0,0077	0,0069	0,006	
Ga	0,0026	0,0019	0,002	0,0023	0,0022	0,002	0,0019	0,0017	0,0016	0,0018	0	0,0017	0,0021	0,0025	0,0018	0	0	0	0	0	0	
La	0,0012	0,0006	0,0014	0,0011	0,0008	0,0006	0,0006	0,0004	0	0,0008	0	0,0007	0,0008	0,0018	0,0003	0	0	0	0	0	0	
Nb	0,0012	0,0011	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0013	0,0011	0,0011	0,0013	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	
ппп	0,48	1,98	2,98	2,16	2,54	3,08	4,81	6,42	5,12	3,58	6,16	4,17	2,77	0,00	5,00	5,54	6,00	5,67	5,05	6,24	5,72	
Сумма	100,01	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00	100,01	100,00	100,00	100,00	100,00	100,01	100,00	100,71	100,01	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Мк	5,34	3,22	3,36	3,81	3,56	3,14	3,19	2,83	2,75	2,81	4,67	2,84	3,44	4,62	2,76	3,20	2,79	3,15	3,07	2,68	2,99	

Прим.: Мк – модуль кислотности

Оценка пригодности габбродолеритов для производства базальтового волокна

Породы усьвинского комплекса обладают постоянными химическим и минеральным составами, что отвечает одному из главных требований к базальтовому сырью [3]. Положительными факторами также являются широкая распространенность и высокая степень обнаженности пород, а также их доступность – наличие дорог и подъездов к выходам даек.

Наиболее распространенным показателем, определяющим пригодность сырья для производства базальтового волокна и его качества, является модуль кислотности M_k :

$$M_k = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO},$$

M_k сырья для производства различных видов изделий из базальтов находится в интервале 1,2 – 6,5. Причем для производства непрерывного волокна применяется сырье с показателями M_k от 3,2 до 6,5, но эти границы строго не регламентированы [4]. M_k метадолеритов усьвинской свиты варьирует в интервале 2,68-5,34, в среднем – 3,34, т. е. большинство проб соответствуют этим требованиям.

Отрицательным фактором является присутствие в большинстве исследованных проб метадолеритов кварца (1 - 10 %), как минерала с высокой температурой плавления. По некоторым оценкам количество кварца не должно превышать 3 %.

В настоящий момент отобраны технологические пробы для получения базальтового волокна на экспериментальной установке. Планируется провести исследования процессов, протекающих при плавке проб, и качества полученного волокна, которые дадут более точную информацию о пригодности пород усьвинского комплекса в качестве сырья для производства базальтового волокна.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования Пермского края (научный проект МИГ «Оценка минерально-сырьевой базы Пермского края для обеспечения производства высокотехнологичного базальтового волокна»).

Список литературы

1. Зильберман А.М., Чернышева Е.М. и др. Габбро-диабазовые формации западного склона Среднего и Северного Урала (Отчет по тематическим работам, проведенным в 1969-1971 гг.). ТФ «Пермгеолком», 1971. 300 с.
2. Корреляция магматических комплексов Среднего Урала. Свердловск: ИГГ УрО АН СССР, 1991. 76 с.
3. Матвеев Г.М., Раскина Э.М., Горшков С.В. и др. Габбро-базальтовое сырье для производства минерального волокна. Москва–Пермь: ВНИИЭСМ, 2003. 96 с. (Серия 6. Промышлен-

ность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов: Аналит. обзор; Вып. 1-2).

4. Меньшикова Е.А., Казымов К.П., Исаева Г.А., Манькова Т.В., Мещеряков К.А. Исследование пород Пермского края для оценки их пригодности как сырья для производства базальтового волокна // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.

URL: www.science-education.ru/106-7641 (дата обращения: 23.09.2013)

5. Старков Н.П. Рифейско-палеозойские магматические комплексы западного склона Среднего Урала / Доордовикская история Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980, с. 31-58.

6. Суслов С.Б., Манькова Т.В. и др. Отчет о тематических работах на объекте «Оценка перспектив россыпной платиноносности и изучение магматических комплексов, как источников платины в Горнозаводском районе», проведенных в 2004-2006 гг. – Пермь, 2006. ТФ Пермь, 337 с.

7. Ушков Б.К., Тетерин И.П., Суслов С.Б. и др. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:50 000 Верхне-Вильвинской площади в водораздельной части Среднего Урала (листы О-40-46-Г юж.пол.; О-40-47-В; О-40-58-Б и Г) и общих поисках на россыпное золото на участках Гремячий Ключ и Рассоха, проведенных в 1982-1987 гг. Пермь, 1987. ТФ, Пермь. 300 с.

Рецензенты:

Осовецкий Б.М., д.г.-м.н., профессор кафедры минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г.Пермь.

Наумов В.А., д.г.-м.н., директор Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета, г.Пермь.