

## ЯЛОМАНСКИЙ АРЕАЛ ГРАНИТОИДОВ: ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ

Н.И. Гусев, А.И. Гусев<sup>1</sup>, С.И. Федак<sup>1</sup>

ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург

<sup>1</sup> ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

Яломанский ареал гранитоидов усть-беловского комплекса ( $D_3$ ) приурочен к аномальному блоку в структурах Горного Алтая и образует крупную структуру округлой формы в диаметре более 50 км, интрузирующей флишоиды горно-алтайской серии ( $C_2-O_1$ ), мелководно-морские карбонатно-терригенные отложения среднего ордовика – нижнего силура, а также прибрежные терригенные образования каракудюрской свиты ( $D_1$ ). В составе ареала наблюдается несколько интрузивных массивов гранитоидов, относящихся к усть-беловскому комплексу ( $D_3$ ): Яломанский, Кадринский, Чике-Таманский, Усть-Чуйский и другие. Массивы сложены породами разного состава, при преобладающей роли гранодиоритов. В составе Чике-Таманского массива не встречены лейкограниты, в то время как последние имеют существенную роль в составе Яломанского массива. Это связано с различным уровнем эрозионного среза указанных массивов и степенью проявленности полноты дифференциатов. По указанным массивам проведено выделение фаз внедрения, опробование и визуальное описание с целью петрологического изучения становления отдельных массивов и их потенциальной рудоносности. В южной части ареала развито несколько мелких массивов гранитоидов топольнинского ( $D_2$ ) и боровлянского ( $D_3-C_1$ ) комплексов.

Массивы яломанского ареала сложены породами 4 фаз: 1 – диоритами, кварцевыми диоритами, редко монцодиоритами; 2 – тоналитами, гранодиоритами; 3- гранитами, низкощелочными гранитами; 4- лейкогранитами. Дайки второго этапа охватывают по пересечениям, отражая последовательность становления: 1- долеритовые порфириты, 2- диоритовые порфириты, кварцевые диоритовые порфириты, спессартиты, монцодиоритовые порфириты; 3- тоналитовые порфиры, гранодиоритовые порфиры, 4- гранит-порфиры.

Диориты - массивные породы, образующие линзовидные тела протяжённостью от нескольких десятков метров до 400 м в южных частях Яломанского, Чике-Таманского и западной части Кадринского массивов. Состав (%): плагиоклаз – 50-60, роговая обманка- 18-20, клинопироксен – 7, ортопироксен – 3-5, калиевый полевой шпат – 2-3. Структура породы гипидиоморфнозернистая, местами призматическизернистая. Интрателлурическая фаза диоритов, кварцевых диоритов и монцодиоритов представлена крупными таблитчатыми выделениями зонального плагиоклаза размерами до 1-1,5 см. В ядрах таких кристаллов присутствует лабрадор ( $An_{60-53}$ ), редко битовнит ( $An_{73-78}$ ). Периферическая кайма зональных кристаллов выполнена андезином ( $An_{32-43}$ ). Центральные части зональных кри-

сталлов часто замещены карбонатом, хлоритом, эпидотом. Вторая генерация плагиоклаза, распространённого в основной ткани породы, представлена полисинтетически сдвойникованным андезином ( $An_{38-45}$ ). Калиевый полевой шпат представлен несдвойникованным микроклином, реже – микроклин-пертитом. Среди темноцветных минералов доминирует роговая обманка, реже отмечаются клинопироксен (авгит с железистостью  $f=31.5-33.3$ , глинозёмистостью  $l=2.0-2.1$ ) и ортопироксен (клиногиперстен с  $f=48.0-48.2$ ,  $l=1.02-1.1$ ). Оба минерала по периферии интенсивно замещены эпидотом, хлоритом. Бурая роговая обманка (паргасит с  $f=35.0-36.4$  и  $l=17.2-17.7$ ) имеет призматические и таблитчатые выделения. Замещается эпидотом и хлоритом. Аксессуары редки и представлены апатитом, магнетитом, сфеном. Составы некоторых темноцветных минералов сведены в табл. 1.

#### 1. Химический состав некоторых темноцветных минералов гранитоидов яломанского ареала

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	53,14	53,08	52,51	52,96	52,25	48,98	52,40	49,80	45,27
TiO <sub>2</sub>	0,12	0,09	0,21	0,30	0,12	0,65	0,10	0,52	0,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,91	0,80	0,47	0,75	0,83	7,34	0,94	6,01	8,28
FeO <sub>t</sub>	11,22	12,50	29,46	26,39	10,34	16,76	10,56	15,70	20,15
CaO	21,64	20,96	0,95	1,14	22,13	10,56	22,57	10,90	10,47
MgO	13,12	12,13	16,76	18,53	13,34	12,37	13,46	14,10	10,13
MnO	0,41	0,46	1,10	0,58	0,39	0,55	0,41	0,32	0,70
Na <sub>2</sub> O	0,30	0,21	0,06	0,05	0,20	0,85	0,20	0,83	1,48
K <sub>2</sub> O	0,02	0,01	-	-	0,02	0,68	0,01	0,50	0,70
Сумма	100,88	100,24	101,52	100,7	99,62	98,74	100,65	98,68	98,04

Примечание. Анализы выполнены на приборе Camebax-micro в ОИГГИМ СО РАН (Новосибирск). Чике-Таманский массив: диориты: 1,2- клинопироксены; 3,4- ортопироксены; 8- амфибол; монцодиориты: 5- клинопироксен, 6- амфибол; гранодиориты: 7- клинопироксен; 9- амфибол.

Кварцевые диориты отличаются от диоритов отсутствием пироксенов, появлением кварца (от 5 до 12%), биотита (от 2 до 10%), существенной ролью роговой обманки (от 10 до 25%) и увеличением содержания калиевого полевого шпата (до 10%).

Монцодиориты распространены локально в виде небольших тел размерами от 10-30 до 50-200 м. Это розовато-серые среднекристаллические порфиридные мезократовые породы с варьирующим составом (%): плагиоклаз – 51-54, калиевый полевой шпат – 10-19, роговая обманка – 20-26, клинопироксен – 1-4, биотит – 1-3, кварц – 4-10. Спектр аксессуаров охватывает апатит, сфен, магнетит, циркон. Характерны многочисленные призматические и игольчатые выделения апатита. Структура породы гипидиоморфнозернистая. Плагиоклаз преимущественно не сдвойникован и диагностируется андезином-лабрадором ( $An_{34-51}$ ). Замещается пелитом и серицитом. Преобладающая среди темноцветных минералов роговая обманка имеет умеренно железистый и глинозёмистый состав ( $f=54.2$ ;  $l=24.3$ ). Клинопироксен диагностируется авгитом ( $f=31.2$ ;  $l=1.9$ ). Микроклин-пертит редко сдвойникован. Иногда образует крупные индивиды размером до 0,8 см. Кварц ксеноморфен и характеризуется резко волнистым погасанием.

Преобладающими породами во всех массивах являются гранодиориты второй фазы. Это среднезернистые породы светло-серой окраски, иногда с розоватым оттенком. Состав (%): кварц – 16-24, плагиоклаз – 28-45, роговая обманка – 5-12, биотит – 4-10, калиевый полевой шпат – 10-16. Аксессуары: магнетит, пирит, циркон, апатит (коротко-столбчатый). Плагиоклаз образует несколько генераций. Наиболее ранняя генерация представлена зональными кристаллами (до 0,8 см в размере), ядерные части которых сложены лабрадором ( $An_{51-58}$ ) и часто интенсивно сосюритизированы. Краевые части таких индивидов сложены андезином ( $An_{31-34}$ ). Вторая генерация характеризуется полисинтетическим двойникованием и также имеет зональное строение. Плагиоклаз таких кристаллов (3-5 мм) сложен олигоклазом ( $An_{24-29}$ ) с тонкой краевой каёмкой альбита ( $An_{8-9}$ ). Калиевый полевой шпат диагностируется микроклин-пертитом, как правило несдвойникованным. Роговая обманка относится к обыкновенной с умеренными величинами железистости и глинозёмистости ( $f=54.1$ ;  $l=24.0$ ). Бурый биотит относится к группе сидерофиллитаннита ( $f=55,3-55,8$ ;  $l=31,2-32,0$ ). Химические составы биотитов приведены в табл. 2.

Тоналиты в отличие от гранодиоритов содержат значительно меньшие количества микроклин-пертита (2-5%). В них появляется клинопироксен, а плагиоклаз относится к андезину ( $An_{35-42}$ ). Роговая обманка доминирует среди темноцветных минералов. Чешуйки биотита встречаются редко.

Граниты 3 фазы внедрения имеют среднезернистый облик и обладают светло-серой окраской с розоватым оттенком. Микроструктура породы гранитовая. Состав (%): кварц – 28-33, плагиоклаз – 30-32, калиевый полевой шпат – 22-31, биотит – 2-8, роговая обманка – единичные зёрна. Аксессуары: пирит, магнетит, циркон. Плагиоклаз кристаллизовался в 2 генерациях. Ранняя из них образует более крупные кристаллы (до 5 мм) с повторяющейся зональностью со сменой андезина ( $An_{32-41}$ ) на олигоклаз ( $An_{25-28}$ ). Такие зоны сменяют друг друга 2-3 раза. Повторяющаяся зональность в полево-м шпате указывает на весьма меняющиеся условия кристаллизации распла-

2. Химический состав биотитов гранитоидов яломанского ареала

Породы, фазы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	F	Cl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Чике-Таманский массив														
Кварцевый диорит 1 фазы	36,41	3,95	13,84	8,27	12,18	0,24	11,21	0,08	0,25	8,81	3,03	0,19	0,51	0,25
Гранодиорит 2 ф.	36,46	3,84	14,12	8,35	12,1	0,25	10,96	0,1	0,3	8,86	3,12	0,29	0,68	0,3
Гранит 3 ф.	37,01	4,27	14,09	6,20	9,40	0,47	13,09	0,15	0,46	9,76	3,30	0,35	0,70	0,30
Гранит 3ф.*	38,01	4,27	14,09	-	15,68	0,47	13,09	0,15	0,46	9,76	-	-	-	-
Гранит 3 ф.*	36,41	4,44	13,52	-	20,3	0,44	10,19	0,15	0,31	9,52	-	-	-	-
Спессартит (дайка)	38,71	2,01	14,04	6,26	14,37	0,36	11,13	0,17	0,33	10,21	2,33	0,12	0,36	0,3
Спессартит (дай-ка)*	38,81	3,2	14,02	-	20,63	0,36	11,12	0,17	0,31	10,19	-	-	-	-
Монцодиорит (дайка)	36,11	3,95	13,05	6,1	16,13	0,18	9,2	0,12	0,26	9,03	3,55	0,65	0,87	0,4
Тоналит (дайка)	35,91	3,98	13,75	6,34	15,87	0,21	9,18	0,11	0,26	8,84	3,42	0,62	0,85	0,39
Гранодиорит-порфир (дайка)	35,96	3,95	13,77	5,28	15,55	0,28	10,22	0,1	0,33	8,92	3,38	0,59	0,82	0,36
Усть-Чуйский массив														
Гранодиорит	35,55	3,97	12,46	8,20	14,15	0,26	11,06	0,04	0,20	9,20	3,01	0,21	0,41	0,26
Гранит	36,49	4,11	13,12	9,15	12,11	0,40	9,62	0,23	0,46	10,18	3,21	0,17	0,13	0,18
Кадринский массив														
Гранодиорит 2 ф.	37,37	4,63	12,76	8,1	12,21	0,42	10,8	0,18	0,1	9,97	2,53	0,18	0,15	0,2
Гранодиорит 2 ф.*	37,35	4,65	12,77	-	20,31	0,42	10,79	0,18	0,11	9,96	-	-	-	-
Гранодиорит 2 ф.*	37,24	4,27	13,37	-	19,79	0,44	10,55	0,12	0,45	9,13	-	-	-	-
Гранодиорит 2 ф.*	37,45	4,42	13,26	-	19,39	0,38	10,52	0,06	0,45	9,68	-	-	-	-
Гранодиорит 2 ф.*	38,61	3,03	14,01	-	20,61	0,53	11,28	0,04	0,36	9,97	-	-	-	-
Гранодиорит 2 ф.*	38,0	-	13,68	-	21,24	0,67	11,03	0,02	0,46	10,18	-	-	-	-
Гранит низкощелочной 3 ф.	37,22	4,44	13,41	7,5	12,5	0,57	9,70	0,25	0,3	9,92	3,1	0,15	0,15	0,21
Гранит низкощелочной 3 ф.*	37,21	4,42	13,4	-	20,0	0,58	9,71	0,25	0,3	9,91	-	-	-	-
Гранит низкощелочной 3 ф.*	36,62	4,69	12,66	-	21,20	0,42	9,6	0,18	0,24	9,39	-	-	-	-
Монцодиорит (дайка)	37,31	4,49	13,06	7,55	13,96	0,40	10,82	0,2	0,2	9,13	2,2	0,22	0,21	0,25
Яломанский массив														
Гранодиорит 2 ф.	39,12	2,11	14,53	8,1	12,18	0,66	9,98	0,55	0,47	9,98	2,35	0,16	0,1	0,18
Гранит 3 ф.	36,35	4,06	13,04	9,25	12,2	0,39	9,58	0,16	0,39	10,15	3,12	0,16	0,17	0,2
Гранит*	37,17	3,81	13,66	-	21,24	0,81	9,35	0,2	0,19	9,97	-	-	-	-
Гранит*	35,76	3,8	13,11	-	22,55	0,42	9,19	0,03	0,03	10,16	-	-	-	-
Гранит*	36,41	4,44	13,52	-	20,3	0,44	10,19	0,15	0,31	9,52	-	-	-	-
Гранит*	36,42	4,03	13,42	-	20,23	0,69	10,04	0,14	0,6	9,59	-	-	-	-
Лейкогранит 4 ф.	35,72	3,09	13,78	12,35	16,1	0,69	3,72	0,12	0,4	9,69	3,11	0,25	0,2	0,3
Лейкогранит 4 ф.*	35,11	3,06	13,57	-	28,0	0,7	3,86	0,12	0,43	9,81	-	-	-	-

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории ИГТ и Г СО РАН (Новосибирск); анализы помеченные \* выполнены в лаборатории ВСЕГЕИ на приборе CamScan MV2300 с системой микроанализа Link ISIS-300; прочерки – анализ не проводился.

ва. Вторая генерация плагиоклаза диагностируется олигоклазом с варьирующим составом (An<sub>22-27</sub>). Калиевый полевой шпат несколько уступает по распространённости в породе и представлен микроклин-пертитом с отчётливыми решётчатыми двойниками. Биотит бурый с многочисленными включениями пирита, магнетита. По составу отвечает сидерофиллиту (f=61.2-63.1; l= 29.1-30.2). Замещается хлоритом с выделением лейкоксена и тонкой сыпи магнетита.

Граниты низкощелочные также относятся к 3 фазе внедрения. Это светло-серые, мелко-среднезернистые породы. В отличие от гранитов в качестве темноцветного минерала содержат обыкновенную роговую обманку (до 10%) и изредка – биотит. Плагиоклаз в них представлен андезином (An<sub>31-36</sub>) по периферии зёрен, а ядерные участки таких кристаллов имеют более основной состав (An<sub>43-48</sub>) и часто соскюриitized. В аксессуарной группе апатит, магнетит, пирит, циркон.

Лейкограниты 4 фазы порфировидные породы светлой окраски с розоватым оттенком. Состав (%): кварц – 29-37, плагиоклаз – 20-36, калиевый полевой шпат – 30-36, биотит – 1-3. В отличие от гранитов здесь плагиоклаз имеет

более кислый состав ( $Аn_{15-19}$ ) в индивидах основной ткани породы. А в порфировидных выделениях, отчётливо зональных, он сменяется от олигоклаза ( $Аn_{24-26}$ ) к более кислому олигоклазу ( $Аn_{13-15}$ ). Ядерные зоны таких кристаллов нередко серицитизированы. Микроклин-пертиты распада имеют неотчётливую решётчатую микроструктуру и, как правило, пелитизированы. Биотит лейкогранитов коричнево-буро-коричневый, отличается высокой железистостью ( $f=85.2-86.3$ ), умеренной глинозёмистостью ( $l=29.6-30.6$ ), низкой магнезиальностью и относится к сидерофиллит-аннитовому ряду, что указывает на кристаллизацию этих пород в условиях невысокой активности щелочей.

Лейкограниты умеренно-щелочные 4 фазы являются фациальной разновидностью предыдущих пород и образуют с ними постепенные переходы. В отличие от лейкогранитов в них снижено количество кварца за счёт увеличения полевых шпатов, что, видимо, и обуславливает их более высокую щёлочность.

Представления о химическом составе пород яломанского ареала дают анализы пород Чике-Таманского массива (табл.3).

### 3. Химический состав пород Чике-Таманского массива и даек (мас.%)

Породы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сумма
Диорит	52,09	1,30	16,61	4,35	6,08	0,20	3,84	6,93	2,71	1,80	0,28	99,74
Диорит	53,85	1,01	16,43	3,28	6,29	0,19	3,84	7,32	2,72	1,73	0,16	98,96
Диорит	57,03	1,00	15,45	3,31	6,16	0,18	3,29	6,89	2,90	1,79	0,14	99,27
Кварцевый диорит	58,75	0,99	16,86	1,67	2,02	0,20	3,85	7,38	3,90	1,56	0,03	98,88
Кварцевый диорит	59,92	0,68	14,10	3,19	5,98	0,13	3,36	6,68	3,13	1,95	0,12	98,60
Кварцевый диорит	60,86	0,77	15,56	2,36	4,96	0,14	3,09	6,07	2,29	2,14	0,14	99,74
Кварцевый диорит	62,42	0,67	15,16	2,39	3,92	0,12	2,47	5,50	2,69	2,05	0,12	98,89
Кварцевый диорит	60,99	0,67	14,94	2,20	5,35	0,11	3,40	5,46	2,67	2,70	0,11	99,74
Кварцевый диорит	62,01	0,80	15,91	2,11	4,66	0,09	2,26	5,11	3,45	2,05	0,11	99,82
Кварцевый диорит	61,81	0,77	16,68	1,58	4,23	0,12	3,25	4,94	1,84	1,69	0,15	100,03
Гранодиорит	63,01	0,73	16,12	1,95	2,97	0,14	2,88	6,00	2,35	2,08	0,03	99,56
Гранодиорит	64,06	0,59	14,61	1,90	2,92	0,11	2,19	4,69	3,09	2,55	0,12	98,65
Гранодиорит	63,31	0,68	15,88	2,08	3,87	0,10	2,98	4,97	2,09	1,96	0,12	99,85
Гранодиорит	64,91	0,50	16,05	1,37	3,52	0,10	2,77	4,66	2,09	2,10	0,13	100,3
Гранодиорит	63,11	0,62	15,93	2,06	3,08	0,09	3,06	5,11	2,41	2,1	0,15	99,55
Гранодиорит	63,56	0,60	14,08	2,52	3,76	0,02	3,36	3,82	2,65	2,63	0,18	100,07
Гранит	70,99	0,42	14,09	0,63	2,22	0,05	1,55	2,49	2,63	3,62	0,05	99,57
Гранит	70,49	0,19	15,39	0,55	1,33	0,03	1,13	4,86	3,03	1,86	0,03	99,43
Гранит	71,24	0,28	14,00	0,68	1,90	0,04	0,74	2,98	3,04	3,79	0,04	99,18
Гранит	71,02	0,26	13,29	0,32	2,91	0,02	1,32	2,55	4,03	2,89	0,25	100,09
Дайка диорита	54,72	0,79	15,37	3,70	4,98	0,16	4,95	7,19	1,90	1,93	0,12	98,87
Дайка диорита	55,89	0,73	13,96	3,58	5,00	0,16	6,05	7,74	2,88	1,59	0,13	99,72
Дайка гранита	68,55	0,39	13,83	0,83	2,61	0,07	1,06	2,33	4,49	3,84	0,05	99,58

Примечание. Анализы выполнены в лабораториях ИГГиГ СО РАН (г. Новосибирск) и Аналитическом Центре ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург).

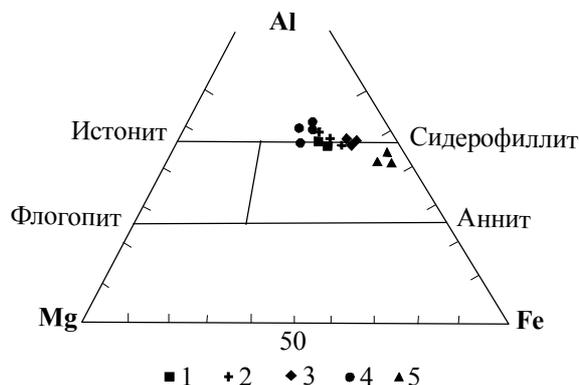


Рис. 1. Диаграмма Al – Mg– Fe составов биотитов гранитоидов яломанского ареала.

1- кварцевые диориты 1 фазы; 2- гранодиориты, 3 - тоналиты 2 фазы; 4 - граниты 3 фазы; 5 - лейкограниты 4 фазы.

Геохимические особенности пород яломанского ареала изучены по представительным анализам проб, сведенным в таблице 4. Следует отметить, что породы яломанского ареала характеризуются небольшими концентрациями рубидия, стронция, иттрия. Содержания меди в них на уровне кларка и только в монцодиоритах достигают 572 г/т. Обращает внимание повышенное содержание стронция по сравнению с другими массивами и появление в породах Чике-Таманского массива таких элементов, как молибден и вольфрам. Частные отношения лёгких лантаноидов к тяжёлым (лантан к лютецию), а также стронция к европию указывают на значительное участие в эволюции магматического очага процессов фракционирования. При этом происходит значительное увеличение отношений лантана к иттербию, нормированных по хондриту, от кварцевых диоритов и монцодиоритов ранних фаз к заключительным лейкогранитам, указывая на высокую степень фракционирования редкоземельных элементов. На диаг-

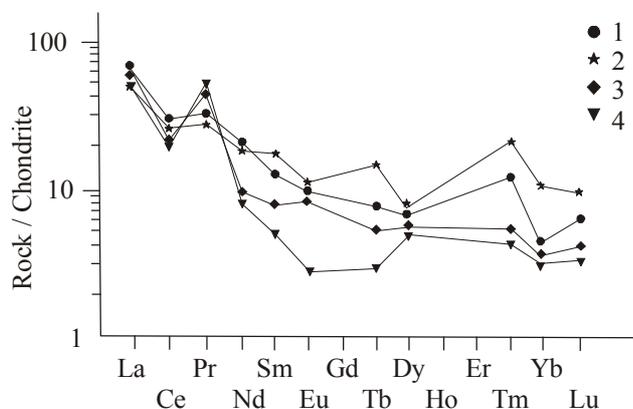
#### 4. Представительные анализы пород яломанского ареала

Элементы, г/т	Кадринский массив			Яломанский массив			Чике-Таманский массив		
	Гранодиорит	Монцодиорит	Низкощелочной гранит	Монцодиорит	Гранит	Лейкогранит	Кварцевый диорит	Гранодиорит	Гранодиорит
Rb	30,9	24,8	38,5	41,5	129	103	19,5	74,0	55,0
Sr	115	125	110	136	138	74,8	314	260	420
Be	1,13	1,63	1,2	2,48	1,46	1,59	0,8	1,4	2,2
Cu	19,7	27,2	12,5	572	21,0	9,71	18,5	76,4	27,0
Cr	17,7	11,3	15,6	21,3	18,8	18,3	21,4	18,2	80,0
Pb	14,9	26,7	17,8	10,6	21,6	20,8	14,1	34,8	20,3
Zn	52,9	102	52,4	105	51,5	54,3	45,7	57,2	50,0
Sc	1,71	2,77	1,54	1,68	8,42	1,95	18,0	1,8	11,0
Mo	< 1	< 1	< 1	< 1	1,9	< 1	< 1	2,5	2,7
Y	1,7	4,36	1,5	4,08	23,2	9,19	25,5	3,8	14,0
W	< 1	1,75	< 1	< 1	< 1	3,5	< 1	1,5	1,6
La	29,5	20,2	24,3	20,5	23,5	23,0	21,4	29,8	21,0
Ce	32,6	30,5	28,7	30,5	25,4	20,6	29,0	21,0	38,0
Pr	5,3	4,3	6,9	4,5	7,0	7,5	3,1	3,2	6,4
Nd	13,8	12,4	7,0	12,7	7,0	6,0	12,0	10,1	18,0
Sm	3,45	4,5	2,3	4,4	2,0	0,98	4,3	2,4	3,1
Eu	0,97	1,2	0,85	1,2	0,87	0,23	1,1	0,49	0,95
Tb	0,49	0,85	0,30	0,8	0,25	0,15	0,73	0,33	0,40
Dy	2,6	3,1	2,4	2,9	2,3	2,1	2,9	2,47	2,3
Tm	0,40	0,65	0,15	0,6	0,14	0,13	0,58	0,24	0,31
Yb	1,4	2,6	1,2	2,4	1,1	0,8	2,5	1,44	1,5
Lu	0,3	0,4	0,22	0,5	0,20	0,15	0,5	0,19	0,24
(La/Yb) <sub>N</sub>	14,3	13,8	14,5	19,6	5,8	5,2	5,8	14,0	9,5
Sr/Eu	118,6	129,4	158,6	325,2	113,3	104,2	285,5	530,6	442,1
La/Lu	98,3	110,5	117,5	153,3	41,0	50,5	42,8	154,2	87,5

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом Центре ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) методом ICP-AES, на редкие земли – в лаборатории ИГиГ СО РАН (г. Новосибирск). Отношения La/Yb<sub>N</sub> нормализованы по хондриту [8].

рамме, отражающей спектры распределения РЗЭ, наблюдается вогнутый характер кривых при слабом европиевом минимуме или отсутствии его (рис. 2). В гранитах отмечается слабая позитивная аномалия европия.

Весьма показательны результаты изучения содержаний элементов-примесей в магматогенном пирите массивов и дайковых образований. Следует отметить, что пирит встречается в породах всех массивов довольно часто. Лишь в лейкогранитах он отмечается реже. Наибольшее его количество отмечается в дайковых образованиях. Монофракции дисульфида железа на анализ отбирались из свежих пород, не претерпевших наложенных процессов изменения. Отобраны и проанализированы 22 монофракции пирита. Результаты анализов пиритов приведены по Яломанскому и Чике-Таманскому массивам (табл.5 и 6).



**Рис. 2. Спектры распределения РЗЭ в породах Яломанского ареала.**

Концентрации РЗЭ нормированы по хондриту [8].

1 - гранодиориты, 2 - монцодиориты, 3 - граниты, 4 - лейкограниты.

В сравнении с обоими массивами в дайках происходит заметное обогащение пирита халькофильными элементами, бором и золотом. Уровень концентраций меди, свинца, цинка, висмута, золота, бора в дисульфиде железа Чике-Таманского массива значительно выше, чем в Яломанском, что указывает на большие потенциальные перспективы Чике-Таманского массива.

Ранее нами установлено, что бор является весьма чувствительным показателем геохимической обстановки становления массивов гранитоидов и дайковых образований, генерирующих медно-золото-скарновое оруденение (Ульменское, Синюхинское месторождения), медно-золото-порфировое оруденение (месторождение Калгутинское, проявления Чакпундобэ и другие) [2], эпitherмальное золото-серебряное (Сурич, Майско-Семёновское) [4]. Бор в потенциально перс-

5. Содержание элементов-примесей в аксессуарных пиритах Яломанского массива (г/т)

Породы	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Mn	V	Cr	Mo	Ag	Bi	As	B	Au
Яломанский массив														
Гранодиориты, n=2	130	102	146	84	18	411	12.6	89.6	0.5	68.3	2.7	141	10.4	0.23
Граниты, n=2	65	41	59	23	16	502	11.2	65.3	0.8	45.8	3.7	154	12.7	0.25
Лейкограниты, n=2	35	27	32	12	11	623	9.5	23.6	1.5	34.5	4.1	123	17.7	0.21
Дайки														
Монцодиорит-прфириты, n=2	321	112	123	97	25.1	531	17.1	69.2	0.9	41.2	4.2	207	17.4	1.1
Гранодиорит-порфиры, n=2	116	78.1	103.2	45.9	10.1	523	11.5	47.1	1.3	62.1	5.3	209	23.3	1.55

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Новосибирской геологической экспедиции (г. Новосибирск); n – количество проб.

пективных магмо-рудно-метасоматических системах (МРМС) накапливается в повышенных концентрациях в биотитах, сульфидах магматических пород, а также в сульфидах наложенных гидротермальных образований. Сходные данные отмечаются и для гранитоидов яломанского ареала. Повышенные концентрации бора в биотитах и пирите магматических пород наблюдаются в Чике-Таманском массиве (табл.2, 5, 6). При этом намечается корреляция содержаний бора и золота в пирите Чике-Таманского массива.

6. Содержание элементов-примесей в аксессуарных пиритах Чике-Таманского массива (г/т)

Породы	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Mn	V	Cr	Mo	Ag	Bi	As	B	Au
Чике-Таманский массив														
Гранодиориты, n=3	230	157	206	117	22	513	10.6	87.5	0.5	88.6	5.7	224	20.1	1.13
Кварцевые диориты, n=2	286	124	129	85	13	426	13.1	25.6	0.8	55.7	4.8	181	15.7	0.66
Дайки														
Монцодиорит-прфириты, n=3	887	142	218	157	35.3	627	18.2	89.3	0.3	51.2	5.2	247	19.4	2.1
Кварцевые диоритовые порфириты, n=2	352	224	316	54	40.2	876	19.3	76.6	0.7	65.4	7.6	346	22.8	2.2
Гранодиорит-порфиры, n=2	126	98.3	115.4	55.7	11.1	503	10.5	57.4	1.1	65.4	5.1	204	25.8	1.85

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Новосибирской геологической экспедиции (г. Новосибирск); n – количество проб.

Определены некоторые параметры флюидного режима гранитоидов яломанского ареала (табл.7).

Чике-Таманский массив гранитоидов характеризуется более благоприятными факторами для потенциальной рудоносности на медь и золото. Он характеризуется, в отличие от Кадринского и Яломанского массивов, более окисленным состоянием, что подтверждается более высокими содержаниями магнетита по сравнению с ильменитом, высокими содержаниями апатита (большее количество летучих). Известно, что чем более высокая степень окисленности магм, тем значительнее отделение меди и золота из расплава с летучими компонентами [7]. Более высокие потенциальные возможности Чике-Таманского массива определяются также и по реставрированным параметрам флюидного режима, характеризующегося высокими значениями парциальных давлений и фугитивностей воды и углекислоты. Дайки «второго этапа» пёстрого состава также обладают оптимальными параметрами флюидного режима, указывающими на высокие рудогенерирующие особенности глубинного очага на момент формирования даек. Дайки гранодиоритов и тоналитов имеют максимальные концентрации плавиковой кислоты во флюидах. Летучие компоненты указанных даек, в особенности отношения суммы парциальных давлений воды и углекислоты к воде, могли способствовать образованию флюидо-эксплозивных брекчий, которые в условиях Горного Алтая являются одними из важнейших поисковых критериев порфирирового оруденения [2].

7. Параметры флюидного режима гранитоидов массивов яломанского ареала

Породы, фазы	T°С	lg fO <sub>2</sub>	fH <sub>2</sub> O	pH <sub>2</sub> O	pCO <sub>2</sub>	y	$\frac{\lg f_{HF}}{\lg f_{HCl}}$	K <sub>вос</sub>	$\frac{p_{H_2O} + p_{CO_2}}{p_{H_2O}}$	M <sub>HF</sub>
Усть-Чуйский массив										
Гранодиорит 2 ф.	790	-1,8	600	880	620	192,8	-3,41	0,11	1,7	0,009
Граниты 3 ф.	780	-0,02	595	900	600	190,8	-2,4	0,06	2,52	0,0084
Чикетаманский массив										
Кварцевый диорит 1 ф.	780	-4,5	690	900	1000	190,4	-3,2	0,10	2,11	0,0209
Гранодиорит 2 ф.	770	-2,2	780	930	1170	190,6	-3,3	0,09	2,26	0,0111
Гранит 3 ф.	775	-1,9	758	920	1080	190,3	-3,75	0,09	2,17	0,0214
Гранодиорит (дайка)	750	-2,0	930	1000	1570	191,4	-2,8	0,23	2,57	0,175
Тоналит (дайка)	760	-3,8	1120	1020	1980	192,2	-2,7	0,19	2,94	0,259
Спессартит (дайка)	780	-4,1	1010	1200	1400	188,9	-3,6	0,16	2,16	0,090
Монцодиорит (дайка)	640	-8,1	1250	1850	1650	194,9	-2,5	0,19	1,89	0,254
Кадринский массив										
Гранодиорит 2 ф.	790	-1,0	700	910	890	189,9	-3,55	0,08	1,97	0,0401
Низкощелочной гранит 3 ф.	720	-0,2	600	900	500	191,4	-2,8	0,09	1,55	0,0364
Монцодиорит (дайка)	780	-2,2	1050	1200	1300	190,2	-2,7	0,13	2,10	0,0326
Яломанский массив										
Гранодиорит 2 ф.	810	-0,01	790	930	1170	183,7	-2,5	0,09	2,26	0,0334
Гранит 3 ф.	790	0,01	600	900	600	190,9	-2,7	0,06	1,67	0,0340
Лейкогранит 4 ф.	620	-3,8	550	900	600	193,3	-1,0	0,07	1,67	0,0261

Примечание. T°С – температура кристаллизации пород; fO<sub>2</sub>, fH<sub>2</sub>O – fugitivности кислорода и воды, соответственно, в 10<sup>2</sup> кПа; pH<sub>2</sub>O, pCO<sub>2</sub> – парциальные давления воды и углекислоты, соответственно, в 10<sup>2</sup> кПа; K<sub>вос</sub> – коэффициент восстановленности флюидов по Ф.Л. Летникову [6]; y – потенциал ионизации биотита по В.А. Жарикову [5]; M<sub>HF</sub> – концентрация плавиковой кислоты во флюидах по [1] (в моль/дм<sup>3</sup>).

На диаграмме (рис. 3) породы яломанского ареала образуют широкий разброс. Характерно, что породы Кадринского, Яломанского и Усть-Чуйского массивов локализируются вблизи низкофтористого тренда, указывая на относительно пониженный потенциал в отношении оруденения. Породы Чике-Таманского массива и сопровождающих его даек – гранодиорит-порфиры, тоналит-порфиры, спессартиты – образуют кучное поле на диаграмме, приближаясь к высокофтористому тренду высокопродуктивных гранитоидов Казахстана (Акчатау, Этыка). Следует

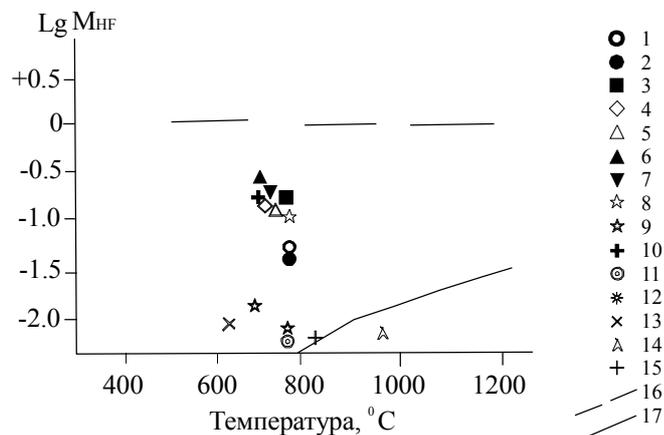


Рис.3. Диаграмма Lg M<sub>HF</sub> - T°С по А.М. Аксюк [1] гранитоидных пород яломанского ареала.

Усть-Чуйский массив: 1-гранодиориты 2 фазы, 2-граниты 3 фазы; Чике-Таманский массив: 3- кварцевые диориты 1 фазы, 4-гранодиориты 2 фазы, 5- граниты 3 фазы, 6- гранодиорит-порфиры (дайка), 7-тоналит-порфир (дайка), 8-спессартит (дайка), 9- монцодиорит (дайка); Кадринский массив: 10- гранодиорит-порфир (дайка), 11- гранодиорит, 12- низкощелочной гранит; Яломанский массив: 13- гранит, 14- гранодиорит, 15- лейкогранит; 16 - низкофтористый тренд медно-молибден- порфировых систем по А.М. Аксюк [1]; 17 - высокофтористый тренд высокопродуктивных редкометалльных гранитоидов (Этыка, Акчатау).

отметить, что дайки гранодиорит-порфиров, ассоциирующие с Кадринским и Яломанским массивами, также имеют характеристики, приближающиеся к высокофтористому тренду. Следовательно, участки развития даек в экзо- и эндоконтактах этих массивов также могут быть перспективны на обнаружение эндогенного оруденения.

Гранитоиды яломанского ареала характеризуются весьма обширными полями роговиков и метасоматитов, сопровождаются скарнами. Предварительно установлено, что из всех обследованных массивов яломанского ареала наибольшие потенциальные перспективы на выявление оруденения имеет Чике-Таманский массив. Контакты его местами имеют пологое залегание и сопровождаются сателлитами и куполовидными выступами. В области пологих контактов интенсивно проявлена пропилитизация вмещающих пород, распространяющаяся более чем на 1,5 км от контакта, обнаружены полевошпатовые метасоматиты (до 5 м мощностью) со скарновыми парагенезисами с турмалином, редко аксинитом, местами с волластонитом и вкрапленностью сульфидов. В метасоматитах отмечаются крупные фантомные кристаллы олигоклаза таблитчатого и призматического габитуса размерами до 5-6 см золотистого и искристо-золотистого цвета и относящегося к авантюрину. Видимая мощность зоны метасоматитов 5 м. В процессе специализиро-

ванных петрологических работ обнаружено несколько минерализованных зон в эндоконтакте массива, из которых зона в районе перевала Чике-Таман может представлять перспективы на медно-золото-порфировый тип оруденения. Приводим краткое описание проявления.

Чике-Таманское медно-золото-порфировое проявление находится в районе Чике-Таманского перевала. В гранодиоритах на участке 200 x 50 м наблюдается интенсивное дробление, окварцевание, баритизация и сидеритизация гранодиорит-порфиров (усть-беловский комплекс). Они осветлены, повсеместно в них развиты фельдшпатолиды в виде гнёзд, прожилков и пятнистых выделений. Сами гранодиорит-порфиры окварцованы и баритизированы по массе и содержат спорадическую вкрапленность халькопирита, халькозина, редко сфалерита, галенита размерами от 0,1 до 3 мм. Наиболее богатое прожиково-вкрапленное оруденение приурочено к сложным прожилкам кварц-баритового состава мощностью 0,5-2,5 см и окварцованным гранодиорит-порфирам. На таких участках халькопирит в тесной ассоциации с пиритом, халькозином, сфалеритом и галенитом образует вкрапленность (до 5-7 мм), реже гнёзда до 1,5 см. Спорадически отмечается самородная медь размерами от 0,1 до 1,5 мм. Встречаются прожилки и просечки спекулярита мощностью 0,5 - 3 см, а также гнёзда турмалина шерл-дравитового ряда размерами 0,5-2,5 см. Содержание халькопирита визуально варьирует от 1 до 10%. Породы на участке лимонитизированы и покрыты по трещинкам корочками малахита, реже азурита, и налётами эритрина. В пробе-протолочке определены 16 пылевидных знаков золота. По спектральному анализу определены: медь – до 1%, кобальт- до 0,05%, сурьма – до 0,1 %, висмут – до 0,06%, золота до 0,9-1,2 г/т. Последовательность формирования минерализации сводится к следующему: 1- наиболее ранняя фельдшпатизация представлена вкрапленностью и прожилками альбит-олигоклаза с редкими выделениями кварца, образовавшегося по гранодиорит-порфирам; 2- кварц-турмалиновый агрегат с ранним пиритом образует гнёзда, где турмалин нередко даёт лучистые выделения со спорадическими «турмалиновыми солнцами»; 3- продуктивный кварц-сульфидный агрегат с редким сидеритом кристаллизовался в виде вкрапленности и прожилков с аллотриоморфными выделениями халькопирита, халькозина, сфалерита, галенита, спекулярита, самородного золота; 4- баритовый агрегат с поздним пиритом и спорадической киноварью пересекает все раннее образовавшиеся ассоциации.

В заключение следует отметить, что петрологические особенности гранитоидов яломанского ареала указывают на значительно более высокие потенциальные возможности массивов, из которых заслуживающими внимания и проведения поисковых работ являются Чике-Таманский массив, а также южные части Яломанского и Кадринского, где они рассечены роями даек. Комплекс признаков указывает на участие в становлении гранитоидов и оруденения яломанского ареала мантийной составляющей [4]. Особого внимания для поисков порфирового оруденения требуют периферические части указанных массивов, осложнённые выступами и валлообразными поднятиями и рассечённые дайками «второго этапа» пёстрого состава.

### Литература

1. Аксюк А.М. Экспериментально обоснованные геофториметры и режим фтора в гранитных флюидах // Петрология, 2002, т.10, №6, с. 630-644.
2. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. Томск, 2003, изд-во STT, 308 с.
3. Гусев А.И. Эпитермальное оруденение благородных металлов Горного Алтая и Горной Шории // Известия Томского политехнического университета. - Томск. –2005. т. 308, № 3 , с.32-35.
4. Гусев А.И., Гусев Н.И. Магмо-флюидодинамическая концепция эндогенного рудообразования на примере Горного Алтая и других регионов // Региональная геология и металлогения, Санкт-Петербург, 2005, №23 , с. 119-129.
5. Жариков В.А. Кислотно-основные характеристики минералов // Геол. рудных месторождений, 1967, №5, с.75-89.
6. Летников Ф.А., Леонтьев А.Н., Гантимурова Т.П. Флюидный режим гранитообразования. Новосибирск, Наука, 1981, 185 с.
7. Jugo P.J., Candela P.A, Piccoli P.M Magmatic sulfides and Au:Cu ratios in porphyry deposits: an experimental study of copper and gold partitioning at 850 °C, 100 MPa in haplogranitic melt – pyrrhotite – intermediate solid solution – gold metal assemblage, at gas saturation // Lithos, 1999, v. 46, p. 573-589.
8. Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell, Oxford, 1985, 317 p.