

УДК 553.3+552.3

МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРМСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПОИСКОВ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД, ПРИГОДНЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Ибламинов Р.Г., Седунова А.П., Исаева Г.И., Казымов К.П.

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия (614990, Пермь, 614990, 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» выполнен минерагенический анализ западного склона Северного и Среднего Урала на территории Пермского края для выявления магматических комплексов горных пород, пригодных для освоения в качестве сырья для производства базальтового волокна. Проанализировано распределение магматических ассоциаций и формаций в пространстве и во времени от рифея до девона. Установлено, что метадолериты усвинского комплекса, обладающие достаточно однородным минеральным и химическим составом, могут использоваться в качестве сырья для производства волокна.

Ключевые слова: базальтовое волокно, метадолериты, Западный Урал

THE MINERAGENIC ANALYSIS OF THE PERM REGION FOR SEARCH OF IGNEOUS ROCKS WHICH ARE SUITABLE FOR THE BASALT FIBER PRODUCTION

Iblaminov R.G., Sedunova A.P., Isaeva G.A., Kazymov K.P.

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

The mineragenic analysis of the western slope of the Northern and Middle Urals in the Perm region to identify igneous rock complexes for the production of basalt fiber was held as the part of an international research scientists group project "Evaluation of mineral base of Perm region for the provision of high quality basalt fiber production". The distribution of magmatic associations and formations in space and in time from the Riphean to the Devonian. It is established that the metadolerites of Usvinsky formation have a homogeneous mineral and chemical composition. These rocks can be used for the basalt fiber production.

Keywords: basalt fiber, metadolerites, the Western Urals.

Идея выполнения настоящего исследования родилась на ежегодно проводимых с 2011г. на базе Пермского университета конференциях по базальтовым технологиям. Известно, что классическим сырьём для получения базальтового волокна являются магматические горные породы основного отряда, вулканические разности которых образуют семейство базальтов, а плутонические разности – семейство габброидов. Исходя из тематики проекта, был выполнен минерагенический анализ территории Западного Урала в пределах Пермского края на предмет выявления закономерностей размещения магматических ассоциаций и формаций горных пород.

На палеотектонической основе был осуществлен формационный анализ магматических пород, входящих в состав магматических ассоциаций (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Палеотектонические режимы и обстановки, магматические ассоциации, формации и комплексы западного склона Северного и Среднего Урала [5]

Режим	Обстановка	Возраст	Ассоциация	Формация	Комплекс
-------	------------	---------	------------	----------	----------

Плитный эпигерцинский с мезозойской активизацией	Эмерсивная	$P_2kz - KZ$	Базальт-долеритовая (T_1)	Базальт-долеритовая	
Коллизионный позднегерцинский	Надвигового пояса; краевого прогиба	$P_{1ar} - P_{2u}$			
Плитный эпикаледонский (герцинской пассивной окраины) с периодами активизации	Инундационная	$C_2 - P_{1s}$	Щелочно-базальтоидная (C_{1-2})	Сиенит-габбровая	
	Трансгрессивная	$D_{2ps} - C_1$	<i>Базальт-долеритовая (D_{1-3})</i>	<i>Базальт-долеритовая</i>	<i>Усьвинский габбродолеритовый</i>
	Эмерсивная	$D_{1tk} - D_{2cs}$			
Коллизионный каледонский	Сутурной зоны	$S_2 - D_1$	Монцонит-сиенитовая (D_1)	Монцонит-сиенитовая	
Субдукционный каледонский	Островной дуги	$O_2^2 - S_1$	Гранитоидная островодужная (S_1)	Риолит-дацитовая	
	Задугового бассейна			Лейкогранитовая	
			Континентальной окраины	Офиолитовая задугового бассейна и островной дуги (O_{2-3})	Натриевых базальтов
Спредингвый каледонский	Пассивной окраины	$E_3^3 - O_2^1$		Дунит-перидотитовая	
	Эмерсивная	$E_1 - E_3^2$	<i>Базальт-долеритовая ($V_2^2 - E$)</i>	Базальт-долеритовая	
Синеклизная	$V_{2ck} - V_{2us}$	<i>Долерит-пикритовая</i>		<i>Кусьинско-промысловский пикрит-эссекситовый</i>	
Плитной активизации	Рифтовая	$R_3^3 - V_2^1$	Щелочно-базальтоидная ($R_3^3 - V_1$)	<i>Щелочно-ультра-мафитовая (V_1)</i>	<i>Дворецкий авгитит-трахибазальтовый</i>
				<i>Гарцбургит-орто-пироксенит-норитовая (V_1)</i>	<i>Сарановский габбро-анортозит-дунит-гарцбургитовый</i>
				<i>Трахи-базальтовая ($R_3^3 - V_1$)</i>	<i>Журавликский верлит-габбро-кварцевосиенитовый, цезгровитский метатрахит-метатрахитовый</i>
Грабеновая	$R_2 - R_3^2$	Базальт-долеритовая (R_3)	Базальт-долеритовая		

Примечание. Курсивом отмечены ассоциации, формации и комплексы, опробованные для производства волокна.

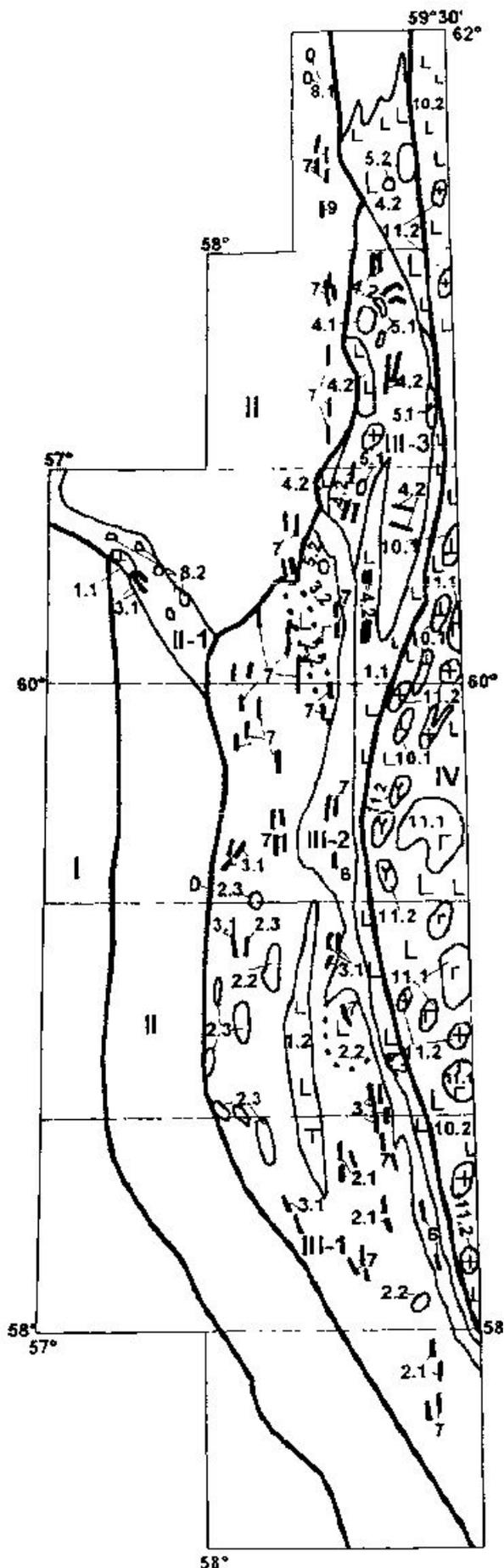


Рис. 1. Схема размещения магматических формаций западного склона Северного и

Среднего Урала [5]

Тектонические структуры:

- I – Предуральский краевой прогиб;
 - II – Западно-Уральская зона складчатости: II-1 – Полюдово-Колчимский антиклинорий;
 - III – Центрально-Уральское поднятие: III-1 – Кваркушко-Каменногорский мегантиклинорий, III-2 – Улсовско-Висимский мегасинклиний, III-3 – Верхнепечорско-Кутимский антиклинорий;
 - IV – Тагильский мегасинклиний.
- Магматические ассоциации и формации:
- 1 – базальт-долеритовая (R_3);
 - 2 – щелочно-базальтоидная ($R_3^3 - V_1$): 2.1 – гарцбургит-ортопироксенит-норитовая (V_1), 2.2 – трахибазальтовая ($R_3^3 - V_1$), 2.3 – щелочно-ультрамафитовая (V_1);
 - 3 – базальт-долеритовая ($V_2^2 - C$): 3.1 – долерит-пикритовая ($V_2^2 - C$), 3.2 – базальт-долеритовая ($V_2^2 - C$);
 - 4 – офиолитовая задугового бассейна и островной дуги (O_{2-3}): 4.1 – дунит-перидотитовая (O_{2-3}), 4.2 – натриевых базальтов (O_{2-3});
 - 5 – гранитоидная островодужная (S_1): 5.1 – лейкогранитовая (S_1), 5.2 – риолит-дацитовая (S_1);
 - 6 – монцонит-сиенитовая (D_1);
 - 7 – базальт-долеритовая (D_{1-3});
 - 8 – щелочно-базальтоидная (C_{1-2}): 8.1 – сиенит-габбровая (C_{1-2}), 8.2 – щелочно-ультрамафитовая (C_{1-2});
 - 9 – базальт-долеритовая (T_1);
 - 10 – офиолитовая (O_{1-3}): 10.1 – дунит-перидотитовая (O_{1-2}), 10.2 – натриевых базальтов (O_{1-3});
 - 11 – плагиогранит-дунит-клинопиро-ксенит-габбровая ($O_3 - D_1$): 11.1 – дунит-клинопироксенит-габбровая ($O_3 - S_1$), 11.2 – габбро-диорит-плагиогранитовая ($S_1 - D_1$)

Было установлено, что рифейско-вендским обстановкам режима плитной активизации соответствуют базальт-долеритовая грабеновая и щелочно-базальтоидная рифтовая ассоциации, вендско-кембрийским плитным эпирифтовым обстановкам – базальт-долеритовая синеклизно-эмерсивная, субдукционным каледонским – офиолитовая задугового бассейна и гранитоидная островодужная, коллизионной каледонской – монцонит-сиенитовая, плитным эпикаледонским – базальт-долеритовая и щелочно-базальтоидная, плитной эпигерцинской –

базальт-долеритовая. Внутри ассоциаций выделены магматические формации комплексы.

Среди магматических пород особое внимание было обращено на щелочно-базальтоидную ассоциацию рифея-венда, базальт-долеритовую – венда-кембрия и базальт-долеритовую – девона. Это определялось особенностями петрографического состава входящих в них пород и географо-экономическими условиями распространения.

Щелочно-базальтоидная ассоциация формировалась в рифтовой обстановке режима плитной активизации в конце позднего рифея в составе спарагмитовой вулканогенно-осадочной надформации, слагающей большую часть Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория (ККМА) Центрально-Уральского поднятия [7]. Она объединяет следующие формации: трахибазальтовую, гарцбургит-ортопироксенит-норитовую и щелочно-ультрамафитовую (см. табл. 1).

Трахибазальтовая формация представлена преимущественно вулканическими комплексами основания и нижней части разреза спарагмитовой надформации рифея-венда. Среди них к наиболее ранним отнесен *щегровитский метатрахит-метатрахибазальтовый комплекс*, располагающийся в западной части ККМА. Породы комплекса слагают мощную 700-метровую толщу в составе федотовской свиты, относимой к верхам верхнего рифея. Комплекс включает лавы, лаво- и туфобрекчии трахибазальтов и трахитов, а также базальтов, плагиобазальтов, мелатрахибазальтов и кварцевых латитов. Стратиграфически выше залегают породы *вильвенского трахибазальт-базальтового комплекса*, входящего в состав вильвинской свиты основания нижнего венда. Его полный разрез находится в восточной части ККМА среди терригенных пород одноименной свиты. Здесь общая мощность комплекса достигает 300 м. Комплекс представлен базальтами, трахибазальтами, их туфами и туффитами.

К описываемой формации с определенной долей условности отнесены плутонические тела журавликского и троцкого комплексов. Интрузивные тела *журавликского верлит-габбро-кварцевосиенитового комплекса* располагаются в восточной прибортовой части Кваркушско-Каменногорского палеорифта. Комплекс включает в себя Журавликский массив, Линевские тела и тела Дублинского массива. Журавликский массив представляет собой интрузию центрального типа, сложенную габброидами, содержащими линзовидные тела клинопироксенитов и верлитов. Габброиды прорваны кольцевыми и полукольцевыми телами кварцевых сиенитов. По химическому составу среди габброидов выделяются нормальное габбро, монцогаббро, эссексит, габбродиорит и диорит. Все породы подвергнуты интенсивным постмагматическим и метаморфическим изменениям. В журавликский комплекс включены мелкие тела гранодиоритов, гранитов, лейкогранитов Линевского участка, расположенные севернее в аналогичной тектонической позиции, а также выделявшиеся ранее в самостоятельный дублинский комплекс уралитовые габбродолериты Дублинского массива.

Троицкий комплекс щелочных граносиенитов представлен одноименной интрузией щелочных граносиенитов. Массив расположен в приосевой части ККМА близ западной границы опущенного и переработанного блока фундамента. Он имеет активные контакты с танинской свитой нижнего венда. Пользуясь определением абсолютного возраста Rb-Sr методом в 620±18 лет, А.М. Зильберман отнес время его образования к рубежу раннего и позднего венда. Определения Ю.Л. Ронкина [1] дали возраст 671±24 млн лет, что отвечает верхнему рифею.

Гарцбургит-ортопироксенит-норитовая формация объединяет плутонические тела *сарановского габбро-анортозит-дунит-гарцбургитового комплекса*. Детальное описание комплекса приведено в работе [6], который включает в его состав массивы одноименного пояса, состоящего из двух полос: западной (Сарановская группа массивов) и восточной (три небольших тела Кырминской группы, два – Воронковской, два – Ашкинской и несколько тел Шишимской). По мнению С.Б. Сулова, в него следует также включать Шакюревский массив. Для комплекса характерны небольшие тела расслоенных серпентинизированных гипербазитов (преимущественно дунитов и гарцбургитов), содержащих пластообразные залежи хромшпинелидов. Эти тела залегают среди пород рифея и нижнего венда. С.Б. Сулов и В.Н. Зорин [9] считают, что формирование комплекса происходило на границе между ранне- и поздневильвенским временем раннего венда, поскольку Сарановский массив залегают среди нижневильвенской подсветы, а в конгломератах верхневильвенской обнаружены гальки хромшпинелидов, флогопитсодержащих оталькованных дунитов, серпентинитов и хлоритизированных пикритов. Не исключено и позднерифейское время образования комплекса [4].

Щелочно-ультрамафитовая формация включает три вулканических комплекса, залегающих друг за другом в следующей стратиграфической последовательности: дворецкий, шпалорезовский и благодатский. Тела магматических пород *дворецкого авгитит-трахибазальтового комплекса* дискретно размещаются в западной части ККМА среди койвинской свиты (V₁kv) [3], являющейся аналогом верхней части разреза вильвенской свиты, развитой в восточной части зоны. Комплекс представлен эруптивными аппаратами трещинного и центрального типа (диатремами), толщами лав и туфов. Аппараты сложены брекчиями гиаломеланефелинитов (авгититов), трахибазальтов, реже лимбургитов, пикритов, пикробазальтов, обломками вмещающих и глубинных пород. Диатремы в диаметре достигают 500 м. В разрезе вулканогенно-осадочной толщи преобладают туфы и туфобрекчии трахибазальтов, причем в нижней части они сопровождаются обломками преимущественно пикробазальтов и пикритов, а в верхней – авгититов, пикритов, трахитов и рудных пироксенитов. Встречаются также небольшие жильные тела эссекситов, камптонитов, альбититов. По стратиграфическому положению эффузивных и эффузивно-осадочных пород

комплекс датируется нижним вендом. Стратиграфически выше вулканитов дворецкого комплекса также в западной части ККМА в верхах керносской свиты (V_1kr) располагаются подушечные лавы трахибазальтов и силлы эссекситов, пикродолеритов, кринанитов, объединяемых в *шпалорезовский трахибазальтовый комплекс*. Западнее дворецкого и стратиграфически выше шпалорезовского располагается прерывистая полоса вулканитов *благодатского пикрит-трахибазальтового комплекса*, фиксирующая западный борт Кваркушско-Каменногорского палеорифта и соответственно ККМА. В составе комплекса присутствуют лавовые и эксплозивные образования. Лавы трахибазальтов сопровождаются туфами и туфобрекчиями пикритов и пикротрахибазальтов, а также телами карбонатитов [2]. Вулканиты комплекса залегают среди верхнекерносской подсвиты нижнего венда, чем и определяется их возраст.

Во второй половине позднего венда режим плитной рифей-вендской активизации сменяется плитным и рифтовая обстановка переходит в синеклизную (см. табл.1), которая фиксируется флишоидно-молассоидной осадочной формацией позднего венда, а затем в эмерсивную кембрийскую, отложения которой отсутствуют. Эмерсивной обстановке отвечает **базальт-долеритовая ассоциация**, включающая долерит-пикритовую [8] и базальт-долеритовую формации.

Долерит-пикритовая формация представлена двумя гипабиссальными комплексами: кусьинско-промысловским и красновишерским. Наибольшим распространением пользуется *кусьинско-промысловский пикрит-эссекситовый комплекс*, выделенный под этим названием А.М.Зильберманом и Е.М.Чернышовой в 1975 г. Небольшие тела (дайки, силлы, штоки) комплекса протягиваются двумя полосами вдоль западного и восточного контактов площади развития пород спарагмитовой формации, фиксируя прибортовые части Кваркушско-Каменногорского палеорифта. Отдельные тела встречаются и в его внутренней зоне. Полоса распространения выходов тел комплекса в западной части ККМА пространственно совпадает с площадями выходов тел благодатского комплекса (Семеновские, Танчихинские, Кусьинские тела), что свидетельствует о тесной связи вулканогенных пород щелочно-ультрамафитовой формации и гипабиссальных пород рассматриваемой долерит-пикритовой. *Кусьинско-промысловский комплекс* представлен в основном эссекситами и пикритами, встречаются также тешениты и камптониты. В восточной полосе в комплекс были включены щелочные породы ряда мельтейгита-якупирангита, карбонатиты и сиениты.

После каледонского цикла на описываемой территории наступил плитный эпикаледонский режим герцинской пассивной окраины, который сопровождался эпохами тектоно-магматической активизации. Начальная палеотектоническая обстановка режима была эмерсивной, на что указывает региональный предтакатинский перерыв в эмссе. Она

продолжалась до середины среднего девона (по чешское время включительно) и отличалась платформенным магматизмом девонской **базальт-долеритовой ассоциации**, включающей одноименную **базальт-долеритовую формацию**. В составе формации выделены три комплекса: усвинский, лыпинский и илычский. Комплексы представлены дайковыми телами, вытянутыми в виде субмеридиональной полосы, протягивающейся вдоль западной границы опущенного и переработанного в каледонское время блока фундамента. В структуре чехла *усвинский габбродолеритовый комплекс* протягивается в виде системы даек и изометричных в плане тел преимущественно в осевой части ККМА. Тела сложены долеритами, габбродолеритами, габбродиоритами. По нормативному составу большинство пород попадает в поле кварцевых толеитов, реже оливковых толеитов. Вмещающими являются породы верхнего рифея - нижнего силура.

Выполненный минерагенический анализ территории позволил выбрать комплексы магматических горных пород, которые могут в дальнейшем послужить сырьем для производства базальтового волокна. Перечень таких комплексов приведен в табл. 1.

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. Гражданкин Д.В., Маслов А.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л. Осадочные системы сыльвицкой серии (Верхний венд Среднего Урала) Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 280 с.
2. Зильберман А.М. Некоторые вопросы корреляции магматических комплексов западного Урала (на примере Северного и Среднего Урала) // Моделирование геологических систем и процессов. Пермь: Перм.ун-т. – 1996. – С.46-49.
3. Зильберман А.М., Г.Г. Морозов, Г.П. Корелин. Магматические комплексы Пермской серии листов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб науч. статей / Перм. ун-т. Пермь. – 2002. – С. 124-146.
4. Ибламинов Р.Г. Геологическая история Сарановского месторождения хромовых руд – отражение истории развития региона // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб науч. статей / Перм. ун-т. Пермь. – 2002. С. 229-247.
5. Ибламинов Р.Г., Лебедев Г.В. Вулканические комплексы магматических формаций западного склона Среднего и Северного Урала // Литосфера. – 2006. – № 1. – С. 76-90.
6. Иванов О.К. Расслоенные хромитоносные ультрамафиты Урала. – М.: Наука, 1990. 243 с.
7. Курбацкая Ф.А. К вопросу о методике выделения осадочных формаций Западного Урала и

металлогенической оценке их перспективности // Вестник Пермского университета. Геология. – 1997. – С. 27-30.

8. Магматические формации СССР. – Л.: Недра. – 1979. Т. 1 – 318 с., Т.2 – 279 с.

9. Суслов С.Б., Зорин В.Н. К вопросу о возрасте некоторых магматических комплексов западного склона Среднего Урала // Геология Западного Урала на пороге XXI века. Пермь: Пермский ун-т. – 1999. – С. 66-70.

Рецензенты:

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

Наумова О.Б., д.г.-м.н., заведующий кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.