

Флюоритоносность раннепермской трахириолит-лейкогранитной вулканоплутонической ассоциации (Срединный Тянь-Шань)

Я.М.РАФИКОВ (Институт геологии и геофизики имени Х.А.Абдуллаева Академии наук Республики Узбекистан; 100041, РУз, г. Ташкент, ул. Олимлар, д. 49),
Р.Г.ЮСУПОВ (НПО «Ветеран геологии» Узбекского Комитета геологии Республики Узбекистан; 100021, РУз, г. Ташкент, ул. Фурката, д. 4)

Раннепермские флюоритовые оруденения связаны с трахириолит-лейкогранитовыми вулканоплутоническими ассоциациями и представляют собой промышленные эпитеермальные типы флюоритового оруденения (кварцево-флюоритовые, баритофлюоритовые, флюорит-ураноториевые, редкометалльно- и редкоземельно-флюоритовые группы формаций).

Ключевые слова: флюорит, флюиды, редкоземельные, редкометалльные, акцессории.

Рафиков Ялкин Мухамедович
кандидат геолого-минералогических наук

rrustem-78@yandex.ru



Юсупов Рустам Гумерович
кандидат геолого-минералогических наук

Fluorite-bearing early Permian trachyrhyolite-leucogranitic volcano-plutonic associations (Middle Tien-Shan)

Ya.M.RAFIKOV (H.A.Abdullaev Institute of Geology and Geophysics, Republic of Uzbekistan Academy of Sciences),
R.G.YUSUPOV («Geology veteran» non-governmental non-profit organization, Uzbek Geology Committee, Republic of Uzbekistan)

Epimagmatogenic derivatives of fluorite lower Permian trachyrhyolite-leucogranitic volcano-plutonic associations represent economic epithermal types of fluorite mineralization (quartz-fluoritic, barite-fluoritic, rare metal and rare earth-fluoritic groups of formations).

Key words: fluorite, fluids, rare-earth, rare metal, accessories.

В раннепермское время особенности развития земной коры Чаткальской и Кураминской структурно-формационных зон определялись процессами тектоно-магматической активизации, осложнёнными функционированием «горячей точки» с аномально высокими параметрами термо-барофильности. На фоне изостатического равновесия земной коры в интервале 279–280 млн. лет в пределах зон происходило внедрение интрузивов гранит-лейкогранитовой формации, а затем и их комагматов риолит-трахириолитовой формации (в интервале 290–296 млн. лет, по данным В.Н.Волкова и Я.М.Рафикова по K-Ar и Rb-Sr, лаборатория ИГЕМ РАН).

Порфириовидные граниты и аляскиты [2] гранит-лейкогранитовой формации принадлежат к «стандартным» типам гранитов (редкометалльные субщелочные лейкограниты и др.). Кислые магматические комплексы внутриплитной стадии развития территории [2] обогащены насыщенными (F, Cl, B, H₂O) флюидами, а их акцессорно-минеральные составы представлены

тантало-ниобатами, фосфатами, минералами, содержащими редкоземельные элементы, минералами Sn, Pb, Zn, B и др.

Носителем промышленного флюоритового оруденения Чаткало-Кураминской активной континентальной окраины являются кварц-барит-сульфидно-флюоритовые и кварц-флюоритовые жильные рудные тела, которые находятся в определённой взаимозависимости. Флюоритовое оруденение связано с трахириолит-гранитными вулканоплутоническими образованиями, их редкометалльностью (редкоземельностью), акцессорно-минеральными обособлениями (камерные пегматиты), оруденелыми грейзенами, скарнами и «флюоритовыми узлами» (зоны глубинных разломов и др.). Флюоритовое оруденение Чаткальской зоны проявилось комплексно (редкометалльно-флюоритовый состав) и пространственно приурочено к зонам контактового метаморфизма раннепермских гранит-лейкогранитовых интрузий – скарны Баркрака, Ойгаинга, Шабреза,

альбитит-грейзеновые месторождения – Саргардон, Ойгаинг, Суппаташ.

В пределах Кураминской сводовой постройки [1] выделяется ряд рудных полей флюорита (гипо- и эпитегрмальные, ксено- и телетермальные типы оруденения) флюорит-полиметаллической группы формаций (кварц-флюорит-полиметаллические и др.). С Чаткальским сводом, в отличие от Кураминского, связано флюоритовое оруденение с высокой редкоземельностью, с содержанием иттрия и урана [10] (табл. 1).

Для Чаткало-Кураминской активной континентальной окраины (в контурах Западно-Тяньшаньского мега-свода) характерны флюоритовые месторождения, внутренние части которых слагают вулканоплутонические ассоциации (от C_1 до C_{2-3} и P_1), а периферийные – магматические образования ($C_{2-3}-P_1$). Эпитегрмальные внутриплитные месторождения флюорита (см. рисунки 1 и 2) тяготеют к трахириолит-лейкогранитным ассоциациям (P_1). Месторождения флюорита в системах узких (субширотных) грабен (Ангренский, Тереклинский и др.) сложены кислыми вулканитами риолит-трахириолитового состава (P_1ks).

Фациальные условия формирования флюоритового оруденения представлены гипабиссально метаматогенными (акцессорно-минеральные составы гранит-лейкогранитовых интрузий, апограниты, редкометалльные гранитные пегматиты), гидротермально-пневматолитовыми (кварцево-слюдисто-флюоритовые грейзены, флюоритовые скарны) и субвулканическо-гидротермальными фациями (эпитегрмальные, кварцево-флюорит-полиметаллические, кварцево-флюорит-редкометалльные и др. формации).

Для Чаткало-Кураминской зоны условия формирования рудных месторождений [3] охватывают преимущественно диапазоны глубин от 0,5 до 5,0 км. Редкометалльные (редкоземельные) пегматиты тяготеют к глубинам от 4 до 6 км от поверхности рудообразования, ниже (от 6 до 8 км) доминируют слюдяные пегматиты. Собственно, для флюоритовых месторождений характерны глубины от 0,5 до 4,5 км и редко до 5,0 км, переходящие на верхних уровнях в сурьмяно-ртутные. Глубины ниже 5 км – область выноса рудного вещества, выше – сфера осаждения и формирования оруденения. Максимум распространения флюоритового и связанного оруденения (флюорит-уранинитового, флюорит-сульфидно-уранинитового, висмут-никель-кобальтового с флюоритом, серебром и ураном, кварц-баритовых жил с гематитом и др.) приходится на глубины 1,8–2,25 км.

Основные признаки, определяющие минеральный состав эпитегрмальных генетических типов флюорита, – фациальные условия и формационная принадлежность магматических пород, структурная позиция формирования оруденения.

Систематизация и генетическая типизация флюоритового оруденения (табл. 2) позволяет различать



Рис. 1. Рудно-магматические концентры Чаткало-Кураминской активной континентальной окраины. По И.Х.Хамрабаеву и материалам Т.Н.Далимова, В.А.Черновского, Р.Г.Юсупова:

1 – рудные объекты – производные интрузий глубинных фаций; 2 – меднорудные, связанные с интрузиями монцодиорит-гранодиоритового комплекса, C_2 ; 3 – флюорит-полиметаллические рудные и флюорит-редкометалльные производные трахириолит-гранитной, P_1 вулканоплутонической ассоциации (коровые, малоглубинные); 4 – месторождения флюорита (см. рис. 2)

следующие группы формаций, в которых на флюорит приходится значимость ведущего жильного минерала: флюоритовые, флюорит-сульфидные, редкометалльно- и редкоземельно-флюоритовые. Эти различия (редкометалльность, редкоземельность, вариации содержания сульфидов и их отсутствие в рудных телах) прежде всего зависят от фации глубинности и состава магматических производных, а также от пород, вмещающих оруденение (вулканиты, карбонаты, породы фундамента и др.). Редкометалльно-, редкоземельно-флюоритовые типы оруденения (месторождения Баркрак, Шабрез, Саргардон и др.) располагаются на контактах карбонатных пород с материнскими лейкогранитными интрузиями.

На рассматриваемой территории гранит-лейкогранитный плутонический комплекс P_1 входит в Арашанский (1200 км²), Чаркасарский (55 км²), Беданалисайский (50 км²), Саргардонский (2,5 км²), Ойгаинг-Баркракский (7,5 км²) и другие интрузивы. Фации формирования – мезо- и гипабиссальные, производные коровых палингенных расплавов [11]. В акцессорно-минеральных составах пород преобладают флюорит (до 2000 г/т), циркон (200–500 г/т), редкометалльные (фергусонит, гадолинит, колумбит, берилл и др.)

1. Факторы продуктивности (рудноности) трахириолит-лейкогранитовой вулканоплутонической ассоциации на флюорит

Факторы (I–III)	Фторофильно-литофильный минералого-геохимический тип эндогенного оруденения
I. Структурно-геологические, магматические (индикаторы геодинамических обстановок)	
Типоморфные структуры	Сводово-глыбовое поднятие (региональный верхнепалеозойский Ферганский мегасвод; Чаткальское и Кураминское дочерние сводовые поднятия), очаговые структуры, зоны мантийных (сквозных) дислокаций (Таласо-Ферганский, Северо-Чаткальский, Северо-Ферганский, Угам (Кумбель)-Кенкол-Арашанский и др.), разломно-гребцинные структуры, линейные депрессии (Чаткальский, Угамский, Пскемский грабены и др.)
Геологическая позиция, пространственная группировка с верхнепалеозойскими вулканоплутоническими ассоциациями	Континентальный режим, преобладание восходящих движений, формирование позднепалеозойской вулканогенно-осадочной толщи Поздняя (C ₃ -P ₁) стадия развития Чаткало-Кураминского плюма; редкометалльные гранит-лейкограниты (арашанский, кызылторский, чаркасарский комплексы и др., P ₁), риолит-трахириолитовые (кызылнуринский комплекс и др., P ₁) вулканогенные комагматы; пространственные связи преимущественно с породами карамазарского (чаткальский, кураминский и др.), алмалыкского (аурахматский и др.), шавазского и ирисуйского комплексов, C ₁ -C ₂ ; даудаба-мингбулак-акча-надакские вулканогенные комплексы (C ₁ -C ₂₋₃ -C ₃ -P ₁); их эпимагматогенные на Fe, Cu, Au (Ag), Bi, Pt, Pd и др. производные
II. Металлогенические	
Металлогеническое положение	Чаткальская структурно-металлогеническая зона (смешанный хлорофильно-халькофильный и фторофильно-литофильный минералого-геохимические типы оруденения) отделяется от Кураминской (преобладает хлорофильно-халькофильный тип) по Кассанской зоне со значимостями Au-Sb связей, распространением полиметаллов, Cu-Mo, W, Be, F и других типов оруденения; Кураминская зона – флюоритоносна (Суппаташ, Наугарзан, Агата-Чибагата, Наугискен и др.); Чаткальская зона – редкометалльно-флюоритоносна (Баркрак, Шабрез, Ойгаинг и др.)
III. Минералого-геохимические	
Аксессуарный минеральный состав	Циркон (циртолит) – флюоритовый, редкометалльно-редкоземельный (касситерит, фергусонит, монацит, торит-оранжит), флюоритовый
Самородные металлы	Золото (кюстелит, электрум), серебро, олово, висмут, свинец, ртуть, индий, феррит (α-Fe)
Аксессуарные флюориты	Неправильные формы зёрен (0,25–0,50 мм, редко, 0,5–1,0 мм), присутствуют единичные октаэдрические кристаллы; сростание флюорита с фергусонитом, ортитом, сфеном, содержит включения ксенотима; цвета: фиолетовый, зеленоватый, белый и бесцветный, характерна цветная зональность строения отдельных зёрен; примеси: Fe, Mn, Sn, W, Sr, P, REE+Y, U, Th, Cl
Минеральные разновидности флюорита	Иттрофлюориты (YF ₃ 15–20%), радиофлюориты, хлорофаны и др.
Геохимическая специализация:	
1) первичная	Be, Sn, W, Bi, F
2) вторичная	Cu, Mo, Pb, Zn, Ag
3) продуктивность магматизма	Эпимагматогенные (метамагматогенные) производные (флюорит, редкие металлы, редкоземельные элементы, уран и торий)

и редкоземельные минералы (монацит – 100 г/т, ксенотим, ортит, итробетафит, иттрофлюорит и др., которые ассоциируют с торит-оранжиритом – 50 г/т). В породах содержание составляет (в %): кремнезёма от 73 до 78, калия от 4 до 7, окисного железа от 0,3 до 1,0 [8, 11] в сочетании с редкими (рассеянными) элементами.

Эпимагматогенными производными гранит-лейкогранитовой формации являются альбититовые апограниты (титано-танталониобатовые, монацитовые, иттрофлюоритовые, уранинитовые и др.), пегматиты, собственно альбититы, гидротермально-пневматолиты (скарны, грейзены) и гидротермалиты (см. табл. 1)

(арашанский, чаркасарский, баркракский, саргардонский и другие комплексы, P₁).

Вулканогенные породы локализованы в системах кольцевых вулканотектонических структур (Оясайская, Карабашская, Чилтенская, Тавакская, Майгашканская, Акшуранская) и вулканотектонических депрессий (Ташкескенская, Камчикская, Кугалинская, Ангренская Териклинская).

Гранит-лейкогранитовая формация региона продуктивна на флюорит, редкоземельное (фторофильно-литофильное) эпимагматогенное оруденение [5]. В аксессуарно-минеральных составах (АМС) пород

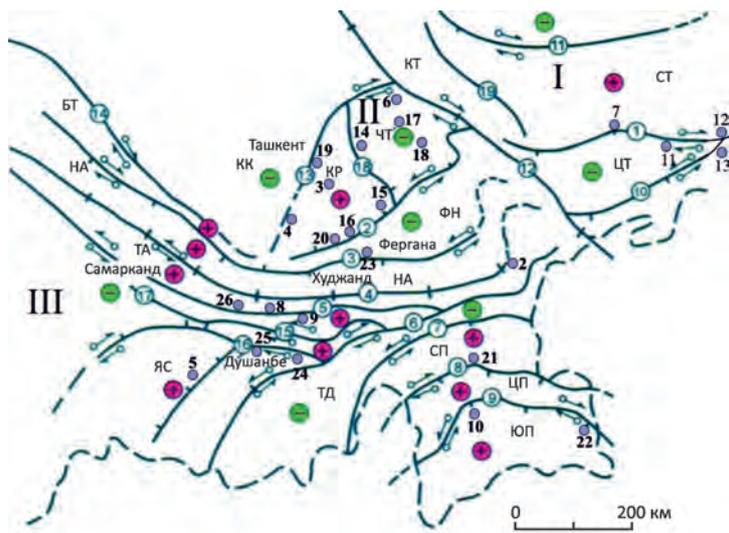


Рис. 2. Схема геолого-тектонического районирования Тянь-Шаня и Памира, план расположения структурных швов и разломов глубокого заложения. По Р.Г.Юсупову:

разломы (цифры в кружках): 1 – Главный Тянь-Шаньский, 2 – Талово-Ферганский, 3 – Южно-Ферганский, 4 – Туркестанский, 5 – Вахшский, 6 – Кызылсуйский (Сурхантауский), 7 – Каракульский, 8 – Акбайтальский, 9 – Южно-Памирский, 10 – Атабашский, 11 – Северо-Тянь-Шаньский, 12 – Северо-Ферганский, 13 – Северо-Чаткальский, 14 – Кызылкумский, 15 – Южно-Гиссарский, 16 – Южно-Зарафшанский, 17 – Кенкольский, 18 – Кенколо-Арашанский, 19 – Ичкельтауский; обособленные тектонические зоны, блоки: поднятий (+), опусканий (–): СТ – Северо-Тянь-Шаньская, ЦТ – Центрально-Тянь-Шаньская, ЮТ – Южно-Тянь-Шаньская, КТ – Каратау-Таласская, ЧТ – Чаткальская, КК – Кураминская, КК – Кызылкумская, ФН – Ферганская, БТ – Букантауская, НА – Нурата-Алайская, ТА – Туркестанская, Г – Гиссарская, ЯС – Яккабаг-Сурхандарьинская, ТД – Таджикская депрессия, СП – Северо-Памирская, ЦП – Центрально-Памирская, ЮП – Южно-Памирская; металлогенические провинции: I – Северо-Тянь-Шаньская, II – Срединно-Тянь-Шаньская, III – Южно-Тянь-Шаньская; металлогенические зоны: ЧТ – Чаткальская, КР – Кураминская, КК – Кызылкумская, БТ – Букантауская, НА – Нурата-Алайская и др.; позиция флюоритовых месторождений: 1 – Могов, 2 – Абшир, 3 – Наугарзан, 4 – Агата-Чибарагата, 5 – Кугитанг, 6 – Баркраг, 7 – Ажалсу, 8 – Куликолон, 9 – Красные холмы, 10 – Элису, 11 – Теплоключенка, 12 – Тюп, 13 – Сулукурта, 14 – Шабрез, 15 – Караулташ, 16 – Суппаташ, 17 – Беданали, 18 – Кызылбаур, 19 – Аурахмат, 20 – Канимансур, 21 – Танымас, 22 – Дун-Кельдык, 23 – Хайдаркан, 24 – Такоб, 25 – Кандара, 26 – Казнок

(см. табл. 2) присутствуют флюорит, церит, ортит, монацит, ксенотим, иттриевые гранаты, иттрий-танталиты, фергусониты и др. (силикаты, фосфаты, карбонаты, титано- и цирконосиликаты, ниобий-танталиты, фториды, оксиды редких металлов и редких земель, иттрия, урана и тория). Акцессорно-минеральный тип (АМТ) пород – монацит-флюоритовый (редкоземельно-флюоритовый), циркон-флюоритовый, преобладает редкоземельность (REE+Y, U, Th).

На заключительных этапах формирования кислых типов пород фтор как летучий компонент расплава, в отличие от хлора, бора, углерода и др., образует собственные акцессорные минералы [7]. В рудно-магматических системах фтор сравнительно малоподвижен, пребывает в концентрированных фазах, присутствует в составах биотита, амфибола, флюорита, апагита и др. При низких термо-барофильных показателях (гипабиссальных) гранит-лейкограниты значительно обогащаются фтором (флюоритом). Для пород трахириолит-гранитовых вулcano-плутонических ассоциаций

характерны магматогенные производные (альбититы, апограниты нормального ряда).

Проблема источников фтора дискуссионная [1–7, 9–10, 12]. В условиях геодинамических активностей оруденения флюорита формируются за счёт привноса из подкоровых частей тектоносферы фтора и заимствования главным образом петрогенных элементов (SiO₂, CaO и др.) из вмещающих пород. По представлениям [14], источник фтора – корово-мантийный. Фтор проявляет геохимическую близость к водороду, не имеет сродства с кислородом, накапливается в глубинных геосферах и, благодаря своей оксифобности, компенсирует отсутствие кислорода. Следовательно, для флюидных систем больших глубин характерна высокая насыщенность фтором. В мантийной обстановке наблюдаются максимальные термо-, барофильные показатели и ранняя стадия формирования флюидного режима (величина удельной теплоёмкости от 3,5 до 3,3 кал/г-град), накапливаются He, H₂, H⁺, F⁺, CO, CH₄, N₂ [11] и отмечается относительно малая активность кислорода.

2. Систематизация и генетическая типизация проявлений и месторождений флюорита

Генетический тип (I–III)	Фациально-формационная принадлежность		Практическая значимость (промышленные минералы)	Месторождение
	Семейство рудных формаций	Фациальность, формации		
I. Метамагматогенный				
Акцессорно-минеральный (вкрашенность, шпирь и др.)	Редкометалльно-флюоритовые, редкоземельно-флюоритовые	Мезо- и гипабиссальная (малоглубинная [МГ]): монацит (ксенотим) – флюоритовые, ортит-фергусонит-флюоритовые	Флюориты с REE _{ce+y} +Y нагрузкой	Арашан-Кызылтогорский плутон, Чаркасар, Баркрак, Саргардон, Беданалисай
II. Эпимагматогенный				
Апограниты (альбитизация, грейзенизация)	Мусковит-кварц альбитовые	Гипабиссальная [МГ]: рутил-альбит-флюоритовые, литионит-кварц-альбитовые с флюоритом	Флюориты, редкие земли; перспективные неясны	Арашан, Беданалисай
Петматито-пневматолитовый	Редкометалльные и редкоземельные	Мезо- и гипабиссальная [МГ]: титано-, танталониобат-уранитовые, монацит-уранинит-флюоритовые, альбит-рутил-флюоритовые	Флюориты, рутилы, альбиты; незначительные (мелкие, средние) проявления с неясными перспективами	Арашан, Баркрак, Анаулыген, Шабрез
Альбититы по гранит-лейкогранитам, P ₁	Альбитовые, кварцево-альбитовые	Гипабиссальная [МГ]: рутил-альбититовые, альбитит-флюоритовые	Перспективы обработки на рутил, сопутствующие (добавочные) циркон, флюорит, минералы Nb, Sn, REE _{ce+y} U.	Арашан, Беданалисай
Гидротермально-пневматолитовый (метасоматические вкрапленности, жильные тела)	Скарново (известково)-флюоритовые	Гипабиссальная [МГ]: редкометалльно- (редкоземельно)-флюоритовые; слюдиисто-флюоритовые, флюоритовые	Флюориты, перспективны не однозначно, за исключением на оптические кристаллы флюорита	Кошмансай, Шабрез, Баркрак, Ойгаинг
Гидротермально-пневматолитовый (штокерки, жильные зоны и линзы)	Грейзеново-редкометалльно (редкоземельно)-флюоритовые	Гипо-, мезотермальная [МГ] (полифациальная): кварц-мусковит-флюоритовые с самородным Bi, вольфрамитом, молибденитом	Флюориты, самородный висмут, вольфрамит. Перспективны на Bi, W, и REE _{ce+y} +Y	Ташсай, Саргардон, Ойгаинг
III. Гидротермальный				
Гипотермальный (жильные зоны)	Полиметаллическо-флюоритовые	Гипабиссальная [МГ]: кварц-полевошпат-флюоритовые	Флюориты, свинец, цинк; перспективны на флюорит, медно-колчеданное оруденение	Ангренское плато, Кенкол, Ямайол
Эпитермальный (прожилково-вкрашенные, жильные тела, линзовидные образования)	Кварц-флюоритовые, серицит-флюоритовые	Экструзивно-субвулканическая: кварц-барит-флюорит-сульфидные	Флюориты, галениты, сфалериты, бариты; богатые типы месторождений на флюорит	Агата-Чибаргата, Наугискен
Ксенотелетермальный (жильные тела на контактах известняков и кремнистых сланцев)	Роговиково-кварц-флюоритовые	Приповерхностная: карбонат-флюорит-халцедоновые	Флюориты	Аурахмат (отработано)

В магматических системах при значении коэффициента агаитности (K_K , $Na+K/Al$), близком к единице, фтор накапливается в структурах OH-содержащих минералов (биотиты, амфиболы, ортиты и др.). Значимость накопления этого галогена в продуктах эпимагматогенных производных кислых расплавов связана с крайне низким сродством фтора с кислородом и продуктами дифференциации расплава, вхождением в структуры OH-содержащих силикатных минералов, высоким сродством с водородом. В гранитоидах, обогащённых фтором, отсутствует связь с кремнекислородным расплавом. Л.Н.Когарко и Л.Д.Кригман [3] связывают это с образованием фракционирования и кристаллизационной дифференциацией несмешивающихся фторидно-солевых фракций.

Газовый состав флюидных включений во флюоритах определён вакуумной декрепитографией и газовой хроматографией (табл. 3). В изученных флюоритах флюидные включения находятся в жидком (водные, одно- и двухфазовые), газожидком (углекислотно-водные) и твёрдом (минеральные) состояниях. Твёрдые минеральные включения практически отсутствуют (кроме редких минеральных полос, обрамляющих края газовых пузырьков). Газовые компоненты (CH_4 , C_2H_4 , CO и др.) включений восстановительного типа присутствуют в малых количествах. Для флюорита характерны преимущественно низко- и среднетемпературные показатели ($60^\circ-150^\circ$, $150^\circ-180^\circ C$ и др.) условий формирования. Повышенные концентрации фтора характерны для коровых расплавов – их остаточных дифференциантов. Во флюоритах коэффициенты восстановленности флюидных включений K_v [14] невысокие (0,01), формирование минерала происходит в обстановке окислительного режима (редкометалльность и редкоземельность оруденения флюорита).

Элементы примеси во флюоритах определены ICR-MS анализом. Для магматитов Чаткало-Кураминской активной окраины флюорит – распространённый («сквозной») аксессуарный минерал верхнепалеозойских кислых вулканоплутонических ассоциаций. В составе флюорита, кроме примесных Fe, Mn, присутствуют более 50 химических элементов ($REE_{Ce+Y}+Y$, U, Th, Sc и др.; Sn, Bi, Mo, W, Se, Ba, Sr, Rb, Cs и др.). Элементы минерала относительно кларков земной коры образуют единый интегрально-последовательный (типоморфный) ряд накопления (формулы):

Редкометалльные гранит-лейкограниты: [Au (Ag)–W]–Se, Te–Sn, Bi, Mo (Re)–(B, Cl, ...P)–Li–Cu, Ni, Pt–Cu, Pb, Zn–Fe(Mn), Co, V–Be–Rb, Cs.

Агата-Чибаргата: Au–Se–Pt (W, Ag), Sn, W–Mo (Re)–(B, Cl, ...P)–Li–Bi, Te–Fe (Mn), Cr, Co, V–Pb (Zn), Cu–Be–Ba (Sr)–Cs, Rb.

Суппаташ: [Au–(W, Se, Te)]–Pt (Ni, Ag), Sn–Mo (Re)–(B, Cl, ...P)–Be, Li, Cl, Rb–Pb (Zn), Bi, Cu–Fe (Mn), Cr, V, Co–Ba (Sr).

В флюоритах накапливаются $REE+Y$, в зависимости

от химического состава и кристаллической структуры исходного минерала ряд их накопления относительно кларков земной коры представляется в следующей последовательности:

\bar{x} (среднее значение): [(Y–Yb), U]–(Dy, Tm, Er, Nd, Ho, Sm, Lu, Tb), Th–(La, Ce, Pr, Eu), Sc.

Во флюоритах концентрация $REE_{Ce+Y}+Y$ происходит в соответствии с минералого-геохимическими особенностями показателей минерала (эффективные размеры ионного радиуса замещаемого катиона, сродство REE к F и др.). Для флюоритов Чаткало-Кураминской зоны избирательность накопления элементов определяется по значениям K_K (коэффициент концентрации) редкоземельных металлов и иттрия. Во флюоритах (иттрофлюориты) с ростом содержаний иттрия и иттриевых земель возрастают значимости сопутствующих урана, цериевых земель (флюоцериты), тория и скандия. В рудных флюоритах в примесной форме находится Mn^{2+} от 2 до 56 г/т (в среднем 37,1 г/т).

В эпимагматогенных рудообразующих системах отмечается восстановленность марганца, что также служит индикатором активности ионов фтора в формировании оруденения. Во флюоритах также присутствует Au (примесь) совместно с Se, Te и W. Для золота K_K достаточно высок (100). Примеси золота находятся во флюоритах в кластерно-комплексных минеральных формах – [Au (Ag)–W], [Au–(W, Se, Te)] и др.

Содержания хлора ($K_K=1,1$) и бора ($K_K=12$) в изученных флюоритах достаточно невысокие, рудные флюиды характеризуются наличием REE, U и др. Эпимагматогенные производные проявляют фторофильно-литофильную (Sn, Bi, Be, Nb, Ta, $REE+Y$, U, Th и др.) специализацию. Магматогенные флюиды (F, B, Cl) совместно с потенциально продуктивными кислыми трахириолит-гранитными вулканоплутоническими ассоциациями (P_1) формируют эпимагматогенные флюоритовые рудные тела.

Трахириолит-гранитная вулканоплутоническая ассоциация является носителем повышенной аксессуарно-минеральной флюоритонности [2, 4–5, 11] (содержание флюорита от 2000 г/т и более: Арашан-Кызылторский, Беданалисайский интрузивы и др.). Породы трахириолит-гранитных ассоциаций по аксессуарно-минеральным составам (АМС) – цирконово-флюоритовые образования, в которых содержание аксессуарного циркона от 248 г/т [6], монацитово-флюоритовые (монацита 100 и флюорита 2000 г/т), ураноториево-флюоритовые (уранинита 3 или торита 7 г/т, флюорита от 1000 до 2000 г/т), собственно флюоритовые (флюорита 2000 г/т), редкоземельные (гадолинит-фергусонит-монацитовые и др., суммарно 200 г/т) минералогические составы.

Флюоритовые типы гранитов (лейкограниты; Арашанский, Чаркасарский, Беданалисайский и другие интрузивы). Аксессуарный флюорит – основной минерал фтора (47,81–48,80 вес.%).

3. Флюориты эпитермальных месторождений, газовые составы флюидных включений

Номер пробы	Газовый состав включений (суммарно, пересчёт на 100%)											Типы и фазовые составы флюидальных включений, температура гомогенизации			
	H ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₄	H ₂ O	H ₂ S	SO ₂	Сумма, мл/г	K _в	Флюидные включения (фазовый состав)	%, газовой фазы	Температура гомогенизации, T _p , °C
Супаташ															
51*	–	12,80	0,24	36,00	1,25	0,01	–	45,00	4,70	–	1,79219	0,02	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	5–7 (5)	60–120 (115)
52**	–	23,29	0,20	52,19	–	0,11	–	14,86	9,35	–	2,95496	<0,01	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	7–10 (5)	60–150 (110)
53**	–	34,42	0,01	37,78	–	1,18	–	17,58	9,04	–	1,78372	<0,01		7–10 (5)	60–220 (115)
54,1*	–	40,39	0,60	1,00	–	–	–	47,10	10,9	–	0,57550	–	ПВ, В (Г+Ж _в)	5–7	60–180 (100)
54,2**	–	13,09	72,8	2,98	–	–	–	10,75	0,68	–	2,60410	–		5–7 (5)	60–190 (115)
55,1*	–	36,70	0,70	3,75	–	1,19	–	57,66	–	–	0,76876	<0,01	В (Ж _в)	5	120–150 (100)
55,2*	–	34,86	0,01	35,97	–	–	–	29,17	0,01	–	0,50682	–	ПВ, В (Ж _в)	5	120–180 (115)
56,1**	–	28,63	0,01	4,52	–	–	–	61,96	4,84	–	1,11338	–	ПВ, П (Ж _{в+у})	7–10	60–200 (115)
56,2**	–	9,80	9,11	41,78	–	–	–	42,60	6,34	–	2,46489	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	7–10	100–240 (115)
Агата-Чибаргата															
05****	–	12,90	0,21	67,18	–	0,04	–	19,71	–	–	3,73809	<0,01	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	5	100–160 (115)
06****	–	16,18	0,22	54,87	–	–	–	27,18	1,55	–	1,64800	–		7–10	150–200
87**	–	14,80	0,12	53,92	–	0,09	–	29,61	1,47	–	2,17909	<0,01	ПВ (Ж _{в+у})	10	150–200 (110)
91***	–	30,41	0,98	31,03	–	–	–	39,57	–	–	1,33562	–		5–7	150–180 (115)
92****	–	33,83	0,64	7,75	–	–	–	56,65	1,13	–	1,35630	–	5–10	120–150 (110)	
94****	–	25,03	2,28	39,46	–	–	–	31,80	1,43	–	2,86071	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	10	120–180 (115)
98****	–	7,80	0,09	24,72	0,07	0,53	–	60,00	6,80	–	2,91249	0,01	ПВ (Г+Ж _{в+у})	7–10	150–200 (110)
Наугискен															
82**	–	12,30	0,02	35,65	–	–	–	47,65	4,38	–	1,66380	–	ПВ, В (Ж _{в+у})	5–7	180–200 (120)
85****	–	13,67	0,01	12,28	–	–	–	67,44	6,60	–	1,27868	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	10	150–180
86**	–	25,29	0,66	34,06	–	–	–	74,53	5,46	–	3,16267	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	5–7	160–200 (120)
87**	–	24,78	0,93	32,28	–	–	–	42,01	–	–	2,49658	–	ПВ, В (Ж _{в+у})	7–10	160–200 (115)
Усугли															
1****	–	97,26	2,45	0,01	–	0,28	–	–	–	–	1,5254	28,01	ПВ, П (Г)	3–5	180–260 (150)
2****	–	12,40	84,40	1,82	–	1,37	0,01	–	–	–	12,431	0,80	ПВ, В (Г)	5–10	200

Примечание. K_в=CO+H₂+CH₄(CO₂+H₂) [11]; цвет флюорита: * – белый, бесцветный, ** – зелёный, темно-зелёный, *** – голубовато-зелёный, **** – фиолетовый, тёмно-фиолетовый; пробы: 1 и 2 (месторождение Усугли, Забайкалье) – флюорит-баритовый тип; флюидные включения: Г – газовое, Ж_в – водное, Ж_{в+у} – водно-жидко-углекислотное, П – первичное, ПВ – первично-водное, В – водное; в скобках – усреднённое оптимальное значение; вакуумная декрепитография, газовая хроматография, анализ Г.А.Стимба.

В породах флюорит находится в форме отдельных неправильных зёрен, расположенных в межзерновых швах полевых шпатов, развивающихся между плоскостями спайности биотита; иногда встречаются редкие кристаллы флюорита с включениями чёрного рутила, циркона, циртолита, торита, оранжита, апатита и др.

Обогащённым лантаноидами акцессорным флюоритам свойственны преимущественно зеленоватые цвета окраски [14]. В большинстве случаев для флюорита характерен фиолетовый цвет минерала, вызванный присутствием в его составе урана. В лейкократовых и порфиридных гранитах, аляскитах в акцессорном флюорите содержится от менее 25 до 1000 г/т и более урана (Беданалисай, Чаркасар). Повышенная радиоактивность акцессорных флюоритов – показатель продуктивности трахириолит-гранитных ассоциаций на связанное эпитемальное флюорит-редкометалльно-редкоземельное (Sn, Bi, Be, Nb, Ta, Вe и др.) оруденение.

Флюорит-ураноториевые граниты (Беданалисайский, Чаркасарский, Кызылторский массивы). В акцессорно-минеральных составах пород собственные минералы урана практически отсутствуют, присутствует поздний наложенный окристаллизованный уранинит (настуран) – продукт метасоматических преобразований первичных акцессорных (монацит, ксенотим, ураноторит) и урансодержащих (ортит, чевкениит, флоренит, рентгениит и др.) минералов. Геохимическая специализация пород на уран устанавливается при содержаниях уранинита более 3,0 г/т [14]. В акцессорных флюоритах уран находится совместно с редкими металлами, редкоземельными элементами (Чаркасарский интрузив). Во флюорито-редкометалльных (редкоземельных) проявлениях эпимагматогенный уран накапливается в зонах альбитизации, грейзенизации, гидротермально-метасоматических преобразований кислых магматических пород. Флюорит-урановые типы оруденения (флюорит-уранинитовые, сульфидно-уранинитовые) пространственно приурочены к зонам гидротермально-пневматолитовых проработок материнских горных пород. Грейзенизация (кварц-мусковит-флюоритовые, кварц-флюорит-карбонатные и др.) представлена разноориентированной густой сетью прожилков – флюорит-уранинитовые, флюорит-сульфидно-уранинитовые (U- Nb-Ta-W-Mo составов).

Цирконово-флюоритовый тип (Арашанский, Кызылторский, Беданалисайский интрузивы). Акцессорный флюорит присутствует в форме зернистых включений (от 0,05 до 0,5 мм). Между кубическими и нормально-октаэдрическими габитусами характерно распространение переходных разновидностей из комбинаций простых морфологических типов флюорита. На фоне бледно-лиловых и бледно-зелёных зёрен флюорита присутствуют аномальные окраски – от разномышенной фиолетовой до чёрной. Густо-фиолетовые флюориты содержат уран от 500 до 1000 г/т. Акцессорные флюориты образуют сростания с торитом,

оранжитом, настураном, фергусинитом и относятся к наиболее поздним (мета- и эпимагматогенным производным) трахириолит-лейкогранитовым раннепермским ассоциациям магматизма. Метамагматогенный фтор накапливается преимущественно в OH-содержащих минералах (биотит, мусковит, апатит и др.), дефициту которых сопутствует обогащение расплава F с реализацией в форме флюорита (ранняя генерация). Эпимагматогенные производные магматизма (альбититовые, скарново-флюоритовые, грейзено-редкометалльные-редкоземельные и др.) – ведущие накопители флюорита (поздняя генерация).

Гранит-лейкограниты Чаткало-Кураминских гор в среднем содержат акцессорного циркона (в г/т): 250 (порфиридные граниты) и 100 (лейкократовые граниты) – *Арашанский*; 200 (аляскиты, биотитовые граниты), 100 (лейкограниты, онгониты) – *Чаркасарский*; 500 (граниты, граниты биотит-роговообманковые) и 100 (аплитовидные граниты) – *Майдантальский*; 270 (аляскиты, порфиридные граниты) и 310 (лейкограниты) – *Беданалисайский* (Ангренское плато) интрузивы [6].

Кристаллы акцессорного циркона (размеры от 0,1 до 0,7 мм в поперечнике) образуют дипирамидально-призматические формы. Ранние генерации минерала накапливаются в форме включений в биотитах, мусковитах, полевых шпатах. Поздние представлены призматически-ромбоэдрическими типами простых форм ($\{100\}$, $\{101\}$, $\{110\}$, $\{111\}$). Окраска минерала от зеленоватой до чёрной. Для поздних цирконов характерна малаконизация (циртолитизация), отмечается сростание с уран-ториевыми минералами, самородным индием. Химическими и спектральными анализами циркона, отобранного из концентрата тяжёлой фракции пород, отмечается (в вес.%): SiO_2 – 32,48; ZrO_2 – 63,0; HfO_2 – 1,70; TiO_2 – 0,19; Y_2O_3 – 0,5; Nb_2O_5 – 0,035; Fe_2O_3 – 0,40; Al_2O_3 – 1,10; MgO – 0,10; ThO_2 – 0,18; P_2O_5 – <0,01; UO_2 – 0,30; Σ 100,00.

В альбитах (Арашанский интрузив) [5] цирконы по химическому составу практически мало отличаются от минерала из порфиридных гранитов (в вес.%): SiO_2 – 31,38; Al_2O_3 – 0,52; ZrO_2 – 62,34; HfO_2 – 1,71; Nb_2O_5 – 0,02; Y_2O_3 – 2,40; ThO_2 – 0,18; UO_2 – 0,07; PbO – 0,38; Σ 99,00. Примеси: Hf, U, Y, Th, Sn, Bi, Nb, Sc, Pb и др.

Основные (интегральные) рудные формации флюорита. В Чаткало-Кураминской активной континентальной окраине флюоритовое оруденение связано с кислыми вулканидами риолит-трахириолитовых комплексов (кызылнуринский комплекс, P_1) и имеет *рудолокализирующее* значение, а в связях с их плутоногенными гранит-лейкогранитами (арашанский и другие комплексы, P_1) играют *рудогенерирующую* роль. Флюоритовое оруденение объединяет флюоритовые (кварцево-флюоритовая, кварцево-карбонат-флюоритовая, барито-флюоритовая), редкометалльно-флюоритовые (слюдисто-флюоритовая) группы формаций.

Геолого-генетические типы месторождений флюорита – эпитермальные, ксено- и телетермальные жильные; они сочетаются с метамагматогенными (акцессорно-минеральными) типами флюорита (Арашан, Кызылтор, Беданалисай), проявлениями флюорита в альбититах – в ассоциации рутила, минералов редких земель, иттрия, урана (*апикарбонатно-грейзеновая редкометалльно-флюоритовая формация*).

По представленным материалам можно сделать следующие выводы:

1. Внутриплитная раннепермская трахириолит-лейкогранитная вулканоплутоническая ассоциация – носитель фторофильно-литофильной (Sn, W, Bi, Nb, Ta, Be, REE+Y, U и др.) продуктивности. Акцессорные минералы пород (флюориты, цирконы, цирколиты, монациты, торит-оранжиды, фергусониты, гадолиниты, касситериты, самородные Sn, Pb, Bi, Ag, Zn и др.) формируют монацит-флюоритовый (редкоземельно-флюоритовый), а циркон (цирколит) – флюоритовый типы.

2. Трахириолит-лейкогранитовой вулканоплутонической ассоциации с потенциальной редкометалльностью (редкоземельностью) сопутствуют эпимагматогенные производные, на основе которых формируются акцессорно-минеральные (метамагматогенные) продукты (гипабиссальная фация), а также пневматолито-гидротермальные, гидротермальные (жильные, эпитермальные) типы оруденения (флюориты, редкие металлы, REE+Y, U, Th).

3. В мета- и эпимагматогенных рудно-магматогенных производных трахириолит-лейкогранитов для фтора проявилась дифференцированность – насыщение фтором минералов-концентраторов биотита, мусковита, апатита и др., избыток F и сопутствующих (Be, Si, Sn, W, Bi и др.) фторофильных редких элементов, REE, U, Th и др., которые сбрасываются в рудно-продуктивный флюид. Фтор образует собственные рудные минералы (акцессории) из эпимагматогенных производных, реализуясь главным образом в форме рудных флюоритов с формированием эпитермальных типов кварц-флюоритовых групп формаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисов С.О.* Глубинные термодинамические условия и динамика земной коры Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1998.
2. *Далимов Т.Н., Ганиев И.Н.* Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. – Ташкент, 2010.
3. *Козарко Л.Н., Кригман Л.Д.* Фтор в силикатных расплавах и магмах. – М.: Наука, 1981.
4. *Кушнарев И.П.* Глубины образования эндогенных рудных месторождений. – М.: Недра, 1982.
5. *Ляхович В.В.* Редкие элементы в акцессорных минералах гранитоидов. – М.: Недра, 1973.
6. *Маракушев А.А.* Петрогенезис и рудообразование. – М.: Наука, 1979.
7. *Мацоккина-Воронич Т.М.* О генетических рядах рудных образований // Итоги петрометаллогенетических исследований. – Ташкент: Фан, 1972. С. 177–182.
8. *Петрогенезис* потенциально рудоносных интрузивов Узбекистана / Р.Ахунджанов, У.Ф.Мамарозиков, А.Н.Усманов и др. – Ташкент: Фан, 2014.
9. *Рафиков Я.М.* Схемы магматизма Чаткало-Кураминской активной окраины / Российская конференция по изотопной геохронологии, геохронологические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов. – М., 2012. С. 302–304.
10. *Рафиков Я.М., Юсупов Р.Г.* Продуктивность и рудоносность пород гранит-лейкогранитного комплекса на редкие земли, иттрий (Чаткало-Кураминская континентальная окраина) // Отечественная геология. 2013. № 1. С. 59–69.
11. *Редкие* элементы и акцессорные минералы в интрузивных комплексах Среднего Тянь-Шаня / В.В.Козырев, Ю.Б.Ежков, И.В.Левченко и др. – Ташкент: Фан., 1972.
12. *Рябчиков И.Д.* Термодинамика флюидной фазы гранитоидных магм. – М.: Наука, 1975.
13. *Флюидный* режим земной коры и верхней мантии / А.Ф.Летников, И.К.Карпов, А.И.Киселев, Б.О.Шкандрий. – М.: Наука, 1977.
14. *Щеглов А.Д.* Источники рудного вещества в областях тектономагматической активизации // Источники рудного вещества эндогенных месторождений. – М.: Наука, 1976. С. 58–64.