шенные содержания висмута [3]. Примерно также ведёт себя гафний. Концентрация других микроэлементов, включая иттрий и редкие земли, практически не изменяется в первичных и осветлённых разностях пород.

Приведенные геохимические данные указывают на незначительные отличия процессов послойного и прожилкового осветления, обусловивших вынос железа и в меньшей степени калия, рубидия. Также незначительно отличается осветление, пространственно связанное с кимберлитами, что требует дальнейших исследований.

В целом приведённые геологические наблюдения и минералого-геохимические данные по осветлению кембрийских красноцветных пород Накынского алмазоносного поля позволяют утверждать, что эруптивный магматизм в виде кимберлитов и брекчий базитов сопровождался активизацией трещинно-пластовой системы восстановительных газоводных систем глеевого типа.

Часть пластового и пятнистого осветления (оглеение), вероятно, возникла в процессе катагенеза при участии микробиального водорода и гидрокарбонат-иона в условиях элизионного режима древнего артезианского бассейна. Прожилковое осветление и часть пластового осветления, по-видимому, связаны с восходящими флюидами глубинного мантийного водорода. Другим источником водорода могли служить нефтегазовые скопления, прорванные кимберлитами, эруптивными брекчиями, а также тектоническими нарушениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко Е.Н. Геохимия глеевого катагенеза в породах красноцветной формации. М.: Наука, 1980. 164 с.
2. Граханов О.С., Серов И.В. Древние россыпи ближнего сноса Средне-Мархинского алмазоносного района // Известия вузов. Геология и разведка. 2009. № 3. С. 22–27.
3. Дунин-Барковская Э.А., Уханов А.В. Висмут в кимберлитовых породах Якутии // Геохимия. 1974. № 11. С. 24–27.
4. Игнатов П.А. Методы обнаружения скрытых рудоконтролирующих структур в осадочных толщах на примерах месторождений урана и алмазов // Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении: XXI Междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию академика В.И. Смирнова. Сб. трудов в 2-х томах. Том 1. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 169–186.
5. Игнатов П.А., Зарипов Н.Р., Ким В., Гунин А.П. Типы осветленных красноцветных кимберлитовмещающих пород венда-кембрия Зимнебережного района Архангельской области // Известия вузов. Геология и разведка. 2015. № 2. С. 15–21
6. Ковальчук О.Е., Игнатов П.А, Кряжев С.Г. Методика локального прогнозирования кимберлитовых тел на основе комплексного исследования вторичной постмагматической минерализации кимберлитов и вмещающих пород, а также продуктов разрушения кимберлитов // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов АК «АЛРОСА»: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии. Материалы V полевого научно-практического семинара. Айхал, 2015. С. 96–106.
7. Никулин И.И. Литологические типы пород в структурах Накынского поля Западной Якутии // Вестник ВГУ. 2006. № 2. С. 87–94.
8. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. М.: Изв. высшей школы, 1961. 496 с.
9. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. М.: Недра, 1998. 555 с.

УДК 519.237.8

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ СУБВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ОСНОВНОГО СОСТАВА ДЖУСИНСКОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЮЖНЫЙ УРАЛ

Е.И. ЯРЦЕВ, Н.Н. ШАТАГИН

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1, e-mail: yar@geol.msu.ru

Изучение субвулканических тел позднеживетского габбро-диабазового комплекса выявило неоднородность этих образований: одни тела имеют по отношению к оруденению секущее положение, на другие оруденение наложено. Предварительная петрохимическая классификация даек позволила выявить две различные по составу группы. В связи с этим была проведена типизация данных образований, которые, по-видимому, подразделяются на группу дорудных субвулканических тел и группу пострудных секущих даек. Методы статистической обработки данных химического анализа с использованием модулей программы STATISTICA 10 позволили выявить две подгруппы габбро-диабазового субвулканического комплекса и определить индикаторные геохимические ассоциации для каждого из них.

Ключевые слова: Джусинское месторождение; колчеданные руды; Южный Урал; статистика; кластерный анализ.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE GEOCHEMICAL ASSOCIATIONS OF THE SUBVOLCANIC FORMATIONS OF THE BASIC STRUCTURE OF DZHUSA PYRITE-POLYMETALLIC ORES DEPOSIT, SOUTHERN URALS MOUNTAINS

E.I. YARTSEV, N.N. SHATAGIN

Lomonosov Moscow State University
119991, Russia, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory; e-mail: yar@geol.msu.ru

Studying of the subvolcanic bodies from the Late Givetian gabbro-diabase complex has revealed heterogeneity of the given group: some bodies have cross-cut ore mineralization, while the others are superimposed by the mineralization. The preliminary petrochemical classification has allowed to reveal 2 groups of dykes differing in composition. In this connection these dykes were typified into apparently pre-ore subvolcanic bodies and a group of post-ore dikes. Statistical processing of the petrochemical data with use of STATISTICA 10 program has allowed to reveal 2 subgroups of bodies in gabbro-diabase subvolcanic complex and to define the geochemical associations-indicators for each of them.

Key words: Dzhusa ore deposit; massive sulfide ore; Southern Urals Mountains; statistics; cluster analysis.

Еще на ранних этапах изучения геологического строения Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения отмечались сложность и неоднозначность взаимоотношений жильных образований основного состава на месторождении с оруденением. Вначале они были отнесены к верхнедевонско-нижнетурнейскому крыклинскому габбровому интрузивному комплексу [3], затем дальнейшие исследования показали субвулканическую природу этих тел и их близость к верхневиетско-верхнедевонскому габбро-диабазовому комплексу [2].

При изучении даек основного состава была выявлена неоднородность этих образований: одни тела имеют по отношению к руде явно секущее положение, другие характеризуются наложенным на них оруденением, выраженным, например, в развитии апофизов рудных тел в глубину дайки. Данные показатели далеко не единственные, различия также проявляются в степени метасоматических изменений, в мощностях — одни маломощные 0,5 —5 м, другие достигают нескольких десятков метров, кроме того, имеются различия в простирании тел. Все эти геологические предпосылки свидетельствуют, что образования основного состава подразделяются на два комплекса, отделённых один от другого во времени. Исследователями [3], изучавших взаимоотношение этих образований с оруденением, отмечались случаи нахождения ксенолитов даек габбро-диабазов в рудных телах, в результате чего эти образования считались дорудными. Долгое время данному вопросу не уделялось должного внимания. С тех пор как возраст рудовмещающей толщи и оруденения [1, 7] был определен как эмс-эйфельский, данные образования автоматически перешли в категорию пострудных. Однако неоднозначные взаимоотношения этих тел с рудой говорят о том, что точка в этом вопросе ещё не поставлена. В связи с этим целью авторов является попытка разобраться в типизации и классификации данных образований, которые, по-видимому, состоят из дорудных субвулканических тел и группы пострудных секущих даек. Изучение вопроса, возможно, позволит скорректировать возраст габбро-диабазового комплекса на основании анализа геологических взаимоотношений даек с рудой и с учётом последних данных по датировке джусинского комплекса по конодонтам [1, 7].

Геологическая характеристика месторождения

Джусинское колчеданно-полиметаллическое месторождение расположено в восточном борту Магнитогорского антиклинория, в Адамовском районе Оренбургской области, в нескольких километрах от железнодорожной станции Теренсай. Месторождение представлено 18 неправильно-линзовидными крудопадающими рудными телами северо-западного простирания. Оруденение локализовано в мощной пачке андезит-дацитовой формации [5]. Возраст вмещающих эффузивов датируется ранним эмсом — эйфелем среднего девона [1, 7]. Среди уральских объектов Джусинское месторождение выделяется максимальной концентрацией даек. Местами в карьере дайковых образований больше, чем вмещающих метавулканитов (рис.1). В структуре месторождения участвуют субвулканические образования верхневиетского габбро-диабазового комплекса и раннекаменноугольного магнитогорского гранодиоритового комплекса. С первым комплексом пространственно тесно связано оруденение [8], со вторым — контактовый метаморфизм руд [4].

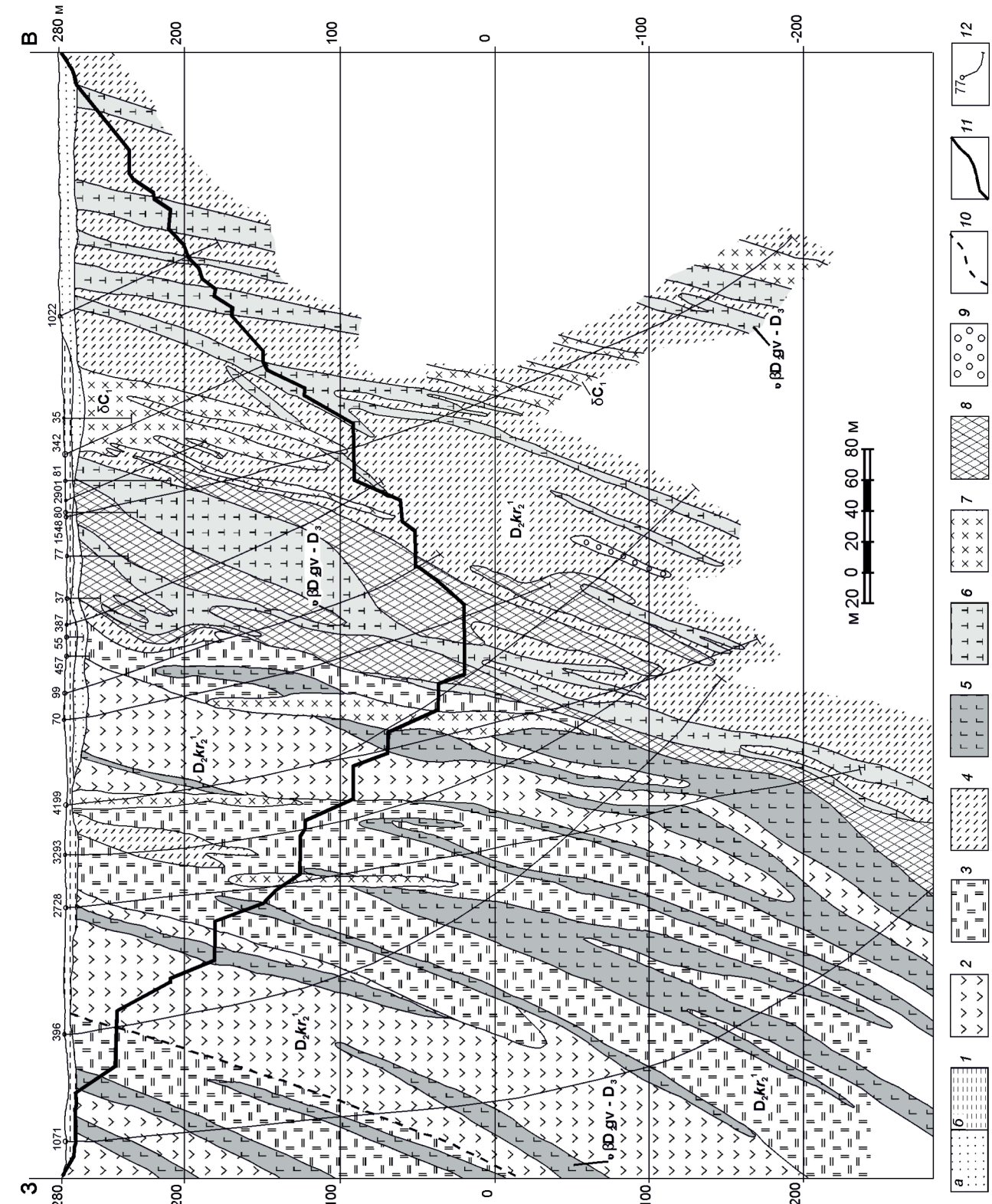

Рис. 1. Геологический разрез через центральный участок Джусинского месторождения (составил Е.И. Ярцев): *1* – наносные отложения: *а* – пески, *б* – глины; *2* – эффузивы андезитов; *3* – эффузивы дацитов; *4* – кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты; *5* – дайки габбро-порфиритов (предположительно дострудные); *6* – субвулканические образования габбро-порфиритов (предположительно дорудные); *7* – дайки диоритов, *8* – колчеданно-полиметаллические руды; *9* – вкрапленные руды; *10* – разрывные нарушения; *11* – последнее положение контура карьера в 2015 г.; *12* – скважины разведочного бурения; $D_2kr_2^1$ – вмещающие породы карамалыташской свиты (нижняя толща верхней подсвиты), D_2gv - D_3 – верхнеживетско-верхнедевонский габбро-диабазовый субвулканический комплекс, C_1 – раннекаменноугольный магнитогорский гранодиоритовый комплекс

Методы исследования

На основании вышеизложенных предпосылок нами изучен массив петрохимических и геохимических данных, полученных в результате анализа штуфных проб даек. Основным вопросом, которому будет уделено внимание — использование статистических методов для решения вопросов классификации данных магматических тел.

Для изучения химического состава и распределения микроэлементов в образованиях габбро-порфиритового комплекса были отобраны штуфные образцы из различных субвулканических тел месторождения (25 штук). Определение концентрации главных и примесных элементов в пробах выполнено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия (с дисперсией по длине волны), модель Axios mAX Advanced, компания PANalytical (Нидерланды). Спектрометр снабжен рентгеновской трубкой мощностью 4 кВт с Rh-анодом. Максимальное напряжение на трубке 60 кВ, макс анодный ток 160 мА. При градуировке спектрометра использованы отраслевые и государственные стандартные образцы химического состава горных пород и минерального сырья. В качестве контрольных образцов — стандартные образцы геологической службы США (USGS).

В результате анализа было получен массив петрохимических (табл. 1) и геохимических данных. По этим данным был проведен предварительный петрохимический анализ и статистические исследования. Статистические исследования велись по двум направлениям — по геохимическим ассоциациям и по наблюдениям (пробам). Для выделения геохимических ассоциаций и классификации наблюдений были применены такие разновидности кластерного анализа: *k*-средних, построение дендрограмм; метод главных компонент; факторный анализ. Наблюдения и ассоциации, повторяющиеся в этих трёх видах анализа, выделены в группы (кластеры).

Обсуждение результатов

До начала статистической обработки данных было произведено предварительное петрохимическое классификационное разделение массива по TAS-диаграмее [9]. В результате получено распределение, приведённое на рис. 2.

В первую группу попали пробы предположительно дорудные, в том числе пробы с явно наложенным на дайки оруденением, во вторую группу — пробы с явно секущим положением по отношению к руде. Основываясь на данном факте, мы предполагаем, что остальные пробы, не имеющие

Таблица 1

Химический состав габбро-порфиритов по данным рентгеноспектрального флуорисцентного анализа

Номер пробы	ППП	Na2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	P_2O_5	S	Сумма
Дж-075	8,14	0,42	17,96	15,28	30,07	0,49	0,78	3,19	0,50	22,41	0,46	0,23	99,94
Дж-082	10,80	4,55	6,31	13,81	42,58	0,38	0,67	2,55	0,16	14,79	0,40	2,97	99,97
Дж-130	7,56	3,65	9,89	17,66	41,71	0,46	0,55	1,11	0,19	15,78	0,23	1,18	99,98
Дж-147	7,37	0,22	3,23	14,75	51,44	5,17	4,64	3,08	0,14	8,97	0,52	0,41	99,95
Дж-148	4,58	4,22	5,59	14,94	46,70	0,07	8,60	2,64	0,19	11,67	0,74	0,04	99,98
Дж-155	8,53	1,86	6,95	14,19	43,21	1,55	10,87	1,52	0,20	10,82	0,23	0,05	99,98
Дж-161	2,64	2,84	8,25	15,26	48,47	0,81	9,26	1,60	0,18	10,27	0,34	0,04	99,96
Дж-162	2,97	4,14	3,19	14,04	50,30	1,81	6,86	3,44	0,18	12,03	0,91	0,12	99,99
Дж-165	6,49	3,22	6,39	13,97	44,64	1,06	9,13	2,18	0,22	12,28	0,36	0,03	99,97
Дж-168	5,74	1,67	6,69	15,16	46,69	1,88	7,14	2,19	0,18	12,24	0,36	0,03	99,98
Дж-170	2,40	6,46	3,42	16,85	48,20	0,52	6,49	4,04	0,17	10,13	1,19	0,12	99,99
Дж-221	2,27	5,10	4,82	15,62	49,05	0,83	4,28	3,46	0,17	13,66	0,50	0,13	99,89
Дж-256	4,10	4,42	6,00	15,89	47,01	0,63	5,95	2,52	0,19	12,78	0,45	0,04	99,98
Дж-263	1,54	5,47	3,69	14,72	52,97	1,57	4,02	3,30	0,16	11,47	0,98	0,07	99,97
Дж-301	3,81	4,05	6,09	15,66	48,22	0,11	7,18	1,77	0,20	12,42	0,39	0,08	99,99
Дж-305	1,98	4,44	5,51	15,11	51,71	1,44	5,27	2,51	0,17	11,28	0,45	0,08	99,96
Дж-307	2,93	5,09	3,88	14,62	49,44	1,55	1,94	3,28	0,32	16,01	0,86	0,06	99,98
Дж-310	2,72	2,86	4,28	16,34	51,96	4,09	4,29	2,55	0,12	10,18	0,44	0,14	99,98
Дж-322	5,85	3,03	7,40	15,12	45,62	0,15	9,24	2,01	0,17	10,94	0,36	0,07	99,96
Дж-323	6,44	2,64	6,85	15,83	43,20	1,67	3,46	2,60	0,16	16,40	0,30	0,30	99,85
Дж-324	1,64	5,02	3,36	14,15	52,95	1,70	5,26	2,90	0,20	11,32	1,40	0,07	99,97
Дж-401	13,87	0,58	0,94	23,15	40,19	6,11	0,10	0,57	0,00	10,35	0,09	3,98	99,94
Дж-403	6,08	2,76	6,89	15,65	45,25	0,73	10,22	1,84	0,19	9,96	0,37	0,03	99,97
Дж-412	7,40	4,34	7,92	14,27	44,11	0,27	5,12	2,36	0,31	13,39	0,43	0,06	99,99
Дж-429	7,24	4,14	5,68	13,41	44,81	0,11	8,49	2,39	0,26	12,91	0,48	0,05	99,98

Примечание. Содержания петрогенных компонентов выражены в мас. %.

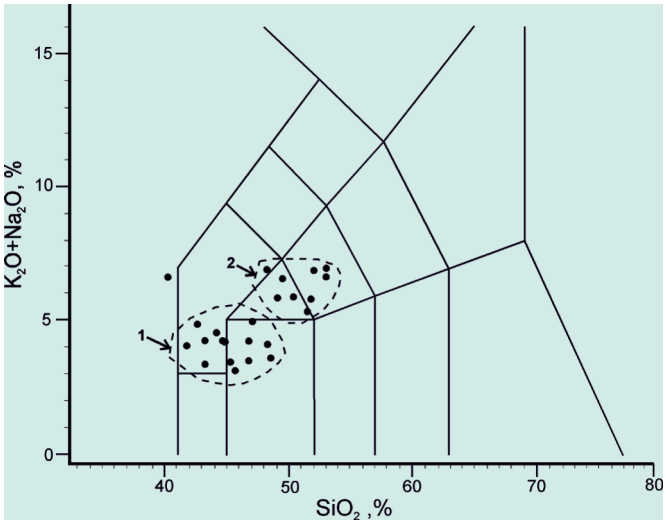

Рис. 2. Положение точек составов габбро-диабазов на классификационной диаграмме $K_2O+Na_2O - SiO_2$ [9]: *1* – группа предположительно дорудных образований, с наложенным на них оруденением; *2* – пробы из даек, секущих рудные тела

взаимоотношений с оруденением мы считаем постлерудными, если они попали в группу тел, имеющих по отношению к руде секущее положение, и дорудными, если они попали в группу, содержащую пробы с признаками дорудного образования. Далее при использовании кластерного анализа мы считали, что имеются по меньшей мере два комплекса магматических тел основного состава.

На основании рентгено-флуоресцентного анализа даек, был получен массив данных с содержанием основных петрогенных компонентов (в %) и второстепенных элементов (в ppm). С целью типизации даек были использованы модули программы STATISTICA 10 (кластерный, факторный анализы и метод главных компонент) [6], которые дали похожие результаты. Поэтому мы привели один из них — кластерный анализ, состоящий из метода дендрограмм и кластеризации методом *k*-средних.

С помощью метода дендрограмм мы можем выделить четыре кластера по главным и второстепенным компонентам, из рис. 3 следует, что чётко выделяются следующие четыре ассоциации компонентов: 1) $MgO-MnO-Fe_2O_3$; 2) K_2O-Rb-Ba; 3) Ni-Cr; 4) $TiO_2-P_2O_5$-Y-Zr-Nb. Кластеризация наблюдений (проб) методом дендрограмм, в отличие от кластеризации компонентов, в значительной степени зависит от выбора метода связи, поэтому для них был использован метод *k*-средних.

Кластеризация методом *k*-средних проводилась с учётом предположения о наличии двух комплексов для наблюдений (проб), поэтому разбиение производилось сначала на два кластера, в первый

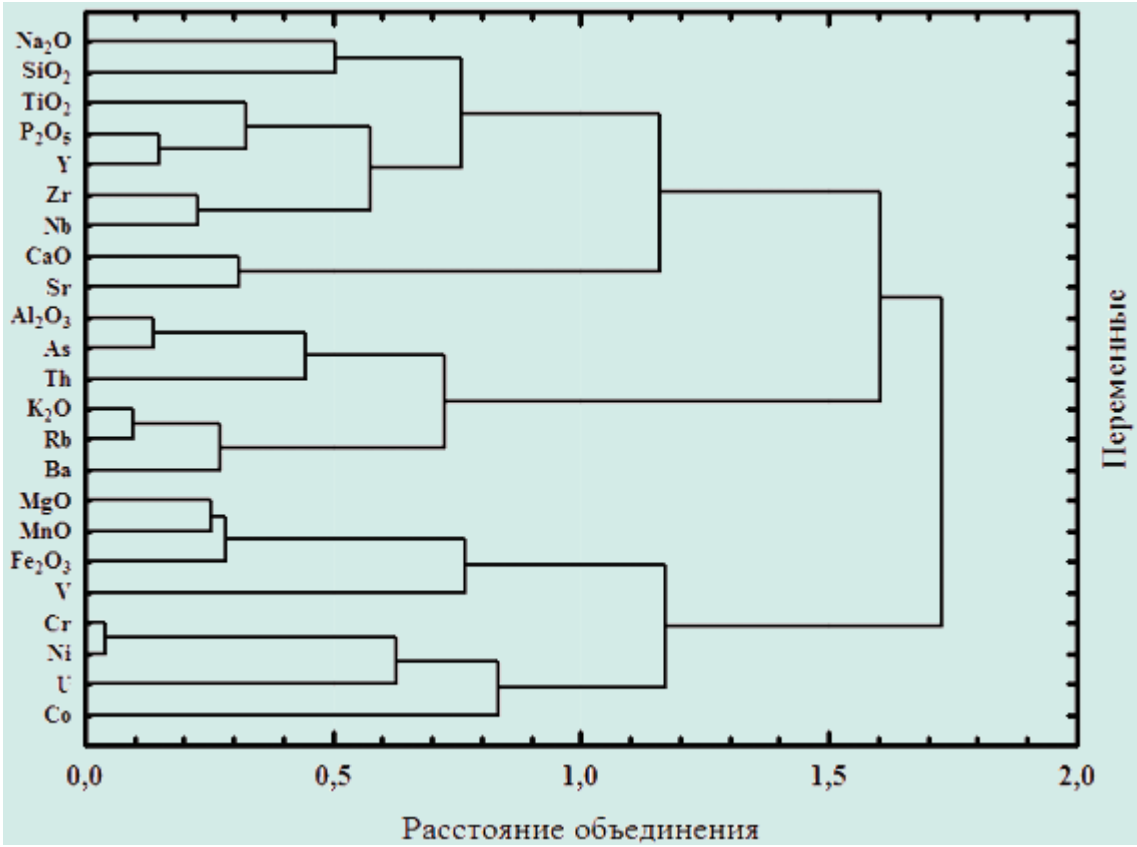

Рис. 3. Дендрограмма для главных и второстепенных элементов. Правило объединения – метод полной связи, мера близости – 1- *r* Пирсона

из которых попали пробы преимущественно дорудные, а во второй кластер — преимущественно пострудные, как и на TAS-диаграмме (рис. 2).

При анализе описательных статистик видно, что величина дисперсии для одного и того же элемента различна для разных кластеров (табл. 2). Чем меньше дисперсия в каждом кластере, тем лучше компонент характеризует данную группу даек [6].

При разделении наблюдений на три кластера, в самостоятельную третью ассоциацию выделяются четыре пробы из кластера ранних субвулканических тел. Выделенные образцы были взяты из приконтактовой зоны с рудой, поэтому обособление данной группы, скорее всего, свидетельствует о наложенном характере оруденения и дорудном времени образования этих даек.

На основании всех вышеизложенных статистических анализов было проведено сравнение перечня тех элементов, которые повторялись во всех анализах, эти группы взяты нами за основу ассоциаций или групп наблюдений.

Различные модули программы STATISTICA 10 [6] дали почти идентичные результаты. В соответствии с ними выделены пять ассоциаций петрохимических и геохимических переменных: 1) K_2O-Rb-Ba, 2) SiO_2-TiO_2-P_2O_5-Y-Zr-Nb, 3) Ni-Cr, 4) CaO-Sr, 5) Fe_2O_3-MgO-MnO и два основных кластера по наблюдениям (пробам) — первый включает в себя 15 наблюдений и представляет собой ранние субвулканы, второй кластер включает 10 наблюдений и представляет собой пострудные дайки.

Заключение

Сходимость использованных методов вполне удовлетворительная, в большинстве кластеров выделены многомерные группы (геохимические ассоциации и группы наблюдений). Сходимость групп сводится к одному — трём различиям, что свидетельствует о достаточно высокой обоснованности выделения данных групп или кластеров.

Анализ геохимических ассоциаций позволил сгруппировать основные петрогенные и второстепенные элементы в кластеры. Из анализа можно заключить следующее. Группировка геохимических ассоциаций производится по принципу значимости для каждого типа даек: например, ассоциация K_2O-Rb-Ba – эти компоненты будет иметь наименьшую дисперсию для первого кластера даек (ранние), а ассоциации Fe_2O_3-MgO-MnO, Ca-Sr и Ni-Cr — для второго (поздних). Отсюда следует, что первая ассоциация будет индикаторной для ранних дорудных субвулканических тел, а вторая — для пострудных секущих даек. Дисперсии компонентов из ассоциации SiO_2-TiO_2-P_2O_5-Y-Zr-Nb распределены по кластерам неравномерно и, ско-

Таблица 2

Описательная статистика первого и второго кластеров по наблюдениям

Кластер 1				Кластер 2			
Компонент	Среднее	*S*	$_2$	Компонент	Среднее	*S*	$_2$
Na_2O	-0,22	0,78	0,61	Na_2O	0,44	1,27	1,62
MgO	0,41	0,98	0,96	MgO	-0,82	0,18	0,03
Al_2O_3	-0,02	1,02	1,04	Al_2O_3	0,04	1,02	1,04
SiO_2	-0,42	0,94	0,90	SiO_2	0,84	0,37	0,13
K_2O	-0,38	0,49	0,24	K_2O	0,77	1,31	1,74
CaO	0,18	1,14	1,30	CaO	-0,36	0,50	0,25
TiO_2	-0,50	0,73	0,54	TiO_2	1,00	0,61	0,38
MnO	0,14	1,09	1,19	MnO	-0,28	0,76	0,58
Fe_2O_3	0,16	1,07	1,16	Fe_2O_3	-0,33	0,78	0,60
P_2O_5	-0,49	0,38	0,14	P_2O_5	0,98	1,13	1,28
Cr	0,35	1,05	1,12	Cr	-0,71	0,08	0,007
V	0,00	0,83	0,69	V	-0,00	1,33	1,79
Co	0,32	1,07	1,16	Co	-0,65	0,24	0,06
Ni	0,37	1,03	1,06	Ni	-0,74	0,22	0,05
Rb	-0,29	0,70	0,49	Rb	0,58	1,28	1,64
Sr	0,03	1,08	1,17	Sr	-0,07	0,87	0,76
Zr	-0,45	0,74	0,54	Zr	0,90	0,83	0,69
Ba	-0,24	0,65	0,42	Ba	0,48	1,40	1,96
U	0,13	1,21	1,47	U	-0,27	0,00	0,00
Th	-0,18	0,82	0,68	Th	0,37	1,25	1,57
Y	-0,40	0,67	0,46	Y	0,80	1,09	1,19
Nb	-0,55	0,52	0,27	Nb	1,10	0,76	0,59
As	0,18	1,17	1,37	As	-0,37	0,31	0,09

Примечание: Жирным шрифтом выделены значимые для каждого кластера компоненты по минимальным величинам дисперсии. *S* — стандартное отклонение, $_2$ — дисперсия.

рее всего, характеризуют общий неразделённый массив даек. Таким образом, выделенные ассоциации являются в основном критериями кластеризации проб, часть из них служат индикаторами для той или иной группы даек.

В итоге по результатам статистических исследований, отчетливо выделяются две группы образований верхнеживетско-верхнедевонского габбро-диабазового субвулканического комплекса. Первая — ранние субвулканические образования (предположительно дорудные), вторая группа — более поздние, секущие по отношению к руде дайки (пострудные). Согласно последним установленным данным возраст джусинской толщи — эмс-эйфель [1, 7], позиция второй группы даек вполне согласуется с возрастной характеристикой габбро-диабазового комплекса, определённого как позднеживетский. Между тем позиция ранних субвулканических образований несколько противоречит этому. Учитывая, что на признаки дорудного образования этого комплекса было обращено внимание ряда исследователей [3, 8], характеристики нижней границы возрастного диапазона габбро-диабазового субвулканического комплекса следует пересмотреть и определить как эмс-эйфель, что соответствует возрасту вмещающей толщи и стратиграфическому положению оруденения по новейшим данным. Дорудные образования рассматриваемого комплекса являются субвулканическими телами. Вероятно, они формировались синхронно с рудовмещающей толщей и были незначительно отделены во времени от рудообразования, проявившегося на одном из этапов вулканизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артюшкова О.В. Конодонтовые комплексы эмса – среднего девона Магнитогорского мегасинклинория и их стратиграфическая приуроченность // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2000. Т. 75. Вып. 2. С. 16–23.
2. Воробьев В.И. Геологические закономерности размещения медноколчеданных и медно-полиметаллических месторождений в Теренсайском рудном районе (Южный Урал). Дисс. канд. ... геолого-мин. наук. М.: Изд-во МГУ, 1968. 341 с.
3. Ерёмин Н.И., Коган Б.С. Взаимоотношения даек и оруденения на Джусинском колчеданно-полиметаллическом месторождении (Южный Урал) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1964. Т. 39. № 6. С. 137–138.
4. Ерёмин Н.И., Воробьев В.И., Петрова Г.С., Яковлев Г.Ф. Теренсайский рудный район // Палеозойский вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 177–208.
5. Рихтер Я.А. Современные и древние рудообразующие гидротермально-магматические системы: зональность и динамика развития // Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма (материалы междунар. полевого Курило-Камчатского семинара, 16 июля 2005 г.) / Гл. ред. С. Н. Рычагов. Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Оттиск», 2005. С. 217–232.
6. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 2-е изд., переработ. и дополн. Учебник. М.: ООО «Бином-Пресс», 2010. 528 с.: ил.
7. Хан И.С., Серавкин И.Б., Хан Г.Н. О перспективах выявления промышленных залежей медноколчеданных руд в северной части Домбаровского рудного района // Информационные материалы ИГ УНЦ РАН, геологический сборник 2007. №6. С. 206–214.
8. Яковлев Г.Ф., Гончарова Т.Я. Субвулканические образования и медноколчеданное оруденение // Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала: Труды 2-го Уральского петрографического совещания, 1969. Изд-во УрО АН СССР, Свердловск. С.358 – 365.
9. Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali — silica diagram // J. Petrol. 1986. Vol. 27. No 3. P. 745–750.