

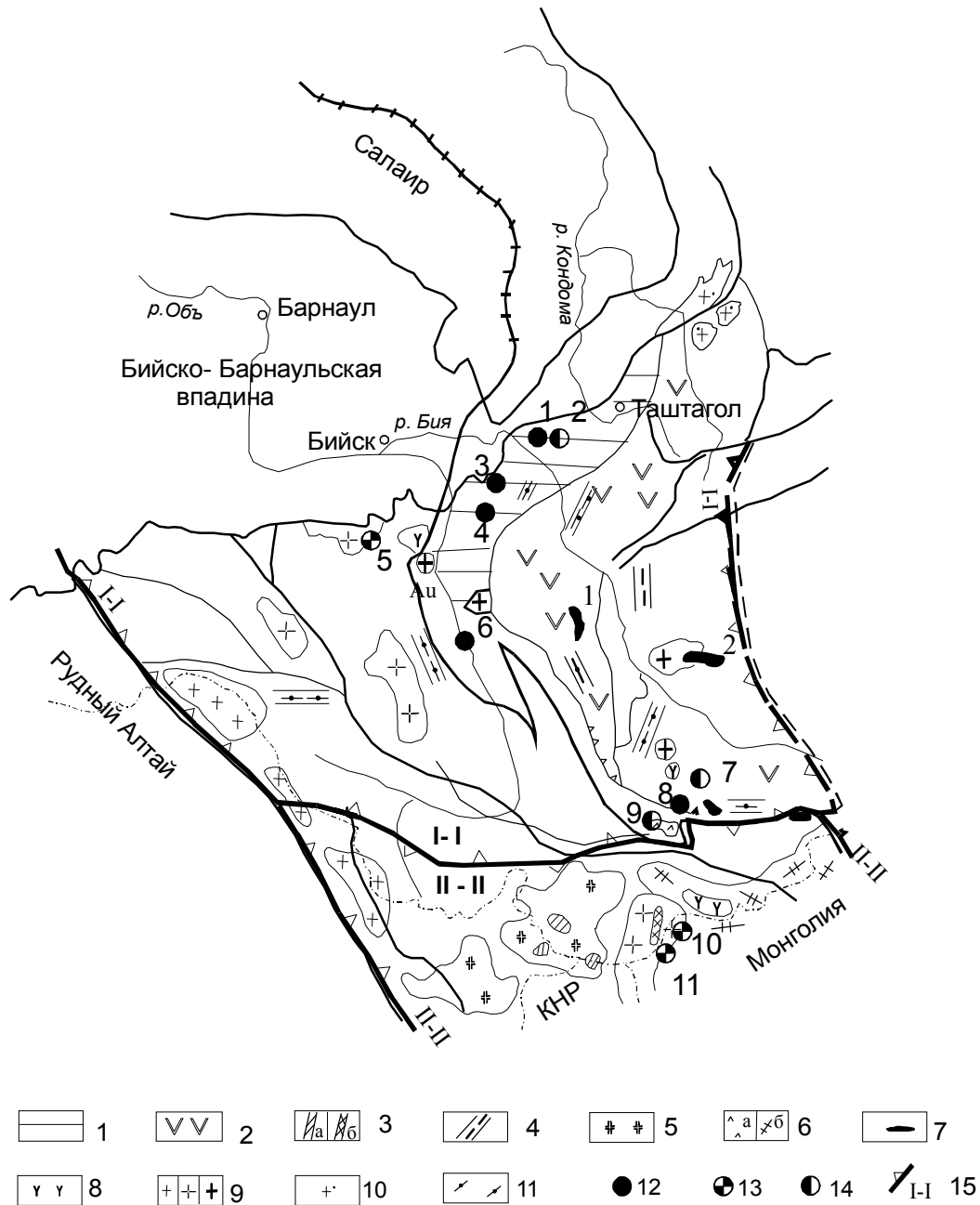
## **ГЕОХИМИЯ ФЛЮОРИТА ГОРНОГО АЛТАЯ**

**А.А. Кременецкий, А.И. Гусев<sup>1</sup>**

ИМГРЭ, г. Москва,

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

Плавиновый шпат (флюорит) – экономически и стратегически важное полезное ископаемое. В США флюорит отнесён к стратегическому виду сырья. В виде концентратов и продуктов их переработки он широко используется в современных отраслях промышленности, главным образом, металлургической, химической, оборонной,



**Рис. 1. Схема распространения структурно-вещественных комплексов  $P_2 - MZ$  и некоторых месторождений и проявления флюорита Горного Алтая.**

1- венд-кембрийские островодужные комплексы; 2- терригенно-вулканогенные рифтогенные комплексы; 3- юрские комплексы редкометалльных гранитоидов: а- алахинский редкометалльных сподуменовых гранитов, б- восточно-калгутинский литий-фтористых лейкогранитов; 4- Прителецкий пояс редкометалльных пегматитов (MZ); 5- чиндагауйский гранит-лейкогранитовый мезоабиссальный комплекс; 6- юрские автономные щелочно-базитовые комплексы: а- сиенит-габбровый с карбонатами «Эдельвейс» (Северо-Чуйский ареал); б- чуйский лампрофировый; 7- мезозойские приразломные впадины: 1- Пыжинская, 2- Яхансоринская, 3- Аржанская, 4- Янтауская; 8- гипабиссальные латитовые комплексы; 9- мезоабиссальные гранитоидные комплексы (Р-Т): а- синюшинский гранодиорит-гранит-лейкогранитовый, б- белокурихинский гранит-лейкогранитовый, в- атуркольский гранитовый; 10- мезоабиссальный порожинский гранит-лейкогранитовый комплекс; 11- автономный дайковый терехтинский габбро-долеритовый комплекс (Р-Т). Типы флюоритового оруденения: 12- жильное эпитемальное, 13- грейзеновое флюорит-редкометалльное, 14- стратиформное кварц-карбонат-флюоритовое; месторождения и проявления флюорита: 1- Каянчинское, 2- Авангард, 3- Корчугановское, 4- Сильковское, 5- Осокинское, 6- Каяс, 7- Янтерекское, 8- Кызыл-Чинское, 10- Калгутинское, 11- Южно-Калгутинское; границы минерагенических областей: I-I- Тигирекско-Белокурихинская, II-II - Алахинско-Калгутинская.

медицине, оптике, в машиностроении, атомной энергетике, в сварочном, стекольном, эмалевом и других производствах. Актуальность постановки проблемы поисков месторождений флюорита в Горном Алтае определяется тем, что многочисленные отрасли Алтая и соседних регионов испытывают потребность в плавиковом шпате и в обеспечении запасов этого важного сырья. В первую очередь это относится к потребностям металлургических комбинатов Кузбасса, где флюорит используется в качестве флюса.

В Горном Алтае флюорит встречен в 215 месторождениях и проявлениях различных типов полезных ископаемых. Основное значение в регионе в настоящее время он имеет в жильных эпитермальных месторождениях кварц-флюоритового, карбонат-кварц-флюоритового, сульфидно-кварц-флюоритового геолого-промышленных типов, детально изученных в пределах Корчугано-Каянчинского рудного узла (ККРЗ) [2-5]. Флюорит встречается во многих типах оруденения, однако главное значение он имеет в редкометалльно-флюоритовом грейзеновом (Южно-Калгутинское месторождение) и флюоритовом эпитермальном (Каянчинское месторождение и многочисленные проявления: Каяс, Сильковское, Корчугановское, Сарасинское, Кызыл-Арт и другие) геолого-промышленных и формационно-генетических типах. Впервые в Горном Алтае выявлен стратиформный тип флюоритового оруденения, описанный на проявлениях Авангард и Новая Деревня [1,2]. Известно, что масштабы стратиформного флюоритового оруденения на порядок и более превышают жильный эпитермальное тип [1, 5]. В настоящее время Горно-Алтайская экспедиция проводит поисковые работы на плавиковый шпат в пределах ККРЗ именно на стратиформный тип оруденения. В Юго-Восточной части Горного Алтая в последнее время выявлено также стратиформное оруденение плавикового шпата на проявлениях Янтерек, Западно-Коксаирском, Верхне-Арыджанском. Проведение поисковых работ на стратиформный тип оруденения в Юго-Восточном Алтае более предпочтительно, так как обнажённость в этой части региона гораздо выше. Кроме того, некоторые объекты этого района расположены вблизи дорог и имеют достаточно развитую инфраструктуру, в отличие от объектов ККРЗ.

В целом в пределах Горного Алтая проходит флюоритоносный пояс с несколькими крупными рудными узлами концентрированного плавиково-шпатового оруденения. Как указывалось ранее, флюорит находится во многих типах оруденения, однако к промышленным на флюорит относятся только те месторождения, которые обладают рентабельным для отработки запасами руд, где плавиковый шпат представляет собой единственное или главное полезное ископаемое, содержащееся в рудных телах обычно в количестве не менее 28-30%.

Цель настоящей работы – охарактеризовать геохимию плавикового шпата и выработать геохимические критерии и отличительные признаки различных типов оруденения флюорита Горного Алтая.

*Типизация геологических условий и геохимия флюоритов различных типов оруденения.* Наблюдается устойчивая ассоциация флюорита с проявлениями ртути, редких металлов, эпитермального полиметаллического оруденения мезозойского возраста. Для всего региона установлен молодой раннемезозойский возраст флюоритовой минерализации [2-4]. Распространение плавикового шпата в регионе показано на схеме распространения позднепермско-мезозойских структурно-вещественных комплексов (рис. 1).

Базисные данные по концентрациям микроэлементов из различных типов оруденения флюорита Горного Алтая приведены в табл. 1.

Стратиформные проявления локализуются в древних металлотектах венд-кембрийского уровня (сиинская, эсконгинская свиты, баратальская серия и другие). Характерно совершенно согласное залегание рудных тел со слоистостью пород. Как правило, в рудных телах отмечается тонкополосчатые текстуры. В карбонатных рудовмещающих металлотектах всегда присутствует углерод ( $C_{орг}$  от 0,5 до 3,2%). Рудное тело проявления Янтерек не только согласно со слоистостью тонкополосчатых известняков, но и локализуется синформно в области центриклинального замыкания синклинальной складки. Рудное тело располагается в тонкослоистых известняках под экраном массивных и грубослоистых известняков и сопровождается мощными аргиллизитами со стороны лежащего бока рудной залежи.  $C_{орг}$  в известняках распространено неравномерно и вариации его составляют от 0,5 до 2,4%. Органическое вещество вмещающих известняков имеет биогенную природу и относится к сапропелевому типу. На Янтерекском проявлении развиты дайки долеритов теректинского комплекса, тесно ассоциирующие с флюоритовым оруденением. Содержания плавикового шпата в рудах варьируют от 25 до 60%. Флюорит стратиформного типа характеризуется фиолетовым цветом, варьирующим от светлых до густо-фиолетовых оттенков. Флюорит этого типа оруденения отличается наиболее высокими содержаниями титана, ванадия, кобальта, цинка, молибдена, самария, неодима, европия, гадолиния, диспрозия, эрбия, тулия, иттербия, гафния, тория, а также отношениями урана к торию, тербия к лантану и низкими концентрациями хрома, рубидия, ниобия, цезия, тантала, отношениями лантана к лютецию. Он отличается самыми высокими суммами РЗЭ, по сравнению с плавиковым шпатом других типов оруденения. Нормированные отношения лантана к иттербию указывают на фракционированный тип распределения лёгких лантаноидов относительно тяжёлых. Фракционирование лёгких относительно средних лантаноидов значительно ниже. На треугольной диаграмме по [6, 7] (рис.2) все анализы флюорита стратиформного типа локализуются в области селективного состава лантаноидов.

В спектрах распределения РЗЭ (рис.3) наблюдается общий наклон кривых в сторону снижения тяжёлых лантаноидов. На кривых распределения наблюдаются слабые отрицательные аномалии европия и диспрозия и заметная негативная аномалия лютеция. В целом отмечается вогнутый тип распределения лантаноидов, характерный для W- типа тетрадного эффекта распределения РЗЭ. Количественная оценка величины тетрадного эффекта ( $TE_{1,3}$ ) по [11] для флюорита проявления Янтерек составила 0,12 (значимые значения для W- тетрадного эффекта должны быть менее 0,9). Тетрадный эффект фракционирования РЗЭ сопровождается отличными от хондритовых

1. Содержания некоторых элементов (г/т) во флюоритах различных типов оруденения Горного Алтая

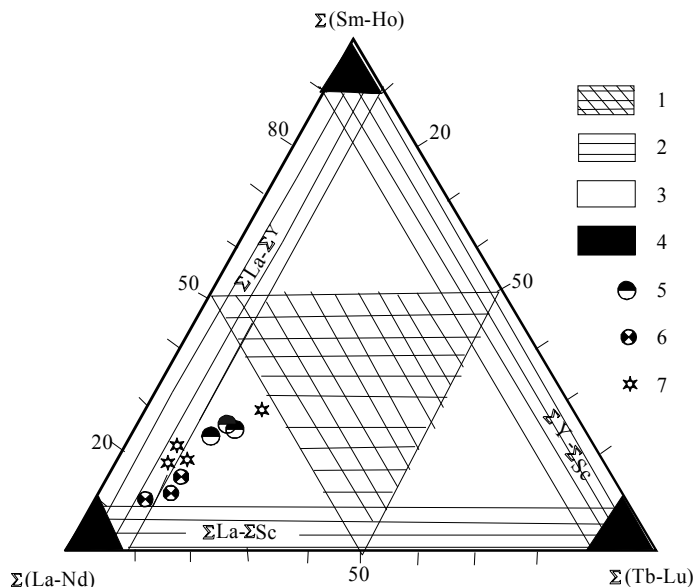
Элементы и отношения	Стратиформные проявления			Грейзеновые месторождения			Эпитермальные жильные месторождения и проявления			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Be	0,19	0,18	0,20	7,24	7,1	6,8	0,16	0,17	0,12	0,15
Ti	130,4	125,0	60,2	30,8	25,7	20,3	25,1	27,1	14,0	15,2
V	8,3	7,5	6,7	5,0	4,5	4,3	3,5	4,0	3,9	4,1
Cr	12,5	12,0	11,4	15,1	14,3	15,2	13,8	14,5	14,1	14,2
Mn	18,5	19,4	22,3	96,7	97,2	85,4	10,3	11,3	5,4	6,7
Co	1,58	1,6	1,4	0,36	0,40	0,32	0,90	0,92	1,01	1,2
Ni	12,3	12,2	12,1	12,4	12,3	11,8	11,5	12,0	14,5	12,7
Cu	7,4	7,1	6,8	56,0	55,2	47,4	7,3	6,0	13,0	6,5
Zn	200	150	65	49	35,2	32,7	55,2	33	61	45
Ga	0,65	0,70	0,80	62,4	55,8	45,2	0,70	0,56	0,64	0,60
Rb	7,5	7,2	8,3	1214	1180	1195	123	124	15,1	85,0
Sr	61,8	62,3	68,4	8,1	7,5	7,7	65,0	62,9	3,0	60,0
Y	11,9	12,0	12,2	0,69	0,70	0,72	8,2	7,6	39,9	8,0
Zr	3,6	3,7	3,8	4,4	4,5	4,2	3,0	3,1	2,8	3,0
Nb	0,46	0,48	0,50	1,21	1,23	1,18	0,65	0,6	0,51	0,55
Mo	1,7	1,75	1,8	1,3	1,2	1,05	0,9	1,0	0,8	0,7
Cs	0,14	0,13	0,13	2,08	2,10	2,11	0,55	0,91	0,18	0,8
La	1,66	1,70	1,80	0,69	0,65	0,64	2,52	2,41	0,84	2,0
Ce	2,9	3,0	3,1	1,22	1,30	1,25	3,51	3,28	1,57	3,2
Pr	0,539	0,55	0,54	0,121	0,13	0,14	0,33	0,356	0,25	0,36
Nd	2,83	2,90	2,92	0,43	0,45	0,41	1,30	1,31	1,33	1,32
Sm	0,61	0,63	0,65	0,11	0,12	0,14	0,35	0,32	0,34	0,33
Eu	0,2	0,21	0,22	0,02	0,03	0,04	0,19	0,21	0,03	0,20
Gd	0,86	0,88	0,90	0,07	0,08	0,09	0,37	0,36	0,75	0,40
Tb	0,13	0,13	0,14	0,01	0,02	0,03	0,08	0,06	0,12	0,08
Dy	0,85	0,84	0,84	0,102	0,11	0,12	0,39	0,36	0,84	0,40
Ho	0,2	0,21	0,19	0,021	0,03	0,04	0,08	0,076	0,2	0,1
Er	0,54	0,53	0,55	0,069	0,07	0,065	0,20	0,184	0,435	0,20
Tm	0,064	0,068	0,07	0,007	0,008	0,009	0,021	0,019	0,04	0,02
Yb	0,279	0,28	0,28	0,066	0,07	0,08	0,17	0,167	0,18	0,20
Lu	0,035	0,04	0,04	0,008	0,009	0,009	0,015	0,013	0,017	0,02
Hf	0,084	0,08	0,09	0,2	0,3	0,25	0,061	0,057	0,06	0,055
Ta	0,042	0,04	0,05	1,22	1,3	1,3	0,11	0,103	0,153	0,12
W	0,48	0,41	0,42	4,65	4,8	4,6	0,19	0,22	0,18	0,20
Pb	14,7	15,0	15,1	13,3	14,1	13,9	20,0	18,5	4,3	15,4
Th	0,3	0,32	0,35	0,21	0,2	0,22	0,13	0,12	0,06	0,11
U	0,45	0,42	0,41	0,1	0,12	0,12	0,40	0,52	0,046	0,40
Сумма РЗЭ	11,7	11,97	12,24	2,94	3,0	3,06	9,53	9,12	6,94	8,83
(La/Sm) <sub>N</sub>	1,67	1,66	1,69	3,86	3,39	2,78	4,41	4,61	1,52	3,68
(La/Yb) <sub>N</sub>	3,93	4,0	4,22	6,88	6,18	5,26	9,76	9,56	3,07	6,56
Y/Ho	59,5	57,1	64,2	32,86	23,3	18,0	102,5	100,0	199,5	80,0
Tb/La	0,078	0,076	0,50	0,014	0,031	0,047	0,032	0,025	0,14	0,04
La/Lu	47,4	42,5	45,0	86,2	72,2	71,1	168,0	185,4	49,4	100,0
Sr/Y	5,2	5,19	5,6	11,7	10,7	10,69	7,93	8,28	0,075	7,5
U/Th	1,5	1,31	1,17	0,48	0,6	0,54	3,1	4,33	0,77	3,64
Ta/Nb	0,09	0,083	0,10	1,0	1,10	1,10	0,17	0,17	0,30	0,22
Rb/Sr	0,12	0,11	0,12	149,9	15,7	155,2	1,89	1,97	5,0	1,42
(La/Eu) <sub>N</sub>	1,90	1,86	1,03	7,94	5,12	3,64	3,04	2,64	6,5	2,27
Zr/Hf	42,8	46,3	42,2	22,0	15,0	16,8	49,2	53,4	46,7	54,5
Eu/Eu*	0,27	0,28	0,29	0,22	0,30	0,36	0,53	0,62	0,056	0,56
TE <sub>1,3</sub>	0,12	-	-	1,29	-	-	-	1,49	-	-

Примечание. Месторождения и проявления флюорита Горного Алтая: 1 - Янтерекское, 2 - Верхне-Арыджанское, 3 - Авангард, 4 - Калгутинское, 5 - Южно-Калгутинское, 6 - Осокинское, 7 - Кызыл-Чинское, 8 - Каяское, 9 - Корчугановское, 10 - Каянчинское. Анализы выполнены методом ICP-ms в лаборатории ИМГРЭ (г. Москва). Нормализация некоторых РЗЭ проведена относительно концентраций в хондрите по [11]. Eu\* = (Sm<sub>N</sub> + Gd<sub>N</sub>)/2. TE<sub>1,3</sub> - тетрадный эффект по В. Ирбер [11].

отношений иттрия к гольмию (для хондрита оно составляет 29, а для флюорита Янтерека 59,5), лантана к лютецию (для хондрита -0,975, а для плавиикового шпата Янтерека- 47,4), циркония к гафнию (для хондрита 36, а для флюорита Янтерека - 42,8). Отношения  $Eu/Eu^*$  для флюорита Янтерека составляет 0,27, а для хондрита 0,32, указывая на некоторую деплетированность на европий сравнительно с хондритовыми значениями.

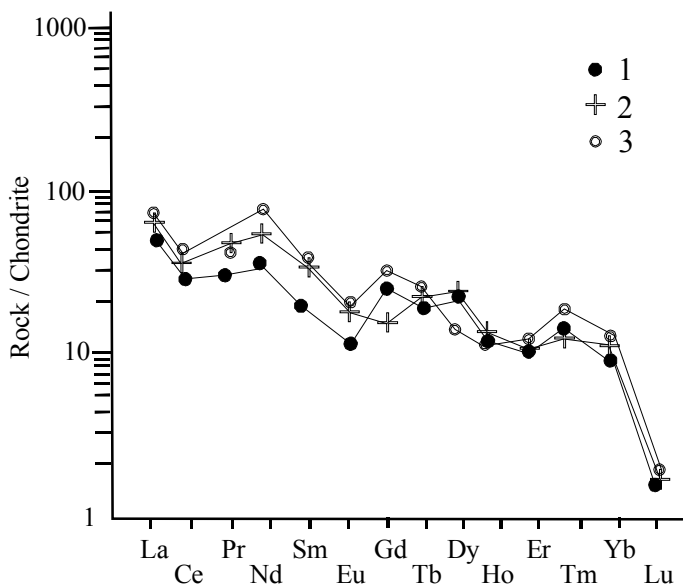
Грейзеновые молибден-вольфрамовые месторождения в меньшей или большей степени содержат флюорит. Основное значение в рудах этого типа имеют вольфрам, молибден, в меньшей мере бериллий, висмут. Наиболее высокие концентрации плавиикового шпата, имеющего промышленные содержания, фиксируются в рудах Южно-Калгутинского месторождения [9], парагенетически связанного с гранитоидами и дайками чиндагуйского и восточно-калгутинского комплексов. Становление грейзенов и флюоритовой минерализации Осокинского месторождения парагенетически связано с лейкогранитовым одноименным штоком в составе Белокурихинского плутона. Флюорит в этом типе оруденения имеет розовато-фиолетовый, светло-фиолетовый, реже зеленоватый цвет. В спектре элементов-примесей для плавиикового шпата этого типа оруденения характерны наиболее высокие концентрации бериллия, марганца, меди, галлия, рубидия, циркония, ниобия, цезия, гафния, тантала, вольфрама, отношения стронция к иттрию, тантала к ниобию, рубидия к стронцию. В то же время, в грейзеновом флюорите самые низкие концентрации суммы РЗЭ (табл. 1). В нём пониженные концентрации кобальта, стронция, иттрия, лантана, самария, европия, гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия, эрбия, тулия, иттербия, лютеция и отношения урана к торию и циркония к гафнию. Фракционирование в части тяжёлых и средних лантаноидов проявлено в большей степени, чем в стратиформном флюорите. Это подтверждается не только отношениями лёгких лантаноидов к тяжёлым и средним, но и более крутым правосторонним наклоном кривой спектра РЗЭ (рис.4). На треугольной диаграмме (рис.2) флюорит Южно-Калгутинского месторождения попадает в область комплексных лантаноидов, а Калгутинского и Осокинского - в поле селективного состава РЗЭ. Для калгутинского флюорита выявляется тетрадный эффект фракционирования РЗЭ М-типа равный 1,29 (табл.1).

Жильные эпитеpmальные месторождения и проявления флюорита весьма разнородны. В этой группе различаются: 1- существенно сульфидные свинцово-цинковые (месторождение Кызыл-Чин), в которых главенствующую роль играют руды сфалерита и галенита, а флюорит имеет подчинённое значение; 2- малосульфидные (месторождение Каянчинское и проявления Каяс, Корчугановское, Сильковское и другие), в которых доминирующее значение имеет флюорит, а содержания сульфидов в рудах не превышают 1-3 %. В микроэлементном составе флюорита указанных групп отличия незначительны. В сульфидном Кызыл-Чинском месторождении во флюорите несколько больше сумма РЗЭ и выше нормированные отношения лантана к иттербию и меньшие концентрации сидерофильных элементов: ванадия, кобальта, никеля, хрома, чем в малосуль-



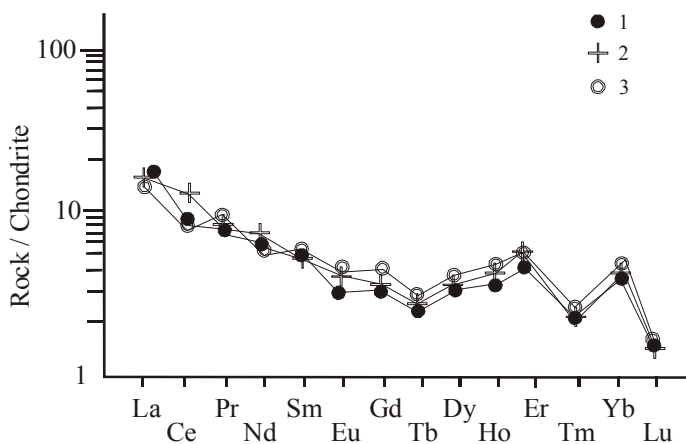
**Рис.2. Диаграмма  $\Sigma(La-Nd) - \Sigma(Sm-Ho) - \Sigma(Tb-Lu)$  составов РЗЭ во флюоритах различных типов месторождений и проявлений Горного Алтая.**

Составы лантаноидов (по Д.А. Минееву [6, 7]): 1 - полные, 2 - комплексные, 3 - селективные, 4 - редкоселективные. Типы месторождений и проявлений флюорита Горного Алтая: 5 - стратиформные, 6 - грейзеновые, 7 - жильные эпитеpmальные.



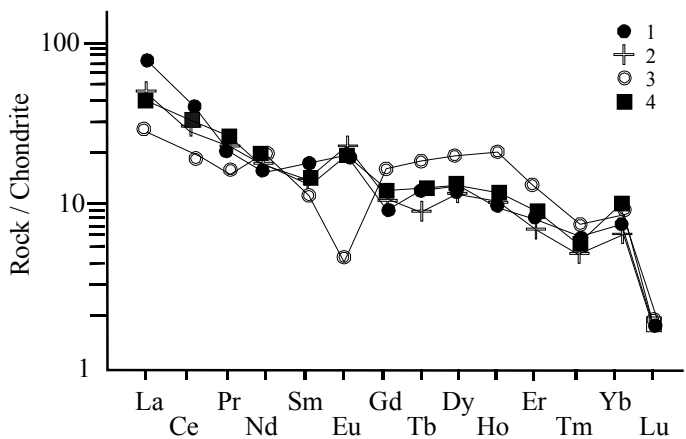
**Рис. 3. Спектры распределения РЗЭ во флюоритах стратиформных проявлений Горного Алтая**

Здесь и на рис. 4-5 концентрации РЗЭ нормированы по хондриту [11]. Проявления Горного Алтая: 1- Янтерекское, 2- Верхне-Арыджанское, 3- Авангард.



**Рис.4. Спектры распределения РЗЭ во флюоритах грейзеновых месторождений Горного Алтая.**

Месторождения Горного Алтая: 1- Калгутинское, 2- Южно-Калгутинское, 3- Осокинское.



**Рис. 5. Спектры распределения РЗЭ во флюоритах эпитермальных жильных месторождений и проявлениях Горного Алтая.**

Месторождения и проявления Горного Алтая: 1 - Кызыл-Чинское, 2 - Каяское, 3 - Корчугановское, 4 - Каянчинское.

( $TE_{1,3}$ ), составляющий 1,49. Во флюорите Каяса многие отношения элементов - Y/No, Zr/Hf, Sr/Y,  $(La/Eu)_N$  и другие - резко отличаются от таковых в хондрите, что указывает на значительную трансформацию соотношений элементов в эпитермальных процессах минералообразования.

*Обсуждение результатов и выводы.* Фактический материал по геохимии флюорита свидетельствует о резком различии спектров РЗЭ и других элементов в плавленом шпате различных типов оруденения флюорита Горного Алтая, что обусловлено дифференцированными условиями минералообразования.

По геологическим условиям образование флюоритового оруденения намечаются 2 модели генерации: 1- грейзеновый тип, парагенетически связанный с дериватами гранитоидной магмы и 2- стратиформный и жильный эпитермальный типы флюоритовой минерализации, парагенетически связанные с долеритами мантийной щелочно-базальтовой магмы. Наибольшие перспективы Горного Алтая связываются со стратиформным типом оруденения, типохимические особенности плавленого шпата которого достаточно отчетливо отличаются по целому комплексу признаков от других типов.

Ранее нами сформулированы некоторые положения геолого-генетической модели формирования стратиформного оруденения флюоритовых объектов Авангард и Новая Деревня ККРЗ северной части Горного Алтая [1,2]:

- в период мезозойской тектоно-магматической активизации, спровоцированной функционированием мантийной горячей точки, ознаменовавшейся проявлением мантийного щелочно-базальтоидного магматизма, подновлением древних разломов и заложением новых, созданием палеогидрогеологических бассейнов (в том числе и

фидных объектах. В отличие от флюоритов стратиформных и грейзеновых месторождений и проявлений, в плавленом шпате эпитермального типа наблюдаются меньшие концентрации ванадия, марганца, молибдена, вольфрама, тория, но большие отношения иттрия к гольмию и урана к торию. Следует указать, что флюорит Корчугановского проявления представлен оптически прозрачным плавленым шпатом октаэдрического габитуса с размерами кристаллов до 5-10 см. Этот флюорит имеет контрастные отличия по химизму от всех остальных минеральных индивидов эпитермального типа, имеющих фиолетовую окраску. В нём выше концентрации меди, цинка, иттрия, гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия, эрбия, таллия, отношения иттрия к гольмию, тантала к ниобию, рубидия к стронцию, лантана к европию. Для оптически чистого флюорита свойственна небольшая сумма РЗЭ. Но для него же характерны и заметно низкие концентрации бериллия, марганца, рубидия, стронция, циркония, ниобия, цезия, лантана, церия, празеодима, европия, свинца, тория, а также отношения тория к самарию и лантана к иттербию, указывающих на слабое фракционирование тяжёлых и средних РЗЭ. В Корчугановском флюорите низкие отношения лантана к лютецию, стронция к иттрию, урана к торию, циркония к гафнию (табл. 1). На треугольной диаграмме (рис.2) фигуративные точки составов РЗЭ флюорита попадают в 2 поля: комплексного и селективного составов. При этом флюорит Корчугановского проявления близок по составу к полному. Нормированный спектр РЗЭ флюоритов этого типа плавно снижается в сторону тяжёлых РЗЭ и с заметной негативной аномалией по европию и положительной по гольмию для Корчугановского оптического флюорита (рис.5). Во всех остальных случаях наблюдается слабая положительная аномалия по европию.

Для Каяского флюорита выявляется тетрадный эффект фракционирования РЗЭ М-типа

Ужлепского), создалась многофакторная инфраструктура ККРЗ, включающая становление и развитие флюидно-гидротермальной системы (ФГС);

- в условиях повышенной сейсмической активности ФГС, вероятно, действовала по механизму дилатансного нагнетания с мобилизацией фтора, свинца, цинка, урана из вмещающих металлотектов (следами такой деятельности являются обширные поля и зоны метасоматитов - пропилитов, аргиллизитов). Металлоносность ФГС определялась, видимо, и режимом дегазации глубинного базальтоидного магматического очага, предполагаемого по геофизическим данным, а также смешением ювенильных вод и вадозных: вероятно, ртуть и часть фтора в рудах имеют мантийное происхождение; источником тепла и энергии, наряду с гидротермальным, мог быть и предполагаемый базальтоидный глубинный очаг.

Геологические обстановки формирования стратиформного оруденения на юго-востоке Горного Алтая весьма близки, и поисковые признаки хорошо изученного флюоритового оруденения ККРЗ могут быть использованы для Курайского и Бельгешаевского рудных районов, где обнаружены и стратиформные, и жильные эпитермальные проявления флюорита.

Типохимизм флюорита стратиформного типа, в том числе и Янтерекского проявления, достаточно показателен повышенными концентрациями европия, самария, суммы РЗЭ и других элементов. Содержания  $C_{орг}$  в рудовмещающих тонкослоистых известняках рудовмещающей толщи Янтерека колеблются от 0,5 до 2,4%. Повышенные концентрации органического вещества сапропелевого типа в известняках, вероятно, и определяли специфические физико-химические условия формирования флюоритовой минерализации стратиформного типа, указывающие на высоко восстановленный режим и, как следствие, пониженный кислородный потенциал. Известно, что миграционная способность лантаноидов зависит от температуры, катионного состава раствора и окислительно-восстановительного потенциала среды минералообразования [7, 8]. Повышенный восстановительный потенциал среды минералообразования в стратиформных объектах, по сравнению с грейзеновыми и эпитермальными жильными, обеспечивал разделение лантаноидов, особенно европия, по схеме трансформации европия ( $Eu^{3+} > Eu^{2+}$ ) в более восстановленную форму. Наличие естественного геохимического барьера в виде восстановительной среды под экраном и повышенная способность европия к восстановлению обеспечивали режим разделения РЗЭ и других элементов, наиболее показательным из которых является отношение  $(La/Eu)_N$ , являющееся минимальным в стратиформных объектах (табл. 1). Кроме того, для флюорита Янтерекского проявления устанавливается, в отличие от других типов оруденения флюорита Горного Алтая, W- тип тетрадного эффекта фракционирования, характерного для морских и грунтовых вод, известняков и некоторых типов седиментогенеза [12, 13]. Следовательно, формирование стратиформного оруденения флюорита проходило с участием РЗЭ карбонатной матрицы известняков с повышенным содержанием углерода в процессе гидротермально-метасоматического минералообразования.

#### Литература

1. Гусев А.И. Количественная и геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов плавикового шпата Алтайского края. Малоенисейское-Москва, 2002, 25 с.
2. Данилов В.В., Гусев А.И. Флюоритовое оруденение северной части Горного Алтая // Вестник Томского государственного университета, 2003, № 3, с. 231-233.
3. Коплус А.В., Пузанов Л.С. Закономерности размещения и условия формирования флюоритового оруденения Горного Алтая //Изв. ВУЗов. Сер. геол. и разведка, 1976, №8, с.77-85.
4. Коплус А.В., Алиева О.З. Среднемасштабное прогнозирование флюоритоносности на северо-востоке Горного Алтая //Руды и металлы, 1997, №5, с.19-27.
5. Коплус А.В., Алиева О.З. Флюоритоносные рудные комплексы Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы, 1998, №5, с.17-25.
6. Минеев Д.А. Исследование свойств и возможностей тройной диаграммы  $Ce - Y_1 - Y_2$  // Геохимия, 1965, №12, с. 1204-1211.
7. Минеев Д.А. Лантаноиды в минералах. М., Недра, 1969, 180 с.
8. Редкие и рассеянные элементы, химия и технология. М., 1996, 320 с.
9. Селин П.Ф. Геология Южно-Калгутинского флюорит-вольфрамового месторождения (Горный Алтай) // Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития (материалы регионального совещания). Горно-Алтайск, 1998, с. 44-47.
10. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. 1989, v.53, pp. 197-214.
11. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu\*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. 1999. v.63, №3/4, p. 489-508.
12. Masuda A., Ikeuchi Y. Lanthanide tetrad effect observed in marine environment // Geochim J., 1979, v. 13, p. 19-22.
13. Takahashi Y., Yoshida H., Sato N., Hama K., Yusa Y., Shimizu H. W- and M-type tetrad effects in REE patterns for water-rock systems in the Tono uranium deposit. Central Japan // Chem. Geol., 2002, v. 184, p. 311-335.