

УДК 552.321.6:553.08

ТАЛАЖИНСКИЙ И АРГЫСУКСКИЙ МАССИВЫ: ОБЩНОСТЬ ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЧЕРТ (СЕВЕРО-ЗАПАД ВОСТОЧНОГО САЯНА)

Юричев Алексей Николаевич,

канд. геол.-минерал. наук, доцент каф. петрографии
геолого-географического факультета ФГБОУ ВПО «Национальный
исследовательский Томский государственный университет»,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36. E-mail: juratur@sibmail.com.

Чернышов Алексей Иванович,

д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой петрографии
геолого-географического факультета ФГБОУ ВПО «Национальный
исследовательский Томский государственный университет»,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36. E-mail: aich@ggf.tsu.ru.

Актуальность работы обусловлена необходимостью детального петрологического исследования многочисленных потенциально рудоносных мафит-ультрамафитовых массивов Канской глыбы Восточного Саяна с целью совершенствования региональных схем корреляции, а также выявления в них Pt-Cu-Ni оруденения.

Цель работы: доказательство существенного сходства Талажинского и Аргысукского массивов и возможности их отнесения к единому формационному типу.

Методы исследования: петрографическая характеристика на поляризационном микроскопе AxioScope Carl Zeiss, петрохимический состав пород методом РФА, редкие и редкоземельные элементы методом ICP-MS, химический состав минералов на электронном сканирующем микроскопе Tescan Vega II XMU, оборудованном энергодисперсионным спектрометром (с полупроводниковым Si (Li) детектором INCA x-sight) INCA Energy 450 и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700.

Результаты. Исследованы петролого-геохимические особенности Талажинского и Аргысукского массивов Канской глыбы Восточного Саяна. Выявлено их высокое сходство. Авторы допускают, что дополнительные детальные исследования этих объектов позволят при совершенствовании региональных схем корреляции объединить их в единый формационный комплекс. Предположено, что оба массива являются единым интрузивным телом, которое сформировалось в условиях островной дуги из исходного высокоглиноземистого оливин-базальтового расплава, зарождение очагов которого происходило за счет толеитовых базальтов океанического плато при их плавлении в зоне субдукции. Последующая эволюция расплава обусловлена процессами его перемещения в земной коре, которые сопровождались контаминацией вмещающих пород. Расслоенность интрузии, очевидно, обусловлена процессами магматической и кристаллизационной дифференциации в магматической камере. Оба массива отнесены к перспективным объектам на выявление медно-никелевого оруденения.

Ключевые слова:

Мафит-ультрамафитовые расслоенные массивы, петрография, петрохимия, геохимия, геодинамика, рудная минерализация.

Введение

В последние несколько десятилетий стали появляться новые данные по Pt-Cu-Ni оруденению, связанному с различными типами ультрамафит-мафитовых формаций разновозрастных подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии, охватывающих обширную территорию Южной Сибири, Казахстана, Монголии и Северного Китая [1–7], что представляет как научный, так и практический интерес. На территории Канской глыбы Восточного Саяна (рис. 1) при проведении ранее геолого-съемочных (ГСР) и прогнозно-металлогенетических работ были выявлены многочисленные тела ультрамафитовых и мафит-ультрамафитовых интрузий, в которых неоднократно отмечалась рудная минерализация меди, никеля и благородных металлов [2, 8]. В 60–80-е гг. XX в. в результате ГСР масштаба 1:50000 в пределах северо-западной части Канской глыбы Восточного Саяна был выделен Талажинский расслоенный плагиодунит-троктолит-габбро-анортозитовый массив, не имеющий по своей формационной принадлежности аналогов в данном регионе. В 2007–2008 гг. в процес-

се поисково-разведочных работ А.Н. Смагиным был выделен небольшой по размерам габбровый Аргысукский массив, который он считает возможным сателлитом Талажинского массива, расположенного к юго-западу на расстоянии 1,5 км. Петрологические исследования авторов подтверждают сходство габброидов обоих массивов. Однако структурная позиция, генезис и металлогенетическая специализация данных объектов, остаются дискуссионными до настоящего времени.

Целью настоящего петрологического исследования является доказательство существенного сходства Талажинского и Аргысукского массивов и возможности их отнесения к единому формационному типу.

Краткая геологическая характеристика исследуемых массивов

Талажинский расслоенный плагиодунит-троктолит-габбро-анортозитовый массив (R_{2-3} по [9]) локализован в пределах северо-западного окончания Канской глыбы на водоразделе верхнего течения рек Дурья и Тазик (рис. 1). На дневной поверх-

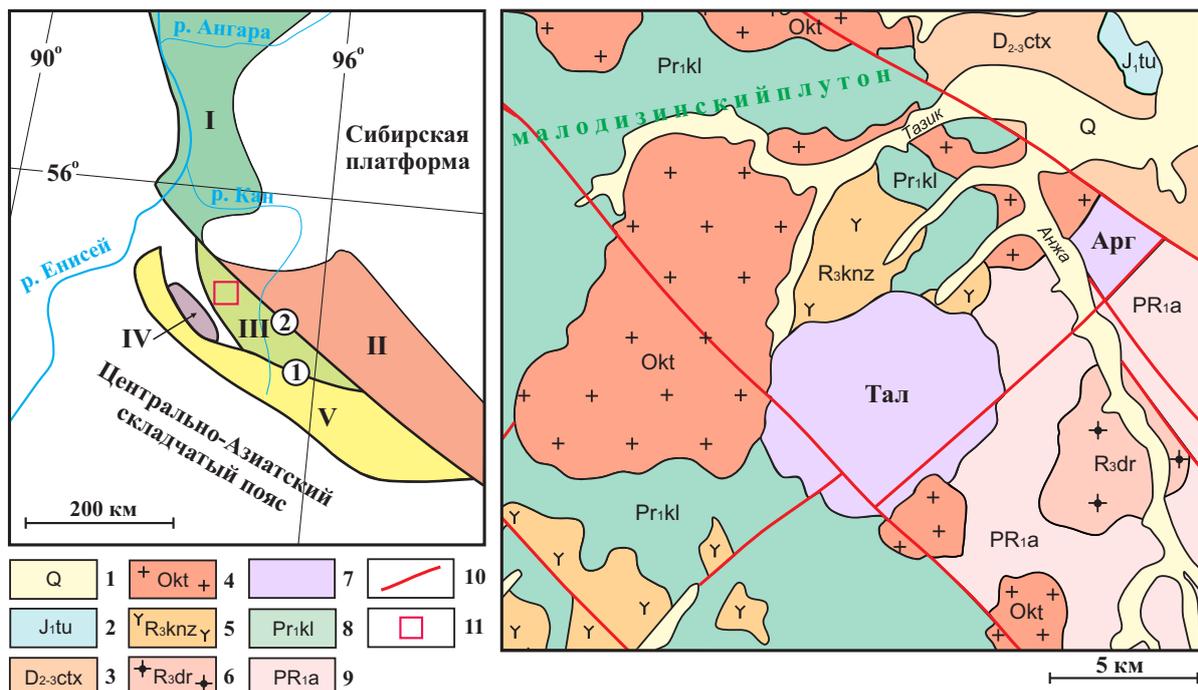


Рис. 1. Геологическая карта района локализации Талажинского и Аргысуцкого массивов в пределах Канской глыбы и ее положение в региональной структуре (составлено по материалам А.Н. Смагина, А.В. Ренжина, А.Г. Еханина, А.Д. Ножкина, О.М. Туркиной, А.И. Чернышова): 1 – четвертичная аллювиальная терригенная формация; 2 – юрская терригенно-угленосная формация: переясловская свита; 3 – средне-верхнедевонская карбонатно-терригенная формация: павловская, кунгусская свиты; 4 – ордовикская лейкогранитовая формация: кутурчинский комплекс; 5 – позднерипейская габбро-сиенитовая формация: кинзельюкский (казырский) комплекс; 6 – позднерипейская (?) формация микроклиновых гранитов: дербинский, широкологский комплексы (возможно полихронная); 7 – позднерипейская плагиодунит-троктолит-габбро-анортозитовая формация: Талажинский (Тал) и Аргысуцкий (Арг) массивы; 8 – раннепротерозойская (?) перидотит-пироксенит-габбровая формация: кулибинский комплекс (очевидно, полихронный); 9 – раннепротерозойская (?) орынская толща, преимущественно амфиболитовая с метакоматиитами; 10 – тектонические нарушения; 11 – расположение района исследования в Канской глыбе; На врезке положение Канской глыбы в структурах юго-западного обрамления Сибирской платформы. Выступы кристаллического фундамента платформы: 1 – Ангаро-Канский; 2 – Присаянский. Докембрийские структуры складчатого обрамления: 3 – Канский; 4 – Арзыбейский; 5 – Дербинский блоки. Разломы (цифры в кружках): 1 – Главный Восточносаянский; 2 – Канско-Агульский

Fig. 1. Geological map of the area of Talazhinsky and Argysuisky complexes localization within the Kan block and its position in regional structure (drawn by the data of A.N. Smagin, A.V. Renzhin, A.G. Ekhanin, A.D. Nozhkin, O.M. Turkina, A.I. Chernyshov): 1 – quaternary alluvial terrigenous formation; 2 – Jurassic terrigenous-coal formation: pereyaslav strata; 3 – middle Upper Devonian terrigenous-carbonate formation: pavlovskaya, kungusskaya strata; 4 – Ordovician leucogranite formation: kuturchinsky complex; 5 – late Riphean gabbro-syenitic formation: kinzelyuisky (kazyrsky) complex; 6 – late-Riphean (?) formation of microcline granites: derbinsky, shirokologsky complexes (probably polychromous); 7 – late-Riphean plagioclone-tractolite-gabbro-anorthite formation: Talazhinsky (Tal) and Argysuisky (Arg) complexes; 8 – Early Proterozoic (?) peridotite-pyroxenite-gabbro formation: kulibinsky complex (obviously polychromous); 9 – Early Proterozoic (?) orynskaya formation, essentially amphibolitic with metakomatiites; 10 – tectonic deformations; 11 – position of the area under study in the Kan block. The inset map demonstrates the position of the Kan block in structures of South-West framing of Siberian platform. Highs of platform crystalline basement: 1 – Angara-Kansk; 2 – Sayan. Pre-Cambrian folded framing structures: 3 – Kansk; 4 – Arzybeysky; 5 – Derbinsky blocks. Faults (numbers in circles): 1 – Main East-Sayan; 2 – Kansk-Agulsk

ности массив имеет округлую форму (6×7,5 км²) и сложен преимущественно плагиодунитами и троктолитами при подчиненной роли оливиновых габбро и анортозитов. В его разрезе А.Н. Смагиным (устное сообщение) выделены четыре мегаритма переслаивания снизу вверх плагиодунитов, троктолитов и анортозитов, с маломощными редкими прослоями оливиновых габбро. Подошва массива на юго-востоке падает под массив под углом 30...40° и контактирует с толщей стратифицированных амфиболитов, кальцифиров и мраморов.

По площадным размерам (более 40 км²), породному составу (плагиодуниты, троктолиты, оливиновые габбро и анортозиты), характеру ритмичности (4 горизонта мощностью 180...400 м и пачки по 2...26 м) и другим признакам в пределах Канской глыбы массив не имеет аналогов [10]. Вероятней всего, он представляет рифейскую дунит-троктолит-габбровую формацию, отмеченную на южной окраине Сибирской платформы множеством плохо изученных массивов, из которых некоторые известны своей сульфидной Ni рудоносностью [11].

Аргысукский габбровый массив выделен в самостоятельный объект из Малодизинского плутона, который в настоящее время также требует всестороннего изучения в силу его противоречивой комплексной и возрастной трактовки: пироксенит-габбровый – E_{2-3} по [12], манский существенно габбровый – E_{1-2} (по результатам ГСР 1978–1981 гг. на Кингашской площади под руководством А.Н. Смагина), кулибинский анортозит-пироксенит-габбровый – PR_1 (в легенде к геологической карте района 1:50000). Непосредственно возраст Аргысукского массива не определялся.

Массив расположен северо-восточнее Талажинского плутона на водоразделе истоков рр. Аргысук и Анжа (рис. 1), имеет на поверхности округлую форму ($3 \times 3,5 \text{ км}^2$) и сложен исключительно габброидами. Однако характер аэромагнитного поля на исследуемой территории (по данным А.Н. Смагина, 2008 г.), указывает на наличие в нижней его части пластины ультрамафитов и их практически полную сохранность в результате крайне слабого современного эрозийного среза последних. Учитывая, что весь Аргысукский массив полностью находится в контурах контрастной аэромагнитной аномалии, характеристики которой свойственны только рудоносным ультрамафитам в пределах Канской глыбы, а также наличие по результатам ГСР 1978–1981 гг. контрастного по содержанию (0,01 %) и короткого (1,5 км) потока рассеяния Ni, можно выделить ультрамафиты массива, скрытые на глубине под превалирующими на поверхно-

сти габбро, в ранг весьма перспективных на обнаружение промышленных концентраций Cu и Ni.

Петрографо-минералогическая характеристика пород

Породы Талажинского массива представлены преимущественно плагиодунитами и троктолитами при подчиненной роли анортозитов и оливиновых габбро.

Плагиодуниты – средне-, крупнозернистые (3...8 мм) породы с кумулятивной структурой и массивной текстурой, состоят на 80...90 % из хризолита (Fa_{18-20}) и 5...10 % основного плагиоклаза – битовнита (An_{76-77}) (табл. 1, 2). Аксессуарные минералы (до 5 %) представлены преимущественно зернами хромшпинелидов и очень редкими индивидуальными сульфидов (пирротин, пентландит).

Троктолиты – мелко-, крупнозернистые (1...7 мм) иногда порфировидные породы с габбровой структурой. Они состоят на 20...70 % из хризолита ($\text{Fa}_{16,5-17,5}$), на 25...70 % из битовнита (An_{77-81}) и до 10 % из гиперстена и роговой обманки, соответствующей магнезиальной и чермакитовой разновидностям [13]. Нередко в троктолитах отмечается мелкая (до 0,25 мм) вкрапленная магнетит-ильменит-хромшпинелиевая и пирротин-пентландит-халькопиритовая минерализация.

Оливиновые габбро имеют мелкозернистую габбровую структуру, массивную текстуру и сложены битовнитом (An_{78-85}) и лабрадором (An_{66-68}) – 40...50 %, хризолитом (Fa_{17-18}) – 30...40 % и клино-

Таблица 1. Химический состав оливина в породах Талажинского и Аргысукского массивов, мас. %

Table 1. Chemical composition of olivine in rocks of Talazhinsky and Argysuksky complexes, wt. %

Комплекс Complex	Талажинский массив Talazhinsky complex								Аргысукский интрузив Argysuksky intrusive						
	Pl-дунит Pl-dunite		Троктолит Troctolite				Ol-габбро Ol-gabbro		Ol-Hb габбро Ol-Hb gabbro				Ol-Px-Hb габбро Ol-Px-Hb gabbro		
Порода Rock	5014/7-2	5014/7-3	5014-1	5014-2	5014-3	5011-1	5011-2	5003/1-5	5003/1-6	2112/1-1	2112/1-2	2112/1-3	2112/1-8	2141-1	2141-7
Оксид oxide															
SiO ₂	39,003	38,862	39,484	39,756	38,167	39,67	39,976	39,463	39,384	38,709	38,781	39,135	39,016	39,194	38,706
TiO ₂	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,043	<0,044
Al ₂ O ₃	<0,063	<0,060	<0,059	<0,059	<0,062	<0,063	<0,063	<0,063	<0,063	<0,067	<0,065	<0,061	<0,064	<0,091	<0,064
Cr ₂ O ₃	<0,043	<0,044	<0,044	<0,044	<0,043	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,044	<0,043	<0,044	<0,043	<0,044
FeO _{tot}	17,85	17,55	16,20	15,44	15,94	15,77	15,30	16,51	17,08	19,26	17,74	17,90	18,78	18,79	19,30
MnO	0,21	0,26	0,23	0,21	0,23	0,23	0,20	0,27	0,30	0,38	0,37	0,36	0,40	0,36	0,41
MgO	42,25	42,55	43,75	44,34	44,96	44,25	44,54	43,51	43,05	41,08	42,53	42,36	41,53	41,13	40,49
CaO	0,04	<0,033	0,03	<0,033	0,04	<0,032	0,06	<0,033	<0,033	0,08	0,16	<0,032	0,06	<0,032	<0,032
Na ₂ O	0,06	<0,039	<0,039	<0,039	<0,041	<0,041	<0,041	<0,039	<0,039	0,05	<0,041	<0,039	<0,040	<0,058	<0,040
NiO	0,18	0,14	0,17	0,12	0,18	0,21	0,21	0,14	0,12	0,10	0,10	<0,067	0,10	0,10	0,09
Сумма	99,584	99,359	99,87	99,871	99,526	100,13	100,284	99,889	99,935	99,663	99,674	99,75	99,879	99,567	98,992
Fa (мол. %)	19,2	18,8	17,2	16,3	16,6	16,7	16,2	17,6	18,2	20,8	18,9	19,2	20,2	20,4	21,1

Примечание: здесь и далее анализы минералов выполнены на электронном сканирующем микроскопе «Tescan Vega II XMU», оборудованном энергодисперсионным спектрометром (с полупроводниковым Si (Li) детектором INCA x-sight) INCA Energy 450 и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700 в ИЭМ РАН (г. Черногловка) оператором А.Н. Некрасовым. Fa – содержание fayalite молекулы, $Fa = [Fe / (Fe + Mg)] \times 100$; Pl-дунит – плагиодунит; Ol-габбро – оливиновое габбро; Ol-Hb габбро – оливин-роговообманковое габбро; Ol-Px-Hb габбро – оливин-пироксен-роговообманковое габбро.

Note: hereinafter the minerals are analyzed on electron scanning microscope «Tescan Vega II XMU», equipped with energy-dispersive spectrometer (with semiconductor Si (Li) detector INCA x-sight) INCA Energy 450 and wave-dispersive spectrometer INCA Wave 700 in IEM RAS (Chernogolovka) by A.N. Nekrasov. Fa is the content of fayalite molecule, $Fa = [Fe / (Fe + Mg)] \times 100$; Pl-dunite is plagioclite; Ol-gabbro is olivine gabbro; Ol-Hb gabbro is olivine-hornblend gabbro; Ol-Px-Hb gabbro is olivine-pyroxene-hornblend gabbro.

Таблица 2. Химический состав плагиоклаза в породах Талажинского и Аргысукского массивов, мас. %**Table 2.** Chemical composition of plagioclase in rocks of Talazhinsky and Argysuksky complexes, wt. %

Массив Complex	Порода Rock	Образец Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO _{tot}	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма Sum	An (мол. %)
Талажинский Talazhinsky	Pl-дунит Pl-dunite	5014/7-6	48,82	0,07	32,69	0,26	<0,051	0,04	15,72	2,62	0,07	100,28	76,5
		5014/7-7	48,01	<0,045	32,61	0,24	<0,051	0,04	15,55	2,51	0,06	99,02	77,1
		5014/7-8	48,88	0,06	32,99	0,27	<0,051	<0,033	15,37	2,67	0,06	100,30	75,8
	Троктолит Troctolite	5014-4	47,97	<0,046	32,15	0,48	<0,051	0,10	16,52	1,98	0,39	99,59	80,4
		5014-5	47,95	0,05	32,90	0,56	<0,050	0,07	15,52	2,53	0,06	99,62	77,0
		5011-4	47,27	0,05	32,73	0,26	<0,050	0,05	16,78	2,14	0,03	99,31	81,1
		5011-5	47,16	<0,045	33,38	0,18	<0,050	0,05	16,25	2,16	<0,029	99,19	80,6
	Ol-габбро Ol-gabbro	5003/1-7	47,24	0,05	33,46	0,30	<0,050	0,04	16,36	2,00	0,08	99,53	81,5
		5003/1-8	47,29	0,05	33,01	0,35	<0,050	0,04	16,78	1,87	0,07	99,45	82,9
		5003/1-9	47,40	0,06	31,66	0,78	<0,051	0,37	18,06	1,58	0,25	100,16	85,1
		5003/1-11	48,12	0,06	33,08	0,21	<0,050	0,05	15,81	2,37	0,08	99,77	78,3
		5003/5-4	51,22	<0,044	31,00	0,65	<0,050	<0,034	13,31	3,80	<0,029	99,98	66,0
		5003/5-5	49,10	<0,045	32,50	0,14	<0,050	0,08	15,28	2,78	<0,029	99,88	75,2
		5003/5-6	50,92	<0,045	30,77	0,46	<0,050	0,05	13,70	3,56	<0,029	99,45	68,0
	Анортозит Anorthosite	5015/1-1	42,29	0,06	32,92	0,55	<0,052	0,11	23,05	0,66	<0,029	99,64	95,0
		5015/1-4	48,62	0,06	32,17	0,54	<0,050	0,13	15,54	2,54	0,07	99,67	76,9
		5015/1-3	41,06	0,06	33,43	0,56	0,09	0,11	24,66	0,07	<0,029	100,03	99,4
		5020/2-1	48,32	<0,045	33,09	0,35	<0,050	0,09	15,84	2,49	0,06	100,24	77,5
		5020/2-2	48,47	<0,045	32,77	0,37	<0,050	0,08	15,82	2,37	0,07	99,95	78,4
	5020/2-3	49,12	0,07	32,62	0,26	<0,051	0,06	14,91	2,91	0,05	100,00	73,7	
	Аргысукский Argysuksky	Ol-Hb габбро Ol-Hb gabbro	2112/1-4	53,60	0,05	28,76	0,30	<0,049	<0,033	11,64	4,78	0,16	99,29
2112/1-5			52,89	0,06	30,03	0,37	<0,050	0,06	11,87	4,51	0,17	99,94	58,7
2112/1-6			50,18	0,05	31,06	0,24	<0,050	<0,034	14,11	3,30	0,09	99,03	69,8
Ol-Px-Hb габбро Ol-Px-Hb gabbro		2141-3	49,87	<0,044	31,18	0,53	<0,050	0,91	13,53	3,19	0,05	99,26	69,9
		2141-4	50,43	0,06	31,29	0,69	<0,050	0,21	13,42	3,45	0,19	99,75	67,5
		2141-5	50,33	<0,045	31,14	0,59	<0,050	1,21	13,76	3,13	0,04	100,19	70,7
		2141-6	50,63	0,05	31,41	0,28	<0,050	0,06	13,54	3,68	0,14	99,89	66,5

Примечание: An – содержание анортитовой молекулы, $An = [Ca / (Ca + Na + K)] \times 100$.

Note: An is the content of anorthite molecule, $An = [Ca / (Ca + Na + K)] \times 100$.

пироксеном до 20 %. В них отмечаются мелкие рудные минералы (до 0,5 мм), аналогичные наблюдаемым в троктолитах.

Анортозиты – мелко-, среднезернистые (1...4 мм) породы с панидоморфной структурой, а при наличии ксеноморфного клинопироксена приобретают гипидиоморфную. Характерна массивная текстура. Они на 90...100 % состоят из биовнита (An_{74-88}) либо анортита (An_{95-99}), изредка в их составе до 10 % отмечается клинопироксен. Рудные минералы представлены железотитанистой окисной минерализацией: рутилом, магнетитом, ильменитом и нигрином.

Аргысукский массив слагают габброиды, представленные преимущественно оливин-пироксен-роговообманковыми габбро, которые часто амфиболлизированы. Они обычно имеют массивную текстуру, однако в лейкократовых разностях нередко обнаруживают трахитоидную, обусловленную субпараллельной ориентировкой порфиридных призматических зерен плагиоклаза. Основная масса мелко-, среднезернистая габбро-офитовая с размерами зерен 1...3,5 мм. Габбро сложены главным образом оливином – хризолитом (Fa_{19-21}) ~5...25 %, плагиоклазом – лабрадором (An_{57-70}) ~50...70 % и клинопироксеном до 30 %, встречаются коричне-

во-бурая роговая обманка, биотит (табл. 1, 2). Из вторичных минералов отмечаются уралит, актинолит и хлорит. Рудные минералы распределены неравномерно, иногда до 5 %. Они имеют субизометричную либо ксеноморфную форму и размеры менее 1 мм.

Вокруг рудных минералов часто встречаются венцовые каймы роговой обманки, либо биотита.

Особенности минералогического состава

Распределение фигуративных точек составов оливинов и плагиоклазов из габброидов обоих массивов на бинарных диаграммах (рис. 2) обнаруживают отчетливые тренды, отражающие эволюционную направленность изменения состава минералов в процессе их кристаллизации из производных дифференцированных магматических расплавов. При этом оливины и плагиоклазы из габброидов Аргысукского массива кристаллизовались из наиболее поздних порций дифференцированных основных расплавов. Оливин в породах Аргысукского массива отличается от Талажинского меньшими содержаниями MgO, SiO₂ и большими FeO, а плагиоклаз – меньшими содержаниями CaO, Al₂O₃ и большими SiO₂. При этом составы плагиоклазов из оливиновых габбро обоих массивов перекрываются.

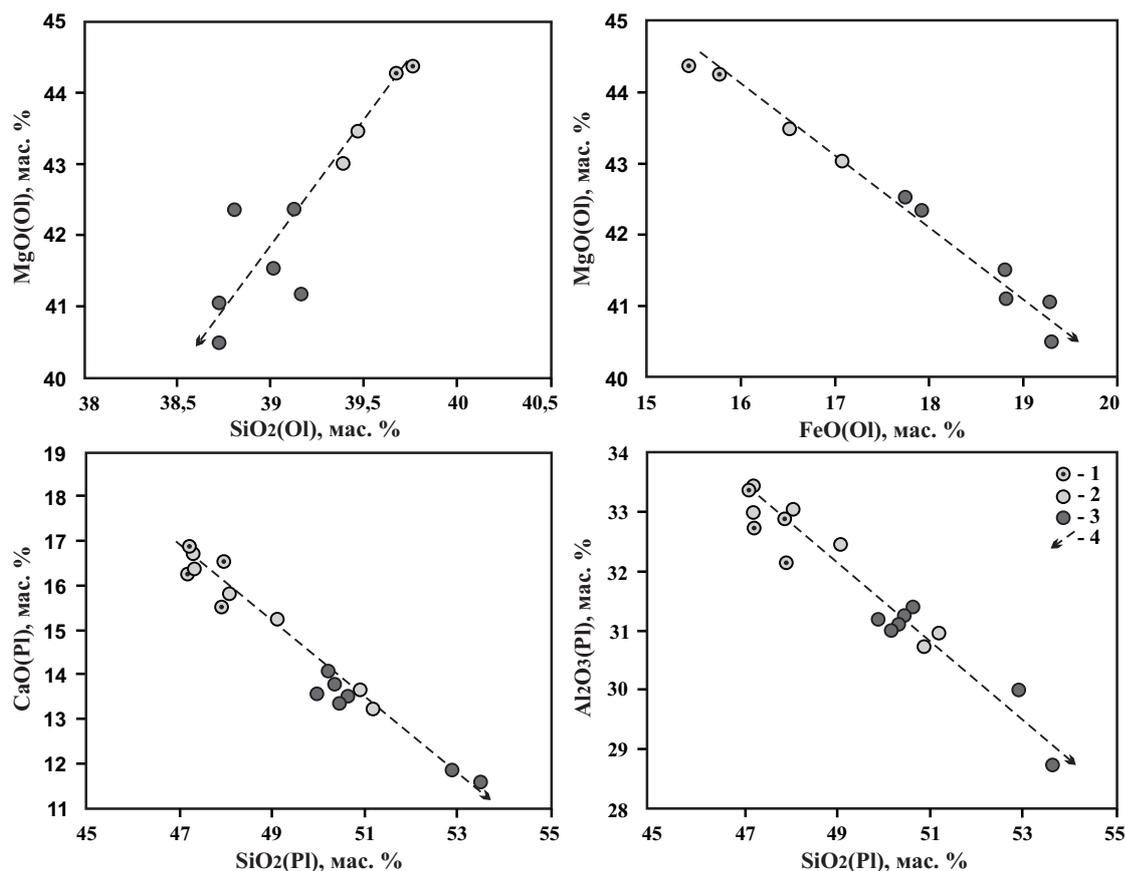


Рис. 2. Бинарные диаграммы для оливинов (OI) и плагиоклазов (Pl) из габброидов исследуемых массивов: 1 – троктолиты Талажинского массива; 2 – оливиновые габбро Талажинского массива; 3 – габброиды Аргысукского массива; 4 – эволюционный тренд магматического расплава

Fig. 2. Binary diagrams for olivines (OI) and plagioclases (Pl) from gabbroids of the considered complexes: 1 – troctolites of Talazhinsky complex; 2 – olivinic gabbro of Talazhinsky complex; 3 – gabbroids of Argysuksky complex; 4 – evolution trend of magmatic melt

Петрохимические особенности

Для Талажинского и Аргысукского массивов фигуративные точки ультрамафитов и габброидов на бинарных диаграммах (рис. 3, а, б) образуют линейное распределение в виде единого эволюционного тренда. При снижении содержаний MgO в породах от ультрамафитов к габброидам отмечается уменьшение FeO и увеличение содержаний CaO и Al₂O₃, при этом габброиды Аргысукского массива ложатся в область оливиновых габбро Талажинского массива.

На других бинарных диаграммах (рис. 3, в, г) оливиновые габбро Талажинского массива и габброиды Аргысукского массива отклоняются от общей тенденции основного эволюционного тренда и формируют самостоятельный «гибридный» тренд. Он характеризуется постепенным незначительным уменьшением глиноземистости и незначительным увеличением железистости по мере увеличения роли кремнезема в данных породах. Эти породы отличаются повышенными содержаниями TiO₂, Na₂O, K₂O и P₂O₅ по сравнению с общей тенденцией, вытекающей из основного тренда фракционирования.

Появление «гибридного» тренда в габброидах Талажинского и Аргысукского массивов сближает их с аналогичными породами массивов Войсис-Бей (Лабрадор, Канада) и Йоко-Довыренский (Северное Прибайкалье, Россия) [14–16], с которыми связаны сульфидные медно-никелевые месторождения. Такое сходство позволяет отнести исследуемые массивы в разряд перспективных на обнаружение медно-никелевого оруденения.

Геохимические особенности

Ультрамафиты и габброиды Талажинского массива и габброиды Аргысукского массива характеризуются практически однотипными по форме графиками распределения редкоземельных элементов (РЗЭ). Однако габброиды Аргысукского массива отличаются более высокими (на порядок выше) концентрациями РЗЭ (рис. 4, а), что, очевидно, связано с образованием из наиболее поздних дифференцированных расплавов. Это подтверждает результаты петрохимического исследования. Для пород обоих массивов характерен выраженный Eu-максимум, который наиболее отчетливо проявлен в Талажинском массиве (ультрама-

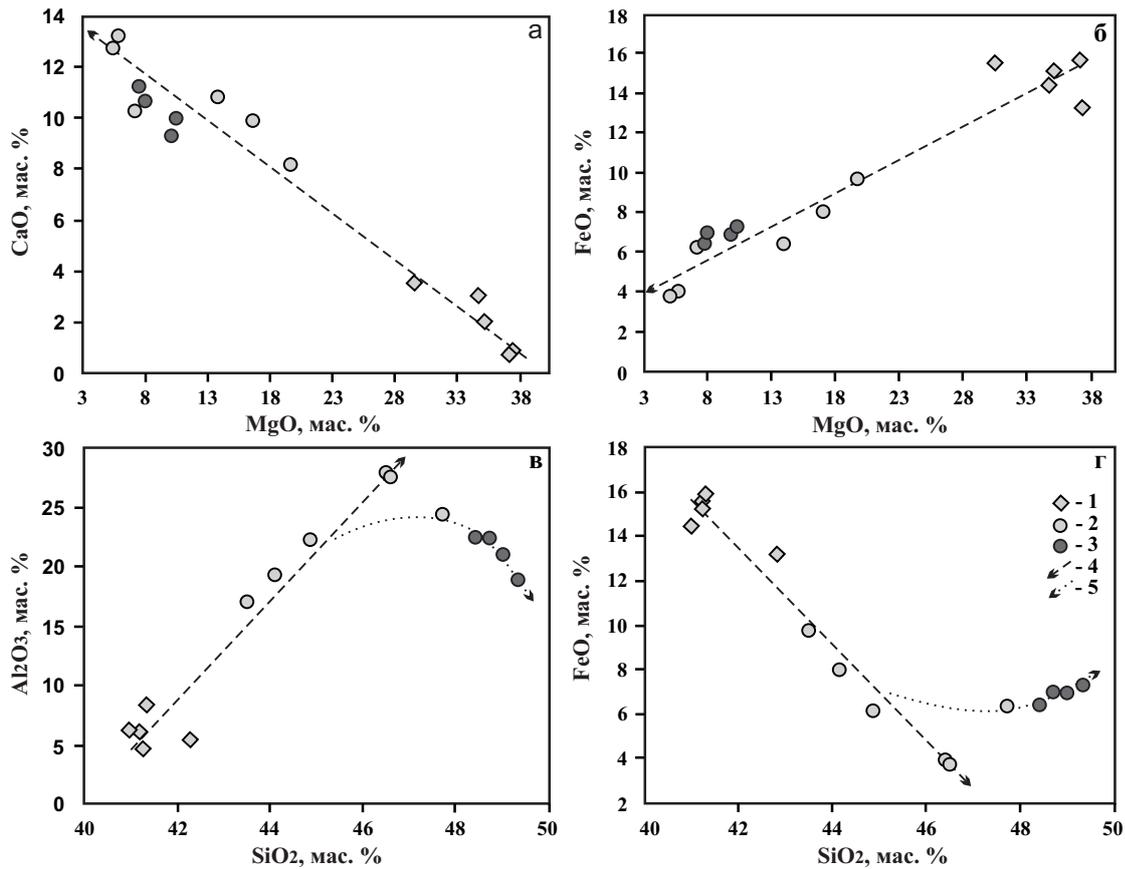


Рис. 3. Бинарные диаграммы для пород исследуемых массивов: 1 – ультрамафиты Талажинского массива; 2 – габброиды Талажинского массива; 3 – габброиды Аргысуцкого массива; 4 – основной эволюционный тренд магматического расплава; 5 – «гибридный» тренд, характерный для рудоносных пород рифейской дунит-троктолит-габбровой формации

Fig. 3. Binary diagrams for rocks of the considered complexes: 1 – ultramafites of Talazhinsky complex; 2 – gabbroids of Talazhinsky complex; 3 – gabbroids of Argysuisky complex; 4 – main evolution trend of magmatic melt; 5 – «hybrid» trend, typical for ore-bearing rocks of Riphean dunite-troctolite-gabbro formation

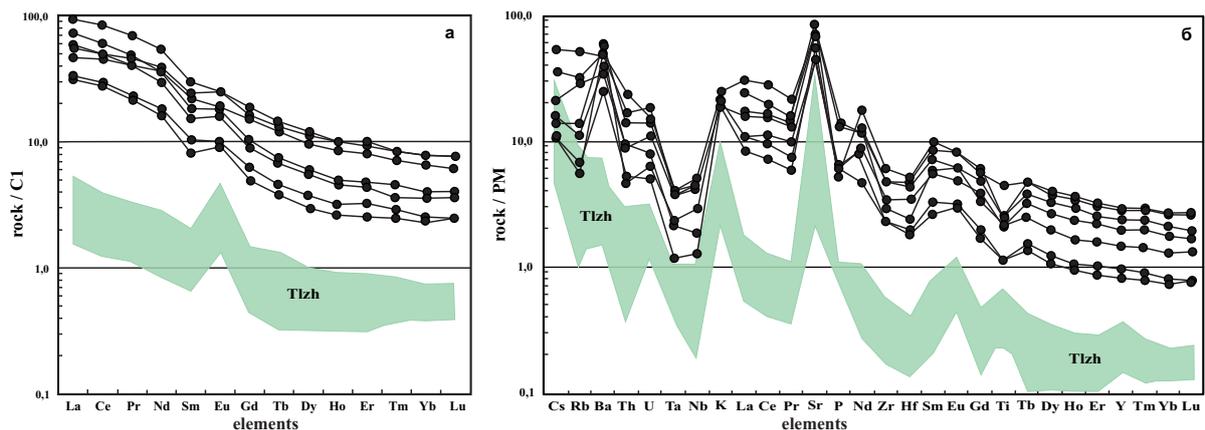


Рис. 4. Диаграммы распределения элементов лантаноидной группы (а), нормированных по углисту хондриту C1 [17] и спайдер-диаграммы для наиболее распространенных примесных элементов (б), нормированных по примитивной мантии [18] в породах Талажинского (зеленое поле Tlzh) и габброидах Аргысуцкого массивов

Fig. 4. Diagrams of distribution of lanthanide group elements (a), normalized by chondrite carbonaceous C1 [17] and spider plots for the most wide-spread doping elements (б), normalized by primitive mantle [18] in rocks of Talazhinsky (green field Tlzh) and gabbroids of Argysuisky complexes

фиты: $(Eu/Eu^*)_n = 1,48 \dots 2,61$; габброиды: $(Eu/Eu^*)_n = 2,11 \dots 3,97$ и «затухает» в габброидах Аргысуцкого массива $((Eu/Eu^*)_n = 1,03 \dots 1,42)$. Породы массивов имеют общий пологий отрицательный наклон спектров, что обусловлено постепенным уменьшением концентраций РЗЭ от легких к тяжелым (талажинские: $(La/Yb)_n = 3,49 \dots 8,98$; аргысуцкие: $(La/Yb)_n = 6,32 \dots 18,52$).

Сопоставление распределения примесных элементов в породах рассматриваемых массивов на многокомпонентной диаграмме (рис. 4, б) также обнаруживает их большое геохимическое сходство. При этом в Аргысуцком массиве породы отличаются более высокими концентрациями этих элементов. В обоих массивах отмечаются Ba, U, K, Sr, Sm-Eu положительные пики и Rb, Th, Ta-Nb, La-Ce-Pr, Zr-Hf отрицательные пики. Отличие заключается в отсутствии в габброидах Аргысуцкого массива небольшого Y положительного пика, характерного для пород Талажинского массива, а также отрицательная природа Ti пика, который для пород Талажинского массива на спектрах положительный.

Интерпретация геодинамической обстановки

Как было показано авторами ранее [19], формирование Талажинского массива происходило в обстановке островной дуги. В пользу данного вывода указывает преобладание в составе расслоенной серии пород массива троктолитов, присутствие линз и прослоев анортозитов с высокой основностью плагиоклаза (An_{75-99}), постоянное присутствие в ультрамафитах плагиоклаза (до 15 %) [20]. Поми-

мо этого, габброиды массива по минералогическим особенностям и химизму близки алливалитовым и эвкритовым включениям в современных островодужных вулканитах [21].

Использование диаграмм Zr/Nb–Nb/Th и Nb/Y–Zr/Y (рис. 5), предложенных К. Конди [22], позволяет смоделировать геодинамическую обстановку кристаллизации Талажинского и Аргысуцкого массивов и предположить возможный источник вещества, из которого произошло зарождение общего родоначального расплава.

На диаграмме Nb/Y–Zr/Y фигуративные точки составов пород Талажинского массива попадают в поле базальтов океанического плато и изначально близки примитивной мантии. Габброиды Аргысуцкого массива формируют фигуративный рой точек, сменяющий пространственно габброиды Талажинского массива. Они смещаются с поля базальтов океанических плато и преимущественно ложатся в поле базальтов океанических островов. В ориентации пород обоих массивов отчетливо отмечается влияние на исходное вещество источника субдукционных флюидов.

На второй диаграмме Zr/Nb–Nb/Th фигуративные точки составов пород как Талажинского, так и Аргысуцкого массивов формируют достаточно компактный единый рой в области островодужных базальтов. При этом составы пород близки к компонентно обогащенному расплаву (рис. 5).

Полученные результаты позволяют предположить следующий сценарий генерации и эволюции магматического расплава при формировании пород Талажинского и Аргысуцкого массивов. Ис-

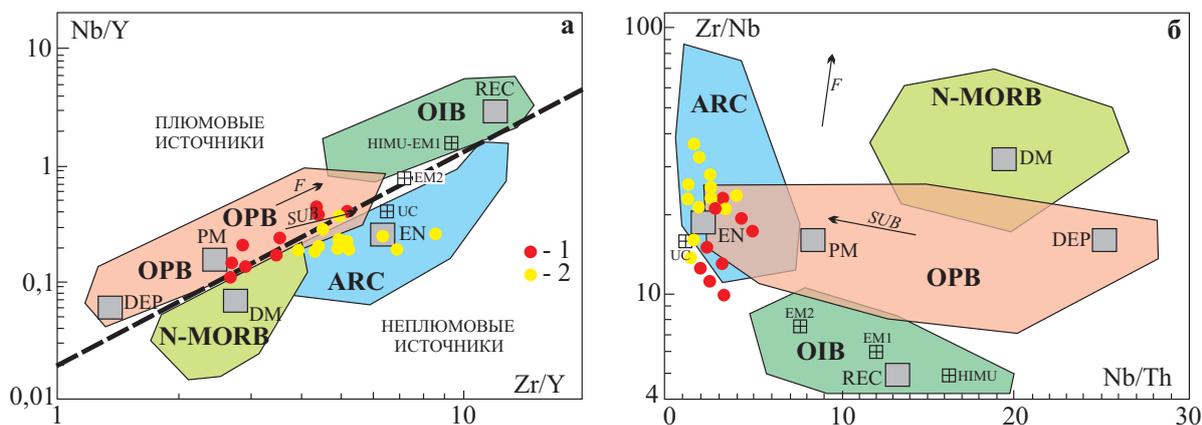


Рис. 5. Положение составов пород Талажинского (красные кружки) и Аргысуцкого (желтые кружки) массивов на диаграммах Nb/Y–Zr/Y и Zr/Nb–Nb/Th [22]: UC – верхняя континентальная кора; PM – примитивная мантия; DEP – глубинная деплетированная мантия; REC – рециклированный компонент; EN – обогащенный компонент; HIMU – источник с высоким отношением U/Pb; EM1 и EM2 – обогащенные мантийные источники; ARC – островодужные базальты; N-MORB – базальты срединно-океанических хребтов; OIB – базальты океанических островов; OPB – базальты океанических плато. Стрелками показаны эффекты частичного плавления (F) и влияния субдукционных флюидов (SUB). Утолщенная штриховая линия на диаграмме – вероятная граница, разделяющая плюмовые и неплюмовые источники

Fig. 5. Position of rock composition of Talazhinsky (red circles) and Argysuksky (yellow circles) complexes on the diagrams Zr/Nb–Nb/Th and Nb/Y–Zr/Y [22]: UC is the upper continental crust; PM is the primitive mantle; DEP is the deep depleted mantle; REC is the re-cycled component; EN is the enriched component; HIMU is the source with high U/Pb ratio; EM1 and EM2 are the enriched mantle sources; ARC are the island-arc basalts; N-MORB are the basalts of mid-oceanic ridges; OIB are the basalts of oceanic islands; OPB are the basalts of oceanic uplands. The effects of partial melting (F) and impact of subduction fluids (SUB) are marked by the arrows. The heavy dashed line on the diagram is the likely bound separating plum and non-plum sources

ходным веществом для зарождения родоначального расплава явились, очевидно, толеитовые базальты океанического плато, близкие по составу примитивной мантии. При поглощении океанической коры с плато в зоне субдукции происходило ее расплавление с образованием магматического расплава, который в последующей эволюции внедрялся по ослабленным зонам в верхние части земной коры и сопровождался контаминацией материала вмещающих пород. В пользу последнего предположения служат высокие нормативные содержания типичных коровых элементов – Ва и Sr – в породах исследуемых массивов [14]. В магматической камере в процессе кристаллизационной дифференциации происходило формирование расслоенной мафит-ультрамафитовой серии пород, представленной наиболее полно в обнаженной части Талажинского массива и частично в Аргысукском.

Выводы

Проведенные петрологические исследования позволяют судить о высоком сходстве Талажинского плагиодунит-троктолит-габбро-анортозитового и Аргысукского габбрового массивов, расположенных в северо-западной части Восточного Саяна. Авторы допускают, что дополнительные детальные исследования этих объектов позволят впоследствии при совершенствовании региональных схем корреляции объединить их в единый формацион-

ный комплекс. Возможно, оба массива вообще представляют собой единое интрузивное тело, которое сформировалось в условиях островной дуги из исходного высокоглиноземистого оливин-базальтового расплава, для которого характерны повышенная магнезиальность при низких концентрациях HFSE (Ti, Zr, REE), обогащенность LREE, положительная Eu-аномалия. Проявленные на мультиэлементных спектрах сравниваемых массивов отчетливые Ta-Nb-минимумы и Ba, Sr-максимумы позволяют предполагать, что формирование очагов исходных расплавов происходило за счет толеитовых базальтов океанического плато при их плавлении в зоне субдукции. Последующая эволюция расплава обусловлена процессами его перемещения в земной коре, которые сопровождалась контаминацией вмещающих пород. Расслоенность интрузии, в свою очередь, очевидно, обусловлена процессами магматической и кристаллизационной дифференциации в магматической камере.

Талажинский и Аргысукский массивы можно отнести к разряду перспективных объектов на выявление медно-никелевого оруденения, так как слагающие их породы обнаруживают значительное сходство по особенностям вещественного состава с аналогичными породами массивов Войсис-Бей (Лаборатория, Канада) и Йоко-Довыренский (Северное Прибайкалье, Россия), с которыми связаны Pt-Cu-Ni месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платиноносность ультрамафит-мафитов Монголии и Тувы / Л.В. Агафонов., Ж. Лхамсурэн, К.С. Кужугет, Ч.К. Ойдул. – Улаанбаатар: Монгольский государственный университет науки и технологии, 2005. – 224 с.
2. Геология и перспективы сульфидного Pt-Cu-Ni оруденения Восточной части Алтае-Саянской складчатой области / С.С. Сердюк, В.А. Кириленко, Г.Р. Ломаева, В.Е. Бабушкин, А.В. Тарасов, А.И. Зверев. – Красноярск: Изд-во «Город», 2010. – 184 с.
3. Юричев А.Н. Мафит-ультрамафитовый магматизм Канской глыбы и его рудный потенциал, Северо-Запад Восточного Саяна // Руды и металлы. – 2013. – № 3. – С. 11–20.
4. Поляков Г.В., Изох А.Э., Кривенко А.П. Платиноносные ультрамафит-мафитовые формации подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47. – № 12. – С. 1227–1241.
5. Юричев А.Н., Чернышов А.И. Рудная минерализация перидотитов и габброидов кулибинского комплекса (северо-запад Восточного Саяна) // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 64–70.
6. Черкасова Т.Ю., Мазуров А.К., Чернышов А.И. Потенциальная рудоносность расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов Нижнедербинского комплекса (СЗ Восточного Саяна) // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 20–27.
7. Field Relationships and Geochemical Constraints on the Emplacement of the Jinchuan Intrusion and its Ni-Cu-PGE Sulfide Deposit, Gansu, China / J. Lehmann, N. Arndt, B. Windley, M.-F. Zhou, C.Y. Wang, C. Harris // Econ. Geol. – 2007. – V. 102. – P. 75–94.
8. Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов Юга Сибири / под ред. В.И. Богникова, А.П. Кривенко, А.Э. Изоха и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 1995. – 151 с.
9. Зеленокаменные пояса юго-западного обрамления Сибирской платформы и их металлогения / Т.Я. Корнев, А.Г. Еханин, В.Н. Князев, С.К. Шарифулин. – Красноярск: КНИИГиМС, 2004. – 176 с.
10. Юричев А.Н., Чернышов А.И., Конников Э.Г. Талажинский плагиодунит-троктолит-анортозит-габбровый массив Восточного Саяна: петрохимические особенности и проблемы рудоносности // Геология и геофизика. – 2013. – № 2. – С. 219–236.
11. Кислов В.Е., Конников Э.Г. Рифейская эпоха платинометалло-медно-никелевого рудообразования // Проблемы геологии и геохимии юга Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 2000. – С. 67–72.
12. Ящук В.И. Магматические комплексы зоны Манского разлома (Восточный Саян): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Канск, 1975. – 124 с.
13. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names / B.E. Leake, A.R. Woolley, C.E.-S. Arps, W.D. Birch, M.Ch. Gilbert, J.D. Grice, F.C. Hawthorne, A. Kato, H.J. Kisch, V.G. Krivovichev, K. Linthout, J. Laird, J.A. Mandarino, W.V. Maresch, E.H. Nickel, N.M.-S. Rock, J.C. Schumacher, D.C. Smith, N.C.-N. Stephenson, L. Ungaretti, E.J.-W. Whittaker // Canadian Mineralogist. – 1997. – V. 35. – P. 219–246.
14. Налдретт А.Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд. – СПб.: СПбГУ, 2003. – 487 с.
15. Кислов Е.В. Йоко-Довыренский расслоенный массив. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1998. – 265 с.
16. Довыренский интрузивный комплекс: проблемы петрологии и сульфидно-никелевой минерализации / А.А. Арискин, Э.Г. Конников, Л.В. Данюшевский, Е.В. Кислов, Г.С. Никола-

- ев, Д.А. Орсов, Г.С. Бармина, К.А. Бычков // Геохимия. – 2009. – № 5. – С. 451–480.
17. Anders E., Grevesse N. Abundances of the elements: meteoritic and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1989. – V. 53. – P. 197–214.
18. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Geol. Soc. Spec. Publ.* – 1989. – № 42. – P. 313–345.
19. Юричев А.Н., Чернышов А.И. Родоначальный расплав и геодинамика расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов Канской глыбы Восточного Саяна // *Известия Томского политехнического университета.* – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 128–135.
20. Высокоглиноземистые расслоенные габброиды Центрально-Азиатского складчатого пояса (геохимические особенности, возраст и геодинамические условия формирования) / А.Э. Изов, Г.В. Поляков, А.С. Гибшер, П.А. Балыкин, Д.В. Журавлев, В.А. Пархоменко // *Геология и геофизика.* – 1998. – Т. 39. – № 11. – С. 1565–1577.
21. Габброидные ассоциации различных геодинамических обстановок (на примере Центрально-Азиатского складчатого пояса) / А.Э. Изов, Р.А. Шелепаев, А.В. Лавренчук, В.В. Егорова // *Современные задачи петрологии и геодинамики в развитии концепции рационального природопользования: матер. школы-семинара.* – Томск: ЦНТИ, 2006. – С. 71–82.
22. Condie K. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // *Lithos.* – 2005. – V. 79. – P. 491–504.

Поступила 07.07.2014 г.

UDC 552.321.6:553.08

TALAZHINSKY AND ARGYSUKSKY COMPLEXES: PETROLOGO-GEOCHEMISTRY COMMON TRAITS (NORTHWEST OF EASTERN SAYAN)

Alexey N. Yurichev,

Cand. Sc., National Research Tomsk State University, 36, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: juratur@sibmail.com

Alexey I. Chernyshov,

Dr. Sc., National Research Tomsk State University, 36, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: aich@ggf.tsu.ru

Relevance of the research is caused by the need of detailed petrological studies of numerous potentially mineralized mafic-ultramafic massifs of the Kan block of the Eastern Sayan to improve the correlation of regional schemes, and to identify in them Pt-Cu-Ni mineralization.

The main aim of the study is to proof the substantial similarity of Talazhinsky and Argysuksky massifs and their possible inclusion in a single formational type.

The methods used in the study: petrographic characteristics on the polarizing microscope AxioScope Carl Zeiss, petrochemical composition of rocks by RFA, and rare earth elements by ICP-MS, the chemical composition of minerals on the scanning electron microscope Tescan Vega II XMU, equipped with energy-dispersive spectrometry (with a semiconductor Si (Li) detector INCA x-sight) INCA Energy 450 and wave-dispersive spectrometer INCA Wave 700.

The results. The authors have studied the petrological and geochemical features of Talazhinsky and Argysuksky massifs of the Kansk block of the Eastern Sayan and revealed their high similarity. They admit that further detailed studies of these objects allow combining them into a single formation complex when improving regional schemes of correlation. It was assumed that both massifs are a unified intrusive body, which was formed under the conditions of the island arc from original high-alumina olivine-basalt melt. The emergence of foci of the initial melt occurred from tholeiitic basalts of oceanic plateau at their melting in the subduction zone. The subsequent evolution of the melt is conditioned by its movement in the earth's crust, accompanied by contamination of the host rocks. Stratification of intrusion, is obviously caused by magmatic crystallization and differentiation in the magma chamber. Both massifs are classified as promising objects for identifying copper-nickel mineralization.

Key words:

Mafic-ultramafic layered massifs, petrography, petrochemistry, geochemistry, geodynamic, ore mineralization.

REFERENCES

1. Agafonov L.V., Lkhamsuren J., Kuzhuget K.S., Oydup Ch.K. *Platinosnost ultramafit-mafitov Mongolii i Tuva* [Ultramafic-mafic PGE of Mongolia and Tuva]. Ulaanbaatar, Mongolian University of Science and Technology, 2005. 224 p.
2. Serdyuk S.S., Kirilenko V.A., Lomaeva G.R., Babushkin V.E., Tarasov A.V., Zverev A.I. *Geologiya i perspektivy sulfidnogo Pt-Cu-Ni orudneniya Vostochnoy chasti Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti* [Geology and prospects of sulfide Pt-Cu-Ni mineralization of eastern part of the Altay-Sayan folded area]. Krasnoyarsk, Gorod Publ., 2010. 184 p.
3. Yurichev A.N. Mafit-ultramafitovy magmatizm Kanskoy glyby i ego rudny potentsial, Severo-Zapad Vostochnogo Sayana [Mafic-ultramafic magmatism of Kansk block and its ore potential, NW Eastern Sayan]. *Rudy i metally*, 2013, no. 3, pp. 11–20.
4. Polyakov G.V., Izokh A.E., Krivenko A.P. Platinosnye ultramafit-mafitovyye fopmatsii podvizhnykh poyasov Tsentralnoy i Yugo-Vostochnoy Azii [Pt-bearing ultramafic-mafic formations of mobile belts in Central and South-Eastern Asia]. *Russian Geology and Geophysics*, 2006, vol. 47, no. 12, pp. 1227–1241.
5. Yurichev A.N., Chernyshov A.I. Rudnaya mineralizatsiya peridotitov i gabbroidov kulibinskogo kompleksa (severo-zapad Vostochnogo Sayana) [Ore mineralization of peridotites and gabbros of the Kulibinsky complex (north-west of the Eastern Sayan)]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 319, no. 1, pp. 64–70.
6. Cherkasova T.Yu., Mazurov A.K., Chernyshov A.I. Potentsialnaya rudonosnost rassloennykh mafit-ultramafitovykh massivov Nizhnederbinskogo kompleksa [Potential ore-bearing of layered mafic-ultramafic massifs of the Nizhnederbinsky complex (NW East Sayan)]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2010, vol. 317, no. 1, pp. 20–27.
7. Lehmann J., Arndt N., Windley B., Zhou M.-F., Wang C.Y., Harris C. Field Relationships and Geochemical Constraints on the Emplacement of the Jinchuan Intrusion and its Ni-Cu-PGE Sulfide Deposit, Gansu, China. *Econ. Geol.*, 2007, vol. 102, pp. 75–94.
8. *Platinosnost ultrabazit-bazitovykh kompleksov Yuga Sibiri* [PGE mafic-ultramafic complexes of South Siberia]. Ed. V.I. Bog-nibova, A.P. Krivenko, A.E. Izokh. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, Branch «Geo», 1995. 151 p.
9. Kornev T.Ya., Ekhanin A.G., Knyazev V.N., Sharifulin S.K. Zelenokamennyye poyasa yugo-zapadnogo obramleniya Sibirskoy platformy i ikh metallogeniya [Greenstone belts of southwestern framing of the Siberian platform and their metallogeny]. Krasnoyarsk, KNIIGiMS Press, 2004. 176 p.
10. Yurichev A.N., Chernyshov A.I., Konnikov E.G. Talazhinsky plagiodunit-troktolit-anortozit-gabbrovyy massiv Vostochnogo Sayana: petrogeokhimicheskie osobennosti i problemy rudonosnosti [The Talazhin plagiodunit-troctolite-anorthosite-gabbro massif (East Sayan): petrogeochemistry and ore potential]. *Russian Geology and Geophysics*, 2013, vol. 54, no. 2, pp. 219–236.
11. Kislov V.E., Konnikov E.G. Rifeyskaya epokha platinometalno-medno-nikelevogo rudoobrazovaniya [Riphean era of PGE-copper-nickel mineralization]. *Problemy geologii i geokhimii yuga Sibiri* [Problems of Geology and Geochemistry of southern Siberia]. Tomsk, Tomsk State University, 2000. pp. 67–72.
12. Yashchuk V.I. *Magmaticheskie komplekсы zony Manskogo razloma (Vostochny Sayan)*. Dis. Kand. nauk [Magmatic complexes of Manky fault zone (Eastern Sayan). Cand. Diss.]. Kansk, 1975. 124 p.
13. Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.-S., Birch W.D., Gilbert M.Ch., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird J., Mandarino J.A., Mar-resch W.V., Nickel E.H., Rock N.M.-S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.-N., Ungaretti L., Whittaker E.J.-W. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Comission on New Minerals and Mineral Names. *Canadian Mineralogist*, 1997, vol. 35, pp. 219–246.
14. Naldrett A.J. *Magmaticheskie sulfidnye mestorozhdeniya medno-nikelevykh i platinometalnykh rud* [Magmatic sulfide deposits of copper-nickel and PGE ore]. St-Petersburg, SPbSU Press, 2003. 488 p.
15. Kislov E.V. *Yoko-Dovyrensky rassloennyy massiv* [Yoko-Dovyrensky layered massif]. Ulan-Ude, BSC SB RAS Publ., 1998. 265 p.
16. Ariskin A.A., Nikolaev G.S., Barmina G.S., Bychkov K.A., Konnikov E.G., Danyushevsky L.V., Kislov E.V., Orsoev D.A. Dovyrensky intruzivnyy kompleks: problemy petrologii i sulfidno-nikelevoy mineralizatsii [The Dovyren intrusive complex: problems of petrology and Ni sulfide mineralization]. *Geochemistry International*, 2009, no. 5, pp. 451–480.
17. Anders E., Grevesse N. Abundances of the elements: meteoritic and solar. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 1989, vol. 53, pp. 197–214.
18. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 1989, no. 42, pp. 313–345.
19. Yurichev A.N., Chernyshov A.I. Rodonachalny rasplav i geodinamika rassloennykh mafit-ultramafitovykh massivov Kanskoy glyby Vostochnogo Sayana [Parental melt and geodynamics of the layered mafic-ultramafic massifs of the Kan block of Eastern Sayan]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2014, vol. 324, no. 1, pp. 128–135.
20. Izokh A.E., Polyakov G.V., Gibsher A.S., Balykin P.A., Zhuravlev D.Z., Parkhomenko V.A. Vysokoglinozemistyye rassloennyye gabbroidy Tsentralno-Aziatskogo skladchatogo poyasa (geokhimicheskie osobennosti, vozrast i geodinamicheskie usloviya formirovaniya) [High-alumina foliated gabbroides of Central Asian Fold Belt (geochemical characteristics, age and geodynamic conditions of formation)]. *Russian Geology and Geophysics*, 1998, vol. 39, no. 11, pp. 1565–1577.
21. Izokh A.E., Shelepaev R.A., Lavrenchuk A.V., Egorova V.V. Gabbroidnye assotsiatsii razlichnykh geodinamicheskikh obstanovok (na primere Tsentralno-Aziatskogo skladchatogo poyasa) [Gabbro associations of different geodynamic settings (by the example of Central Asian fold belt)]. *Materialy shkoly-seminara «Sovremennyye zadachi petrologii i geodinamiki v razvitiy kontseptsii ratsionalnogo prirodopolzovaniya»* [Materials of school-seminar. Current issues of petrology and geodynamics in the development of the concept of environmental management]. Tomsk, CNTI Publ., 2006. pp. 71–82.
22. Condie K. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? *Lithos*, 2005, vol. 79, pp. 491–504.

Received: 07 July 2014.