

ЭДИГАНСКИЙ МАССИВ ГРАНИТОИДОВ: ПЕТРОЛОГИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ

А.И. Гусев

Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, г. Бийск

Введение. Фундаментальная проблема пространственной и парагенетической связи оруденения с магматизмом особенно актуальна в последние годы для Алтае-Саянского региона, где интенсивно проводятся региональные работы по изучению площадей в масштабе 1:1000000-1:200000. В Горном Алтае имеется несколько магматических комплексов, имеющих широкое площадное распространение, среди которых следует указать усть-беловский комплекс (D_3), массивы которого локализуются во многих тектонических блоках горно-складчатого сооружения (Гусев, 2005; Гусев, Гусев, Федак, 2006). Повсеместно с ним связаны различные типы оруденения меди, молибдена, золота, железа. Эдиганский массив, относящийся к этому комплексу (лист М-45-IX), остаётся в стороне от проводимых в Горном Алтае работ по изучению площадей (ГДП-200). Полученные в последнее время данные позволяют высказаться о перспективах в отношении минерагении не только Эдиганского массива, но и остальных интрузий усть-беловского комплекса.

Геологическое положение и петрографическая характеристика пород. Эдиганский гранитоидный массив относится к усть-беловскому габбро-диорит-гранодиоритовому комплексу, широко развитому в пределах Салаирско-Алтайского мегаблока и объединяющему относительно крупные мезоабиссальные плутоны, сконцентрированные в трех очаговых ареалах: Бащелакском в Талицкой СФЗ (Усть-Беловский, *Бащелакский* и *Верхне-Бащелакский* массивы), Макарьевско-Рыбалкинском в Аламбайско-Каимской и Бийско-Катунской СФЗ (соответственно *Макарьевский*, *Сосновский* и *Рыбалкинский* массивы) и Чикетаманском в Чуйском блоке Чарышско-Чуйской СФЗ (*Чикетаманский*, *Малоильгуменский*, *Кадринский*, *Тогускольский*, *Эдиганский* и другие более мелкие массивы). Серийной легендой и схемой корреляции (Корреляция..., 2000) в составе комплекса выделяются три фазы внедрения: первая фаза развита очень ограниченно и включает габбро, габбронориты; вторая фаза представлена широко развитыми низкотитанистыми диоритами, кварцевыми диоритами, биотит-роговообманковыми гранодиоритами и меланогранитами, а в третью фазу выделены биотитовые граниты и лейкограниты, вероятнее всего, по мнению автора, представляющие породные ассоциации высоко эволюционированных расплавов, которые развиты не во всех массивах усть-беловского комплекса, но составляющих единую габбро-гранитную серию. Жильные фации представлены широким спектром пород от диорит-порфиринов до аплитов. Вмещающие породы при ширине контактовых ореолов до 2 км изменены в условиях амфибол-роговиковой фации с образованием характерных узловатых биотит-кордиеритовых и массивных биотит-кварцевых роговиков. В пределах Эдиганского массива выделяются 5 фаз внедрения: 1 - габброиды, 2 - диориты и кварцевые диориты, 3 - гранодиориты, 4 – граниты, 5 - лейкограниты.

Габброиды первой фазы комплекса обычно в виде мелких разрозненных тел фиксируются по периферии гранитоидных плутонов усть-беловского (Рыбалкинский, Яломанский, Карабельский, Тогускольский, Эдиганский массивы) и боровлянского (Сок-Ярыкский массив) комплексов и в виде ксенолитов иногда присутствуют среди гранитов.

В Эдиганском массиве, расположенном в верхнем течении р. Эдиган (правый приток р. Катунь), габбро и габбродиориты представляют собой темно- и буровато-серые мелко-среднезернистые массивные, иногда шлирово-такситовые породы, которые локализуются по периферии массива, в особенности на северной его части. Они состоят из сосюритизи-

1. Химический состав некоторых темноцветных минералов
гранитоидов Эдиганского массива

Компо- ненты	габбро				диориты		грано- диорит	габбро	грано- диорит
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	53,04	53,03	52,71	52,76	52,27	48,95	37,46	49,82	46,18
TiO ₂	0,14	0,16	0,22	0,31	0,12	0,68	2,74	0,51	0,84
Al ₂ O ₃	0,93	0,85	0,46	0,67	0,80	7,54	15,22	6,11	8,31
FeO _t	13,24	14,49	28,86	28,23	10,38	16,79	20,53	15,81	20,25
CaO	21,65	20,99	0,95	1,02	22,63	10,86	0,25	10,94	10,45
MgO	10,12	10,13	16,76	18,57	13,44	12,57	11,05	14,23	10,33
MnO	0,41	0,46	0,70	0,48	0,39	0,85	0,20	0,33	0,72
Na ₂ O	0,30	0,21	0,06	0,04	0,20	0,85	0,30	0,84	1,39
K ₂ O	0,02	0,01	-	-	0,02	0,68	8,91	0,51	0,72
Сумма	99,85	100,33	100,72	100,7	100,25	99,77	96,66	99,10	99,19

Примечание. 1,2 - клинопироксены; 3,4 - ортопироксены; 5 - клинопироксен, 6 - амфибол; 7- биотит; 8 - амфибол; 9 - амфибол. Анализы выполнены на приборе Camebax-micro в Лаборатории ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург).

рованного лабрадора (38–50 %), частично замещенного актинолитом, клинопироксена, определяемого авгитом (12–16 %), обыкновенной роговой обманки (25-35 %), биотита (до 10 %) и магнетита (до 5 %). Петрохимически характеризуются нормальной щелочностью (Na₂O = 2,6 %, K₂O = 1,1 %), умеренной глиноземистостью (Al₂O₃ = 16,4 %), титанистостью (TiO₂ = 1,1 %), низкой железистостью (FeO*/MgO = 1,2) и относятся к известково-щелочной серии. Наиболее крупные тела габброидов выделяются положительным магнитным полем интенсивностью до 150 000 нТл. Габбро и габбронориты представляют собой темно- и буровато-серые мелко-среднезернистые массивные породы, состоящие из сосюритизированного зонального плагиоклаза (в центре – лабрадор, по краям – андезин-олигоклаз), частично замещенного актинолитом, авгита (15-20 %), бронзита (0-10 %), обыкновенной роговой обманки или магнезиогастингсита (25-30 %) и магнетита. Составы темноцветных минералов габброидов представлены в табл. 1. Структура пород пойкилоофитовая, иногда венцовая. Породы характеризуются нормальной щелочностью при повышенной калиевости (Na₂O = 1,8 %, K₂O = 1,6 %), повышенной глиноземистостью (Al₂O₃ = 17 %), умеренной титанистостью (TiO₂ = 0,8 %) и железистостью (FeO*/MgO = 1,8), характерными для высококалиевой известково-щелочной серии.

Вторая (главная) фаза внедрения, в отличие от других массивов этого комплекса, отличается резким преобладанием в составе Эдиганского массива. Она объединяет большую группу пород, связанных постепенными петрографическими и фациальными переходами и формирующими зональность строения плутонов с локализацией в эндоконтактовых и периферических зонах диоритовых, кварцевых диоритовых порфиритов оторочек, прослеживающихся в виде прерывистых полос переменной мощности. Диориты и кварцевые диориты (редко варьируют до монцодиоритов) представляют собой серые, средне- и крупнозернистые породы, насыщенные ксенолитами габброидного состава овальной или сложной формы и сложены зональным призматическим андезином (An₃₄₋₃₉), клинопироксеном и, иногда, гиперстеном, в сумме составляющих до 15 %, роговой обманкой (от 15 до 25 %), лепидомеланом, интерстиционным кварцем и калишпатом с аксессуарными апатитом, цирконом, пиритом, гематитом. Микроклин в породах образует ксеноморфные выделения размерами от 0,8 до 1,6 мм со смазанной микроклиновой решёткой. Крупные индивиды клинопироксена местами по периферии замещены хлоритом, эпидотом и роговой обманкой.

Породы характеризуются умеренной щелочностью, незначительным преобладанием Na₂O (3,1 %) над K₂O (2,2 %), высокой известковистостью (С = 0,63), низкой глиноземисто-

стью (индекс Шенда = 0,92) и агапайтностью ($K_{AG} = 0,47$). Отличительной чертой клинопироксенсодержащих диоритов и кварцевых диоритов являются ксеноморфные выделения гематита, иногда переходящие в участках богатых оксидом железа, в сидеронитоподобные структуры. В таких участках обильны шлировые выделения темноцветных минералов – клинопироксена и роговой обманки. При этом характерной особенностью гранитоидов и диоритов всех массивов усть-беловского комплекса является наличие большого количества меланократовых реститов размером от первых сантиметров до первых метров. Не составляет исключения в этом отношении и Эдиганский массив. В нём реститы сложены мелкозернистыми амфиболитами, пироксен-биотитовыми гнейсами, редко двупироксеновыми гнейсами, весьма похожими на диорито-гнейсы или «серые гнейсы», вероятно, слагающие разрезы нижней коры, где происходило формирование промежуточных очагов с контаминацией корового материала. Недоплавленные тугоплавкие остатки указанных пород были подняты при внедрении кварцевых диоритов.

Главными составляющими большинства массивов усть-беловского комплекса являются роговообманково-биотитовые гранодиориты и меланограниты, в ядерных частях наиболее крупных и эродированных плутонов фациально варьирующих до роговообманково-биотитовых адамеллитов. В Эдиганском же массиве гранодиориты и меланограниты 3 фазы являются весьма редкими породами, так как массив слабо эродирован. Гранодиориты и меланограниты обнаруживаются в центре массива в виде небольших тел размерами 50 x 100-150 м. Гранодиориты и меланограниты характеризуются серой окраской, массивной и шлировой текстурой, средне- и мелкозернистой гипидиоморфнозернистой структурой, нередко монзонитоидной и пойкилитовой структурами. Они состоят из кварца (20-30 %), зонального андезин-олигоклаза (40-45 %), лепидомелана (10-15 %), нерешетчатого калишпата (8-10 %), магнезиогастингсита и обыкновенной роговой обманки. Акцессорные минералы представлены магнетитом, апатитом, цирконом, гематитом. Породы характеризуются умеренно низким содержанием щелочей, незначительным преобладанием Na_2O (3,1-3,4 %) над K_2O (2,7-3,3 %), высокой известковистостью (0,45 для гранодиоритов и 0,26 для адамеллитов), низкой глиноземистостью (индекс Шенда = 1) и агапайтностью ($K_{AG} = 0,52-0,64$), типичными для гранитоидов андезитового ряда (I-тип гранитов).

Лейкограниты встречены нами в средней части р. Эдиган, где они образуют несколько небольших тел размерами 50 x 10-200 м. Форма тел лейкогранитов неправильная, местами амёбообразная, паукообразная. Нередко в них отмечаются ксенолиты гранодиоритов и меланогранитов размерами от 3 до 12 см в поперечнике. Лейкограниты 5 фазы во всех встреченных участках распространения - порфировидные породы светлой окраски с розоватым оттенком. Состав (%): кварц – 29-34, плагиоклаз – 20-40, калиевый полевой шпат – 30-33, биотит – 1-3. В отличие от гранитов плагиоклаз имеет более кислый состав (An_{15-17}) в индивидуальных основной ткани породы. А в порфировидных выделениях, отчётливо зональных, он сменяется от олигоклаза (An_{24-25}) к более кислому олигоклазу (An_{13-14}). Ядерные зоны таких кристаллов нередко серицитизированы. Микроклин-пертиты распада имеют неотчётливую решётчатую микроструктуру и, как правило, пелитизированы. Биотит лейкогранитов коричневый, буро-коричневый, отличается высокой железистостью ($f=85,2-86,3$), умеренной глиноземистостью ($l=29,6-30,6$), низкой магнезиальностью и относится к сидерофиллит-анниотовому ряду, что указывает на кристаллизацию этих пород в условиях невысокой активности щелочей.

Вещественный состав и геологическое положение массивов усть-беловского комплекса позволяют достаточно уверенно идентифицировать данные породные ассоциации с проявлениями габбро-диорит-гранодиоритовой (диорит-гранодиоритовой) формации постинверсионной (коллизийной) стадии развития складчатых областей. С гранитоидами комплекса пространственно связаны жильные проявления золота, меди, цинка в контактах мас-

2. Химические составы породных типов Эдиганского массива (мас. %)

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	сумма
Габброиды										
48,7	0,94	16,5	2,15	9,04	0,22	6,45	10,4	1,03	1,44	98,87
47,19	0,25	14,44	2,47	5,2	0,14	14,41	10,0	1,02	0,52	99,19
46,25	1,4	16,21	4,42	7,0	0,18	8,02	9,07	1,87	0,59	97,07
Диориты										
53,04	0,77	19,38	1,68	6,48	0,19	3,33	8,13	4,73	0,32	99,14
55,25	0,84	16,25	2,24	6,10	0,21	4,22	6,23	3,32	2,37	99,43
Кварцевые диориты										
57,6	0,66	17,03	3,54	4,55	0,15	3,69	7,45	2,0	0,9	100,0
57,83	0,77	16,67	3,34	4,48	0,17	3,56	7,13	1,92	1,54	99,35
Гранодиориты										
61,29	0,85	16,81	4,33	3,31	0,16	1,81	4,61	3,48	2,77	100,0
62,94	0,74	16,5	3,2	3,44	0,15	1,8	3,78	2,91	3,33	100,0
64,18	0,83	15,86	3,95	3,0	0,15	1,8	3,63	2,82	3,26	100,0
64,61	0,82	16,32	3,08	2,99	0,15	1,58	3,87	2,4	3,48	100,0
60,62	0,74	15,65	4,98	3,38	0,16	3,13	6,16	2,23	2,29	100,02
Граниты										
69,25	0,42	14,23	1,43	2,66	0,34	0,91	3,13	2,83	3,33	99,45
68,69	0,48	12,72	1,4	3,05	0,09	0,88	2,46	3,9	3,1	98,47
72,33	0,29	13,96	0,74	1,83	0,07	0,66	1,52	3,09	4,04	99,09
72,98	0,27	13,2	0,76	2,13	0,05	0,56	1,65	2,9	4,24	99,18
Лейкограниты										
73,06	0,26	13,68	0,96	1,1	0,06	0,6	1,61	3,34	4,24	99,49
74,94	0,13	13,63	0,67	1,50	0,13	0,15	1,25	2,94	4,46	99,99
75,23	0,12	12,12	0,59	1,95	0,05	0,29	1,14	2,96	4,8	99,52
74,18	0,06	14,39	0,01	1,73	0,03	0,27	2,4	2,8	3,6	99,68

Примечание: Анализы выполнены в Лаборатории ИГиМ СОРАН (г. Новосибирск).

сиров Чикетаманского ареала, а также в экзоконтактовой части Эдиганского массива, где помимо указанных типов оруденения обнаруживаются и своеобразные железо-оксидные медно-золотые проявления. Позднедевонский возраст комплекса устанавливается по радиологическим данным и прорыванию усть-беловскими гранитоидами вулканитов куратинского комплекса, массивов топольнинского комплекса среднего девона и даек урскульского комплекса позднего девона. Это подтверждается результатами изотопного датирования Rb-Sr и U-Pb методом (Корреляция..., 2000) гранодиоритов Башчелакского (364 ± 16 млн. лет), Верхнебашчелакского (371 ± 15 млн. лет) и Рыбалкинского (366 ± 22 ; 369 ± 13 млн. лет) массивов.

Петрохимия и петрология. Петрохимические особенности пород Эдиганского массива являются стандартными для интрузивов усть-беловского комплекса. На диаграмме TAS породы описываемого массива локализируются в области известково-щелочной серии (рис. 1). Лишь единичные фигуративные точки тяготеют к пограничной области с умеренно-щелочной серией (гранодиориты). На диаграмме Al₂O₃ – CaO – MgO прослеживается отчетливый тренд породных типов Эдиганского массива. Эволюционный тренд начинается от габброидов, тяготеющих к субщелочной серии, а последующая эволюция совпадает с линией известково-щелочной серии (рис. 2). При этом фигуративная точка габброидов находится в плоскости анортит-энстатит и соответствует избыточному по отношению к эвтектике (E₃, 4) составу. На диаграмме R₁ – R₂ породные типы располагаются в двух полях: мантийных гранитоидов и островодужных. При этом ранние габброиды располагаются преимущественно в поле мантийных пород, а все остальные - островодужных (рис. 3).

Ранее нами было установлено, что гранитоиды Эдиганского массива и других комплексов в Катунском и Бельгебашском блоках следует относить к стандартному I- типу Sr –

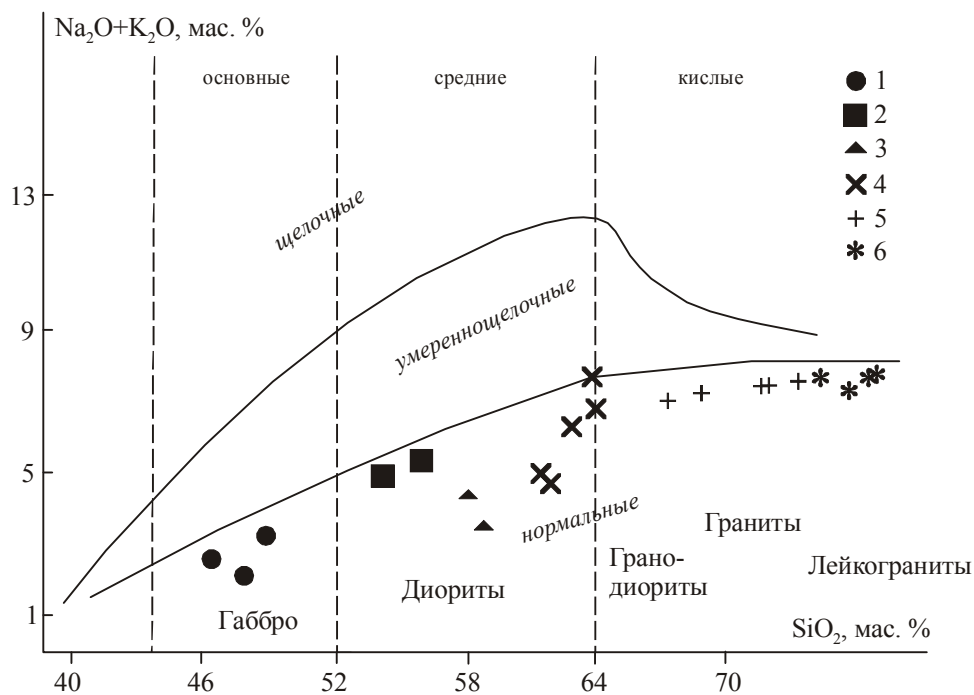


Рис. 1. Диаграмма $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ для пород Эдиганского массива.
 1 - габбро, 2 - диориты, 3 - кварцевые диориты, 4 - гранодиориты, 5 - граниты, 6 - лейкограниты.

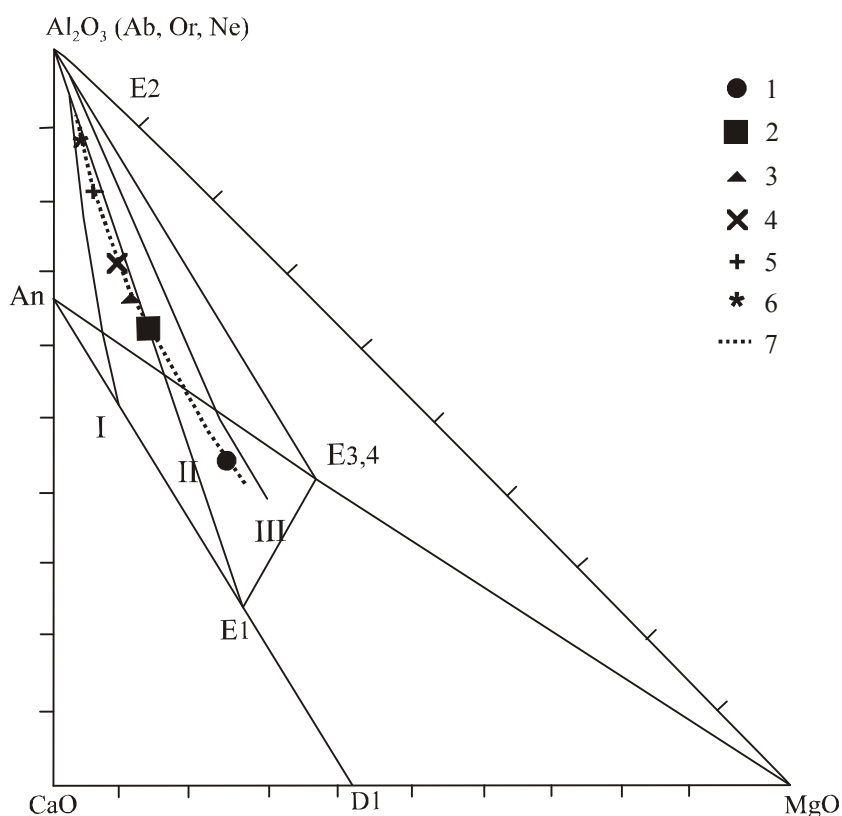


Рис. 2. Эволюционные тренды пород Эдиганского массива на диаграмме $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ (по Штейнбергу, 1988).

I, II, III – серии: толеитовая, известково-щелочная, субщелочная; E1, E2, E3, E4 – экспериментальные эвтектики. Породы Эдиганского массива: 1 - габбро, 2 - диориты, 3 - кварцевые диориты, 4 - гранодиориты, 5 - граниты, 6 - лейкограниты, 7 - тренд эволюции пород Эдиганского массива.

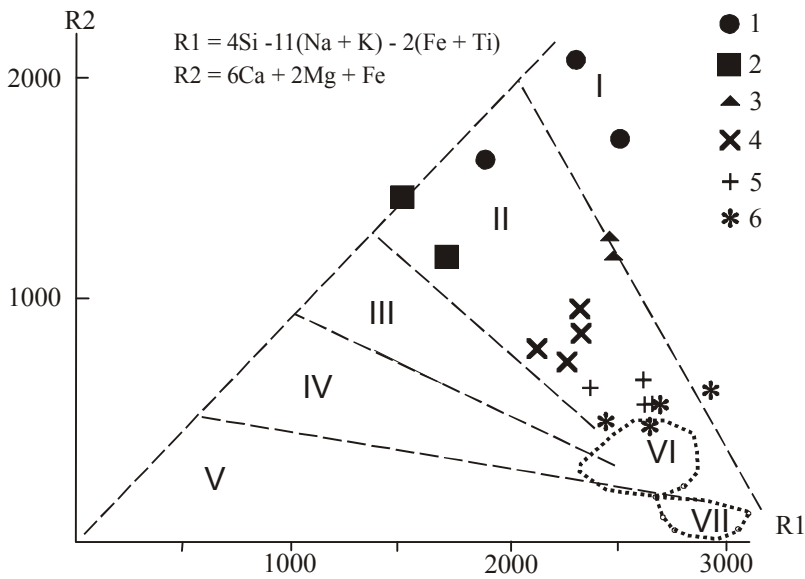


Рис. 3. Диаграмма R1 – R2 (по Batchelor, Bowden, 1985) для пород Эдиганского массива

Поля на диаграмме: I - мантийные плагиограниты, II – VII – гранитоиды островодужные (II), постколлизийных поднятий (III), позднеорогенные (IV), анорогенные (V), синколлизийные (VI), посторогенные (VII). Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

ровался в мезоабиссальной обстановке (Кривчиков и др., 2001).

Для этих же типов пород массива выявляется высокая степень окисленности расплава, реставрируемая по соотношениям $Fe_2O_3 - FeO$ в роговых обманках (рис. 5). Такая высокая окисленность магм известково-щелочной серии благоприятна для формирования окисленных форм минералов в генерируемых месторождениях. Эта особенность расплавов реализовалась в формировании магнетитового и гематитового оруденения Эдиганского месторождения.

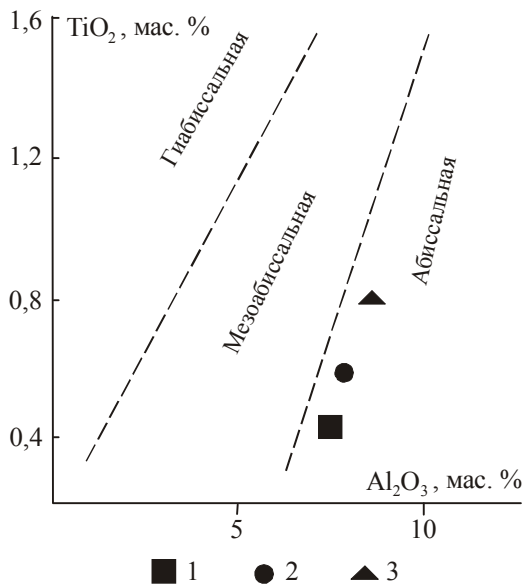


Рис. 4. Диаграмма $TiO_2 - Al_2O_3$ по определению фаций глубинности для роговых обманок из пород Эдиганского массива

1 - габбро, 2 - диорит, 3 - гранодиорит.

недеплетированному и Y-деплетированному по (Wyborn et al., 1992), генерация которых происходит в результате частичного плавления мантийного протолита, в котором присутствовал гранат (Гусев, 2010).

Специфической особенностью магматитов Эдиганского массива является их принадлежность к абиссальной фации глубинности становления. Это хорошо согласуется с положением фигуративных точек роговых обманок породных типов на диаграмме в координатах $TiO_2 - Al_2O_3$ (рис. 4). По данным В. А. Кривчикова, Верхнебащелакский массив усть-беловского комплекса форми-

По составам биотитов гранодиоритов и гранитов Эдиганского массива реставрированы параметры флюидного режима магматитов. Последние по составу биотитов следует относить к сильно контаминированному и редуцированному I-типу (I-SCR). Это связано с тем, что во вмещающей раме массива находятся углеродистые толщи верхней черносланцевой части горноалтайской серии. Углеродистая часть черносланцевой толщи была контаминирована при становлении пород массива. При этом параметры флюидного режима гранитоидов массива реставрируются в следующем виде (в кбар): логарифм фугитивности кислорода - (-13,3), фугитивность воды - (0,65), парциальное давление воды - (0,56), парциальное давление углекислоты - (0,5), логарифм отношений фугитивностей плавиковой и соляной кислот (-3,7).

Приведенные параметры весьма благоприятны для формирования гидротермального оруденения. А весьма низкие отношения фугитивностей плавиковой и соляной кислот указывают на преобладание соляной кислоты во флюидах, благотворно сказывающейся на переносе золота. Коэффициент отношения суммы парциальных давлений воды и углекислоты к парциальному давлению воды составляет 3,3, что указывает на возможность формирования флюидо-эксплозивных брекчий.

Эндогенное оруденение. В тесной пространственной и парагенетической связи с массивом находятся Эдиганское железорудное проявление, а также Восточно-Эдиганское и Западно-Эдиганское проявления, установленные автором в 2003 году.

Эдиганское железорудное проявление. Проявление расположено в правом борту р. Эдиган в 3 км выше одноименной деревни. Проявление обнаружено Едиганской партией (Шапошник,

1956, 1957 гг.) и представлено одним рудным телом протяженностью 1 км с максимальной мощностью в раздувах 5-6 м. Зона располагается к северу от Эдиганского массива в 1,2 км от контакта. Минерализация представлена преимущественно магнетитом и гематитом с редкой сульфидной вкрапленностью. Среди хлорито-серицитовых сланцев терригенных средневерхнекембрийских образований (чарышская свита) выявлена линзообразная залежь гематито-магнетитовой руды мощностью 1,5-2 м (в раздуве 5-6 м). В области раздува рудное тело сопровождается интенсивной альбитизацией и амфиболизацией вмещающих пород. Изредка совместно с роговой обманкой обнаруживаются линзочки биотита, кварца, вкрапленность пирротина, ещё реже – халькопирита. Метасоматиты кварц-биотит-роговообманкового состава характеризуются очень высокими температурами кристаллизации (529-540 °С) и аномально высокой общей гиперсолёностью первичных включений (высококонцентрированных рассолов) в кварце (52-61 экв.% NaCl), имеющих существенно CO₂ состав. Рудное тело залегает вдоль рассланцевания и прослеживается на СЗ более одного километра (по правому водоразделу р. Эдигана). Контролируется зоной пластического течения и сдвига северо-западного простирания. Участок проявления расположен в пределах нормального магнитного поля интенсивностью до 50 гамм. На ЮВ от участка проявления наблюдается узколокальная аномалия интенсивностью до 600 гамм. Размеры ее по изолинии 100 гамм - 13 x 2 км. Эта аномалия указывает на наличие на глубине ещё одного рудного тела, что увеличивает перспективы Эдиганского проявления. Минералогическим анализом в рудах установлено: гематита - 45 %, магнетита - 35 % и кварца - 20 %. Повторное изучение оруденения, проведённое автором в 2003 году, показало, что в рудах, помимо указанных минералов, присутствуют пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, аргентит в виде вкрапленности в магнетитовом матриксе, а также тонкие прожилки актинолита и эпидота. Химический анализ трех штучных проб показал содержание оксида железа от 48,3 % до 87,04 %. В некоторых

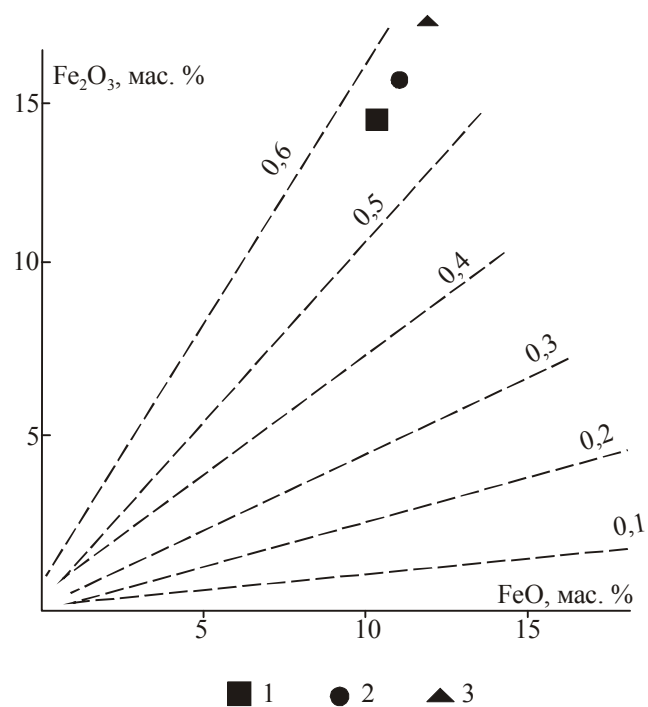


Рис. 5. Диаграмма Fe₂O₃ – FeO по определению окисленности расплава для роговых обманок в породах Эдиганского массива

Усл. обозн. см. на рис. 4.

пробах обнаруживаются повышенные концентрации кобальта – от 0,05 до 0,15 %, никеля – от 0,02 до 0,65 %, цинка – от 0,1 до 0,9 %, иттрия от 0,1 до 0,3 %, лантана от 0,05 до 0,2 %. В рудах присутствует золото в количествах от 0,05 до 0,4 г/т, серебро – от 2 до 150 г/т.

Восточноэдиганское проявление. Расположено в правом борту р.Эдиган в среднем течении в ореоле восточного экзоконтакта Эдиганской интрузии. Выявлено автором в 2003 году. Рудовмещающий металлотект представлен верхней черносланцевой частью горноалтайской серии, интенсивно ороговикованной, с последующим наложением альбитизации и пропилитизации пород. Восточный контакт Эдиганской интрузии пологий, что подтверждается широким ореолом ороговикования пород. Этот структурный элемент комбинируется с благоприятным фактором – серией даек (от долеритовых порфириров до гранодиорит-порфириров), пронизывающих ороговикованные породы. В зоне проявления находится дайка биотит-роговообманкового гранодиорит-порфира. Зона минерализации и дайки пёстрого состава контролируются мощной зоной разлома сбросо-сдвиговой кинематики, обнаруживающей признаки пластического течения. В раздувах зоны отмечаются метасоматиты кварц-биотит-роговообманкового состава со спорадической вкрапленностью пирротина, пирита и халькопирита. В метасоматитах повсеместно отмечаются прожилки кварца с актинолитом и эпидотом.

Зона минерализации проходит в ороговикованных чёрных углеродистых сланцах и представлена интенсивно дроблёными сланцами, пронизанными субсогласными прожилками кварца, кальцита, актинолита, эпидота. Породы интенсивно лимонитизированы с образованием «сухарей». Повсеместно отмечаются гётитовые пятна от замещения сульфидов (2-3 %). Нередко окварцевание, актинолитизация и эпидотизация пород развиваются путём метасоматического замещения пород по слоистости в виде линзочек, гнёзд, прожилковидных обособлений с вкрапленностью магнетита и гематита. Мощности прожилков и метасоматических линзочек 0,5-3 см. Изредка отмечаются гнёзда граната, обыкновенной роговой обманки. Иногда отмечаются скарноидные прожилки, имеющие зональное строение. По периферии таких прожилков обособляются полосы граната, а в центре – эпидота, роговой обманки, кальцита, кристаллизовавшиеся позднее. Изредка прожилки пересекающиеся. Сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит) и оксиды железа (магнетит, гематит) образуют очень тонкие выделения и, как правило, кристаллизация их проходила после актинолита и эпидота, так как нередко в открытых полостях наблюдается нарастание сульфидов и магнетита на кристаллах актинолита и эпидота. Местами в зоне отмечаются линзочки «мучнистого» пирита размерами от 0,5 x 3,5 до 1 x 5 см. Ширина зоны 20 м. Азимут падения - 265°, угол падения - 70°. Прослежена по простиранию на 300 м. Концентрации меди в зоне варьируют от 0,03 до 0,5 %, кобальта от 0,02 до 0,11 %. Содержания золота в рудах варьируют от 0,05 до 1,2 г/т, серебра от 0,5 до 10 г/т.

Эдиганское и Восточно-Эдиганское проявления по общегеологической, структурной позиции, приуроченности к зонам сдвиговой кинематики, составу руд, окколорудных изменений близки к типу железно-оксидных медно-золотых (IOCG) месторождений типа Клонкарри (Северо-Западный Квинсленд, Австралия) (Williams, Pollard, 2001), получившему в последнее время важное экономическое значение во многих странах. В настоящее время осуществляется интенсивная разработка, поиски и эксплуатация этого типа оруденения в Австралии, Бразилии, Канаде, Перу, Чили, Китае, США и других странах. В связи с большими запасами железа, меди, золота, редких земель и других компонентов в рудах таких месторождений в вышеуказанных странах начался настоящий бум по изучению и поискам комплексных железно-оксидных медно-золотых месторождений (Baker, Perkins, Blake, Williams, 2001; Sillitoe, 2003; Hitzman, Oreskes, Einaudi, 1992). Следует указать, что концентрации золота в рудах таких месторождений сравнительно невысокие (0,2 – 1,8 г/т).

Западно-Эдиганское проявление. Находится в правом борту р. Эдиган в среднем течении. Выявлено автором в 2003 году. Оно приурочено к разломной зоне северо-западного простирания в ореоле роговиков в западном экзоконтакте Эдиганской интрузии. Рудовмещающие породы представлены терригенными образованиями горноалтайской серии с пачками углеродистых чёрных сланцев. Зона локализуется именно в верхнем черносланцевом разрезе серии. Эдиганская интрузия (усть-беловский комплекс) на участке сложена 3 фазами: 1 - габбро-диоритов; 2 - диоритов, кварцевых диоритов; 3 - гранодиоритов, а также сопровождается дайками пёстрого состава от долеритовых порфиритов до гранодиорит-порфиритов. Зона минерализации представлена дроблёнными алевролитами, чёрными, тёмно-серыми углеродистыми алевролитами, сланцами, пронизанными кварцевыми и карбонатными прожилками. Висячем боку зоны обособляются мощные раздувы кварца с баритом и редкой вкрапленностью (0,5-1 мм) халькопирита (1-2 %), халькозина (1-3 %), борнита (1-2 %). Ближе к центральной части зоны интенсивно дроблённые чёрные сланцы с прожилками кварца мощностью 0,5-1 см и вкрапленностью (0,5-1,5 мм) халькопирита (1-3 %), халькозина (до 3 %) сопровождаются корочками малахита. В центре зоны проходит задернованная сухая балка шириной до 3 м. Со стороны лежачего бока зона сложена карбонат-кварцевой жилой мощностью более 3 м с редкой вкрапленностью пирита и пирротина размерами 0,5-1 мм (1 %). Висячем боку сложной жилы отмечаются прожилки карбоната чёрной окраски со спорадической тонкой вкрапленностью сфалерита размером до 1 мм. Видимая ширина зоны 10 м. Азимут падения зоны 80° , угол падения 80° . Общее простирание зоны 330° . Содержания меди колеблются от 0,1 до 0,5 %, кобальта от 0,04 до 0,1 %, никеля от 0,03 до 0,3 %, висмута от 0,02 до 0,1 %, золота от 0,008 до 0,5 г/т.

Минерагеническая специализация гранитоидов Эдиганского массива. В целом все породные типы Эдиганского массива характеризуются низкой титанистостью, отсутствием ильменита и обилием акцессорных магнетита и гематита, что позволяет их отнести к сильно окисленной магнетитовой серии гранитоидов по С. Ишихара (Ishihara, 1977; Ishihara, 1981). Для таких гранитоидов устанавливается определённая металлогеническая специализация, охватывающая комплекс месторождений в сульфидной форме, таких как молибденит, халькопирит, борнит, сфалерит, галенит, аргентит и другие (Ishihara, 2003). Наши данные по интрузиям усть-беловского комплекса и конкретного Эдиганского массива в целом подтверждают высказанные С. Ишихарой металлогенические особенности изучаемых объектов. Однако следует указать на особенности региональной специфики окисленного типа гранитоидов магнетитовой серии Горного Алтая. С интрузивными массивами усть-беловского комплекса связаны медно-порфировые, медно-молибден-золото-порфировые, скарновые полиметаллические, жильные медные и золото-сульфидно-кварцевые проявления и месторождения (Гусев, 2010). Минерагения Эдиганского массива указывает на продуктивный железо-оксидный медно-золоторудный класс (IOCG) оруденения, обогащённый редкими землями. Близкий тип оруденения отмечен в пространственной связи с гранитоидами усть-беловского комплекса в пределах Северо-Восточной зоны смятия в западной части Горного Алтая (Кузнецовское железорудное месторождение и другие), а также Чинетинская группа скарновых железорудных объектов (Gusev, Gusev, 2010).

Заключение. Таким образом, изучение Эдиганского массива показало, что являясь типичным представителем интрузивов усть-беловского комплекса, он имеет специфические черты петрологии и минерагении. В первую очередь это касается петрологических особенностей зарождения глубинных расплавов и их становления в верхней литосфере. Судя по наличию реститов (гнейсов и «серогнейсовых» образований) плавлению подвергался источник нижней литосферы под воздействием мантийной составляющей. В то же время по петрогеохимическим параметрам расплавы Эдиганского массива показывают наличие мантийного источника плавления.

Ранее массивы усть-беловского комплекса относились к мезоабиссальной фации глубинности (Кривчиков, 2001). По нашим данным, Эдиганский массив формировался в абиссальной фации глубинности и при очень высокой степени окисленности расплава. Параметры флюидного режима гранитоидов массива весьма благоприятны для формирования гидротермального оруденения. Соотношение парциальных давлений воды и углекислоты указывают на возможность взрывного характера освобождения флюидов с образованием флюидо-эксплозивных брекчий.

Пространственно и парагенетически с массивом связано несколько проявлений, среди которых важнейшее значение имеют объекты железо-оксидного медно-золоторудного класса, обогащённый редкими землями.

Литература

Гусев А.И. Петрология и рудоносность интрузивов усть-беловского комплекса Горного Алтая в разных тектонических блоках // Бюлл. Природные ресурсы Горного Алтая, 2005, № 2, с.58-62.

Гусев А.И., Гусев Н.И., Федак С.И. Яломанский ареал гранитоидов: петрология и рудоносность // Природные ресурсы Горного Алтая, 2006, № 1, с. 24-31.

Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Республики Алтай. – Бийск: БПГУ, 2010. – 395 с.

Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области / С.П. Шокальский, Г.А. Бабин, А.Г. Владимиров и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 187 с.

Кривчиков В.А., Селин П.Ф., Русанов Г.Г. Геологическая карта масштаба 1:200000. 2-е издание. Серия Алтайская. Лист М-45-1 (Солонешное). Объяснительная записка. – СПб: ВСЕГЕИ, 2001. – 183 с.

Штейнберг Д.С. О классификации магматитов. – М.: Наука, 1988. – 160 с.

Baker T., Perkins C., Blake K.L., Williams P. J. Radiogenic and Stable Isotope Constraints on the Genesis of the Eloise Cu-Au Deposit, Cloncurry District, Northwest Queensland // *Econom/ geol.*, 2001, Vol.96, pp. 723-742.

Batchelor R.A., Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series // *Chemical Geology*, 1985. – Vol. 48. – P. 43-55.

Gusev A.I., Gusev N.I. The IOCG class deposits of west Altai-Sajan region and lapout territories of Mongolia and China // Алтай: экология и природопользование. Труды IX российско-монгольской научной конференции молодых учёных и студентов. Бийск, 2010. – С. 6-10.

Hitzman M.W., Oreskes N., Einaudi M.T. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic oxide (Cu-U-Au-REE) deposits // *Precambrian Research*, 1992, v. 58, pp. 241-287.

Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // *Min. Geol. Tokyo*, 1977. - V.27. - P.293-305.

Ishihara S. The granitoid series and mineralization // *Econom. Geology*, 1981. - 75 th Anniversary Volume. - P.458-484.

Ishihara S. Metallogenic mineralization vs the granite series in the Mesozoic-Cenozoic Circum-Pacific plutonic belts // *The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogenesis*. 2003. P. 7-14.

Sillitoe R.H. Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view // *Mineralium Deposita*, 2003, v. 38, pp. 787-812.

Williams P.J., Pollard P.J. Australian Proterozoic Iron Oxide-Cu-Au Deposits: An Overview with New Metallogenic and Exploration Data from the Cloncurry District, Northwest Queensland // *Explor. Mining Geol.*, 2001, Vol. 10, №3, pp. 191-213.

Wyborn L.A.I., Wyborn D. et al. Proterozoic granite types in Australia: implications of lower crust composition, structure and evolution // *Trans. Royal. Edinburgh: Earth Sciences*, 1992. - V.83. - P.201-209.