

**МАНТИЙНЫЕ ИСТОЧНИКИ ГРАНИТОИДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧУКОТКИ
(ИУЛЬТИНСКИЙ W-Sn РУДНЫЙ РАЙОН)**

В.Д. Козлов, С.В. Ефремов

*ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, ул. Фаворского 1А, г. Иркутск, 664033;
e-mail: kud@igc.irk.ru*

*Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет,
ул. Лермонтова 83, г. Иркутск, 664074*

Поступила в редакцию 29 июня 2011 г.

Изучены петрохимический и редкоэлементный составы всех разновидностей магматических пород Иульгинского рудного района – от лампрофиров и монцодиоритов до поздних редкометалльных рудоносных лейкогранитов. Дифференцированным нормированием полученных данных по кларковым концентрациям некогерентных гранитофильных элементов в породном ряду габброиды–диориты–гранодиориты–граниты установлена первоначальная обогащенность монзонитоидов и лампрофиров летучими (F, B) и гранитофильными редкими элементами (Li, Rb, Cs, Be, Sn, W, Mo, Pb), свидетельствующая об эндогенном – мантийном – источнике обогащения некогерентными редкими элементами расплавов. Изначальное обогащение глубинных гранитоидных магматических очагов летучими и некогерентными редкими элементами было главным фактором последующего перераспределения и концентрирования редких элементов в процессе магматической дифференциации, вплоть до образования конечных расплавов ультраредкометалльных гранит-лейкогранитных дифференциатов и их рудоносных интрузий, завершавших магматизм региона.

Ключевые слова: петрохимия, редкоэлементный состав, лампрофиры, монцодиориты, гранодиориты, лейкограниты, Центральная Чукотка.

ВВЕДЕНИЕ

Центральная Чукотка относится к продуктивной вольфрам-оловорудной, а также золоторудной металлогенической провинции Северо-Востока России [1, 17]. Провинция подразделяется на восточный Иульгинский, юго-восточный Телекайский и западный Чаун-Чукотский рудные районы [4].

Иульгинский район известен практически разработанным Иульгинским и подготовленным к эксплуатации Светлым коренными касситерит-вольфрамит-кварцевыми месторождениями, многочисленными мелкими месторождениями и рудопроявлениями, а также обрабатывавшимися касситеритовыми россыпями [18–20]. Все горно-геологические работы в районе были прекращены в 90-е годы прошлого века.

W-Sn оруденение региона пространственно и генетически связано с меловым гранитоидным магматизмом [2], характеризующимся, как установлено геохимическими исследованиями, отчетливой редкометалльной гранитофильной (B, F, Li, Rb, Cs, Be, Sn, W, Pb) металлогенической специа-

лизации [12, 13]. Позднее на основе геохимического сопоставления рудоносных гранитоидов и предшествовавших им интрузий калиевых базальтоидов–монзонитоидов в ряде регионов (Богемский массив и Рудные Горы Чехии, Тянь-Шань, Забайкалье, Чаун-Чукотка) была показана неравномерная обогащенность щелочных базальтоидов–монзонитоидов калием и гранитофильными элементами, достигающая в части рудных провинций (Богемский массив, Чаун-Чукотка) 10–15 избыточных гранитных кларков для 10 гранитофильных элементов [13]. Это рассматривалось как свидетельство глубинной эндогенной природы рудной гранитофильной специализации K-базальтоидного-монзонитоидного и сопряженного гранитоидного магматизма.

Ко времени названных публикаций авторы не располагали геохимическими данными по монзонитоидным образованиям Иульгинского района, геохимия и рудоносность гранитоидов которого ранее были детально изучены [12]. Настоящая статья посвящена петролого-геохимическому сопоставлению

монцитонитоидов, лампрофиров и гранитов Иультинского района.

ФОРМАЦИОННОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОНЦИТОНИТОИДОВ И ГРАНИТОИДОВ ИУЛЬТИНСКОГО РАЙОНА

Меловые гранитоиды, интрузирующие с ороговикованием песчано-сланцевые толщи перми и триаса, в районе традиционно подразделяются на ранний тауреранский и поздний иультинский комплексы. Тауреранский комплекс представлен одноименным, самым крупным (> 1000 км²) массивом (№ 1) и средними по размерам массивами – Западным Иультинским (№ 2, 150 км²) и Вешкапским (№ 3, 350 км²) (рис. 1). В иультинский комплекс объединяются Центральный (4) и Восточный (5) Иультинские массивы (~100 и ~80 км²), а также отдельные лейкогранитные штоки-куполы: скрытые Иультинский (6), Светлый (8) и Тенкергинский (10), вскрытые эрозией Солнечный (7) и

Северный (9) штоки, сопровождающиеся Sn-W минерализацией (рис. 1). С Иультинским и Светлым штоками связаны одноименные касситерит-вольфрамит-кварцевые промышленные месторождения, локализованные в основном в песчано-сланцевых породах надкупольной зоны [3]. Геолого-геохимическими исследованиями гранитоиды комплексов подразделены на интрузивные фазы: главную (ГФ), промежуточную дополнительных интрузий (ФДИ) и заключительную (ЗФ). Кроме того, в тауреранском комплексе выделены важные в генетическом отношении образования ранней интрузивной фазы (РФ), представленные несколькими крупными выходами средне-мелкозернистых монцодиоритов в ороговикованных породах экзоконтакта Тауреранского массива ([12], рис. 1). В песчано-сланцевых породах надкупольной зоны Тенкергинского скрытого штока ЗФ (Тенкергинское месторождение, рис. 1, № 10) изучены дайки лампрофиров (минетты) и диоритовых порфиритов.

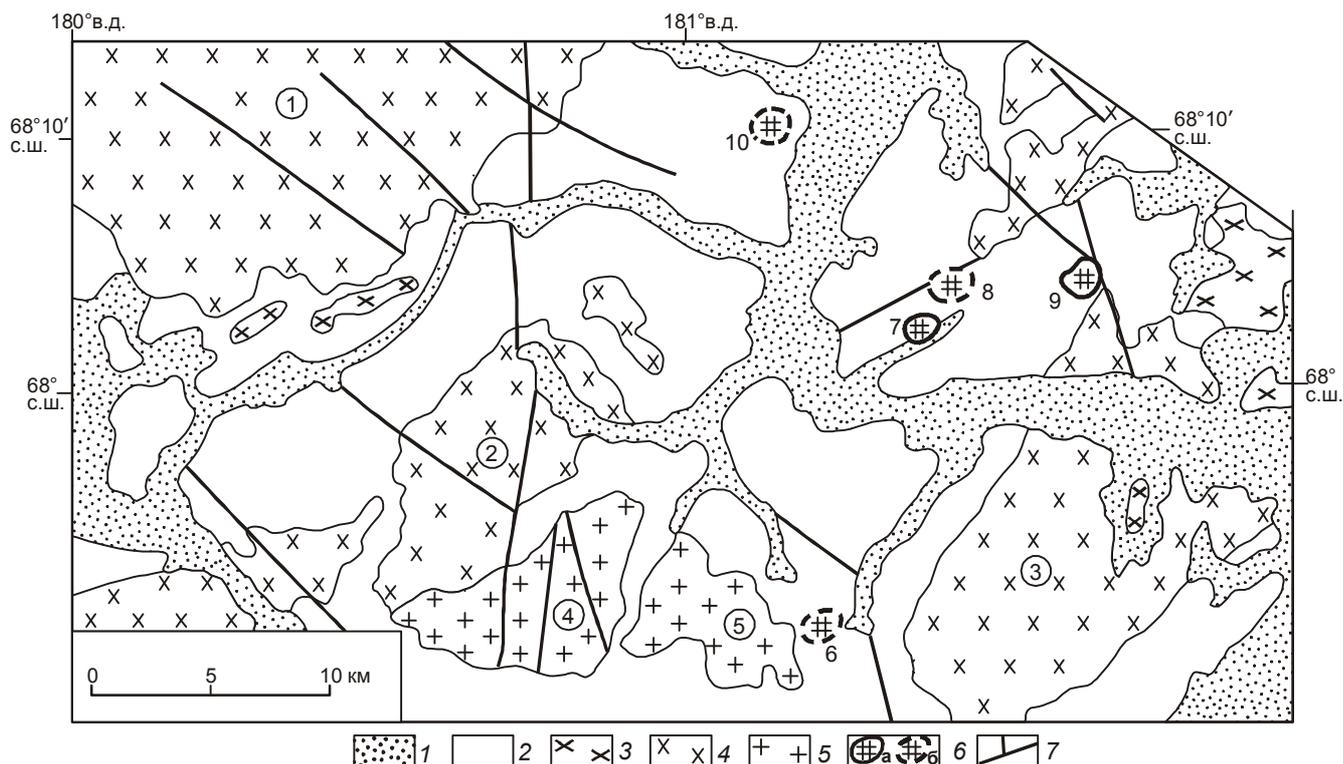


Рис. 1. Геологическая схема Иультинского рудного района.

1 – современные отложения речных долин; 2 – песчано-сланцевые породы T₁-T₂ и отчасти P₂ (по периферии массивов №№ 4, 5); 3, 4 – гранитоиды тауреранского комплекса: 3 – диориты ранней интрузивной фазы (РФ), 4 – гранитоиды главной интрузивной фазы (ГФ, цифры в кружках); роговообманково-биотитовые гранодиориты (масс. № 3, Вешкапский), адамеллиты (масс. № 1, Тауреранский), граниты (масс. № 2 – Западный Иультинский); 5–6 – лейкограниты иультинского комплекса: 5 – биотитовые крупно- и среднезернистые, ГФ (масс. № 4 – Центральный Иультинский, № 5 – Восточный Иультинский), 6 – разномерные заключительной фазы (ЗФ): а – эродированные штоки (№ 7 – Солнечный, № 9 – Северный), б – скрытые штоки (№ 6 – Иультинский, № 8 – Светлый, № 10 – Тенкергинский); 7 – тектонические нарушения.

Таблица 1. Петрохимическая и редкоэлементная гранитофильная характеристики разновидностей гранитоидов Иультинского района Центральной Чукотки.

Оксиды (%), элементы (г/т)	Тауреранский комплекс, массивы								
	Тауреранский, № 1					Вешкапский, № 3		Зап.-Иультинский, № 2	
	РФ			ГФ		ГФ	ФДИ	ГФ	ФДИ
	Монцодиор. апикальн. ЧК-132	Монцодиориты биотитовые ЧК-130 ЧК-131		Грано- диориты ЧК-136	Адамеллиты рог.-биотит.	Грано- диориты	Граниты средне- мелкозерн.	Граниты порфирио- видн.	Граниты средне- мелкозерн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SiO ₂	54.56	57.98	59.01	64.11	68.59	66.12	70.93	70.50	72.34
TiO ₂	1.08	1.17	0.96	0.75	0.49	0.59	0.36	0.49	0.39
Al ₂ O ₃	15.94	16.90	17.78	16.14	15,21	15.62	14.80	14.96	14.23
Fe ₂ O ₃	1.92	7.75*	6.00*	1.45	3.14*	4.08*	3.59*	2.92*	2.19*
FeO	5.75	-	-	2.93	-	-	-	-	-
MnO	0.14	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.04
MgO	5.32	3.13	2.38	2.17	1.60	2.15	0.78	0.89	0.48
CaO	5.64	4.71	4.62	3.33	2.53	3.06	1.73	2.36	1.33
Na ₂ O	1.80	2.14	2.68	3.59	3.14	3.16	3.28	2.91	2.72
K ₂ O	4.77	4.67	5.04	3.91	4.51	4.15	4.67	4.25	5.63
P ₂ O ₅	0.41	0.33	0.33	0.21	0.14	0.17	0.12	0.12	0.08
П.п.п.	1.06	~1	~1	0.99	0.51	0.53	0.47	0.41	0.43
Σ	98.29	99.39	99.90	99.66	99.27	99.70	100.79	99.87	99.86
B	21	19	10	30	31	26	12	23	12
F	1750	1400	1370	1500	1000	900	600	1000	1000
Li	44	53	45	90	85	75	69	92	120
Rb	190	200	220	225	310	240	260	275	380
Cs	11	14	12	22	31	16	21	12	16
Be	-	3.9	-	~4	4.3	4.5	5.2	4.4	4
Sn	6	4.5	6.7	7.9	7.9	10.2	8.3	8.3	8.2
W	1.2	2.5	3.3	1	2.9	0.9	1.9	2.5	3.4
Mo	1.2	0.4	0.7	1.6	2.6	1	3	1	1
Pb	25	25	33	28	60	53	70	24	38
Sr	790	690	840	360	250	240	300	250	140
Ba	1680	1600	1700	930	730	840	430	650	570
n	2	3	2	3	12	29	5	19	3

Согласно проведенным Rb-Sr возрастным определениям [5], возраст гранодиоритов ГФ Вешкапского массива (тауреранский комплекс) составляет 100.3 ± 2.6 млн лет ($I_0 = 0.7107 \pm 0.00180$), возраст лейкогранитов ГФ расположенного в непосредственной близости к западу Иультинского массива одноименного комплекса (рис. 1) – 82.4 ± 1.4 млн лет ($I_0 = 0.7106 \pm 0.0071$), возраст лейкогранитов ЗФ Иультинского “слепого” штока – 78.8 ± 2.3 млн лет ($I_0 = 0.7164 \pm 0.0017$). Таким образом, возрастные определения подтвердили существующее подразделение гранитоидов района на ранний тауреранский и поздний иультинский комплексы. При этом, установлены значительный временной разрыв (~18 млн лет) между интрузиями ГФ комплексов и, напротив, временная сближенность формирования интрузий лейкогранитов ГФ и ЗФ рудоносного иультинского комплекса.

Петрохимические и редкоэлементные гранитофильные (B, F, Li, Rb, Cs, Be, Sn, W, Mo, Pb) характеристики изученных гранитоидов, монцонитоидов и дайковых пород Тенкергинского поля приведены в табл. 1.

Среди разновидностей гранитоидов района (рис. 1) повышенной основностью выделяются калиевые монцодиориты РФ тауреранского комплекса (табл. 1, колонки анализов 1–3). Состав гранитоидов ГФ комплекса, представленных крупнозернистыми роговообманково-биотитовыми порфирированными разновидностями, в разных массивах непостоянен и изменяется от преобладающих гранодиоритов (Вешкапский, № 3, табл. 1, колонка 6) до адамеллитов (Тауреранский, № 1, кол. 5) и гранитов (Западный Иультинский, № 2, кол. 8). Локальные тела ФДИ тауреранского комплекса представлены мелко-среднезернистыми биотитовыми гранитами (кол. 7, 9).

Таблица 1. (Продолжение).

Оксиды (%), элементы (г/т)	Иульгинский компл., масс № 5, 6			Тенкергинское рудопроявление, дайки			
	ГФ	ФДИ	ЗФ	Лампрофиры биотитовые		Диоритовые порфириды	
	Граниты биотитов.	Лейко- граниты	Лейко- граниты	ЧК-140	ЧК-141	ЧК-142	ЧК-143
	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	73.32	76.10	76.52	51.55	53.10	57.85	59.75
TiO ₂	0.27	0.10	0.05	1.35	1.29	1.03	0.84
Al ₂ O ₃	14.01	13.24	13.14	13.40	14.30	16.10	14.83
Fe ₂ O ₃	2.10*	1.12*	0.83*	1.84	1.97	6.84*	5.13*
FeO	-	-	-	5.61	5.21	-	-
MnO	0.06	0.06	0.03	0.13	0.12	0.11	0.08
MgO	0.43	0.15	0.07	10.75	8.96	2.53	3.76
CaO	1.62	0.88	0.78	6.18	5.62	4.91	3.82
Na ₂ O	2.92	3.31	3.67	1.99	2.20	2.94	3.15
K ₂ O	4.71	4.57	4.22	4.04	4.19	3.28	4.90
P ₂ O ₅	0.06	0.02	0.01	0.45	0.46	0.24	0.25
П.п.п.	0.49	0.56	0.58	1.71	1.40	4.01	3.44
Σ	99.99	100.11	99.90	99.00	98.82	99.84	99.95
B	13	11	12	23	16	18	36
F	1000	800	1400	1690	1410	610	1530
Li	155	120	68	46	47	50	50
Rb	400	550	680	185	186	20	235
Cs	22	27	25	13	12	6	5
Be	6.6	6.8	11.1	5.7	6.4	3.1	2.8
Sn	21	18	40	11.1	18	3.3	7.4
W	3.1	3.6	13.9	1.6	2.2	1.6	2.1
Mo	1	1	5.8	1.8	1.8	0.6	0.5
Pb	65	67	71	18	26	28	36
Sr	120	43	32	560	660	450	430
Ba	340	100	65	1560	1800	920	1220
n	36	27	49	4	3	2	3

Примечание. Аналитические данные получены в аналитических подразделениях Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН. Петрохимия гранитоидов и концентрации Sr, Ba приводятся по данным силикатного рентгено-спектрального анализа на отечественном квантометре СРМ-25. Содержания редких щелочных металлов (Li, Rb, Cs) определялись методом фотометрии пламени, концентрации В, F, Be, Sn, W, Mo, Pb – количественными методами эмиссионного спектрального анализа (аналитика – О.М. Чернышова, Н.Л. Чумакова). П.п.п. – потери при прокаливании; Σ – сумма; Fe₂O₃* – общее; прочерк – нет данных; n – число проб на редкие элементы. РФ, ГФ, ФДИ, ЗФ – интрузивные фазы: ранняя, главная, дополнительных интрузий, заключительная, соответственно. ЧК – индексы объединенных (сборных) проб пород повышенной основности (лампрофиров, порфиритов, монцодиоритов). Номера массивов соответствуют номерам на рис. 1.

Массивы иульгинского комплекса сложены биотитовыми лейкогранитами: крупнозернистыми ГФ (Центральный Иульгинский, № 4), крупнозернистыми порфиroidными ГФ, среднезернистыми ФДИ (Восточный Иульгинский, № 5, кол. 10, 11), и мелко-, средне- и крупнозернистыми ЗФ скрытого Иульгинского купола (№ 6, кол. 12).

Составы даек повышенной основности Тенкергинского участка (рис. 1, № 10) подразделяются на группы лампрофиров (минетты, кол. 13, 14) и диоритовых порфиритов (кол. 15, 16).

ЭВОЛЮЦИЯ РЕДКОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА МОНЦОНИТОИДОВ И ГРАНИТОИДОВ ИУЛЬГИНСКОГО РАЙОНА

В упомянутой выше работе авторов [13] сопоставление редкоэлементного состава гранитоидов и предшествовавших им монцониитоидов проведено на основе нормирования по *кларковым концентрациям гранитофильных элементов в гранитах*, что занижало показатели по монцониитоидам и нарушало адекватность сравнительного геохимического анализа, поскольку каждая петрохимическая группа из-

Таблица. 2. Кларковые концентрации гранитофильных редких элементов, Sr, Ba для главных петрохимических разновидностей изверженных пород от габброидов до гранитов*.

Породные группы	г/т													
	SiO ₂	B	F	Li	Rb	Cs	Be	Sr	Ba	Sn	W	Mo	Pb	
Габброиды	50.6	5	390	15	41	1	0.5	450	300	~3	0.9	1.4	7	
Диориты	56.8	14	500	24	90	1.4	1.8	600	530	1.2	1	1	13	
Кв.диориты	61.7	13	530	25	100	1.8	2	500	530	1.6	1.3	1	114	
Гранодиориты	66.9	11	540	25	120	2.2	2	440	500	1.7	1.4	1	15	
Граниты	71.2	14	800	40	190	5	3.3	230	800	3	1.8	1.3	20	

*Примечание.** – кларковые концентрации приводятся по сводкам А.П. Виноградова (1962), К.К. Таркяна – К. Ведыполя (1961) [24, табл. 42, с. 87; табл. 44, с. 92] и Л.Н. Овчинникова [22, табл. 8, с. 31]; кларки отдельно выделенных кварцевых диоритов приняты как промежуточные между диоритами и гранодиоритами. Нормирование при составлении табл. 3 по данным табл. 1 было проведено по дифференцированной шкале кларковых концентраций табл. 2.

верженных пород в ряду возрастающей кислотности по SiO₂ – ультрабазиты (42.8 %), базиты (50 %), диориты (58 %), гранодиориты (66.6 %), граниты (73.2 %), по [22], – характеризуется собственными кларковыми концентрациями гранитофильных элементов, значительно более низкими, чем в гранитах [22, 24].

В настоящей статье нормирование концентраций гранитофильных элементов в монзонитоидах и гранитоидах района (табл. 1) проведено по дифференцированной шкале кларковых концентраций (компилятивная табл. 2), исходя из средних по основности-кремнекислотности разновидностей гранитоидов района (табл. 1).

Результаты нормирования приведены в табл. 3. Данные таблицы иллюстрируют аномальную обогащенность гранитофильными элементами по отношению к их кларковому уровню всех разновидностей монзонитоидов и гранитоидов Иульгинского района, начиная с наиболее основных (даек тенкергинских лампрофиров) и кончая непосредственно рудоносными лейкогранитами ЗФ Иульгинского штока. Обогащенность гранитофильными элементами монцодиоритов–кварцевых диоритов локальных интрузивных тел РФ в ЮЗ экзоконтакте Тауреранского массива одноименного комплекса составляет 19.3–14.6 избыточных диоритовых кларков для 10 гранитофильных элементов. В гранодиоритах эндоконтактной фации ГФ Тауреранского массива обогащение гранитофильными элементами достигает 21.8 гранодиоритовых кларков, в гранодиоритах ГФ Вешкапского – 19.9 кларков. В гранитных образованиях комплекса наблюдается отчетливое снижение степени их относительного обогащения гранитофильными элементами: в гранитах ФДИ Вешкапского массива – до 10.9 гранитных кларков, в гранитах ГФ Западно-Иульгинского массива обогащение составляет лишь 6.8 гранитных кларка и в гранитах ФДИ массива – 8.9 кларка.

Таким образом, при применении дифференцированной шкалы нормирования, вопреки обычным представлениям, устанавливается антидромное относительное обогащение гранитофильными элементами ранних монцодиоритов и гранодиоритов тауреранского комплекса по сравнению с его гранитными дифференциатами.

В лейкогранитах ГФ и ФДИ иульгинского комплекса относительная обогащенность гранитофильными элементами составляет 17.5 и 17.6 гранитных кларков, соответственно, т.е. практически соответствует тому же уровню относительного обогащения, как и в гранодиоритах ГФ тауреранского комплекса, хотя по абсолютным концентрациям гранитофилов иульгинские лейкограниты существенно превосходят тауреранские гранодиориты ГФ (табл. 1, кол. 5 и 10). И только в лейкогранитах ЗФ Иульгинского купола суммарная концентрация гранитофильных элементов (Sn, W, Cs, Mo, Rb, Be, F) возрастает до уровня 35.5 гранитных кларков, обеспечивающего формирование продуктивного пневматолито-гидротермального Sn-W оруденения. Вместе с тем достигнутый в лейкогранитах ЗФ Иульгинского штока уровень относительного обогащения гранитофильными элементами в рассматриваемом районе не является пределом и в лампрофирах Тенкергинского участка (табл. 1, кол. 13, 14) их обогащение гранитофильными элементами превышает 40 диоритовых кларков (табл. 3) и является в Иульгинском районе максимальным. Согласно современным представлениям, лампрофиры считаются верхнемантийными производными. Кроме лампрофиров, в Тенкергинском участке развиты кварцевые диоритовые порфириды (табл. 1, кол. 15, 16), редкоэлементный состав которых нормирован по кларкам кварцевых диоритов. Относительное обогащение порфиридов гранитофилами составляет ~9–14 кларков (табл. 3), и по этому показателю они

Таблица 3. Оценка уровня редкометалльности разновидностей гранитоидов Иультинского рудного района Центральной Чукотки в элементных формулах и индексах концентрации (ИНК) гранитофильных элементов.

Порода, фация (цифры в скобках – №№ колонок анализов в табл. 1)	Элементная формула	ИНК
1	2	3
Тауреранский комплекс		
Тауреранский массив, РФ		
Монцодиориты апикальные (1)	<u>Cs7.8 – Sn5 – F3.5 – Rb2.1 – Pb1.9 – Li1.8 – B1.5 – W1.2 – Mo1.2 – Sr1.3 – Ba3.1</u>	+17.0
Монцодиориты биотитовые (2)	<u>Cs10 – Sn3.7 – F2.8 – W2.5 – Li2.2 – Be2.2 – Rb2.2 – Pb1.9 – B1.4 – Sr1.2 – Ba3</u> Mo0.4	+19.3
Кварцевые диориты (3)	<u>Cs6.7 – Sn4.1 – F2.6 – W2.5 – Pb2.3 – Rb2.2 – Li1.8 – Sr1.7 – Ba3.2</u> B0.7 – Mo0.7	+14.6
Тауреранский массив, ГФ		
Гранодиориты эндофации (4)	<u>Cs10 – Sn4.6 – Li3.6 – F2.8 – B2.7 – Be2 – Rb1.9 – Pb1.9 – Mo1.6 – Ba1.8</u> Sr0.8 – W0.7	+21.8
Адамеллиты (5)	<u>Cs6.2 – Pb3 – Sn2.6 – B2.2 – Li2.1 – Mo2 – Rb1.6 – W1.6 – Be1.3 – F1.3 – Sr1.1</u> Ba0.9	+13.9
Вешкапский массив, ГФ		
Гранодиориты (6)	<u>Cs7.3 – Sn6.1 – Pb3.6 – Li3 – B2.4 – Be2.2 – Rb2 – F1.7 – Mo1 – Ba1.7</u> W0.6 – Sr0.6	+19.9
Вешкапский массив, ФДИ		
Граниты мелко-среднезернистые (7)	<u>Cs4.2 – Pb3.5 – Mo3 – Sn2.8 – Li1.7 – Be1.6 – Rb1.4 – W1.1 – Sr1.2</u> F0.8 – B0.8 – Ba0.5	+10.9
Западно-Иультинский массив, ГФ		
Граниты порфировидные (8)	<u>Sn2.8 – Cs2.4 – Li2.3 – B1.6 – Rb1.5 – W1.4 – F1.3 – Be1.3 – Pb1.2 – Mo1 – Sr1.1</u> Ba0.8	+6.8
Западно-Иультинский массив, ФДИ		
Граниты мелко-среднезернистые (9)	<u>Cs3.2 – Li3 – Sn2.7 – Rb2 – W1.9 – Pb1.9 – F1.2 – Be1.2 – Mo1 – Sr1.1</u> B0.8 – Ba0.7	+8.9
Иультинский комплекс		
Восточный Иультинский массив, ГФ		
Граниты биотитовые порфировидные (10)	<u>Sn7 – Cs4.4 – Li3.9 – Pb3.2 – Rb2.1 – Be2 – W1.7 – F1.3 – Mo1</u> B0.9 – Sr0.5 – Ba0.4	+17.5
Восточный Иультинский массив, ФДИ		
Лейкограниты мелко-среднезернистые (11)	<u>Sn6 – Cs5.4 – Pb3.4 – Li3 – Rb2.9 – Be2.1 – W2 – F1 – Mo1</u> B0.8 – Sr0.2 – Ba0.1	+17.6
Иультинский штوك, ЗФ		
Лейкограниты (12)	<u>Sn13.3 – W7.7 – Cs5 – Mo4.5 – Rb3.6 – Pb3.6 – Be3.4 – F1.8 – Li1.7</u> B0.9 – Sr0.1 – Ba<0.1	+35.5
Тенкергинское рудопроявление, дайковый комплекс		
Лампрофиры биотитовые (нормир. по габбро) (13)	<u>Cs13 – Be11.4 – B4.6 – Rb4.5 – F4.3 – Sn3.7 – Li3.1 – Pb2.6 – W1.8 – Mo1.8 – Sr1.2 – Ba5.2</u> –	+40.8
Диоритовые порфиры (нормир. по диориту) (14)	<u>Be12.8 – Cs12 – Rb4.5 – Sn6 – Pb3.7 – F3.6 – Li3.1 – B3 – W2.4 – Mo1.8 – Sr1.5 – Ba6</u> –	+42.9
Диоритовые порфиры (нормир. по диориту) (15)	<u>Cs4.3 – Sn2.7 – Li2.1 – Pb2.1 – Be1.7 – W1.6 – B1.3 – Rb1.3 – F1.2 – Ba1.7</u> Sr0.8 – Mo0.6	+8.9
Диоритовые порфиры (нормир. по диориту) (16)	<u>Sn4.6 – F2.9 – Cs2.8 – B2.8 – Pb2.6 – Rb2.4 – Li2 – W1.6 – Be1.4 – Ba2.3</u> Mo0.5 – Sr0.5	+13.6

Примечание. Элементная формула – результат нормирования содержаний гранитофильных элементов в данной породе (габбро и монцогаббро, габбродиорите, диорите, гранодиорите, граните) по их кларковым концентрациям в соответствующей породе (табл. 2). ИНК – индекс концентрации, фиксирует суммарный уровень избыточности (+) или дефицита (–) гранитофильных редких элементов в данной породе по отношению к кларковому уровню в количествах кларков элементов: $ИНК_{ГРЭ} = KK_1 + KK_2 + KK_3 + \dots + KK_n - n$ (т.е. минус n, где n – число гранитофильных элементов, участвующих в расчете ИНК, без негранитофильных Sr и Ba; $KK_1 \dots KK_n$ – кларковые концентрации соответствующих гранитофильных элементов [14]).

близки к кварцевым диоритам РФ тауреранского комплекса.

В целом из обобщения полученных данных следует, что меловой магматизм Иультинского района развивался в два этапа. В ранний этап (~ 100 млн лет назад) из обогащенных калием, летучими и некогерентными редкими элементами глубинных расплавов повышенной основности формировались обогащенные гранитофильными элементами гранодиорит-гранитные интрузии тауреранского комплекса. В гранитных производных комплекса, возникших в результате магматической дифференциации (или контаминации веществом песчано-сланцевых пород кровли), наблюдается отчетливое двух-трехкратное сокращение степени их обогащенности редкими элементами по сравнению с доминирующими гранодиоритами ГФ комплекса.

Поздний этап магматизма Иультинского района (~82–79 млн лет назад) характеризовался формированием лейкогранитных локальных интрузий рудоносного иультинского комплекса, площадь выходов которых составляет менее 10 % от площади гранитоидов тауреранского. Расплавы иультинского комплекса представляли очевидно лейкогранитные дифференциаты глубинных магматических очагов тауреранского комплекса, о чем свидетельствует тесное пространственное положение массивов иультинского комплекса №№ 4 и 5 между массивами тауреранского – Западного Иультинского (№ 2) и Вешкапского (№ 3) (рис. 1). Глубинность же магматических очагов иультинского комплекса геологически подтверждается пространственной разобщенностью рудоносных редкометалльных лейкогранитных штоков ЗФ комплекса, частью не обнаженных, и массивов лейкогранитов ГФ. В особенности это относится к Тенкергинскому штоку, вскрытому бурением в песчано-сланцевых толщах на глубине ~500 м в дали от массивов гранитоидов ГФ тауреранского и иультинского комплексов (рис. 1). Дополнительно следует отметить, что, согласно результатам проведенного в Иультинском районе объемного геологического картирования, мощность лейкогранитов Восточного и Центрального Иультинских массивов одноименного комплекса оценивается соответственно от 6 до 9 км ([21], стр. 230–234, рис. 77).

Изложенная схема формирования редкометалльных лейкогранитов ГФ и ультраредкометалльных рудоносных ЗФ иультинского комплекса отчасти противоречит давно устоявшимся взглядам о доминирующей роли в формировании рудоносных редкометалльных гранитов магматической дифференциации исходных коровых очагов гранитоидных расплавов с

околокларковой геохимической характеристикой [9, 10, 14, 25].

В последнее время опубликованы геохимические данные по магматизму крупнейшего Депутатского редкометалльно-оловорудного района СВ Якутии [8], коррелирующиеся с выводами по Иультинскому району. Как и в Иультинском районе, Депутатская интрузивная система формировалась в конце раннего–начале позднего мела (118–98 млн лет, Rb-Sr изохронный метод), во вмещающих флишоидах J_2 – J_3 . Система представлена ранними дайками андезибазальтов–диоритовых порфиритов повышенной калиевоности, петрохимически соответствующих монцонитоидам, гранитами (117±7 млн лет) скрытого рудоносного массива с площадью кровли ~ 150 км², и постгранитным дайковым комплексом риолитов–гранит-пофиров, трахибазальтов, лампрофиров и монцонитов. Установлена [8] интенсивная обогащенность гранитофильными элементами (B, F, Li, Rb, Be, Sn, W, Mo, Pb) всех последовательных интрузивных образований системы: ранних даек андезибазальтов и диоритовых порфиритов (49.1 и 29.1 кларков, соответственно), гранитов ГФ скрытого массива (21.1 избыточных гранитных кларков), постгранитных даек риолитов–гранит-порфиров (18 кларков), монцонитов и лампрофиров (16.4 и 38.1 кларков). Таким образом, в Депутатском районе, как и в Иультинском, наибольшей обогащенностью гранитофильными элементами выделяются дайки габброидов. И кроме того, гранитоиды Депутатского района выделяются экстремально высокими концентрациями серы и халькофилов (As, Sb, Bi) – элементов явно глубинного происхождения.

Ниже приведено сопоставление графиков степени обогащения гранитофильными элементами в кларках концентрации магматических пород мелового возраста Иультинского и Депутатского районов (рис. 2, 3). Для Депутатского района данные по концентрациям цезия отсутствуют.

Диаграммы обоих рудных районов иллюстрируют сходный уровень обогащения гранитофильными рудогенными элементами Sn и W, а также Rb, Be и Pb всех главных разновидностей пород рудных районов – лампрофиров, монцонитоидов, гранитов и лейкогранитов. При этом наибольшей степенью обогащения гранитофилами выделяются, с одной стороны, лампрофиры и монцогаббро, а с другой – непосредственно рудоносные двуслюдяные граниты (Депутатский район) и лейкограниты штока ЗФ Иультинского месторождения. Вместе с тем, диаграмма Депутатского района резко отличается от диаграммы Иультинского экстремально высокими концентрациями бора в ранних монцогаб-

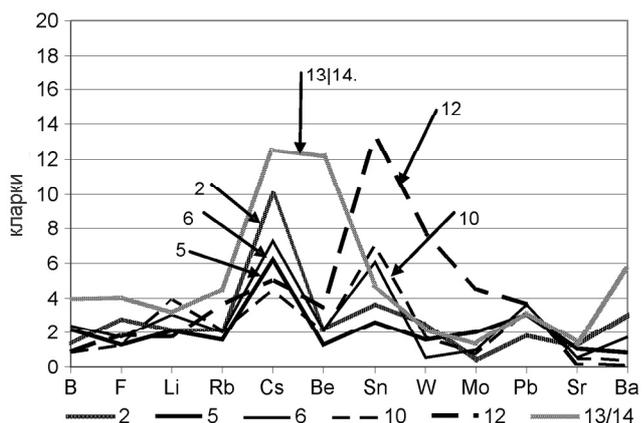


Рис. 2. Иультинский рудный район: графики степени обогащения гранитофильными редкими элементами магматических пород мелового возраста в кларках.

№№ графиков соответствуют номерам колонок анализов в табл. 1; тауреранский комплекс: 2 – монцодиориты РФ, 5 – адамеллиты ГФ, 6 – гранодиориты ГФ; иультинский комплекс: 10 – граниты ГФ, 12 – лейкограниты ЗФ; тенкергинские дайки: 13/14 – лампрофиры.

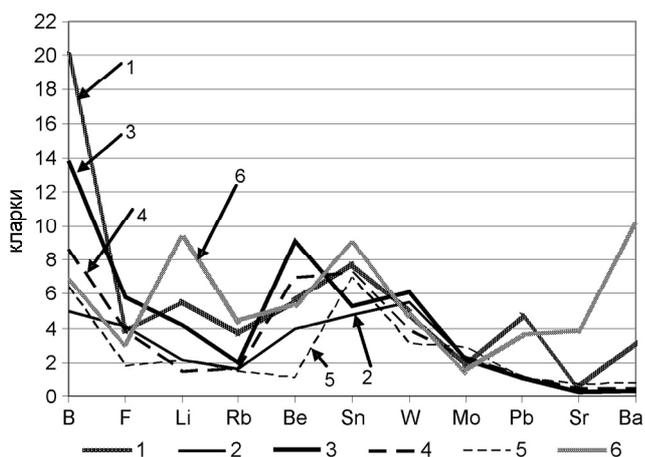


Рис. 3. Депутатский рудный район: графики степени обогащения гранитофильными элементами магматических пород мелового возраста в кларках, по данным [8].

1 – ранние монцогаббро, 2 – граниты ГФ Депутатского скрытого массива, 3 – двуслюдяные граниты ГФ, 4 – мелкозернистые граниты, 5 – дайки гранит-порфиров, 6 – поздние лампрофиры.

бро (20 кларков) и в двуслюдяных гранитах (14 кларков), при повышенных концентрациях фтора (2–6 кларков). В породах Иультинского района концентрации этих летучих элементов составляют всего 1–3 избыточных кларка. Соответственно, оруденение Иультинского района представлено умеренно-продуктивной грейзеновой касситерит-вольфрамит-кварцевой (с арсенопиритом) рудной формацией. В Депутатском районе резко обогащен-

ные бором, в сочетании с повышенными концентрациями фтора, расплавы определили формирование турмалинового типа высокопродуктивной олово-сульфидно-сульфидной рудной формации [23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно интерпретации авторами изложенных, а также полученных в последнее десятилетие данных по геохимии гранитофильных элементов в ранних монцо-габбро-диоритовых образованиях, предшествовавших редкометалльным гранитам [6, 7, 13–16, 15], установлено, что предворяющим условием образования редкометалльных гранитных интрузий являлось формирование нижнекоровых монцогаббро-гранодиоритовых магматических очагов, изначально обогащенных калием, летучими и некогерентными редкими элементами. Это обогащение было главным фактором последующего перераспределения некогерентных редких элементов и их коцентрирования в процессе магматической дифференциации, вплоть до образования конечных рудоносных редкометалльных гранит-лейкогранитных дифференциатов, завершавших магматизм регионов.

Изложенная аргументация о мантийных источниках редкометалльной специализации гранитоидов Иультинского района полностью согласуется с концепцией формирования в мантийной части континентальной литосферы Центральной Чукотки магматического геохимически-специализированного резервуара, ответственного за металлогеническую специализацию гранитоидов [6, 7].

Работа выполнена при поддержке ФАНИ (проект НШ-3047.2008.5 и ГКН№02.740.11.0324).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бордюгов Е.Г., Фрейдин А.И. Позднемезозойские оловоносные интрузии Иультинского и Северного рудных узлов // Новые данные по геологии рудных районов Востока СССР. М.: Наука, 1969. С. 43–61.
2. Гельман М.Л. Фанерозойские гранитно-метаморфические купола на Северо-Востоке Сибири. Статья 1. Геологическая история палеозойских и мезозойских куполов // Тихоокеан. геология. 1995. Т. 14, № 4. С. 102–115.
3. Дудкин Д.В., Козлов В.Д., Элиас Ю.К., Китаев Н.А. Минералого-геохимическая зональность Иультинского месторождения (Центральная Чукотка) // Геология руд. месторождений. 1990. № 6. С. 36–45.
4. Дудкин Д.В., Козлов В.Д., Ефремов С.В. Петролого-геохимические особенности и геодинамические условия формирования рудоносных гранитоидов Чукотки // Геология и геофизика. 1997. Т. 38, № 7. С. 1202–215.
5. Ефремов С.В., Козлов В.Д., Сандиминова Г.П. Rb/Sr возраст гранитоидов Центральной Чукотки – новый взгляд на историю геологического развития региона // Докл. РАН. 2000. Т. 375, № 6. С. 816–819.

6. Ефремов С.В., Козлов В.Д. Ультракалиевые базиты Центральной Чукотки и их роль в понимании генезиса оловоносных гранитоидов // Геология и геофизика. 2007. Т. 48, № 2. С. 283–286.
7. Ефремов С.В. Геохимия и генезис ультракалиевых и калиевых магматитов восточного побережья Чаунской губы (Чукотка), их роль в металлогенической специализации оловоносных гранитоидов // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 1. С. 84–95.
8. Иванов А.И. Петрология и геохимия гранитоидов Депутатской оловоносной рудно-магматической системы: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Якутск, 2010. 32 с.
9. Коваленко В.И. Петрология и геохимия редкометалльных гранитоидов. Новосибирск: Наука, 1977. 206 с.
10. Козлов В.Д., Сладковская Л.Н. Петрохимия, геохимия и рудоносность гранитоидов Центрального Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1977. 253 с.
11. Козлов В.Д. Геохимия и рудоносность гранитоидов редкометалльных провинций. М.: Наука, 1985. 304 с.
12. Козлов В.Д., Дудкин Д.В., Элиас Ю.К. Геохимия и рудоносность гранитоидов Центральной Чукотки. М.: Наука, 1995. 202 с.
13. Козлов В.Д., Ефремов С.В. Калиевые щелочные базальтоиды и вопросы геохимической специализации сопряженных с ними редкометалльных гранитов // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 7. С. 989–1002.
14. Козлов В.Д. Отражение особенностей геохимической эволюции варисского гранитоидного магматизма в металлогении Богемского массива // Геология руд. месторождений. 2000. Т. 42, № 5. С. 459–475.
15. Козлов В.Д. Геохимические свидетельства мантийных источников редкометалльной специализации гранитов и сопровождающего оруденения // Магматизм и метаморфизм в истории Земли: Тез. докл. XI Всерос. петрограф. совещ. Екатеринбург, 2010. Т. 1. С. 314–315.
16. Козлов В.Д. Особенности редкоэлементного состава и генезиса гранитоидов шахтаминского и кукульбийского редкометалльного комплексов Агинской зоны Забайкалья // Геология и геофизика. 2011. № 5. (в печати).
17. Лугов С.Ф. Геологические особенности оловянно-вольфрамового оруденения Чукотки. М.: Недра, 1965. 336 с.
18. Лугов С.Ф., Макеев Б.В., Потапова Т.М. Закономерности формирования и размещения оловорудных месторождений Северо-Востока СССР. М.: Недра, 1972. 360 с.
19. Макеев Б.В., Политов В.К. Закономерности размещения оловорудных месторождений в мезозоидах Северо-Востока СССР // Геология руд. месторождений. 1972. Т. 14, № 3. С. 19–30.
20. Милов А.П. Позднемезозойские гранитоидные формации Центральной Чукотки. Новосибирск: Наука, 1975. 135 с.
21. Объемное геологическое картирование редкометалльных рудных районов / Кол. авторов. Л.: Недра, 1981. С. 230–234).
22. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.
23. Радкевич Е.А. Оловорудные формации и их практическое значение // Сов. геология. 1968. № 1. С. 14–24.
24. Справочник по геохимии / Г.В. Войткевич и др. М.: Недра, 1990. 480 с.
25. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.

Рекомендована к печати В.Г. Гоневчуком

V.D. Kozlov, S.V. Efremov

Mantle sources of granitoids of Central Chukotka (Iultin W-Sn ore district)

The petrochemical and rare-element composition of all magmatic rocks of the Iultin region (from early lamprophyres and monzodiorites to late rare-metal ore-bearing leucogranites) has been studied. The differential normalizing of the obtained data from clarkes of the analytical data of the gabbroids “diorites–granodiorites–granites demonstrates the primary maximum enrichment of the monzonitoids and lamprophyres by volatile *F* and *B* and granitophyle rare elements (*Li, Rb, Cs, Be, Sn, W, Mo, Pb*). This confirms the endogenic (mantle) source of the high incoherent rare element concentrations in the granitoids of the region. The primary enrichment of the deep-seated granitoids by the volatile and incoherent rare elements was the major factor of subsequent redistribution and concentration of rare elements during the magmatic differentiation process and forming of the ultra-rare-metal leucogranitic intrusions.

Key words: petrochemistry, rare-element composition, lamprophyres, monzodiorites, granodiorites, leucogranites, Central Chukotka.