

ТИПЫ РУДОНОСНЫХ ГРАНИТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МЕЗОЗОИД СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ И ИХ ФЛЮИДНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ

*Н.А. Горячев**, *Н.В. Бердников***

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан

**Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

На территории Северо-Востока Азии известны гранитоиды, образовавшиеся в геодинамических обстановках коллизии, субдукционных и трансформных континентальных окраин. По минералого-геохимическим признакам они относятся к гранитоидам S и I типов ильменитовой серии (коллизионные), и I и A типов магнетитовой серии (субдукционных и трансформных окраин). С этими гранитоидами связаны месторождения и рудопроявления золота, олова, вольфрама, висмута, ниобия, циркония и иттрия. С помощью методов криометрии и термометрии нами исследованы индивидуальные включения расплавов и флюидов в кварце гранитов, с которыми связаны месторождения золота и олова. Включения раскристаллизованных расплавов имеют температуры гомогенизации 805–780 °С, кристаллофлюидные – 600 °С и выше, первичные флюидные – 530–225 °С, вторичные флюидные – 370–155 °С.

В составе флюидных включений из кварца гранитов независимо от происхождения последних постоянно отмечаются хлориды калия и натрия. Во флюиде S гранитов преобладают хлориды натрия, а во флюиде I гранитов – хлориды калия. Углекислота с примесью воды, азота и метана характерна только для S и I гранитов ильменитовой серии, в то время как для субдукционных I и A гранитов магнетитовой серии обычны хлориды калия, магния и лития. Ильменитовые S и I граниты характеризуются близким составом флюидной фазы, только для I гранитов отмечается тенденция к большей восстановленности флюида (присутствие азотно-метановой смеси). Это является свидетельством генетического единства ильменитовых S и I гранитов как разноглубинных продуктов коллизионной плутонометаморфической системы.

Флюидные включения в кварце золотоносных гранитов имеют существенно углекислотно-водный и хлоридно-натриевый состав с примесью CH_4 и N_2 при концентрации солей во вторичных включениях до 8 % $\text{NaCl}_{\text{экв}}$. Флюидные включения в минералах оловоносных гранитов отличаются существенно хлоридным составом (KCl преобладает над NaCl) с присутствием хлорида лития и магния. Концентрация солей в первичных флюидных включениях из кварца гранитов всех типов достигает 8,5 % $\text{NaCl}_{\text{экв}}$, вторичные включения – более концентрированные (до 22 % $\text{NaCl}_{\text{экв}}$).

Ключевые слова: рудоносные гранитоиды, геохимические типы гранитов, геодинамические обстановки, включения в кварце, флюидная специализация, Северо-Восток Азии.

ВВЕДЕНИЕ

С мезозоидами Северо-Востока Азии связана одна из крупнейших металлогенических провинций Тихоокеанского рудного пояса. Здесь широко распространены гранитоидные плутоны различного состава и возраста, играющие важную роль в локализации золотого и оловянного оруденения. Эти гранитоиды классифицированы в разных систематиках [26], по-разному интерпретирована их геодинамическая позиция [9, 12, 13, 19, 28, 32]. В металлогении золота и олова характеристикам флюидных включений в ми-

нералах рудных месторождений уделено достаточно большое внимание [4–7 и др.], в то время как особенности флюидного состава рудоносных гранитов почти не исследованы [2, 3, 26]. Это послужило причиной исследования флюидных включений в кварце гранитоидов из юго-восточной части мезозоид Северо-Востока России на территории Магаданской области. В основу статьи положены результаты геохимического и термобарометрического изучения 17 массивов разнотипных гранитоидов. Целью исследования было выявление зависимостей между тремя важнейшими характеристиками гранитоидов: их

геодинамическим типом, флюидной специализацией и металлогенной. Геохимические характеристики получены по результатам РСФА и ИСП-МС анализов, выполненных в лабораториях СВКНИИ и ИТиГ ДВО РАН, флюидные включения изучены в лаборатории ИТиГ ДВО РАН. За формальную основу генетической типизации гранитоидов приняты известные систематики Чаппела и Уайта [24] и Ишихары [30], примененные к породным ассоциациям и комплексам, охарактеризованным ранее в [9, 26].

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧЕННЫХ ГРАНИТОВ

Тектоническая позиция гранитоидных плутонов

В современных тектонических концепциях место позднемезозойских гранитоидов Северо-Востока Азии определяется аккреционными событиями позднеюрско-раннемелового, раннемелового и позднемелового аккреционных этапов [26, 34, 35]. Рассматриваемые в статье гранитоидные плутоны располагаются в Яно-Колымской коллизионной зоне [9, 27] и в окраинно-континентальной части мезозойд (Северное Приохотье). Эта территория характеризуется сонахождением коллизионных гранитоидов Яно-Колымского плутонического пояса и субдукционных гранитоидных массивов, формировавшихся в результате действия двух разновозрастных окраинно-континентальных магматических поясов: позднеюрско-раннемелового Удско-Мургальского и позднемелового Охотско-Чукотского [11, 14, 20]. Совместное расположение разных типов гранитов, имеющих разную

металлогению, объясняется интерференцией позднеюрско-раннемеловых коллизионных и субдукционных геодинамических обстановок [28].

Изученные массивы гранитоидов (рис. 1) локализованы в складчатых структурах верхоянской пассивной континентальной окраины, Куларо-Нерского и Вилигинского шельфовых террейнов и вулканических структурах Удско-Мургальского и Охотско-Чукотского вулканогенных окраинно-континентальных поясов. Их детальная характеристика, типы литостратиграфических разрезов, время и условия формирования приведены в работах [20, 34]. Вмещающие породы представлены в основном песчано-сланцевыми отложениями пермского, триасового и юрского возраста, иногда кислыми вулканическими породами раннего-позднего мела.

Типы гранитоидов

Исследованные гранитоиды принадлежат к разным возрастным сериям (табл. 1) и породным ассоциациям [9, 26]. Позднеюрско-раннемеловая серия представлена гранит-лейкогранитовой (плутоны: Мякитский, Чьорго, Больших порогов, Южный Большой Анначаг, Дерясь-Юрега) и диорит-гранодиоритовой (Бургагынский, Морджот, Делянكير, Мрачный, Среднебуондинский) ассоциациями. Раннемеловая серия представлена гранодиорит-гранитовой (Северный Большой Анначаг, Приисковский, Басугуньинский) ассоциацией, а ранне-позднемеловая – гранит-лейкогранитовой (Верхнеоротуканский, Западно-Бутугычагский, Левоомсукчанский, Глухариный) и тоналит-гранодиоритовой (Севастопольский) ассоци-

Таблица 1. Краткая характеристика изученных гранитных массивов.

Массив	Главная порода	Тип	Датировки, млн л.	St ₀	Рудоносность
Дерясь-Юрега	Биотитовый гранит	S	141 Ar-Ar ¹	-	Sn
Мякитский	Двуслюдяной гранит	S	141 Ar-Ar ¹	-	Au
Чьорго	Биотитовый гранит	S	138 Ar-Ar ¹	0,7057 ³	Au
Большие Пороги	Биотитовый гранит	S	150 U-Pb, 136–148 K-Ar ²	-	не ясна
Южный Большой Анначаг	Двуслюдяной гранит	S	147 Ar-Ar ¹	0,7128 ³	не ясна
Бургагынский	Биотит-амфиболовый гранит	Ii	148 Ar-Ar ¹ , 150 U-Pb	-	Au
Морджот	Биотитовый гранит	Ii	110–142 K-Ar ² , Rb-Sr	-	Au
Приисковский	Биотитовый гранит	Ii	110 K-Ar	-	Au
Делянكير	Биотитовый гранит	Ii	126 K-Ar ²	-	Au
Басугуньинский	Биотитовый гранит	Ii	134 K-Ar ² , 128 Rb-Sr ³	0,7141 ³	Au
Буондинский	Биотитовый гранит	Ii	146 Ar-Ar ¹	0,7076	не ясна
Северный Большой Анначаг	Биотит-амфиболовый гранит	Ii	124 K-Ar (изохрона)	0,7085	не ясна
Севастопольский	Биотит-амфиболовый гранит	Im	70–93 K Ar ²	-	Sn
Мрачный	Биотитовый гранит	Im	-	-	Au
Верхнеоротуканский	Лейкогранит	A	61 Rb-Sr, 80 K-Ar ²	0,7117	Sn
Западно-Бутугычагский	Лейкогранит	A	78 Ar-Ar ¹ , 89 Rb-Sr	0,7057	Sn
Левоомсукчанский	Лейкогранит	A	75 Rb-Sr, K-Ar	0,7041	Sn
Глухариный	Лейкогранит	A	77,5 Rb-Sr	0,7086	Sn

Примечание. Данные – ¹[18], ²[16], ³[12]. Ii – I граниты ильменитовой серии, Im – I граниты магнетитовой серии.

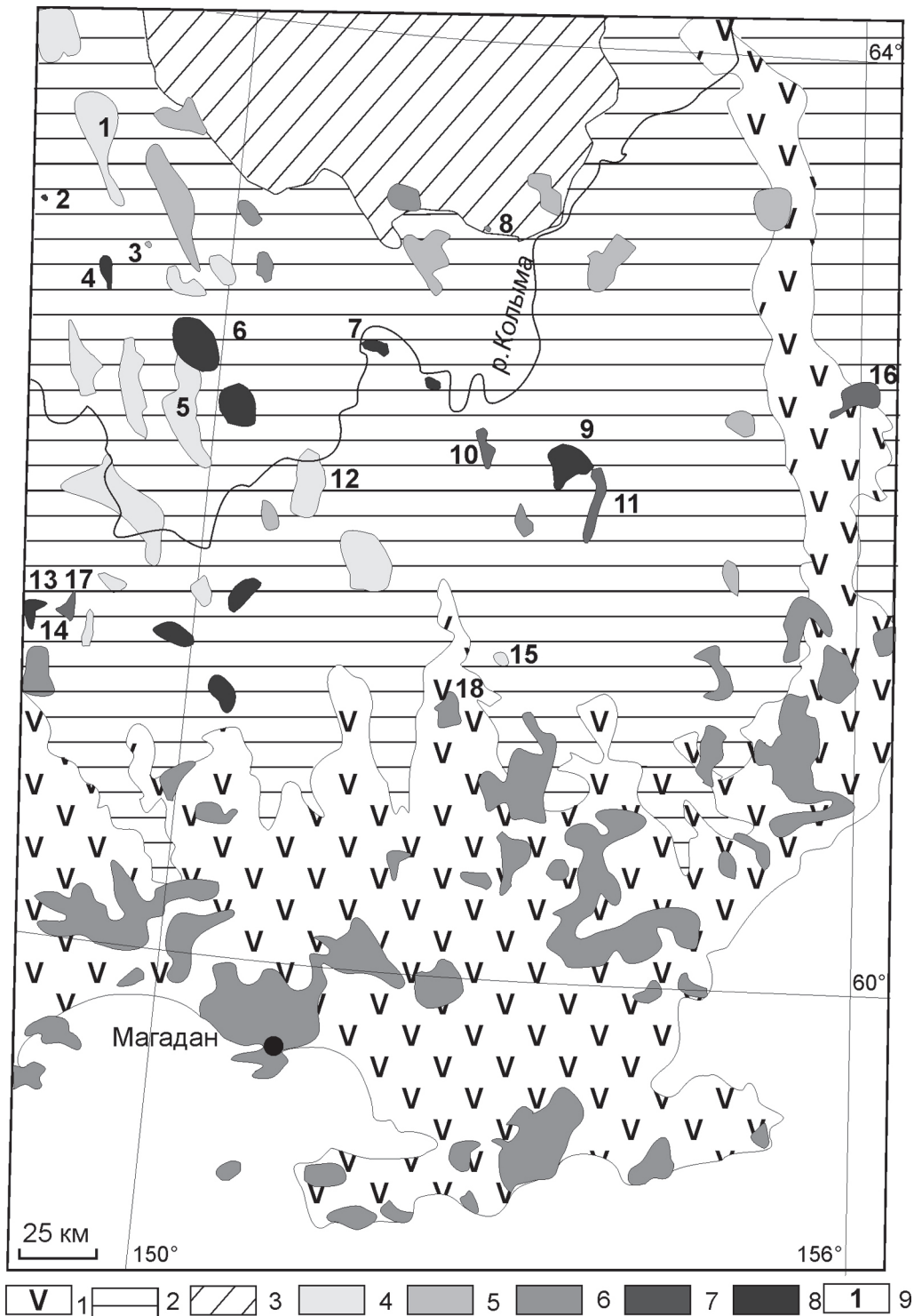


Рис. 1. Положение изученных массивов гранитоидов в структурах Северного Приохотья.

1 – вулканогенные образования Удско-Мургалского и Охотско-Чукотского вулканогенных поясов; 2 – терригенные отложения верхоянского комплекса пассивной окраины Сибирского континента; 3 – терригенно-карбонатные отложения Колымо-Омолонского супертеррейна; 4 – коллизионные S-граниты ильменитовой серии; 5 – субщелочные граниты; 6 – I-граниты магнетитовой серии; 7 – оловоносные лейкограниты А-типа; 8 – I-граниты ильменитовой серии; 9 – номера изученных массивов: 1 – Чьорго, 2 – Делян кир, 3 – Приисковский, 4 – Морджот, 5 – Южный Большой Анначаг, 6 – Северный Большой Анначаг, 7 – Басугуньинский, 8 – Дерясь-Юрегинский, 9 – Буюндинский, 10 – Верхнеоротуканский, 11 – Глухаринский, 12 – Большой Порогов, 13 – Бургагынский, 14 – Севастопольский, 15 – Мякитский, 16 – Левоомсукчанский, 17 – Западно-Бутугыгачский, 18 – Мрачный.

ациями. Представительные анализы пород из некоторых изученных массивов приведены в табл. 2. По взаимоотношениям со складчатыми структурами, разломами и главными тектоническими блоками, а также по геохимическим данным (рис. 2) эти гранитоиды относятся к геодинамическим типам коллизионных, внутриплитных гранитоидов и гранитоидов обстановок активных континентальных окраин. Согласно геохимическим данным (рис. 3, 4), изученные граниты могут быть определены в терминах известных систематик как S-, I-, A-типы гранитоидов ильменитовой и магнетитовой серий [24, 25, 30, 31, 38]. Они объединены нами в три группы: орогенные граниты S-типа ильменитовой серии, орогенные граниты I-типа ильменитовой (I_{ilm}) и магнетитовой (I_m) серий и посторогенные граниты A-типа магнетитовой серии.

Орогенные граниты S-типа ильменитовой серии представлены крупными (до 2–3 тысяч км²) эродированными плутонами (Чьорго, Южный Большой Анначаг, Больших Порогов) и малоэродированными небольшими (до 100 км²) массивами (Мякитский, Дерясь-Юрега) биотитовых и двуслюдяных гранитов. В этих гранитах известны высокоглиноземис-

тые акцессорные минералы (гранат, кордиерит, андалузит), ксенолиты гнейсов и кристаллических сланцев. Их тела часто конформны складчатым структурам и сопровождаются неравновесным зональным метаморфизмом вмещающих пород [9, 10]. Для них обычен европейский минимум в спектре редкоземельных элементов и повышенные содержания рубидия (табл. 2) [9, 39].

Орогенные граниты I-типа представлены массивами, сложенными преимущественно биотитовыми и амфибол-биотитовыми гранитами и гранодиоритами. По присутствию акцессорных минералов – ильменита и магнетита, а также по окисленности железа (по данным частных химических анализов) (рис. 4) они подразделяются на гранитоиды ильменитовой (Басугуньинский, Морджот, Делянكير, Среднебуяндинский, Приисковый, Северный Большой Анначаг и Бургагынский массивы) и магнетитовой (Се-

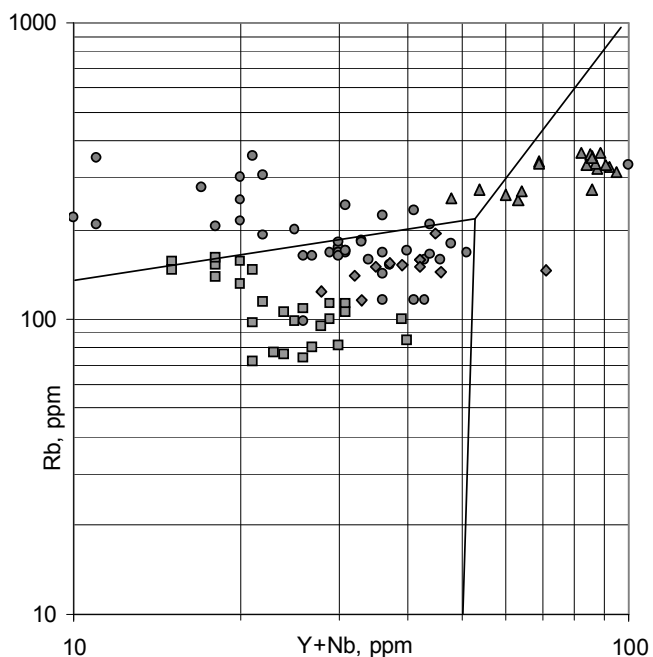


Рис. 2. Положение точек составов изученных гранитов на дискриминантной диаграмме Дж. Пирса. Верхнее поле – коллизионные граниты, нижнее левое – субдукционные граниты, нижнее правое – внутриплитные граниты. Треугольники – А-граниты; кружки – S-граниты; квадраты – I_m-граниты магнетитовой серии; ромбы – I_{ilm}-граниты ильменитовой серии.

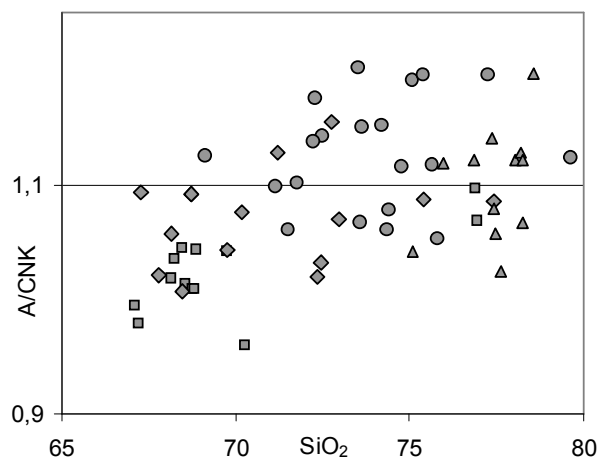


Рис. 3. Глиноземистость изученных гранитоидов. Условные обозначения см. на рис.2. Разделительная линия проведена по данным [31].

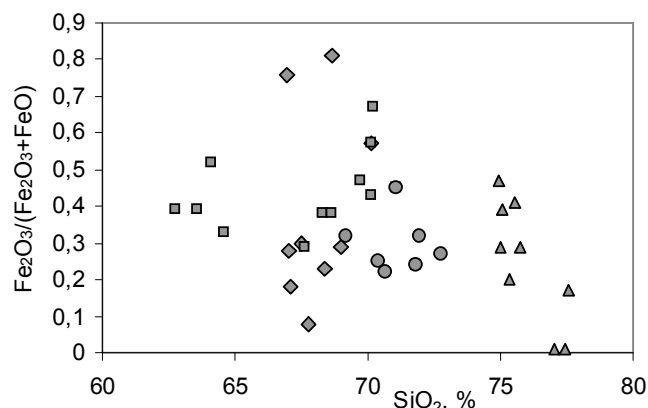


Рис. 4. Окисленность железа в изученных гранитоидах. Условные обозначения см. на рис.2.

Таблица 2. Выборочные анализы пород изученных массивов гранитоидов (окислы, % вес.; элементы, г/т).

	Л-10	246к86	19 гр87	30/5 гр98	БП-11	44/2 гр98	37/7 гр98	222/2 гр85	К98/88	В18к88	Мр-19	Бу-4	202к86	Бт-1А
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	75,63	71,79	73,62	69,83	69,75	68,97	68,14	69,12	68,41	76,90	70,19	75,99	76,84	74,39
TiO ₂	0,04	0,27	0,20	0,48	0,58	0,65	0,65	0,47	0,3	0,09	0,28	0,11	0,17	0,13
Al ₂ O ₃	13,43	14,78	13,87	14,90	14,54	14,82	15,24	14,48	15,60	13,05	15,22	13,06	12,34	13,22
Fe ₂ O ₃	1,46	2,54	2,10	3,82	3,89	4,03	5,42	3,92	4,25	0,80	3,16	1,52	1,55	2,13
MnO	0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,04	0,02	0,09	0,01	0,03	0,01
MgO	0,17	0,33	0,40	0,91	1,06	1,32	1,63	1,07	0,61	0,07	0,77	0,24	0,07	0,11
CaO	0,43	1,48	0,90	1,95	2,05	2,24	1,44	2,93	2,99	0,48	2,46	0,68	0,50	0,78
Na ₂ O	3,83	3,63	3,35	3,42	3,51	3,05	3,49	3,13	3,83	3,74	3,88	3,45	2,99	3,63
K ₂ O	4,58	4,40	4,54	3,61	4,06	4,19	3,13	3,96	3,28	4,51	3,05	4,65	4,78	5,00
P ₂ O ₅	0,03	0,10	0,24	0,16	0,13	0,10	0,12	0,11	0,09	0,01	0,12	0,03	0,04	0,04
п.п.п	0,33	0,61	0,75	0,86	0,35	0,57	0,79	0,74	0,58	0,33	0,78	0,28	0,73	0,57
Сумма	100	99,98	100,03	100	99,99	100,01	100	99,99	99,98	100	100	100	100,04	100,01
Rb	167	169	241	116	145	143	158	140	90	156	84			332
Sr	17	123	52	143	125	147	86	137	180	83	298			49
Y	44	23	23	42	33	42	36	26	17	9	27			78
Zr	48	147	97	185	179	163	191	163	185	87	105			169
Nb	7	8	8	2	3	4	6	4	5	6	13			22
La	9,0	35	8,1	16,2	16,4	27,1	31,2	26,4	31,4	23,6	14,0		55,9	19,5
Ce	21,1	71	61,7	34,6	34,6	57,7	66,4	53,6	61,0	39,7	28,0		110,6	43
Pr	2,45		1,8	4,1	4,0	6,5	7,0	5,8	6,2	4,1	3,0		11,4	4,5
Nd	9,9	30	7,4	17,5	17,1	27,2	29,8	24,1	25,4	13,9	13,0		45,1	18,8
Sm	3,0	6	1,9	4,0	4,4	5,8	6,9	5,3	5,2	2,3	3,0		10,7	5,0
Eu	0,17	0,8	0,48	1,37	1,23	1,17	1,1	1,1	1,4	0,48	1,1		0,20	0,36
Gd	2,6		1,7	3,4	3,8	4,7	6,0	4,9	4,2	1,7	2,3		8,0	4,4
Tb	0,6	0,7	0,3	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,6	0,3	0,4		1,5	0,8
Dy	4,2		1,8	3,4	3,9	4,4	5,1	5,1	3,4	1,6	2,1		10,2	4,9
Ho	1,2		0,2	0,7	0,8	1,0	0,6	0,8	0,4	0,2	0,45		2,2	0,7
Er	2,8		0,8	1,4	1,7	2,0	2,0	2,6	1,4	0,7	0,9		5,6	2,5
Tu	0,5		0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1		0,8	0,4
Yb	4,1	2,2	0,8	1,4	1,8	2,2	2,0	2,6	1,3	0,8	1,2		5,7	2,8
Lu	0,55	0,3	0,13	0,19	0,24	0,30	0,32	0,48	0,23	0,13	0,16		0,79	0,49
Th	5,7	14,4	2,9	4,7	5,3	10,8	10,0	8,9	9,1	14,3	5,4		43	27,0
U	10,8	3	4,6	1,2	2,7	2,7	3,3	1,6	1,7	2,1	2,3		13	5,2

Примечания. 1 – Дерясь-Юрега; 2 – Мякитский; 3 – Южный Большой Анначаг; 4 – Чьорго; 5 – Большие Пороги; 6 – Морджот; 7 – Приисковый (курсив – обр. 36/2гр98); 8 – Басугуньинский; 9 – Бургагынский (курсив – обр. К99/88); 10 – Севастопольский; 11 – Мрачный (курсив – обр. Мр-20); 12 – Северный Буондинский; 13 – Верхнеоротуканский; 14 – Западно-Бутугычагский.

востопольский и Мрачный плутоны) серии. Ильменитовые гранитоиды данного типа пространственно ассоциируются с орогенными S-гранитами в Яно-Колымской коллизионной зоне, формируясь либо синхронно с ними (табл. 1), либо позже них. Для ранних гранитоидов достоверных взаимоотношений с S-гранитами не установлено, поздние пересекают их (Северный и Южный Большие Анначаги). Эти гранитоиды, как правило, дискордантны складчатым структурам. Магнетитовые гранитоиды входят в состав дифференцированных многофазных массивов, сложенных породами от габбродиоритов до гранитов, а ильменитовые обычно формируют относительно простые монофазные интрузивы гранодиорит-гранитного состава. Породы обеих групп массивов об-

ладают субдукционными геохимическими характеристиками (рис. 4 и табл. 2), но различаются по изотопному составу стронция, заметно более радиогенного для ильменитовых гранитоидов [9, 12, 17].

Посторогенные граниты представлены относительно небольшими (до 300 км²) телами биотитовых гранитов (Западно-Бутугычагский, Верхнеоротуканский, Ливоомсукчанский и Глухариный массивы), располагающимися в тылу Охотско-Чукотской магматической окраинно-континентальной дуги. Они приурочены к поздним разломам, ассоциируют с более молодыми плутонами щелочных гранитов, имеют близкий к мантийным меткам изотопный состав стронция, в них нередко присутствует фаялит и постоянно – магнетит, что позволяет интерпретировать

их как гранитоиды трансформных окраин континента [29]. По геохимическим данным (табл. 2) их можно параллелизовать с гранитоидами А-типа [25].

Металлогения гранитоидов

Коллизионные гранитоиды мезозойд Северо-Востока Азии сопровождаются золоторудными месторождениями и оловянными месторождениями грейзенового, касситерит-кварцевого и касситерит-силикатного жильного типов [9, 39]. В массивах S- (Чьорго, Мякитский) и I-гранитов ильменитовой серии (Морджот, Делянكير, Приисковый, Мрачный, Басугуньинский, Бургагынский массивы) локализованы кварцевые жилы и штокверки с арсенипитом, леллингитом, теллуридами и сульфотеллуридами висмута, самородными висмутом, золотом и другими минералами [9, 27]. Некоторые из них образуют жильные системы большой протяженности. Содержания золота в жилах варьируют от 0,1–3 до 10–20 г/т. С S-гранитами массива Дерясь-Юрега связано касситерит-силикатно-сульфидное месторождение Лазо, из которого было добыто около 12 тысяч тонн олова при средних его содержаниях около 1 %. В I_m-гранитах Севастопольского массива локализовано Валунистое месторождение касситерит-кварцевого типа. Подобное месторождение олова связано и с лейкогранитами А-типа Западно-Бутугычагского массива (Бутугычагское месторождение). Из него также было добыто несколько десятков тысяч тонн олова. Оловоносные грейзены известны в связи с гранитами Глухариного и Верхнеоротуканского массивов (Климовское), а месторождения касситерит-силикатного типа генетически связаны с Верхнеоротуканским (Кинжал) и Левоомсукчанским (Индустриальное и др.) массивами [21]. Изложенное показывает, что рудоносность гранитоидов не зависит от их геодинамической позиции.

ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ ГРАНИТОИДОВ

Методами термобарогеохимии изучены 24 образца разновозрастных гранитов и гранодиоритов, характеризующих 17 массивов Яно-Колымского складчатого пояса. Для исследований выбирались породы, наименее затронутые постмагматическими изменениями. Термометрия и криометрия образцов проводилась по методике, охарактеризованной в [1, 23].

Флюидная характеристика гранитоидов разных типов

Мы полагаем, что флюид, законсервированный во включениях в кварце, отражает состав сво-

бодного флюида практически на всех этапах становления и эволюции гранитоидного массива. Действительно, хотя кварц в гранитах кристаллизуется последним, обнаружение в нем включений раскристаллизованного расплава (обр. 95-гр-88, К-99-88, 222/2-гр-85) говорит о том, что его кристаллизация начиналась в присутствии расплава. Кристаллизация в условиях снижения температур происходила при участии свободного флюида, который консервировался в виде кристаллофлюидных и флюидных включений. При этом состав таких включений зависит как от температуры [3], так и от состава флюидных компонентов, изначально растворенных в гранитном расплаве. Как следует из табл. 3, в более высокотемпературных (ранних) включениях присутствуют высококонцентрированные водно-солевые растворы (кристаллофлюидные включения) и водно-углекислотные (с примесью солей) смеси, а в низкотемпературных (более поздних) – преимущественно низкоконцентрированные водные растворы. Включения раскристаллизованных расплавов в изученных гранитах гомогенизируются при 805–780°C, кристаллофлюидные – от 600°C и выше, первичные флюидные – при 530–225°C, вторичные флюидные – при 370–155°C. Согласно данным криометрии, основными соевыми компонентами флюидных включений в кварце гранитов, независимо от происхождения последних, являются хлориды калия и натрия, спорадически встречаются хлориды лития, магния и кальция (табл. 3). Кроме воды во флюидных включениях часто и в заметных количествах отмечена углекислота, а также установлены незначительные концентрации метана и азота. Несмотря на ограниченность полученных данных, выявились существенные различия в качественном составе флюида гранитоидов магнетитовой и ильменитовой серий. Углекислота с примесью воды, азота и метана характерна только для включений из гранитов ильменитовой серии. Для включений из магнетитовых гранитов обычны водные растворы хлоридов с незначительным участием углекислоты. Согласно таблицам 3 и 4, во флюиде включений из кварца S-гранитов чаще встречаются хлориды натрия, а во флюиде I-гранитов – хлориды калия. Для немногочисленных газовых включений в кварце I-гранитов характерно наличие метана и азота. Флюидные включения в кварце гранитов А-типа заполнены водными растворами самых разных хлоридов и имеют наиболее высокую концентрацию. В них нередко наблюдаются твердые фазы и отмечаются признаки вскипания и гетерогенизации флюида.

Таблица 3. Характеристика флюидных включений в кварце гранитоидов.

Массив, образец	Генерация	Te, °C	Tпл, °C	Tгом, °C	Состав растворов	Концентрация, %	Тип включений	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
S-тип, ильменитовая серия								
Дерясь-Юрегинский, Л-10-88	1 или 1-2	-23	-4÷-5	185–195	NaCl+KCl+H ₂ O	6,5–7,9	Г/Ж	
	2	-35÷-36, -55÷-57, -27	-8,5	185–195	Mg, Ca, Na, K - хлориды	12,3	Г/Ж	
Мякитский, М-22-88	1		-59÷-61	+9	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Ж	Близодновременные или сингенетические
	2		-59÷-60	+11, +10 (в газ)	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Ж	
	2	~21	-2, +9÷+10 - разлож. клатратов	250–285	H ₂ O+CO ₂ +NaCl	3.4	Г/Ж	
Мякитский, 250к-86,	1–2		-61,5	+7÷+12	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Ж	В газовой фазе вымерзает немного CO ₂
	2	-21, -22	-3	225	H ₂ O+CO ₂ +NaCl	5	Г/Ж	
Чьорго, 30/3-гр-98,	1			взрыв			К/Ф	Флюидных очень мало, много крупных кристаллофлюидных и (или) расплавных
	2		-60÷-62		CO ₂ +H ₂ O		Г/Ж	
	2		-4,5		H ₂ O+соль	7,2	Г/Ж	
Больших порогов, Бп-11	2		-4÷-6	165	H ₂ O+соль	6,5–9,2	Г/Ж	
	2		-59,5	+6÷+18 (CO ₂), 270–280 (полная)	H ₂ O+CO ₂ +соль		Г _{CO₂} /Ж _{CO₂} / Ж _{H₂O}	
Южный Большой Анначаг, БА-32	1–2	-21, -23	-5,5	310–350	NaCl+KCl+ H ₂ O	8.5	Г/Ж	Есть мелкие трудно-растворимые фазы.
	2		-57,5		CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)	-	Г	Близодновременные или сингенетические.
	2	-22,5	-2÷-5		NaCl+KCl+ H ₂ O	3.4–7.9	Г/Ж	
	2	-23	-2,5÷-3,5	230–270	NaCl+KCl+ H ₂ O	4.2–5.7	Г/Ж	
	2			395	-	-	К/Ф	
Южный Большой Анначаг, БА-23-84	1–2	-9, -21, -23	-3÷-5	225–260, 305	KCl+H ₂ O, NaCl+H ₂ O, NaCl+KCl+ H ₂ O	5–7,9	Г/Ж	
	2						Г	
Южный Большой Анначаг, 19-гр-87	1						Р	Много
	2		-61		CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Г	
	2	-21	-1,5		NaCl+H ₂ O	2,5	Г/Ж	
I-тип, ильменитовая серия								
Бургагынский, 95-гр-88	1						Р (К/Ф?)	
	1		-57	+4÷+2	CO ₂		Ж	
	2		-57÷-58	+12,5÷+23	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Ж	Крупные
	2	-21	-4,5		NaCl+H ₂ O	7,2	Г/Ж	
Бургагынский, К-99-88	2		-58,5	-14÷+7	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Ж	Мелкие, плохо ограничены
	1–2						Р	Расплавные совместно с углекислотными
	1–2		-58÷-58,5	+15	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Ж	
	2			250			Г/Ж	Уплотненные
Морджот, 44-1-гр-98	2		-57,5(CO ₂), -5,5; -6(H ₂ O)	T _{гом} CO ₂ =+13,5; +19÷+20; +23	H ₂ O+CO ₂ + (N ₂ , CH ₄)		Г/Ж	Тразложения клатрата=+8
	2			-86÷-100 в газ	N ₂ , CH ₄		Г	

Таблица 3. (Продолжение).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Приисковский, 36/2-гр-98	1			-124	N ₂		Ж	Перенаполнено поздними, с T _{гом} =-118°C
	1-2		-62÷-65	-7,5÷-11,5; -22 (в газ); -28; - 39; -45	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Ж	<-85°C вымерзает немного жидкости
	1-2		-2			3,4	Г/Ж	
Делянكير, 20/3-гр-98	2		-57÷-57,5	-16; -1,5; +9; +20	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)			
Басугуньин- ский, 218-гр-85	1, 1-2		-60,5	+10 в газ	CO ₂ +(N ₂ , CH ₄)		Г	
	2			-137 в газ (субкрит.)	CH ₄ ± N ₂ (?)		Г	
	2	-1,5		195-305	(K,Na) ₂ SO ₄ +H ₂ O		Г/Ж	Наполнение невьдержанное
Басугуньин- ский, 222/2-гр-85	1, 1-2						Р или К/Ф	Сингенетичные. В газово-жидких Тразложения клатрата.=+15(?)
	1, 1-2	-7÷-8	-3		KCl+H ₂ O+ CO ₂ + (N ₂ , CH ₄)	5	Г/Ж	
	1, 1-2	-8÷-10	-1÷-4	275-325	KCl+H ₂ O	1,7-6,5	Г/Ж	
	2			155			Г/Ж	
Буондинский, 1176-К-82	1-2	~ -8,5	-2,5	190-220	KCl+H ₂ O	4,2	Г/Ж	
	2	~ -10,5	-2,5		KCl+H ₂ O	4,2	Г/Ж	
Северный Большой Анначаг, Ба-21-84	2		-1÷-4			1,7-6,5	Г/Ж	
Северный Большой Анначаг, А-19-79	2	~ -24	0÷-2		NaCl+KCl+H ₂ O	0-3,4	Г/Ж	
I тип магнетитовая серия								
Севастополь- ский, 175-гр-88	1, 1-2	-22÷-23	-2÷-3	360	NaCl+KCl+CO ₂ + +H ₂ O	3,4-5	Г/Ж, Г, Ж	В газовой фазе вы- мерзает немного CO ₂ с T _{пл} =-57°C
Мрачный, Мр-20-К-90	1			800-805				Расплавные в цирконе, заклю- ченном в кварцевую матрицу
	2	-50÷-52	-8; -1,5	250	Хлориды Са, Mg, К+H ₂ O	2,6; 11,7	Г/Ж	
А-тип, магнетитовая серия								
Верхне- оротукан- ский, 156-гр-86	1	-8÷-9, -11	-1	280-285	KCl+H ₂ O	1,7	Г/Ж	
	1			взрыв			К/Ф	
	1-2	0	0	155	H ₂ O	0	Г/Ж	
Бутугычаг- ский, Бт-1А-97	1	-23	-2,5÷-3,5	215	NaCl+KCl+H ₂ O	4.2-5.7	Г/Ж	
	1-2	-23	-9÷-20	430	NaCl+KCl+H ₂ O	12.9-22.4	Г/Ж	
	1-2	-74,5		T _{гом} Г/Ж=285- 320, T _{гом} ≥600	LiCl+H ₂ O		К/Ф	
Левом- сукчанский, У-III-4-97	1						Г	Сингенетичные, свидетельство кипе- ния
	1		-49 и ниже	T _{гом} Г/Ж=275- 285, T _{гом} =450-530			К/Ф	
	1-2	-33			MgCl ₂ +H ₂ O	Высокая	Г/Ж	Иногда присутствует кубик твердой фазы

Таблица 3. (Окончание).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	-36			MgCl ₂ ±KCl+H ₂ O	Высокая	Г/Ж	Плавление недиагностированной твердой фазы при +11,5 (клатрат, гидрат?)
Глухариний, Бу-4-79	1-2	-60÷-61	-45	390-400	LiCl(?) + CaCl ₂ (?)+H ₂ O		К/Ф	Г+Ж+2 твердые фазы
	1-2		0÷-1	390		0-1,7	Г/Ж	Присутствуют труднорастворимые твердые фазы
	2	-23; -26÷-27	-1÷-6		NaCl+KCl+H ₂ O	1,7-9,2	Г/Ж	

Примечание. Генерации включений: 1 – первичные, 1-2 – первично-вторичные, 2 – вторичные; Те – температура эвтектики растворов; Тпл – температура плавления твердой фазы (преимущественно льда и уголекислоты); Тгом – температура гомогенизации; концентрация аппроксимирована системой NaCl+H₂O (NaCl экв.); тип включений: Г – газовые, Ж – жидкие, Г/Ж – газовой-жидкие, К/Ф – кристаллофлюидные, Р – раскристаллизованных расплавов.

Таблица 4. Встречаемость компонентов флюида во включениях в кварце гранитоидов разных типов.

Компоненты флюида	S, ильменитовая серия (из 8 обр.)	I, ильменитовая серия (из 10 обр.)	I, магнетитовая (из 2 обр.)	A-тип, магнетитовая (из 4 обр.)
N ₂	5	7	-	-
CH ₄	4	7	-	-
CO ₂	5	6	1	-
H ₂ O	8	6	2	4
LiCl	-	-	-	2
NaCl	8	2	1	2
KCl	5	3	2	3
CaCl ₂	1	-	1	1
MgCl ₂	1	-	1	1
(K,Na) ₂ SO ₄	-	1	-	-

Флюидная характеристика рудоносных гранитоидов

Поскольку кристаллизация кварца происходит в достаточно широком интервале температур, в котором все компоненты растворенного в расплаве флюида выделяются в качестве отдельной фазы, мы полагаем, что по составу включений в кварце можно судить о флюидной специализации того или иного гранитного массива. Отделяющийся при становлении и остывании массива флюид участвует в формировании связанных с ним рудных месторождений. Таким образом, мы принимаем, что изученный нами состав флюида во включениях из кварца гранитов характеризует как флюидную специализацию самого гранитного массива, так и связанного с ним комплекса рудных месторождений. Как показано в таблицах 3 и 5, флюидные включения в кварце золотоносных гранитов имеют существенно углекис-

Таблица 5. Встречаемость компонентов флюида во включениях в кварце рудоносных и безрудных гранитоидов.

Компоненты флюида	Рудоносность гранитоидов		
	Au (из 11 обр.)	Sn (из 6 обр.)	Безрудные (из 7 обр.)
N ₂	9	-	2
CH ₄	9	-	2
CO ₂	9	1	3
H ₂ O	7	6	6
LiCl	-	2	-
NaCl	5	4	5
KCl	3	6	5
CaCl ₂	-	3	-
MgCl ₂	-	3	-
(K,Na) ₂ SO ₄	1	-	-

лотно-водный и хлоридно-натриевый состав с примесью CH₄ и N₂ при концентрации солей во вторичных включениях до 9,2 % NaCl_{экв.}. Флюидные включения в минералах оловоносных гранитов отличаются существенно хлоридным составом (KCl преобладает над NaCl) и присутствием хлоридов лития и магния. Концентрация солей во вторичных флюидных включениях достигает 22 % NaCl_{экв.}. Первичные флюидные включения в гранитах – менее концентрированные (8,5 % NaCl_{экв.}) независимо от их рудоносности. Соли лития, магния и кальция встречаются лишь в оловоносных гранитах, где они установлены в половине изученных образцов. Безрудные граниты отличаются от золотоносных редкой встречаемостью уголекислоты, метана и азота, а от оловоносных – отсутствием хлоридов лития, кальция и магния. Состав законсервированного в них флюида – водно-хлоридный (KCl+NaCl) с незначительной

примесью углекислоты, метана и азота. Его концентрация аналогична таковой в рудоносных гранитах.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для интерпретации полученных результатов нами привлекаются модели формирования гранитоидов в коллизионных (или сдвигово-коллизионных) и субдукционных (или сдвигово-субдукционных – трансформных окраин) обстановках.

Согласно модели коллизионных (сдвигово-коллизионных) обстановок, гранитоиды возникают в условиях регионального сжатия в тесной связи с процессами зонального метаморфизма [15, 16]. При этом формируются ильменитовые граниты, имеющие разноглубинные источники расплавов [13]. Глубинные плутоны I-типа ильменитовой серии возникли на уровне нижней коры под влиянием мантийных производных (либо базальтоидных магм, либо трансмагматических флюидов [8]). Менее глубинные плутоны S-типа гранит-лейкогранитовой ассоциации ильменитовой серии формировались на верхних уровнях коры (включая осадочный чехол) во время роста гранитно-метаморфических куполов (рис. 5). Вследствие того, что хронологически и тектонически это единый процесс, разные по составу плутоны I- и S-типов должны иметь признаки генетической общ-

ности. В Яно-Колымской коллизионной зоне это отсутствие взаимопересечений между телами гранитов S и I типа позднеюрско-раннемеловой серии, синхронность их датировок (табл. 1), геохимические и минералогические признаки, позволяющие отнести их к ильменитовой серии, т.е. к гранитоидам, сформировавшимся в восстановительной среде [36]. Формирование гранитов ильменитовой серии в восстановительных условиях находит отражение в качественном составе флюидных включений, законсервированных в кварце этих пород. Постоянное присутствие CO₂ и CH₄ указывает на возникновение расплавов в присутствии флюида, типичного для условий глубинных частей коры [36]. Существующие же геохимические различия (рис. 4) гранитоидов обусловлены, на наш взгляд, разными уровнями зарождения расплавов и различным составом исходного субстрата, о чем свидетельствуют находки разных по составу ксенолитов в ильменитовых гранитах S (преимущественно гнейсы) и I (преимущественно амфиболиты) типов, заметные вариации первичных отношений изотопов стронция (табл. 1), положение в разных по плотности блоках фундамента [13, 18]. Близкий состав флюидной фазы во включениях S- и I-гранитов также свидетельствует в пользу их генетического единства как разноглубинных продуктов региональ-

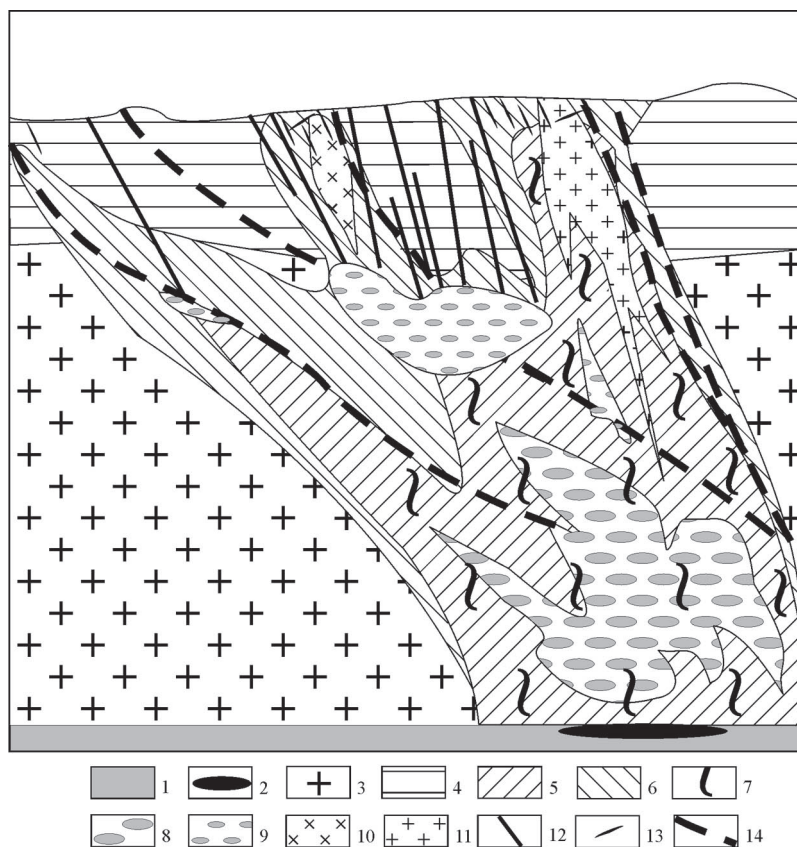


Рис. 5. Схематический модельный разрез Яно-Колымской коллизионной зоны на середину неокома.

1 – мантия; 2 – возможный базитовый очаг; 3 – кристаллический фундамент; 4 – осадочный комплекс; 5 – метаморфиты амфиболитовой фации; 6 – метаморфиты зеленосланцевой фации; 7 – зоны мигматизации; 8 – зона зарождения плутоического гранитоидного ядра; 9 – предполагаемые участки останковки диапиров (“промежуточные очаги”); 10 – камеры плутонов диорит-гранодиоритовой и гранодиорит-гранитовой ассоциации; 11 – диапир-плутоны гранит-лейкогранитовой ассоциации; 12 – дайки диорит-гранодиоритовой ассоциации; 13 – золото-кварцевые жилы; 14 – зоны главных разломов.

ной плутонометаморфической системы Яно-Колымского коллизионного пояса [12].

Модель субдукционных и трансформных (субдукционно-сдвиговых) обстановок принципиально не отличается от ставшей уже классической субдукционной модели формирования окраинно-континентальных магматических поясов. Здесь только предлагается дополнение, связанное с формированием ультракислых оловоносных лейкогранитов А-типа с фаялитом, которые внедрялись в обстановках присдвигового растяжения при переходе режима субдукционной окраины в трансформную, когда зона субдукции блокируется и плиты начинают проскальзывать друг относительно друга [29]. Для данной модели характерно влияние и океанической плиты, и мантийной составляющей, что выражается в высокой степени окисленности и магнетитовой специализации гранитоидов, с одной стороны, низких значениях отношений изотопов стронция, с другой. Полученные нами данные о существенно хлоридно-водном составе флюида А-гранитов соответствуют экспериментальным данным [22]. Исследованные А-граниты имеют коэффициент агпаитности 0,8–1,0 и высокие содержания кремнезема (табл. 2), что соответствует минимальной растворимости хлора в расплавах подобного состава [22]. Следовательно, равновесный с ними флюид и должен быть насыщен хлоридами. Их источниками могли служить как субдуцированные океанические осадки, так и породы мантии. На это, в частности, указывают низкие отношения изотопов стронция (табл. 1).

Постоянное присутствие в составе флюидной фазы золотоносных гранитов CO_2 и CH_4 подтверждает предположение о том, что углекислота играет ключевую роль в формировании золотоносных рудообразующих систем [33]. Различия в составе включений золотоносных и оловоносных гранитоидов хорошо коррелируются с результатами изучения флюидных включений в кварце рудных жил, генетически связанных с такими гранитами. Для флюидных включений в кварце золоторудной минерализации, связанной с гранитами, типичными являются водно-углекислотно-солевой состав, нередко с примесью метана и азота, и преобладание солей натрия [4, 7, 26]. Для оловянной минерализации углекислота нехарактерна и типичен хлоридно-солевой состав включений [26]. Подобное сходство состава флюидов рудных тел и рудоносных гранитоидов позволяет говорить об их генетическом единстве, что подтверждает принятую нами гипотезу о разной флюидной специализации металлогенически раз-

личных гранитов. В то же время, отчетливая связь золоторудных месторождений с гранитоидами ильменитовой серии, а оловорудных – с гранитоидами магнетитовой серии является спецификой мезозоид Северо-Востока Азии, отличающей их от других районов тихоокеанской окраины азиатского континента [31]. Объяснение этому может быть найдено в том, что золотоносные гранитоиды мезозоид Северо-Востока Азии в большинстве своем имеют коллизионную природу и формировались в результате процессов зонального метаморфизма и анатексиса из субстрата и нижних частей терригенного чехла Верхоянской пассивной континентальной окраины, обогащенных золотом [12]. Связь отдельных месторождений олова с коллизионными гранитами (Дерясь-Юрегинский массив) может быть обусловлена тем, что они представляют собой самые неглубокие части плутонометаморфических коллизионных систем, в которых флюид эволюционировал до хлоридно-водного состава в результате дегазации углекислоты на более глубинном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выделенные на рассматриваемой территории S-, I- и А-типы рудоносных гранитов ильменитовой и магнетитовой серии обладают заметными различиями в составе флюидов, законсервированных в кварце в виде включений. Эти различия, с одной стороны, определены разной геодинамической природой гранитоидов, а с другой – отвечают их разной металлогенической специализации.

Коллизионные ильменитовые S- и I-граниты характеризуются близким составом флюидной фазы, в которой почти постоянно присутствует углекислота с незначительной примесью метана и азота, что является свидетельством их генетического единства как разноглубинных продуктов плутонометаморфической системы коллизионного пояса.

Установлено четкое различие золотоносных и оловоносных гранитоидов по составу их флюидной фазы: флюид первых существенно углекислотно-водный, нередко с примесью метана и азота, флюид вторых – преимущественно хлоридно-водный, в ряде случаев с солями лития. Полученные результаты свидетельствуют о том, что металлогеническая специализация магматических комплексов зависит как от состава дегазирующего флюида, так и от генетического типа рудогенерирующего гранитоидного массива, точнее, генетический тип гранитоидов определяет их флюидную специализацию, которая, в свою очередь, является одним из факторов, влияющих на характер оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

- Бердников Н.В., Романовский Н.П. Гранитоиды Хунгарийской и Верхнеудоминской серий Северного Сихотэ-Алиня в районе Анюйского выступа: включения в минералах, вопросы образования и рудоносности // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 2. С. 86–93.
- Гамянин Г.Н., Гончаров В.И., Горячев Н.А. Критерии генетической связи золото-редкометалльного оруденения с гранитоидами // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики: Труды Всерос. совещ. Магадан, 4–6 сентября, 1997. Т. 2. Рудная минерализация и петрогенезис. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 121–131.
- Гамянин Г.Н., Гончаров В.И., Горячев Н.А. Золото-редкометалльные месторождения Северо-Востока России // Тихоокеан. геология. 2000. Т. 15. С. 619–636.
- Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозойд. Москва: GEOS, 2001. 222 с.
- Гончаров В.И. Гидротермальное рудообразование в окраинных вулканических поясах. М.: Наука, 1983. 215 с.
- Гончаров В.И. Флюидный режим формирования золотой минерализации в складчатых структурах северо-востока России // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики: Труды Всерос. совещ. Магадан, 4–6 сентября, 1997. Т. 2. Рудная минерализация и петрогенезис. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 80–105.
- Горячев Н.А. Жильный кварц золоторудных месторождений Яно-Колымского пояса / Ред. Г.Н. Гамянин. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1992. 136 с.
- Горячев Н.А. Колесниченко П.П. К геохимии габброидных интрузивов Яно-Колымского золоторудного пояса // Магматизм и минерализация северо-восточной Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. С. 243–257.
- Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии / Ред. В.И. Гончаров. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 210 с.
- Горячев Н.А. Пояса гранитоидных плутонов, зонального метаморфизма и золото-кварцевых жил: случайное совмещение или генетическая связь? // Наука на Северо-Востоке России (к 275-летию Российской Академии наук). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1999. С. 68–85.
- Горячев Н.А. Металлогения Удско-Мургаляского вулканического пояса (северное побережье Охотского моря) в поздней юре – раннем мелу // Структура, геодинамика и металлогения Охотского региона и смежных районов северо-востока тихоокеанской плиты: Междунар. науч. симпоз. Южно-Сахалинск, 24–28 сентября 2002. Т. 1. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. С. 175–176.
- Горячев Н.А. Происхождение золото-кварцевых жильных поясов Северной Пацифики // Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. 143 с.
- Горячев Н.А. Проблемы геодинамической классификации фанерозойских гранитоидов северо-востока Азии // Труды конференции “Проблемные аспекты формационной принадлежности, петрологии и рудоносности магматических комплексов”. Новосибирск, 16–19 апреля, 2003. Новосибирск: СО РАН, 2003. С. 83–84.
- Горячев Н.А. Удско-Мургаляская магматическая дуга: геология, магматизм, металлогения // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. С. 17–38.
- Добрецов Н.Л. Проблемы соотношения тектоники и метаморфизма // Петрология. 1995. Т. 3. № 1. С. 4–23.
- Кориковский С.П. Контрастная модель развития прогрессивного и регрессивного метаморфизма в фанерозойских складчатых поясах в областях коллизии и субдукции // Петрология. 1995 Т. 3. № 1. С. 45–63.
- Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Гагиева А.М. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 319 с.
- Михайлов Б.К., Горячев Н.А. Интерпретация геофизических полей мезозойд северо-востока Азии и размещение золото-кварцевой минерализации / Ред. В.И. Гончаров. Золоторудная минерализация и гранитоидный магматизм северной Пацифики. Т. 1. Геология, геохронология, геохимия. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 83–86.
- Ньюберри Р., Лейер П., Ганс П. и др. Предварительные данные по геохронологии мезозойского магматизма, тектоники и минерализации на северо-востоке России с помощью $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ определений возраста и содержаний рассеянных элементов в изверженных и минерализованных породах / Ред. В.И. Гончаров. Золоторудная минерализация и гранитоидный магматизм северной Пацифики. Т. 1. Геология, геохронология, геохимия. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 181–205.
- Тектоника, геодинамика и металлогения Республики Саха (Якутия) / Ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. М.: МАИК “Наука-Интерпериодика”, 2001. 571 с.
- Флеров Б.Л. Месторождения олова Яно-Колымской складчатой области. Новосибирск: Наука, 1976. 286 с.
- Чевычелов В.Ю. О растворимости хлора во флюидонасыщенных магматических расплавах гранитного состава: влияние кальция // Геохимия. 1999. № 5. С. 522–535.
- Berdnikov N.V., Karsakov L.P. Methane-Bearing Fluid Inclusions as Evidence of the Collisional Nature of High-Alumina Granites, Northern Sikhote-Alin, Russian Far East // International Geology Review. 1999. V. 41. P. 587–592
- Chappell B.W., White A.J.R. Two contrasting granite types // Pacific Geology. 1974. V. 8. P. 173–174.
- Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J. et al. A Geochemical Classification for Granitic Rocks // Journal of Petrology. 2001. V. 42, N 11. P. 2033–2048.
- Goryachev N.A., Goncharov V.I. Late Mesozoic Granitoid Magmatism and Related Gold and Tin Mineralization of North-East Asia // Resource Geology. Special Issue. 1995. N 18. P. 111–122.
- Goryachev N.A., Edwards A.C. Gold Metallogeny of North-East Asia // Proceedings PACRIM’99. 1999. P. 287–302.
- Goryachev N.A. Late Jurassic – Early Cretaceous ore lode deposits and magmatic assemblages of northeastern Asia continental margin // Proceedings of the 2nd International Symposium of Geosciences in NE Asia and the 9th China-Korea Joint Symposium of Geology on Crustal Evolution in NE Asia. Editors Sun G., Cao L., Hu K. Changchun. China. 2002. P. 77–78.

29. Goryachev N.A., Khanchuk A.I. The origin of Late Cretaceous alkaline granitoids and basalts in the Upper Kolyma River area (the slab window tectonic model) / Ed. A.Khanchuk. Deep-seated magmatism, magmatic sources and the problem of plumes. Proceedings of International Workshop. Vladivostok: Dalnauka, 2002. P. 261–274.
30. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // *Mining Geology*. 1977. V. 27. P. 293–305.
31. Ishihara S. The granitoid series and mineralization // *Economic Geology 75th Anniversary Volume*. 1981. P. 458–484.
32. Layer P.W., Newberry R., Fujita K. et al. Tectonic setting of the plutonic belts of Yakutia, Northeast Russia, based on ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology and trace element geochemistry // *Geology*. 2001. V. 29, N 2. P. 167–170.
33. Lowenstern J.B. Carbon dioxide in magmas and implications for hydrothermal systems // *Mineralium Deposita*. 2001. V. 36. P. 490–502.
34. Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger, J.W.H. et al. Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific // *US Geol. Surv. Open-File Report 98–754*. 1998. 124 p.
35. Parfenov L.M. Tectonics of the Verkhoyansk-Kolyma Mesozoids in the context of plate tectonics // *Tectonophysics*. 1991. V. 199. P. 319–342.
36. Peterson J.W., Newton R.C. CO₂-enhanced melting of biotite-bearing rocks at deep-crustal pressure-temperature conditions // *Nature*. 1989. V. 340. P. 378–380.
37. Takagi T., Tsukimura, K. Genesis of oxidized- and reduced-type granites // *Econ. Geol.* 1997. V. 92. P. 81–86.
38. Takahashi M., Aramaki S., Ishihara S. Magnetite-series/Ilmenite-series vs. I-type/S-type granitoids // *Mining Geology Special Issue*. 1980. N 8. P. 13–28.
39. Trunilina V.A. Geodynamic position, genesis and criteria for ore content of tin-bearing granitoids from the Yana-Kolyma region / Seltman, Kampf and Moller (eds). *Metallogeny of collisional orogens*. Prague: Czech Geological Survey. 1994. P. 430–434.

Поступила в редакцию 17 марта 2006 г.

Рекомендована к печати В.Г. Гоневчуком

N.A. Goryachev, N.V. Berdnikov

Types of ore-bearing granites of the south-eastern part of Mesozoids of northeastern Russia, and their fluid specialization

Throughout northeastern Asia, granitoid rocks formed in collision-related active, and transform continental margin environments are known [19, 26, 29]. In terms of their mineralogical and geochemical characteristics, they are of S- and I-type / ilmenite (collisional) and I-type / magnetite (subductional and of transform margins) granitoids. Mineral deposits and occurrences of gold, tin, tungsten, bismuth, niobium, zirconium, and yttrium are related to these granitoids. Using cryometric and thermometric techniques, we examined the individual melt and fluid inclusions in quartz of granite rocks which are related to gold and tin deposits. Homogenization temperature (Th) values for crystallized melt inclusions in quartz range from 805 to 780°C, and those for high-concentration solid phase-fluid inclusions are 600°C and higher. Th for primary fluid inclusions ranges from 530 to 225°C, and for secondary ones ranges from 370 to 155°C.

Irrespective of granite nature, fluid inclusions in quartz of granites contain potassium and sodium chlorides. Fluid inclusions in quartz of S-granites are filled predominantly with sodium chlorides; and those of I-granites, with potassium chlorides. Carbon dioxide with an admixture of water, nitrogen and methane is typical only of S- and I-type / ilmenite series granites, whereas potassium, magnesium and lithium chlorides are typical of subduction-related I-type / magnetite series granites. Ilmenite granites of S- and I-types contain a compositionally similar fluid phase in inclusions, although a nitrogen-methane mixture in I-granites displays a tendency to a more reduced character of their fluid. This testifies to a genetic connection of these granite types, which formed at different depths of a collision-related plutono-metamorphic system.

Fluid inclusions in gold-bearing granites have carbon dioxide with water and sodium chloride composition with CH₄ and N₂ admixtures. The total salinity of secondary inclusions reaches 8 % of NaCl_{eq}. Fluid inclusions in tin-bearing granites have generally chloride (KCl higher than NaCl) composition; lithium and magnesium chlorides are present. The salinity of primary fluid inclusions is up to 8,5 % of NaCl_{eq}, and secondary fluid inclusions are more concentrated (up to 22 % NaCl_{eq}).

Key words: ore-bearing granitoids, geodynamic settings, geochemical types of granites, fluid inclusions, fluid specialization, northeastern Asia.