



СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАБАЗИТОВ ПОЗДНЕДЕВОНСКИХ ДАЙКОВЫХ ПОЯСОВ АЛТАЯ

Ю. А. Туркин

Дана общая характеристика геологического положения и состава пород основного состава дайковых поясов позднедевонского возраста, широко распространенных от Западного Саяна и Горной Шории до Рудного Алтая. Проведено изучение и идентификация с долеритами данных поясов metabазитов, локализованных в палеозойских толщах северо-запада Горного Алтая и ранее относимых к более древним разновозрастным магматическим комплексам. Выполнены обработка и анализ петрохимических данных с использованием статистического метода сравнения средних значений разных пар выборок базитов и диаграмм для идентификации палеообстановок их формирования. Полученные результаты позволяют идентифицировать данные базиты с рифтогенными континентальными образованиями поздней финальной стадии развития девонской активной континентальной окраины.

Ключевые слова: дайковый пояс, базиты, активная континентальная окраина, рифт, Алтай.

STRUCTURAL AND TECTONIC SETTING AND PETROCHEMICAL FEATURES OF METABASITES IN THE LATE DEVONIAN DYKES BELTS OF ALTAI

Yu. A. Turkin

The paper gives general characteristic of geological position and structure of basic rocks within the Late Devonian dyke belts widespread from Western Sayan and Mountain Shoria to Rudny Altai. Metabasites localised in Paleozoic thicknesses of the northwestern Gorny Altai and previously referred to more ancient uneven-aged magmatic complexes were studied and identified with dolerites of the same belts. Petrochemical data were processed and analyzed by using of statistical method of comparison between average values of different pairs of basite samplings and diagrams compiled to indentify paleoenvironments during their formation. The results allow identification of these basites with rift-related continental bodies of the late final development stage of Devonian active continental margin.

Keywords: dykes belt, basites, active continental margin, rift, Altai.

В западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) дайковые и силлово-дайковые пояса порфировых базальтов, долеритов, габбродолеритов близкого состава развиты на обширной территории от Рудного Алтая до Горной Шории и Западного Саяна и образуют единый латеральный ряд позднедевонских габбро-долеритовых комплексов (рис. 1). Базиты локализованы и в пределах наложенных на каледониды девонских вулканогенных прогибов, и в более древних толщах каледонских структур. При этом последнее по месту своей локализации ранее нередко интерпретировались как более древние, нередко покровные образования без необходимого изучения и обоснования [9].

Наиболее крупные и концентрированные в направлении с запада на восток дайковые и силлово-дайковые базитовые пояса: Белорецко-Маркакольский, Коргонский, Карагайский, Верхне-чарышский, Урскульский и Сумультинский. В северо-западной части Горного Алтая к данному латеральному ряду принадлежат Чарышско-Засурьинский и Слюдянско-Вятчихинский базитовые

дайковые пояса, до сих пор многими исследователями [5, 7, 8] рассматриваемые как синхронные покровные и субвулканические базальты более древних толщ (рис. 2–4).

Геологическое положение и петрохимические особенности metabазитов позднедевонских дайковых поясов

Общим для всех рассматриваемых петрографически и петрохимически однотипных metabазитов является их повышенная (до высокой) титанистость и железистость при нормальной, реже (в более восточных районах) повышенной щелочности. Чаще всего породы данных базитовых поясов могут быть отнесены к континентальным толеитам при подчиненном развитии пород известково-щелочной и умереннощелочной серий. Наиболее типичные разновидности – долериты со структурными вариациями от порфировых базальтов (анамезитов) до габбродолеритов, значительно менее распространены диорит-порфириты и базиты пикритоидного ряда, иногда долериты содержат кварц, кварц-полевошпатовые участки микрогранофирового строения и диагностируются как конга-диабазы. На востоке региона ха-

ОАО «Горно-Алтайская экспедиция» (с. Малоенсейское)

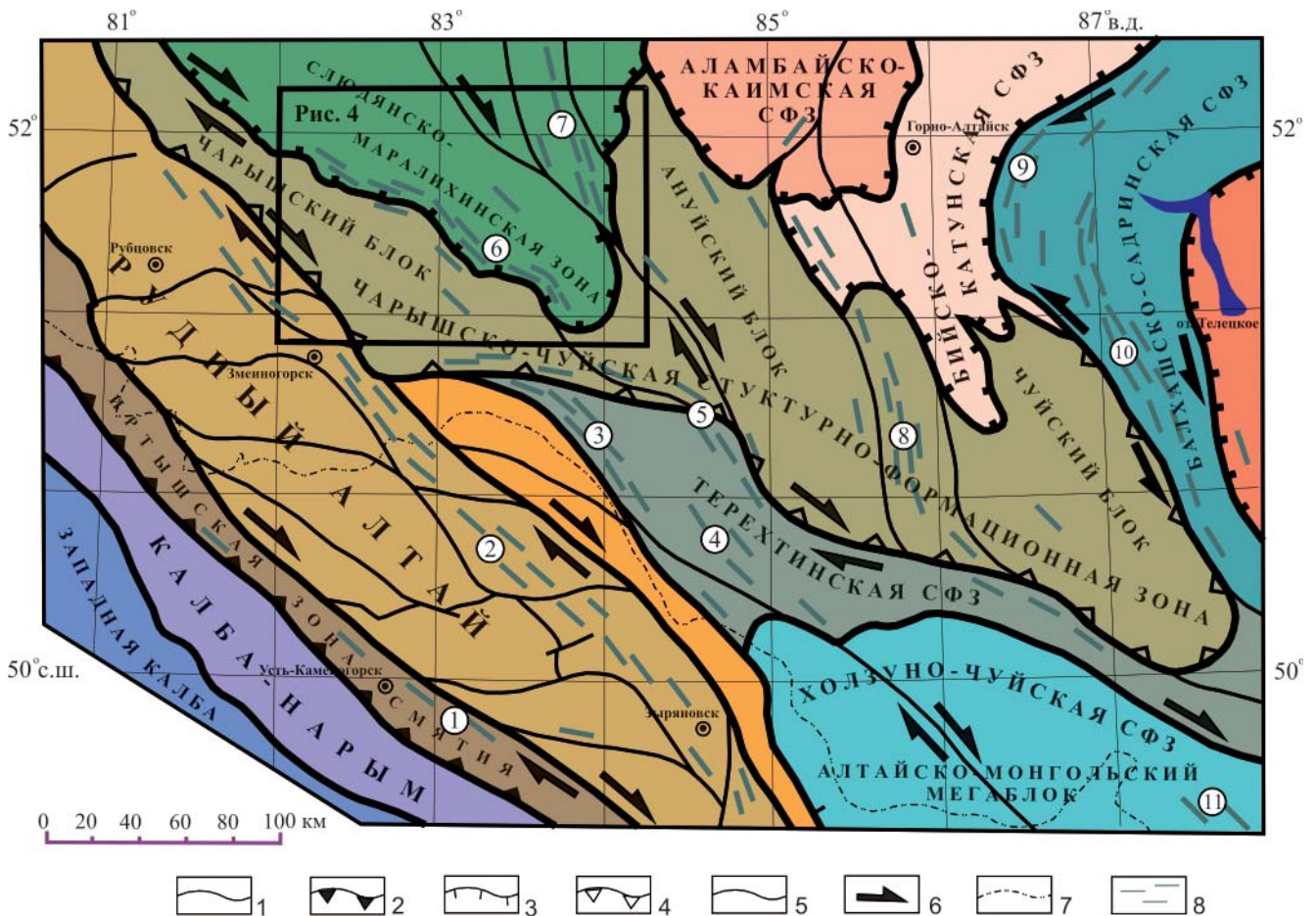
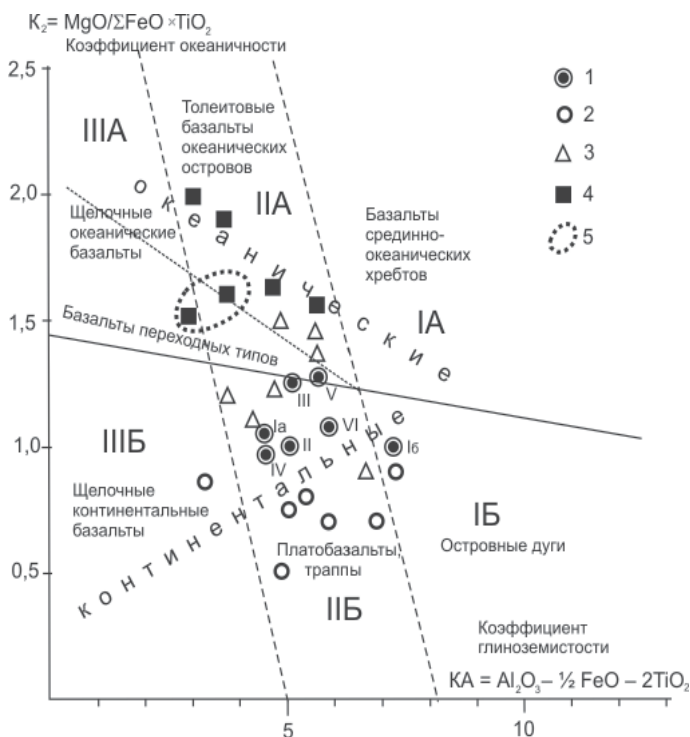


Рис. 1. Схема расположения позднедевонских базитовых дайковых поясов в структурах западной части Алтае-Саянской складчатой области и Рудного Алтая

Разломы, границы: 1 – структурно-формационных зон (СФЗ) и мегаблоков; 2 – девонской активной континентальной окраины; 3 – аллохтонов; 4 – параавтохтонов; 5 – прочие разломы; 6 – направления относительного перемещения блоков; 7 – государственная граница РФ; 8 – дайковые пояса базальтов и долеритов (цифры в кружках: 1 – Вавилонский, 2 – Белорецко-Маркакольский, 3 – Коргонский, 4 – Карагайский, 5 – Верхнечарышский, 6 – Чарышко-Засурийский, 7 – Слюдянско-Вятчихинский, 8 – Урскульский, 9 – Малоишинский, 10 – Сумультинский, 11 – Рахмановский)



рактерной петрографической разновидностью становятся также лабрадоровые порфириды. При этом фиксируются и некоторые латеральные изменения химического состава базитов в зависимости от их локализации относительно края активной континентальной окраины в ее фронтальной (Рудный Алтай), осевой (западная и центральная части Горного Алтая) или тыловой (восточная часть Алтая) зонах. Наиболее показательны содержания калия, минимальные

Рис. 2. Диаграмма K_2 - KA по [3] для идентификации палеообстановки формирования базитов силлово-дайковых поясов девонской Алтайской континентальной окраины (данные по [1–3, 6])

Базиты (средние выборочные): 1 – позднедевонских силлово-дайковых поясов (I – Белорецко-Маркакольского, в том числе: IA – Рубцовского и IB – Зырянского и Лениногорского районов, II – Чарышко-Засурийского, III – Слюдянско-Вятчихинского, IV – Коргонского, V – Урскульского, VI – Сумультинского), 2 – трапповых и платобазальтовых областей, 3 – континентально-рифтовых областей, 4 – океанических островов; 5 – поле базитов Гавайских островов

Таблица 1

Химический состав базитов силлово-дайковых поясов Алтая

Компоненты	Позднедевонские силлово-дайковые пояса Алтайской континентальной окраины						
	Белорецко-Маркакольский*		Чарышско-Засурынский	Слюдянский	Коргонский	Урскульский	Сумультинский
	1	2					
SiO ₂	46,60	47,09	47,93	47,27	48,27	47,48	48,43
TiO ₂	1,47	1,96	2,01	2,24	2,10	2,26	1,93
Al ₂ O ₃	15,79	14,83	15,41	15,62	14,87	15,75	15,34
Fe ₂ O ₃	3,59	3,40	5,14	4,62	4,33	3,98	3,55
FeO	7,57	9,43	7,58	7,58	8,06	7,22	7,74
MnO	0,17	0,16	0,23	0,23	0,23	0,18	0,20
MgO	7,76	6,67	6,33	6,74	5,86	6,31	6,23
CaO	9,43	7,71	7,55	7,29	8,53	8,25	7,01
Na ₂ O+ K ₂ O	2,88	3,38	3,84	3,67	3,49	3,62	4,84
Na ₂ O	2,43	3,07	3,40	3,14	2,71	2,72	3,60
K ₂ O	0,45	0,31	0,44	0,53	0,78	0,90	1,24
P ₂ O ₅	–	0,31	0,39	0,32	0,45	0,39	0,37
n	75	3	42	47	15	36	24

* Метадолериты толеитовой серии Зырянского и Лениногорского районов (1), то же северо-западных районов Рудного Алтая (2). Использованы данные [1]

в Рудном Алтае и на северо-западе Горного Алтая и повышенные на востоке региона, в Уймено-Лебедской зоне тыловых рифтов (табл. 1).

Белорецко-Маркакольский дайковый пояс объединяет многочисленные дайки, силлы и штоки базитов одноименного позднедевонского габбро-долеритового комплекса Рудного Алтая в широкой (до 20–25 км) полосе северо-западного простираения протяженностью более 500 км вдоль одноименного разлома и Северо-Восточной зоны смятия, повсеместно прорывающие вулканогенные образования фронтальной зоны Алтайской девонской активной континентальной окраины, а на северо-западе блока – и лейкограниты поздних фаз позднедевонского змеиногорского комплекса. По данным Г. Н. Щербы и Б. А. Дьячкова, этот дайковый пояс включает многочисленные ленто- и плитообразные тела, силлы, штоки и дайки габброидов с длиной тел до 10–15 км и шириной до 1–2 км. Тела габбродолеритов, долеритов, реже диорит-порфиритов представляют собой синкинематические интрузии по зонам кливажа, вовлеченные в складчатость [1]. Доминируют габбродолериты и долериты толеитовой натриевой серии (см. табл. 1), характеризующиеся низкими (наименьшими для базитов дайковых поясов) щелочностью и железистостью ($f = 0,59$), в отдельных штоках присутствуют серпентиниты и серпентинизированные пикриты.

На северо-западе данного пояса, в Рубцовской депрессии и на севере Алейского поднятия, в габбродолеритах характерно развитие офитовой и пойкилоофитовой структуры, титанавгита, нередко обрастающего бурой роговой обманкой, и серпентинизированного, хлоритизированного оливина. Их химический состав, в отличие от более южных районов, уже практически полностью идентичен таковому базитов дайковых поясов Горного Алтая, отличается повышенной до высокой титанистостью (TiO₂ от 1,3 до 3 % и бо-

лее), повышенной железистостью, нормальной и низкой щелочностью. На диаграммах идентификации палеообстановок базальтового вулканизма средние значения базитов Рубцовского района располагаются (как и пород других дайковых

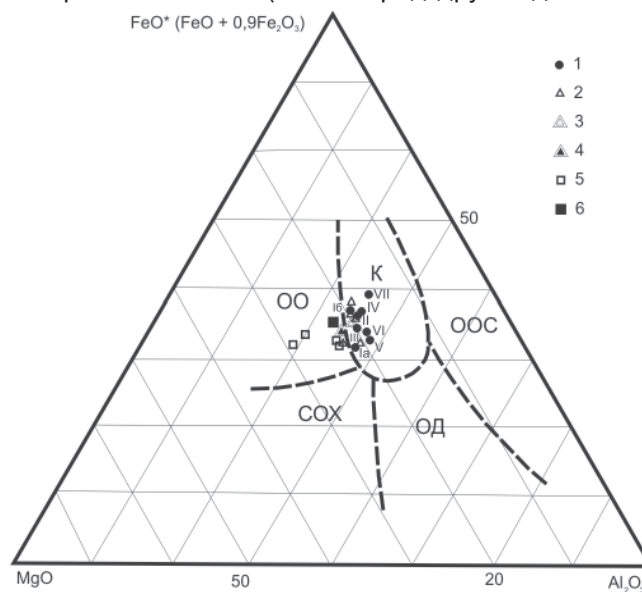


Рис. 3. Диаграмма FeO* – MgO – Al₂O₃ для идентификации палеообстановок базальтового вулканизма для базитов дайковых поясов девонской Алтайской континентальной окраины (данные по [1–3, 6])

1 – средние выборочные для базитов позднедевонских дайковых поясов (I – Белорецко-Маркакольского, в том числе: Ia – Лениногорского и Зырянского районов, Ib – Рубцовского района, II – Чарышско-Засурынского, III – Слюдяно-Вятчихинского, IV – Коргонского, V – Урскульского, VI – Сумультинского, VII – Карагайского); 2 – базиты континентально-рифтовых областей; 3 – низкокалийевый толеит траппов Норильского района; 4 – низкокалийевый толеит континентальных платобазальтов; 5 – базиты океанических островов; 6 – низкокалийевые базиты Гавайских островов. Поля по [10]: ОД – островные дуги, СОХ – срединно-океанические хребты, ООС – океанические острова в зоне спрединга, ОО – океанические острова, К – континентальные рифты

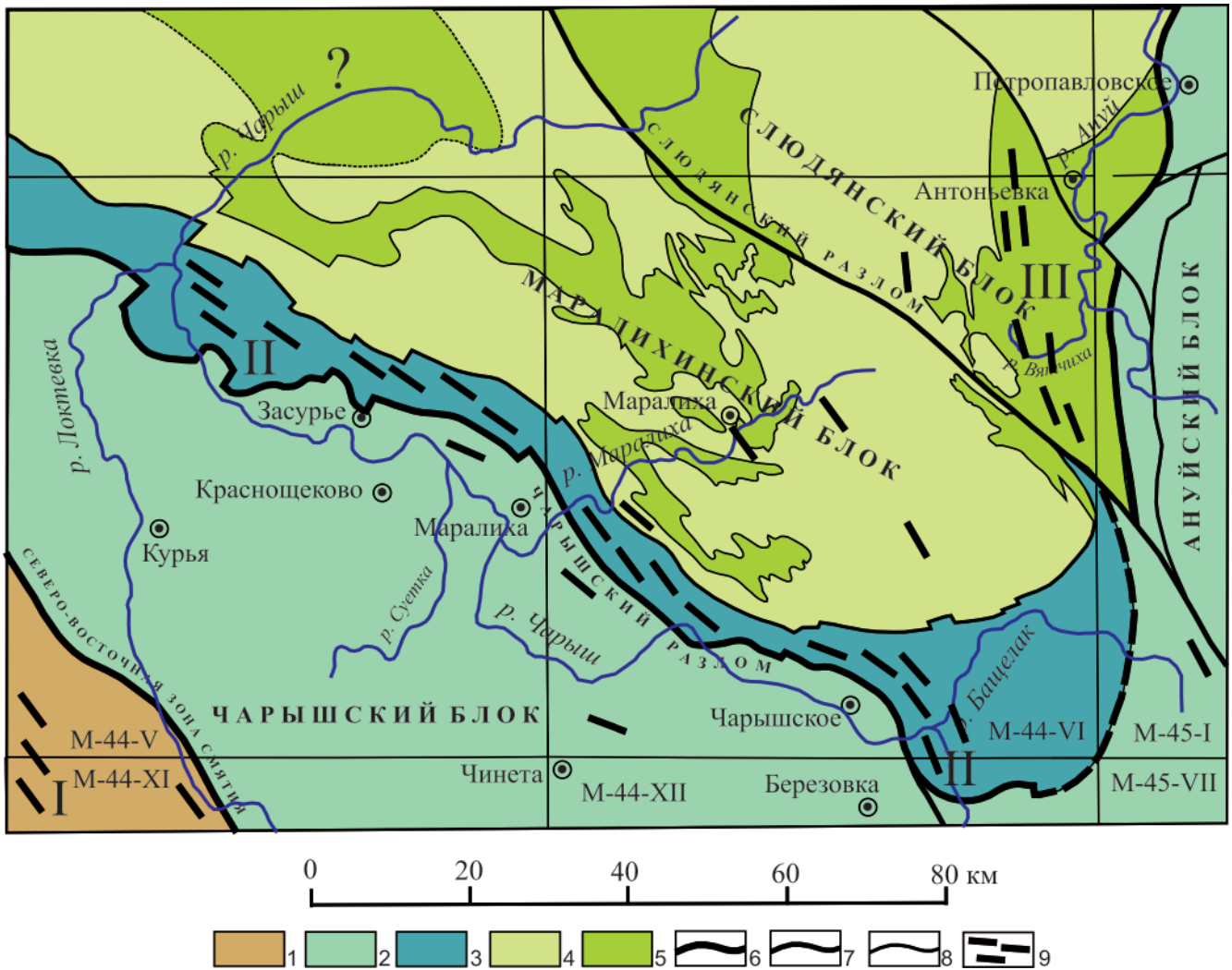


Рис. 4. Схема размещения позднедевонских базитовых дайковых поясов в северо-западной части Горного Алтая 1–5 – структурно-формационные зоны и подзоны (1 – Рудно-Алтайская, 2 – Чарышко-Чуйская, 3–5 – Слюдянско-Маралихинская (Талицкая), в том числе 3 – Бащелакско-Засурьинская подзона, область распространения отложений засурьинской свиты, 4–5 – Маралихинская подзона, в том числе 4 – область распространения отложений маралихинской свиты, 5 – область распространения отложений вятчихинской свиты); 6 – границы структурно-формационных зон; 7 – главные разломы; 8 – прочие разломы; 9 – дайковые пояса (I – Белорецко-Маркакольский, II – Чарышко-Засурьинский, III – Слюдянско-Вятчихинский)

поясов) в полях континентальных рифтов и плато-базальтов (рис. 3, 4), а количественно доминирующие толеитовые и субщелочные долериты юго-восточной части пояса отклоняются в сторону поля островодужных и активно-окраинно-континентальных образований (см. рис. 4). При этом по составу и формам проявления данный комплекс уверенно коррелирует с раннекаменноугольным вавилонским габбро-долеритовым комплексом Иртышской зоны смятия, ограничивающей с юго-запада девонскую активную окраину Сибирского континента (см. рис. 1).

Коргонский дайковый пояс расположен на западной периферии Горного Алтая и широкой осевой зоны девонской активной континентальной окраины, большей частью локализован в наложенном девонском Коргонском прогибе, меньшей – в структурах его палеозойского обрамления. Включает дайки, силлы и мелкие штоки базитов, в отдельных случаях формируются более крупные

штокообразные тела груболинзовидной и сложнелинзовидной формы до 1–2 км в поперечнике.

Из пород данного пояса наиболее распространены повышено титанистые и повышено фосфористые порфировые пироксеновые и роговообманковые долериты и габбродолериты, менее развиты долерито-базальты и диоритпорфиры, нередко слагающие краевые части крупных долеритовых тел или отдельные дайки, очень типичны титан-авгитовые кварцсодержащие конга-диабазы. Средний химический состав базитов характеризуется умеренной и пониженной глиноземистостью ($al' = 0,8$), повышенной и высокой титанистостью (TiO_2 до 3,27 %) при нормальной щелочности и повышенной калиевости (см. табл. 1). По петрохимическим показателям породы Коргонского дайкового пояса более всего соответствуют толеитовым базальтам континентальных рифтов и идентифицируются с базитами Урскульского дайкового пояса.



Протяженность **Урскульского дайкового пояса** около 300 км при ширине в средней субмеридиональной части до 20–25 км, на севере он расширяется и разветвляется. В южной (слабо концентрированной) части приурочен к зоне Терехтинского разлома, в средней (наиболее концентрированной) прорывает девонские вулканогенные образования Онгудайско-Куратинского прогиба и тяготеет к Каирлык-Семинской зоне разломов сбросо-сдвиговой кинематики, а на севере – к Куячинской и Сарасинско-Семинской зонам разломов. Пояс объединяет дайки, линейно вытянутые тела долеритов, развитые в бассейне р. Песчаная в восточной части Ануйского блока Чарышско-Чуйской структурно-формационной зоны (СФЗ) и в Чергинском блоке Бийско-Катунской СФЗ, а также мощные (до 300 м) и протяженные (до 10 км) силлы долеритов и габбро-долеритов в Онгудайско-Куратинском прогибе (бассейны рр. Сема и Урсул), залегающие среди темносланцевых отложений урскульской серии средне-позднедевонского возраста и среди образований среднедевонской вулканогенной куратинской свиты. Широко развиты «многоэтажные» тела, связанные секущими дайками. Мощность даек от первых до нескольких десятков метров, протяженность до 5–6 км, контактовые изменения выражены в формировании по терригенным породам пироксен-плагиоклаз-кварцевых и слюдисто-кварцевых роговиков.

В составе данного силлово-дайкового пояса доминируют авгитовые долериты и габбродолериты, характеризующиеся низкой кремнекислотностью, повышенной до высокой титанистостью ($TiO_2 = 1,6–3,24 \%$), умеренной, но наиболее высокой среди алтайских дайковых поясов глиноземистостью ($al' = 0,9$), высокими содержаниями фосфора (P_2O_5 до 0,76 %) и широкими вариациями содержания калия ($K_2O = 0,33–1,38 \%$) при нормальной и слабо повышенной щелочности. По вещественному составу породы идентифицируются с толеитами континентальных рифтов и отчетливо коррелируются с подобными образованиями позднедевонского сумультинского комплекса (см. рис. 2, 3). Указанный дайковый пояс является петротипическим для выделяемого на западе и в центральной части Горного Алтая позднедевонского урскульского габбро-долеритового комплекса. К западу от Урскульского локализованы кулисообразно расположенные менее объемные и концентрированные Верхнечарышский, Карагайский и Коргонский, а к юго-востоку – Рахмановский дайковые пояса подобных базитов. Для данного латерального ряда характерны минимальная калиевоность базитов Коргонского пояса, средняя – Урскульского и максимальная – долеритов Рахмановского пояса (K_2O до 2,2 %).

Сумультинский дайковый пояс локализован в тыловой зоне (зоне тыловых рифтов) девонской активной континентальной окраины,

является петротипическим для выделенного на востоке Алтая одноименного габбро-долеритового комплекса, латерально сменяющего на восток подобные образования урскульского комплекса, и наиболее крупным по объему изверженных продуктов среди всех алтайских дайковых поясов. Прослеживается в северо-северо-западном направлении более чем на 250 км при ширине до 30–35 км с максимальной концентрацией тел в пределах наложенного девонского Уйменского рифтогенного прогиба и в меньшей степени его каледонского обрамления, объединяя многочисленные силлы, дайки и реже штоки в породах различного возраста [9].

Сумультинскому дайковому поясу наиболее свойственны долериты, габбродолериты и крупновкрапленные плагиофировые долерито-базальты (лабрадоровые порфириды), в отдельных телах фациально варьирующие до долеритов и нередко имеющие миндалекаменную текстуру. Химический состав лабрадоровых порфиритов в различных районах и структурах характеризуется значительными колебаниями содержания титана и калия при достаточно стабильных количествах других элементов и повышенных глиноземистости и щелочности. На диаграмме TAS обнаруживается очевидная принадлежность данных пород к умереннощелочной петрохимической серии с отчетливо выраженным базанитовым трендом петрохимической изменчивости.

Самая распространенная петрографическая разновидность силловых и дайковых базитов данного пояса – долериты, по степени раскристаллизации варьирующие от анамезитов до габбро-долеритов и отличающиеся различной степенью порфириности от практически полного отсутствия фенокристаллов до полифировых разностей с вкрапленниками часто деанортизированного плагиоклаза, титан-авгита относительно хорошей сохранности и гораздо реже бурой и буро-зеленой роговой обманки. Иногда присутствуют псевдоморфозы хлорита и серпентина по ортопироксену и оливину. Мощность отдельных силловых тел достигает 100–150 м при прослеженной протяженности до 5–7 км, а насыщенность ими девонских отложений – 40–50 % разреза [9].

Химический состав долеритов и габбродолеритов Сумультинского дайкового пояса, как и латерально сменяющих их западнее базитов урскульского комплекса, характеризует их как повышенно и высокотитанистые, умеренно глиноземистые ($al' = 0,88$) породы. Отличительная особенность химизма сумультинских базитов – их более высокая щелочность и калиевоность (K_2O до 2 % и более) при более широком развитии пород умереннощелочной серии. Однако на петрохимических диаграммах средние составы и толеитовых, и умереннощелочных долеритов располагается в полях базальтов континентальных рифтов и платобазальтов рядом с урскульскими базитами



(см. рис. 2, 3). Уверенно определяется принадлежность данных пород к оливин-базальтовой континентальной формации и единому латеральному ряду позднедевонских габбро-долеритовых комплексов Алтайской активной континентальной окраины.

Малоишинский дайковый пояс приурочен к зоне влияния крупного регионального Каракольско-Малоишинского разлома (сутурного шва) с локализацией основного объема силлов, силлообразных и трещинных тел и даек базитов в дислоцированных древних толщах. Силловые тела при мощности от первых десятков до первых сотен метров прослеживаются на несколько километров. Породы часто соответствуют пироксен-плагиоклаз-порфирировым долерито-базальтам с микродолеритовой и микродиабазовой основной массой, менее распространены лабрадоритовые порфириды, типичны конга-диабазы. Породы сильно гидротермально изменены, что приводит к изменению их первичного химического состава. По химизму долериты и лабрадоритовые порфириды соответствуют лейкобазальтам и трахибазальтам. От петрографически сходных силловых базитов внутренних частей Уймено-Лебедской группы прогибов они отличаются более низкими значениями содержания титана, магния, калия и фосфора при широком развитии пород умереннощелочной серии [9].

Дайковые пояса северо-западной части Горного Алтая

Существенной проблемой геологии региона остается идентификация с рассмотренными позднедевонскими дайковыми поясами концентрированных скоплений базитов в северо-западной части Горного Алтая – Чарышско-Засурийского и Слюдянско-Вятчихинского дайковых поясов (см. рис. 1, 4). Легендой Алтайской серии первые в настоящее время выделены в самостоятельный засурийский базальтовый комплекс кембро-ордовикского возраста, а вторые рассматриваются как синхронные образования в ордовикско-раннедевонских известковисто-терригенных толщах. В публикациях [5, 7, 8] засурийские базиты отнесены к океаническим образованиям, а базиты Слюдянского блока (ранее также относимые к засурийским) вообще не имеют удовлетворительного геодинамического объяснения. При этом изучение территории бывшего Талицкого блока показывает, что дайки аналогичных по составу пород в меньшем объеме, но присутствуют и во всех других стратонах ордовика и силура в соседних Чарышском и Маралихинском блоках (см. рис. 4).

Геологическое положение и петрографические особенности

Локализация рассматриваемых тел базитов засурийской свиты и толщ Слюдянского блока в тектонически активных зонах – передовом

чешуйчатом веере Чарышского надвига и плотном чешуйчатом веере растяжения Слюдянского правого сдвига – сильно затрудняет изучение их первоначального геологического положения. Отнесение ряда тел к покровным разностям по достаточно ограниченному количеству условных признаков (по ассоциации и слипанию с вмещающими кремнями, «притертости» контактов, отсутствию видимого контактового воздействия, афанитовому и миндалекаменному строению) весьма спорно. Вмещающие породы засурийской свиты метаморфизованы, рассланцованы и филлитизированы. Похожие изменения претерпели и базитовые тела, часто будинированные и катаклазированные, что создает иллюзию их «инситуности».

По нашим наблюдениям, в контактах базитовых тел часто развиты зоны закалки, в которых породы имеют афанитовую структуру и облик тахилитов. Вмещающие породы часто несут следы интенсивного окварцевания (окремнения) до образования микрокварцитов, нередко имеющих облик джаспероидов (как слюдисто-кварцевые роговики в контактах крупных тел Урскульского пояса). Этим и объясняется ассоциированность данных базитов с яшмоидами, широкое развитие которых обеспечено и наличием во вмещающих породах повышенной кремнистости и первично-осадочных кремнистых пород, что отличает засурийскую свиту от горноалтайской серии и вполне типично для отложений граувакковой формации, сформированных на склонах инверсированной островной дуги.

Петрографическое изучение базитов засурийской свиты и других базитовых тел Слюдянской-Маралихинской структурно-формационной зоны показывает их очень сильное сходство между собой и с базитами других позднедевонских дайковых поясов при соответствии подавляющего большинства так называемых базальтов засурийской свиты, базальт-кремнисто-сланцевой и кремнисто-терригенной толщ (вятчихинской свиты) долеритам и микродолеритам с диабазовой основной массой. Общее отношение объема базитов к объему отложений засурийской свиты не более 1–2 %. Изучение нескольких сотен шлифов вмещающих пород показывает отсутствие туфов и туффитов, а в граувакковых песчаниках обломки вулканитов составляют не более 10–20 % от общего объема кластического материала, что может свидетельствовать об относительной удаленности областей активного вулканизма.

Петрохимические особенности

Изучение химического состава всех рассматриваемых базитов в пределах Слюдянской-Маралихинского (Талицкого) блока показывает их очень близкое сходство (табл. 2) при высокой степени соответствия химического состава базитов засурийской свиты и всего блока породам позднедевонского урскульского габбро-долеритового комплекса смежных районов Алтая. Фиксируются



Таблица 2

Химический состав базитов северо-западной части Горного Алтая

Компоненты	Слюдянско-Маралихинский блок							Урсульский комплекс		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	47,93	48,16	47,70	47,47	47,56	47,04	47,27	47,36	48,27	47,61
TiO ₂	2,01	1,71	2,55	2,12	2,07	2,37	2,24	2,26	2,10	2,21
Al ₂ O ₃	15,41	14,75	15,99	15,42	15,57	15,65	15,62	15,88	14,87	15,59
Fe ₂ O ₃	5,14	5,12	6,36	5,25	4,82	4,48	4,62	3,95	4,33	4,06
FeO	7,58	6,11	6,48	7,47	7,07	7,96	7,58	7,16	8,06	7,41
MnO	0,23	0,16	0,20	0,22	0,22	0,22	0,23	0,18	0,23	0,19
MgO	6,33	7,79	6,04	6,44	6,76	6,73	6,74	6,39	5,86	6,24
CaO	7,55	7,58	6,09	7,35	7,92	6,83	7,29	8,19	8,53	8,28
Na ₂ O	3,40	2,64	3,78	3,35	2,97	3,26	3,14	2,75	2,71	2,74
K ₂ O	0,44	0,12	0,57	0,42	0,63	0,46	0,53	0,90	0,78	0,86
Na ₂ O + K ₂ O	3,84	2,76	4,35	3,77	3,60	3,72	3,67	3,65	3,49	3,60
P ₂ O ₅	0,39	0,43	0,37	0,40	0,31	0,32	0,32	0,39	0,45	0,40
n	42	3	6	57	20	27	47	38	15	53

Примечание. Состав базитов: 1 – засурийской свиты; 2 – горноалтайской серии Чарышского блока; 3 – маралихинской свиты; 4 – Чарышко-Засурийского дайкового пояса; 5 – кремнисто-сланцевой толщи; 6 – кремнисто-терригенной толщи (вятчихинской свиты); 7 – Слюдянского блока; 8 – Урсульского дайкового пояса; 9 – Коргонского дайкового пояса; 10 – урсульского комплекса.

незначительные отличия только по содержаниям железа, кальция и щелочей (более высокая окисленность железа, больше натрия и меньше кальция), что связано с более интенсивным процессом альбитизации. В то же время более низкие содержания калия (главная причина отнесения засурийских базитов к океаническим образованиям) закономерны в общем латеральном ряду позднедевонских дайковых базитов (см. рис. 1, табл. 1).

Для оценки средних содержаний и сравнения выборок всех распространенных на северо-западе Алтая базитов сходного облика, наряду с авторскими, использовались аналитические данные, полученные при предшествующих геолого-съёмочных и тематических работах [7, 8] (107 анализов). По принадлежности к полям развития определенных стратонев сформированы отдельные выборки базитов (см. табл. 2). Также были использованы выборки базитов Слюдянского (47 анализов) и Слюдянско-Маралихинского блоков (базиты Слюдянского блока и базитами засурийской и маралихинской свит – 95 анализов). Для сравнения выборок с применением статистических методов были использованы химические анализы петротипических районов развития урсульского комплекса (бассейны рр. Урсул, Сема, Песчаная) (38 анализов), а также выборка базитов урсульского комплекса Коргонского дайкового пояса бассейнов рр. Коргон и Иня (15 анализов) и объединенная выборка базитов урсульского комплекса (53 анализа).

При обработке имеющихся петрохимических данных применялся статистический метод сравнения средних значений разных пар выборок, позволяющий судить об их петрохимическом родстве, т. е. проверялась нулевая гипотеза о равенстве или идентичности сравниваемых выборок [4]. Такая процедура проведена для разных пар выборок: 1) засурийской свиты – урсульского комплекса бассейна р. Урсул: zs (42) – ur (38); 2) засурийской свиты – урсульского комплекса бас-

сейна р. Коргон: zs (42) – ur (15); 3) засурийской свиты – урсульского комплекса: zs (42) – ur (53); 4) засурийской свиты – Слюдянского блока: zs (42) – СБ (47); 5) кремнисто-сланцевой толщи – урсульского комплекса бассейна р. Урсул: js (20) – ur (38); 6) кремнисто-терригенной толщи – урсульского комплекса бассейна р. Урсул: jt (27) – ur (38); 7) Слюдянского блока – урсульского комплекса бассейна р. Урсул: СБ (47) – ur (38); 8) Слюдянского блока – урсульского комплекса: СБ (47) – ur (53); 9) Слюдянско-Маралихинской СФЗ – урсульского комплекса: СМБ (95) – ur (53).

В табл. 3 приведены коэффициенты Стьюдента для сравниваемых средних значений петрогенных компонентов перечисленных пар выборок. Из табл. 3 следует, что в сравниваемых выборках несколько по-разному распределены только натрия и калий (что можно считать незначительными ареальными вариациями), а по остальным петрогенным компонентам данные выборки практически полностью идентичны. Но при использовании в качестве петрогенного компонента суммы щелочей (Na₂O+K₂O) выборки базитов засурийской свиты, Слюдянского блока (Слюдянско-Вятчихинского дайкового пояса), Урсульского дайкового пояса и в целом урсульского комплекса можно считать полностью идентичными, а базиты засурийской свиты и Слюдянского блока, кремнисто-сланцевой толщи и петротипа урсульского комплекса идентифицируются и по распределению щелочей.

Таким образом, по результатам статистической обработки анализов можно сделать вполне определенный вывод о тождестве базитов засурийской свиты базитам и Слюдянского блока, и позднедевонского урсульского комплекса.

Формационная принадлежность

Формационная принадлежность базитов засурийской свиты, Слюдянского блока и подоб-



Таблица 3

Коэффициенты Стьюдента для выборок базитов засурьинской свиты и Слюдянского блока западной части Алтая и урскульского комплекса Горного Алтая

Компоненты	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O+K ₂ O	P ₂ O ₅
zs (42) – ur (38)	1,37	1,72	1,43	2,55	1,05	2,26	0,17	1,83	4,95	4,78	1,16	0,07
zs (42) – ur (15)	0,60	0,40	1,25	1,13	0,73	0,07	0,91	2,13	3,37	2,05	1,33	1,29
zs (42) – ur (53)	0,78	1,34	0,62	2,44	0,41	1,84	0,26	2,23	4,97	4,04	1,42	0,21
zs (42) – СБ (47)	1,76	1,55	0,69	1,12	1,04	0,00	1,14	0,64	1,90	0,94	1,03	2,36
js (20) – ur (38)	0,39	1,19	0,87	1,92	0,23	1,40	0,89	0,56	1,38	1,92	0,22	2,28
jt (27) – ur (38)	0,62	0,68	0,65	1,42	2,12	2,36	0,90	2,87	3,52	5,44	0,41	2,20
СБ (47) – ur (38)	0,23	0,13	0,87	1,77	0,06	2,15	0,96	2,13	3,10	5,08	0,13	2,67
СБ (47) – ur (53)	0,85	0,22	0,12	1,50	0,74	1,80	1,43	2,65	3,16	3,81	0,45	2,55
СМБ (95) – ur (53)	0,07	0,42	0,17	2,89	0,50	2,14	1,01	2,64	4,10	4,12	1,17	1,37

Примечания. Для 99 %-ного уровня значимости критерий Стьюдента составляет не более 2,7 при n = 40; для 95 %-го – не более 2,1 при n = 20 [4]. В скобках указано количество анализов в выборке. Курсивом выделены значения выше 99 %-ного уровня значимости.

ных им, залегающих в других толщах Северо-Западного Алтая, определена комплексом методов петрохимической идентификации и соответствует установленной для пород позднедевонского урскульского комплекса (рис. 5–7).

На диаграмме Н. Л. Добрецова [3] для палеотипных базальтов складчатых областей, составленной с использованием вычисленных как дискриминантные функции коэффициентов океаничности ($K_2 = \text{MgO}/\Sigma\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) и глиноземистости ($KA = \text{Al}_2\text{O}_3 - 1/2\Sigma\text{FeO} - 2\text{TiO}_2$) без учета содержаний калия базальты и долериты засурьинской свиты вполне определенно идентифицируются с континентальными рифтогенными толеитами, траппами и платобазальтами (см. рис. 5), причем наиболее низкие значения коэффициента океаничности имеют выборки базитов засурьинской свиты в целом и низкокалиевые долериты горы Кисличной в частности.

На диаграмме $\text{FeO}^* - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ (по [10]) фигуративные точки средних значений базитов засурьинской свиты, маралихинской свиты, базальт-кремнисто-сланцевой и кремнисто-терригенной толщ находятся в поле континентальных рифтов. Как и в предыдущем случае, обращает на себя внимание весьма компактное расположение всех фигуративных точек средних выборок рассматриваемых базитов и их близость к базитам позднедевонского урскульского комплекса (см. рис. 6).

На диаграмме $\text{K} - \text{Sr}/\text{Ba}$ (по [11]) фигуративные точки средних составов базитов засурьинской свиты и Слюдянского блока компактно расположены внутри поля континентальных базальтов, стыкуясь с фигуративным полем более высококалиевых базитов урскульского комплекса (см. рис. 7). При этом в базитах засурьинской свиты и Слюдянского-Вятчихинского дайкового пояса среднее значение Sr/Ba значительно ниже (0,9–1,2), чем установленное для океанических базальтов Р-типа (2,3) и N-типа (5–6), а также для базальтов океанических островов (3,1) и окраинных морей (3,7). Примечательно, что оно даже ниже, чем в континентальных базитах Белорецко-Маркакольского и Сумультинского дайковых поясов.

Выводы

Сравнение структурно-тектонической позиции, петрографических и петрохимических особенностей позднедевонских дайковых поясов показывает их близкое сходство и формирование в единой геотектонической обстановке на поздней рифтогенной стадии развития и финального магматизма девонской Алтайской активной окраины Сибирского эпикаледонского континента. Латеральные изменения состава базитов в ее

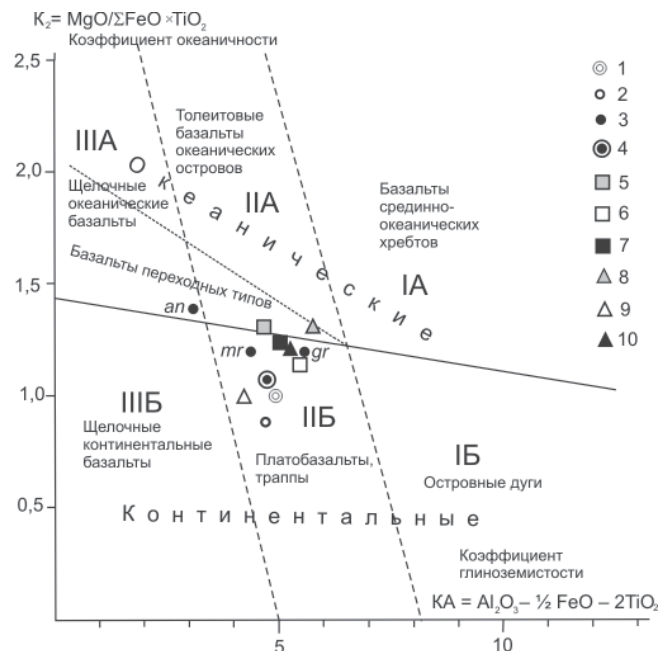


Рис. 5. Диаграмма $K_2 - KA$ по [3] для идентификации палеообстановок формирования базитов Слюдянского-Маралихинского блока

Базиты: 1 – засурьинской свиты, 2 – г. Кисличной (засурьинский комплекс), 3 – других палеозойских толщ (горноалтайской серии (gr), маралихинской свиты (mr), ануьской надсерии (an)); 4 – среднее для базитов Чарышко-Засурьинского пояса и его периферии; 5 – базиты кремнисто-терригенной толщи Слюдянского блока; 6 – базиты базальт-кремнисто-сланцевой толщи Слюдянского блока; 7 – среднее для базитов Слюдянского блока; 8 – базиты Урскульского дайкового пояса; 9 – базиты Коргонского дайкового пояса; 10 – среднее для базитов урскульского комплекса

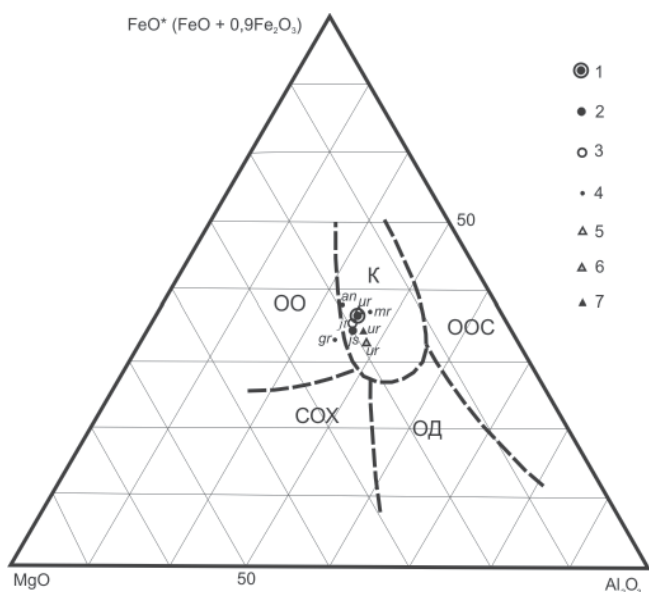


Рис. 6. Диаграмма $FeO^* - MgO - Al_2O_3$ для идентификации палеообстановок базальтового вулканизма Слюдянско-Маралихинского блока

Базиты: 1 – засурьинской свиты, 2 – базальт-кремнисто-сланцевой толщи (js), 3 – кремнисто-терригенной толщи (jt), 4 – в полях развития отложений других подразделений (горноалтайской серии (gr) Чарышского, маралихинской свиты (mr) Маралихинского и ануйской надсерии (ap) Чарышского блоков), 5 – Коргонского дайкового пояса, 6 – Урскульского дайкового пояса; 7 – среднее выборочное базитов урскульского комплекса (ur, n = 53). Поля по [10], усл. обозн. см. на рис. 3

пределах выражены в повышении калиевоности и общей щелочности с удалением от края континентальной окраины.

Результаты исследований позволяют сделать уверенные выводы о принадлежности данному латеральному ряду базитов засурьинской свиты, базальт-кремнисто-сланцевой и кремнисто-терригенной толщ Слюдянского блока, а также идентифицировать их с проявлениями континентальной оливин-базальтовой и габбро-долеритовой формаций и с породами позднедевонского урскульского габбро-долеритового комплекса – интрузивного рифтогенного эквивалента платобазальтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Большой Алтай:** (геология и металлогения). В 3 кн. Кн. 1. Геологическое строение [Текст] / Г. Н. Щерба, Б. А. Дьячков, Н. И. Стучевский [и др.]. – Алматы : Фылым, 1998. – 304 с.
2. **Геологическое** картирование вулканоплутонических поясов [Текст]. М. : Роскомнедра, Геокарт, МАНПО, 1994. – 301 с.
3. **Добрецов, Н. Л.** Глобальные петрологические процессы [Текст] / Н. Л. Добрецов. М. : Недра, 1981. – 236 с.
4. **Ефремова, С. В.** Петрохимические методы исследования горных пород : справочное посо-

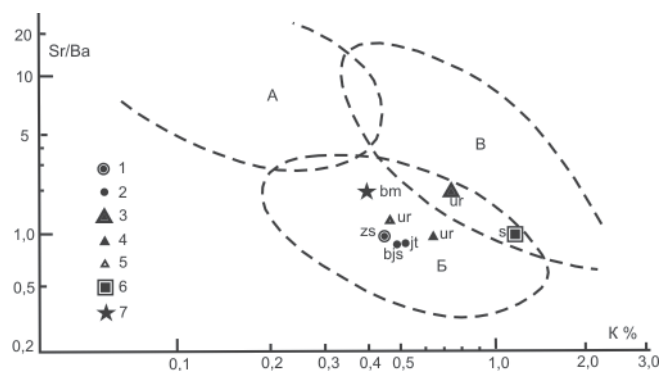


Рис. 7. Диаграмма Sr/Ba – K для базитов засурьинской свиты, Слюдянского блока, белорецко-маркакольского, урскульского и сумультинского комплексов

Базиты: 1 – засурьинской свиты (zs), 2 – базальт-кремнисто-сланцевой (bjs) и кремнисто-терригенной (jt) толщ Слюдянского блока, 3 – Урскульского дайкового пояса (ur), 4 – Коргонского пояса (ur); 5 – долериты Карагайского пояса (ur); 6 – базиты Сумультинского дайкового пояса (s); 7 – долериты Белорецко-Маркакольского пояса (bm). Поля базитов по [11]: А – океанических, Б – континентальных, В – щелочных базальтов и долеритов

бие [Текст] / С. В. Ефремова, К. Г. Стафеев. – М. : Недра, 1985. – 511 с.

5. **Корреляция** магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области [Текст] / С. П. Шокальский, Г. А. Бабин, А. Г. Владимиров [и др.] ; гл. ред. А. Ф. Морозов. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 187 с.

6. **Кутюлин В. А.** Проблемы петрохимии и петрологии базальтов [Текст] / В. А. Кутюлин. – Новосибирск : Наука, 1972. – 208 с.

7. **Океанические** обстановки седиментации и фаунистические сообщества в палеозое южного обрамления Западно-Сибирской плиты [Текст] / Н. В. Сенников, К. Ивата, В. Д. Ермиков [и др.] // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, № 1–2. – С. 156–172.

8. **Строение** и эволюция зоны сочленения террейнов Рудного и Горного Алтая [Текст] / М. М. Буслов, И. Фудживара, И. Ю. Сафонова [и др.] // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 3. – С. 383–397.

9. **Туркин, Ю. А.** Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая [Текст] / Ю. А. Туркин, С. И. Федак ; науч. ред. В. М. Исаков. – Томск : STT, 2008. – 460 с.

10. **Pearce, T. H.** The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanics rocks [Text] / T. H. Pearce, B. E. Gormann, T. C. Birkett // Earth Planet Sci. Lett. – 1977. – Vol. 36, N 1. – P. 121–132.

11. **Roberts, D.** Geochemistry of dolerite and metadolerite dikes from Varanger Peninsula, Finnmark, North Norway [Text] / D. Roberts // Norges geol. Unders. – 1975. – N 322. – P. 55–72.