

## УСТАНОВЛЕНИЕ ЗОНАЛЬНОСТИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ АК-ТЮЗ

**Н.Н. Малюкова** – канд. геол.-минер. наук., доцент

Установлены латеральная и вертикальная зональности в распределении рудной минерализации на месторождении Ак-Тюз.

*Ключевые слова:* рудная минерализация; латеральная и вертикальная зональность; редкометалльно-редкоземельно-полиметаллическое оруденение; руда.

Актюзский гранофировый шток локализован в активизированном участке Муюнкумо-Наратского срединного массива в Ала-Тау, сложенного породами двух структурных этажей [1–3].

Первый структурный этаж сложен породами Актюзской свиты, представленными гнейсами, мраморами, мигматитами и слюдястыми сланцами. Общая мощность свиты составляет около 2900 м.

Протерозойский структурный этаж сложен породами Куперлисайской свиты. Они обнажаются преимущественно в крыльях антиклинальных складок и в мульдах синклиналей. Свита представлена зелеными амфиболовыми сланцами и сланцеватыми метадиабазами. Общее простирание ее северо-восточное с падением на юго-восток и северо-запад. Углы падения метаморфитов крутые. Мощность Куперлисайской свиты – около 3000 м.

Породы фундамента прорваны интрузивными образованиями трех тектоно-магматических циклов: допалеозойского, каледонского и герцинского.

Для промышленного редкометалльно-редкоземельно-полиметаллического оруденения наибольшее значение имеет герцинский тектоно-магматический цикл, особенно его третья интрузивная фаза перм-триасового комплекса, представленного субщелочными лейкократовыми гранитами (аляскитовые граниты). Абсолютный возраст гранитов, по данным А.Я. Крылова (1960), составляет 260 млн. лет.

На правом борту р. Куперлисай эти граниты погружаются под отложения Куперлисайской и Актюзской свит. Угол погружения составляет 16°. В районе месторождения Ак-Тюз глубина залегания гранитов составляет 400–450 м. Мас-

са разведочных горных выработок, пройденных в этой части рудного поля, позволила обрисовать морфологию этого трещинного интрузива. В плане массив имеет вид постепенно сужающейся полосы, вытянутой в северо-восточном направлении вдоль Актюзской ослабленной зоны. Основными морфологическими элементами кровли являются гребневидные выступы и резко пониженные участки между ними. Гребни осложнены куполообразными выступами, где скапливаются летучие компоненты остывающей магмы, которые затем приводят к формированию брекчированных полостей во вмещающих зеленых амфиболовых сланцах. Кроме того, становление гранитов также сопровождается постепенным остыванием как их самих, так и вмещающих пород. Это приводит к формированию сети трещин и, как следствие, брекчированных полостей (рис. 1).

Становление аляскитового массива сопровождалось обособлением в прикровельных эндо- и экзочастях небольших тел фациальных пегматитов, альбитизацией, а затем грейзенизацией частей выступов и проникновением альбитизирующих и грейзенизирующих реагентов в экзоконтактный ореол. Внедрение субщелочных лейкократовых гранитов сопровождалось формированием более поздних минерализованных рудных проявлений, в какой-то мере сцементированных существовавшие брекчированные полости или их отдельные части. Руды не очень богатые.

Значительно позднее после повторного дробления в брекчированные полости внедрялась гранофировая магма, относящаяся к четвертой фазе пермского интрузивного комплекса. В этот период сформировалось слепое гранофировое тело.



Рис. 1. Геологическая карта Актюзского рудного поля. Составили: В.Ф. Ким и др., 2001 г.: 1 – четвертичные и современные отложения; 2 – кварцевые порфиры и их туфы среднего палеозоя (Pz); 3 – метаморфические сланцы и амфиболиты куперлисайской свиты протерозоя; 4 – гнейсы актюзской свиты архея; 5 – гранофиры; 6 – субщелочные лейкократовые граниты куперлисайского массива; 7 – сиениты; 8 – диориты и кварцевые диориты; 9 – гранодиориты и граниты; 10 – амфиболиты и габбро-амфиболиты; 11 – метагаббро и метагаббро-диабазы; 12 – кварцевые тела пострудные; 13 – тектонические нарушения; 14 – линия разреза; *месторождения*: I – Кутессай-I; II – Кутессай-II; III – Кутессай-III; IV – Куперлисай; V – Калесай; VI – Ак-Тюз; VII – Кеминская зона минерализации; *разломы*: А – Западно-Куперлисайский; В – Восточно-Куперлисайский; С – Кутессайский; D – Чолонсайский; E – Анджилгийский; G – Актюз-Карабатпакский; L – Рудный; К – Кварцевый; М – Южный; N – Сиенитовый.

Гранофировая магма, попадая в среду с резко пониженным давлением, претерпевала интенсивную магматическую дистилляцию. Отделяющаяся газообразная фаза производила интенсивную переработку брекчированных амфиболовых сланцев и превращала их в биотитовые роговики.

Гранофиры в брекчии образуют густую сеть цементирующих прожилков, разнообразных по размерам гнезд, жил, реже более крупных тел.

В следующий этап внедрились порфирировые дайки, относимые нами к четвертой дополни-

тельной субфазе перм-триасового дополнительного комплекса. Они секут догранофировый кварц (силекситы), гранофиры и биотитовые роговики. Порфирировые дайки в Актюзском рудном поле имеют “региональное” распространение. Они, как правило, образуют рой даек и обтекают их.

После формирования порфирировых даек началась послемагматическая гидротермальная деятельность, давшая основную массу полезных компонентов месторождения. Она протекала в пяти самостоятельных стадиях, в каждую из ко-

торых из глубинного рудогенерирующего очага поступали самостоятельные порции рудоносных растворов.

Следует отметить, что расшифровать послемагматическую деятельность трудно, так как телескопирование продуктов отдельных стадий при интенсивно развитом метасоматозе создает такую сложную мозаику, разобраться в которой практически невозможно.

Наиболее ранняя стадия постмагматической деятельности проявилась в интенсивном окварцовании и серицитизации. Этот процесс захватил в основном гранофиры. Порфириды, амфиболовые сланцы и биотитовые роговики подверглись при этом незначительной хлоритизации. Конечный продукт описываемого процесса представляет собой агрегат кварца (60–70%) и серицита (30–40%), внутри которого прослеживаются останки незамещенных первичных пород. Кварц-серицитовые метасоматиты несут ториево-редкоземельно-циркониевую минерализацию в виде мелкой рассеянной вкрапленности.

В следующую стадию происходит формирование кварц-биотит-молибденит-карбонат-фторкарбонатной редкоземельной минерализации. Контроль локализации осуществлялся кольцеобразными структурами. Процесс образования минерализации сопровождался интенсивными метасоматическими явлениями как внутри продуктов стадии, так и в окружающей среде. Биотитовые роговики на контакте с прожилками и жилами этой стадии подвергаются интенсивной переработке с образованием зон крупночешуйчатого биотита, содержащего обильную вкрапленность магнетита. Формирование минерализации в этой стадии сопровождается интенсивными реакционными взаимодействиями твердой фазы с остаточными растворами и замещением ранних минералов более поздними.

В эту стадию образуется основная масса встречающихся на месторождении монацита, ксенотима, карбонатов и фторкарбонатов редких земель, флюоцерита, гидротермального ортоклаза и биотита. Сульфиды мало характерны, из них наиболее развиты халькопирит, молибденит и арсенопирит. Широко представлены магнетит, гематит, флюорит.

Формирование характеризуемой минерализации происходило в условиях непрерывных, но сравнительно мелких тектонических подвижек, что обусловило образование очень большого количества прожилков самого различного состава.

В кольцеобразных структурах наиболее доступными были северо-восточные стенки, о чем

свидетельствует приуроченность к подобным частям наиболее высоких концентраций рудной минерализации. Кольцевые структуры с глубиной расширяются, отдельные зоны выколаживаются.

Третий этап послемагматической деятельности вызвал формирование кварц-серицит-хлорит-ферриторитово-касситеритово-циртолитовой минерализации. Продукты этой стадии локализовались в основном в субширотных ослабленных зонах. Процесс рудоотложения сопровождался интенсивной метасоматической переработкой всех без исключения пород, выполняющих брекчированные полости, в том числе и продуктов предыдущей стадии. Происходит интенсивная серицитизация, хлоритизация и особенно окварцование. Биотит замещается кварцем с появлением хлорита, серицита, флюорита, циртолита, малакона, значительного количества магнетита, гематита, галенита и пирита. Полевошпатовая часть гранофилов в это время замещается кварцем с серицитом, незначительным количеством хлорита. Освобождающийся в этом процессе калий и алюминий выносились в верхние горизонты брекчированных сланцев, где давали начало так называемой ортоклаз-альбитовой инъекции с фенакитом.

В рассматриваемую стадию образовалась основная масса ферриторита, циртолита, малакона. Меньшее развитие получили монацит, галенит. Широко представлены флюорит, гематит, магнетит, халькопирит, пирит, касситерит, арсенопирит.

Рудный процесс, как и в предыдущей стадии, протекал в условиях непрерывных тектонических подвижек, обусловивших образование многочисленных и разнообразных прожилков.

Наряду с обновлением кольцевых ослабленных зон, широкое развитие получили субширотные ослабленные зоны. Они накладывались на ранее существовавшие и уже минерализованные кольцевые структуры.

В следующую стадию формировалась основная масса полиметаллического оруденения. Рудоотложение происходит в северо-восточных ослабленных зонах. В этот период образуется основная масса сфалерита, галенита, халькопирита, значительное развитие получает флюорит, кальцит, пирит, касситерит и др. В незначительном количестве присутствует малакон и, возможно, иттрофлюорит. Формирование этой минерализации сопровождается локальным окварцованием и серицитизацией, развивающихся внутри сульфидных прожилков и жил. Процесс протекает в условиях непрерывных внутрирудных тектонических подвижек.

Пятая стадия – формирование “безрудных” кварцевых, кварц-флюоритовых, кварц-кальцитфлюоритовых и кальцитовых жил, локализующихся в северо-восточных нарушениях. В этих образованиях рудная минерализация присутствует в виде акцессорной примеси.

Как было отмечено выше, участок месторождения Ак-Тюз сложен глубоко метаморфизованным комплексом парагнейсов и зеленых амфиболовых сланцев. Изверженные породы представлены “слепым” гранофировым штоком, от которого на дневную поверхность выходят две аплитовидные жилы со средней мощностью 0,8 м. Кроме того, широким распространением пользуются жильные порфириды диабазового и диоритового составов. Кроме перечисленных выше пород, на месторождении наблюдаются и другие породы: брекчированные амфиболовые сланцы, окварцеванные породы типа вторичных кварцитов, биотитовые роговики, кварц-серицитовые и кварц-хлоритовые метасоматиты, которые не выходят на дневную поверхность.

На месторождении Ак-Тюз по морфологическим признакам выделяют три формы рудных тел:

1. Рудные жилы.
2. Рудный штوك.
3. Слепые рудные линзы.

Все три типа оруденения имеют между собой тесную связь и являются результатом еди-

ного рудного процесса. Наиболее интересным с промышленной точки зрения является оруденение в рудном штоке. Запасы в рудных жилах и слепых линзах составляют ничтожную долю в общем запасе месторождения Ак-Тюз.

**Рудные жилы** имеют совершенно ясную выраженную связь с рудным штоком и представляют собой не что иное, как апофизы основного штока.

На поверхности прослеживается в зеленых амфиболовых сланцах три жилы, из которых две расположены над штоком, а третья жила отстоит от них на 200 м к северо-востоку. Общее простирание жил выдерживается по азимуту 40–45°, в основном повторяя направление сланцеватости вмещающих пород. При выдержанном падении жил от 60–90° к юго-востоку, на отдельных участках документируется крутое падение на северо-запад (рис. 2).

В рудных жилах руда в основном полиметаллического состава. Содержание свинца здесь достигает 6,51%, а цинка – 1,27%. На верхних горизонтах месторождения Ак-Тюз при появлении в качестве рудовмещающей породы гранофиров в рудах повышается содержание олова, редких земель и молибдена, иногда достигая промышленно-извлекаемого количества.

**Рудный шток.** Самая верхняя часть рудного штока вскрыта рассечками № 23 и 24 из разведочного восстающего №3 на горизонте 2562 м.

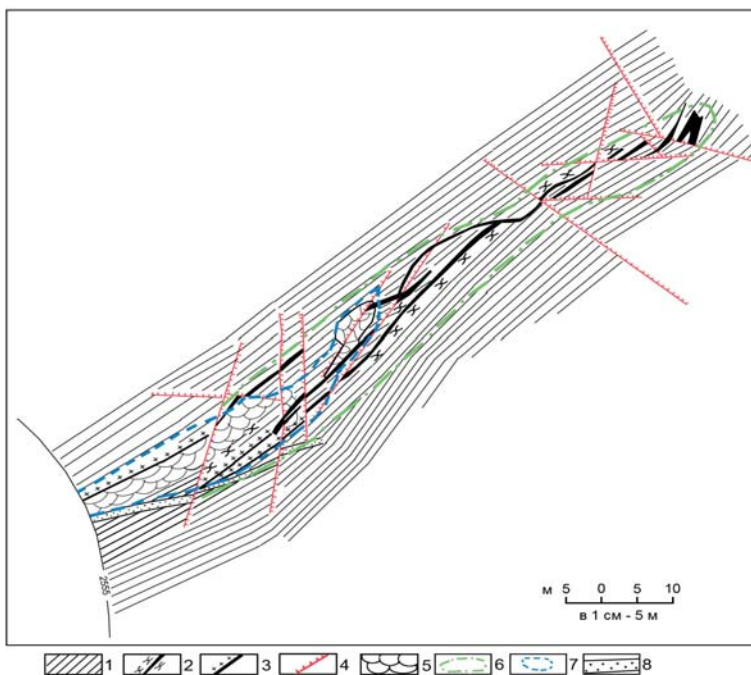


Рис. 2. План распределения кварц-полиметаллической и редкоземельной минерализации на горизонте 2570 м месторождения Ак-Тюз (по Н.Н. Малюковой), масштаб 1:500, 2006 г.: 1 – зеленые амфиболовые сланцы; 2 – кварц-сульфидные жилы; 3 – аплитовые жилы; 4 – тектонические нарушения; 5 – брекчированные сланцы с редкоземельным оруденением; 6 – контур распространения кварц-сульфидной минерализации; 7 – контур распространения редкоземельной минерализации; 8 – дайки диабазовых порфиритов.



Распределение рудных компонентов по горизонтам месторождения Ак-Тюз

Горизонт, м	Площадь промышленного оруденения, м <sup>2</sup>	Среднее содержание на горизонтах, %				Виды руд
		Pb	Zn	Sn	Mo	
2560	301	6.51	1.27	0.30	-	-
2548	978	9.40	4.34	0.15	0.004	Окисленные
2513	4528	4.40	2.15	0.13	0.087	Сульфидные
2472	4643	3.39	1.30	0.13	0.12	«
2431	2778	2.57	1.48	0.05	-	«
2390	2371	2.40	1.97	0.11	-	«
2379	1818	2.52	2.03	0.11	-	«

Оруденение залегает в сильно окварцованных сланцах. Выше рассечек, в шурфе №8, сбитого с восстающим №3, вскрыта зона окисления мощностью 10–15 м. Она представлена церусситом, смитсонитом, лимонитом, азуритом, англизитом, малахитом, ярозитом и др. Конфигурация рудного тела на горизонте 2560 м приближается к слабосплюснутой линзе с тупым окончанием ее в северо-восточном направлении. Общая площадь рудного тела на этом горизонте составляет около 300 м<sup>2</sup>. Оруденение представлено богатыми полиметаллическими рудами.

На горизонте 2548 м рудное тело разведано штольной №1 с серией рассечек. Контур промышленного оруденения составляет 979 м<sup>2</sup>. Максимальная длина основного рудного тела составляет 62 м, при мощности в раздуве 18 м. Оруденение связано с гнездами и прожилками и в подчиненном значении с жилами гранофира. Вмещающими породами оруденения являются сланцы. В пределах промышленного контура среднее содержание на горизонте по свинцу составляет 9,4%, цинку – 4,34%, олова – 0,15%, молибдена – 0,004%.

Ниже штольной №1 на 35 м рудное тело детально разведано штольной №2. Площадь промышленного оруденения на этом горизонте составляет 4528 м<sup>2</sup>. Рудные тела имеют штокообразную форму, с некоторой вытянутостью их в северо-восточном направлении. Оруденение в основном залегает в кварц-хлорит-серицитовых метасоматитах, а в неизменных гранофирах его содержание не отмечается. Наиболее обогащенные участки оруденения локализируются под верхушками гранофировых апофиз в виде куполообразных тел, а на более глубоких горизонтах они приурочиваются с одной стороны к висячему боку гранофирового штока и с другой – к его флангам.

Как видно из таблицы, максимальных размеров контуров промышленное оруденение до-

стигает на горизонте 2472 м, ниже которого площадь оруденения, по данным буровых скважин, сокращается и уже на горизонте капитальной штольни (2349 м) промышленное оруденение прослеживается вдоль висячего бока гранофирового штока в виде узкой линзовидной полоски. Начиная с горизонта 2431 м рудные тела с промышленным содержанием теряют штокообразную форму залегания при сохранении штокообразной формы всего гранофирового тела и прослеживается в виде линзовидных тел, разобщенных между собой гранофирами, практически уже безрудными с точки зрения содержания полиметаллов.

Таким образом, на месторождении Ак-Тюз установлена следующая латеральная и вертикальная зональность в распределении рудной минерализации.

На верхних горизонтах месторождения (2570 м) в основном распространены промышленные кварц-сульфидные жилы полиметаллического состава. В незначительном количестве здесь отмечаются брекчированные сланцы, интродуцированные аплитовыми жилами с спорадической вкрапленностью редкоземельной минерализацией.

К горизонту 2548 м в центральной части штокообразного тела гранофиров развита промышленная касситеритовая минерализация и здесь руды становятся по сути оловянно-полиметаллическими (рис. 3).

В периферической части штока в дробленных амфиболовых сланцах появляются незначительные содержания молибдена и редких земель.

На горизонте 2514 м центральная часть его сложена окварцованными породами типа вторичных кварцитов и кварц-хлоритовыми метасоматитами. В этих зонах наибольшим развитием пользуются оловянно-полиметаллическое оруденение и редкоземельно-полиметаллическая ми-

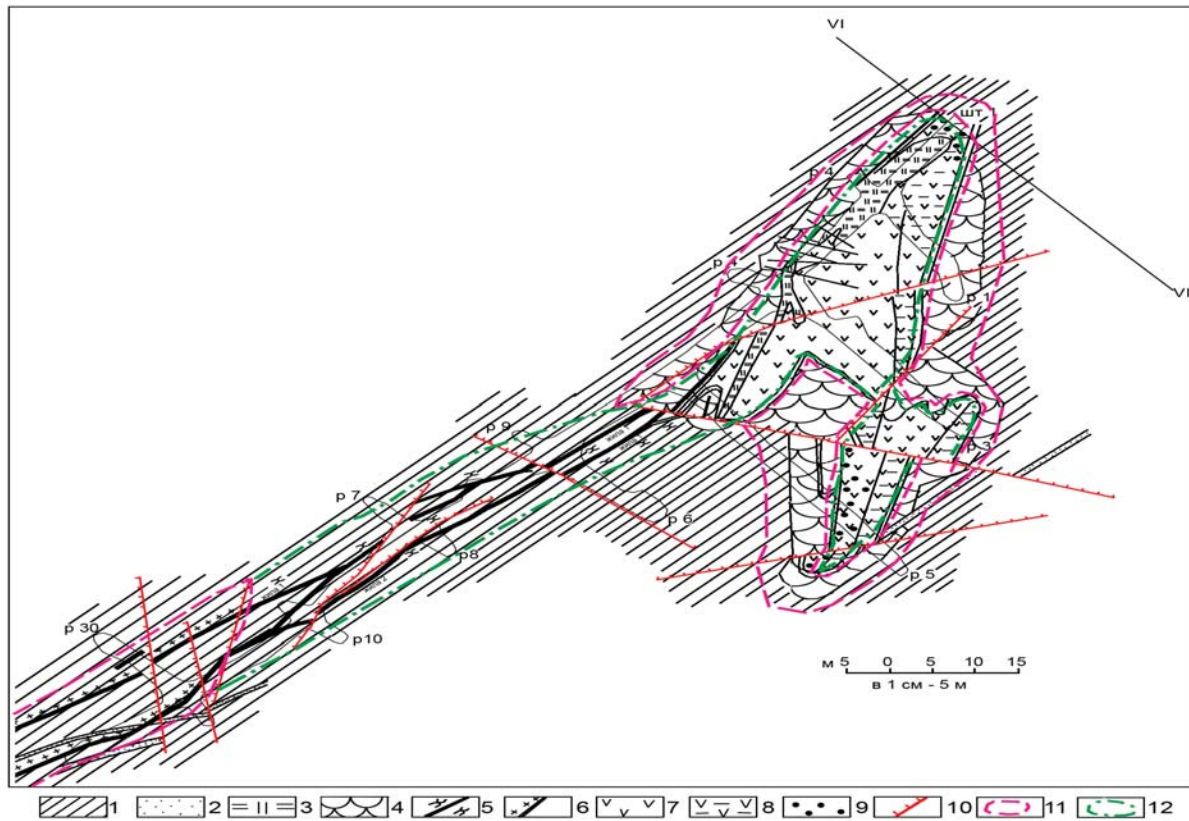


Рис. 3. План размещения редкоземельного и полиметаллического оруденения на горизонте 2549 м месторождения Ак-Тюз (по Н.Н. Малюковой), масштаб 1:500, 2006 г.: 1 – зеленые амфиболовые сланцы; 2 – диабазовые и диоритовые порфириты; 3 – кварц-серицит-хлоритовые руды; 4 – брекчии, сцементированные гранофиром; 5 – кварц-сульфидные жилы, слегка хлоритизированные; 6 – аплитовые жилы с непромышленным оруденением; 7 – руды типа вторичных кварцитов с богатым полиметаллическим оруденением; 8 – хлорит-кварцевые руды; 9 – окисленные полиметаллические руды; 10 – тектонические нарушения; 11 – контуры площадей распространения редкоземельной минерализации; 12 – контуры площадей распространения полиметаллической минерализации.

нерализация. Здесь же появляются штоки “безрудных” и розовых гранофиров (рис. 4).

К горизонту 2474 м резко расширяются площади “безрудных” розовых гранофиров, которые выполняют центральную часть брекчированных амфиболовых сланцев, окаймляясь с юга-востока кварц-серицитовыми метасоматитами с ториево-циркониевой минерализацией. Оловянно-полиметаллическое оруденение локализуется в кварц-серицит-хлоритовых метасоматитах, развитых в восточных, юго-восточных и южных зонах периферической части брекчированных зеленых амфиболовых сланцев (преимущественно в висячих боках штоков гранофиров). В этой же части впервые на месторождении появляются биотитовые роговики с монацит-ксенотимовой и молибденовой минерализацией (рис. 5).

На месторождении Ак-Тюз в центральной части штокообразных тел гранофиров наибольшим распространением пользуются касситерит-полиметаллическое оруденение и ферриторит-циртолитовая минерализация, которые к периферии окаймляются молибденитовыми, итробастнезитовыми, иттропаризитовыми, итросинхизитовыми, монацитовыми, ксенотимовыми и ториево-циркониевыми рудами.

Вертикальная зональность заключается в том, что на самых верхних горизонтах месторождения широкое развитие получила полиметаллическая минерализация, ниже касситеритовая и ферриторит-циртолитовая. На нижних горизонтах месторождения резко увеличиваются площади развития неизменных розовых гранофиров. Появление гранофира типично для заключитель-

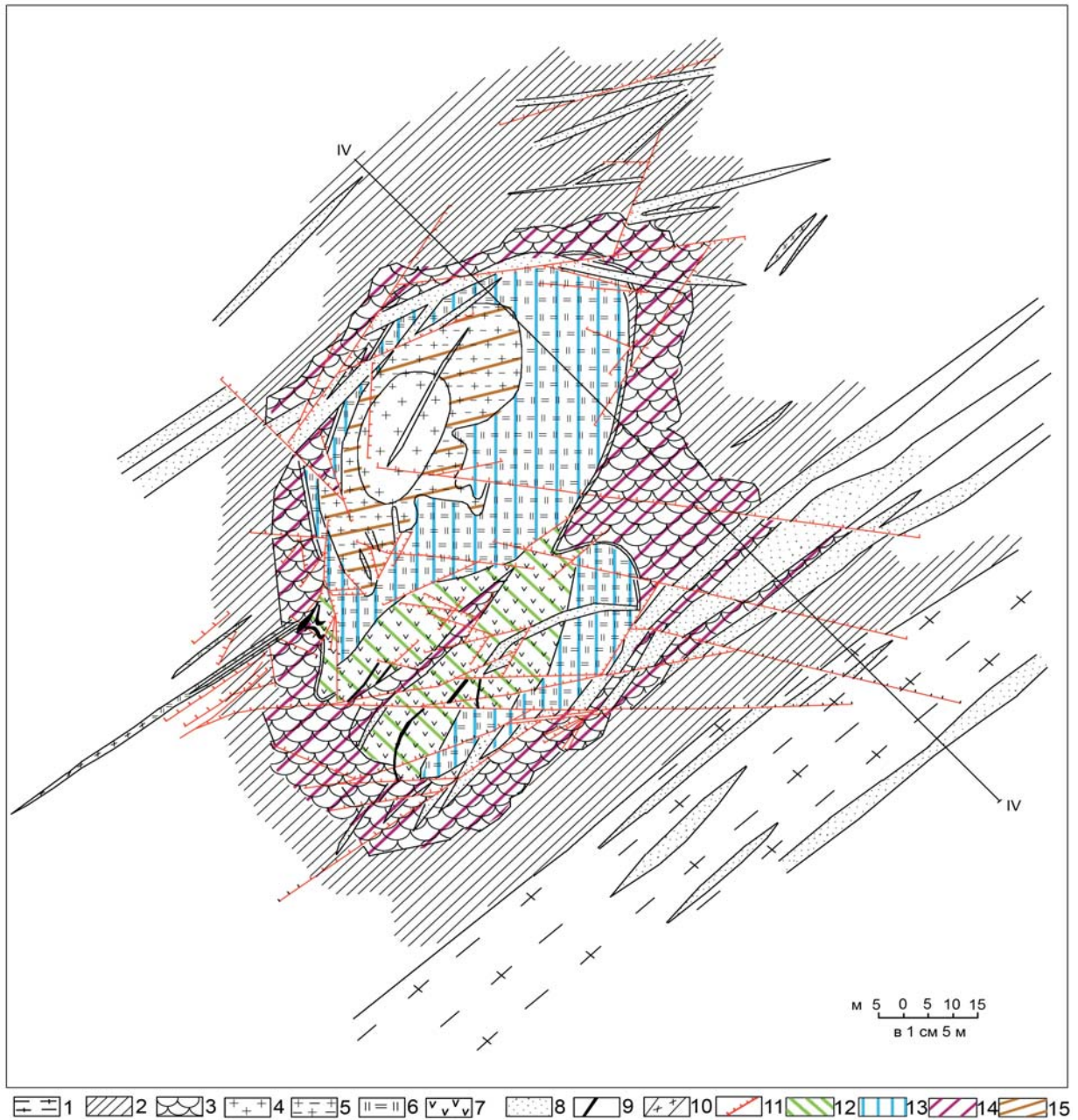


Рис. 4. Геологический план горизонта 2514 м месторождения Ак-Тюз (по Н.Н. Малоковой), масштаб 1:500, 2006 г.: 1 – парагнейсы; 2 – зеленые амфиболовые сланцы; 3 – брекчии, сцементированные гранофиром; 4 – розовые гранофиры; 5 – кварц-серицитовые метасоматиты; 6 – кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты; 7 – руды типа вторичных кварцитов; 8 – диабазовые и диоритовые порфириды; 9 – сульфидно-кварцевые жилы, слегка хлоритизированные; 10 – аплитовые прожилки; 11 – тектонические нарушения; 12 – контуры промышленных полиметаллических руд; 13 – контуры промышленных редкоземельно-полиметаллических руд; 14 – контуры промышленных редкоземельных руд; 15 – контуры ториево-циркониевых руд.



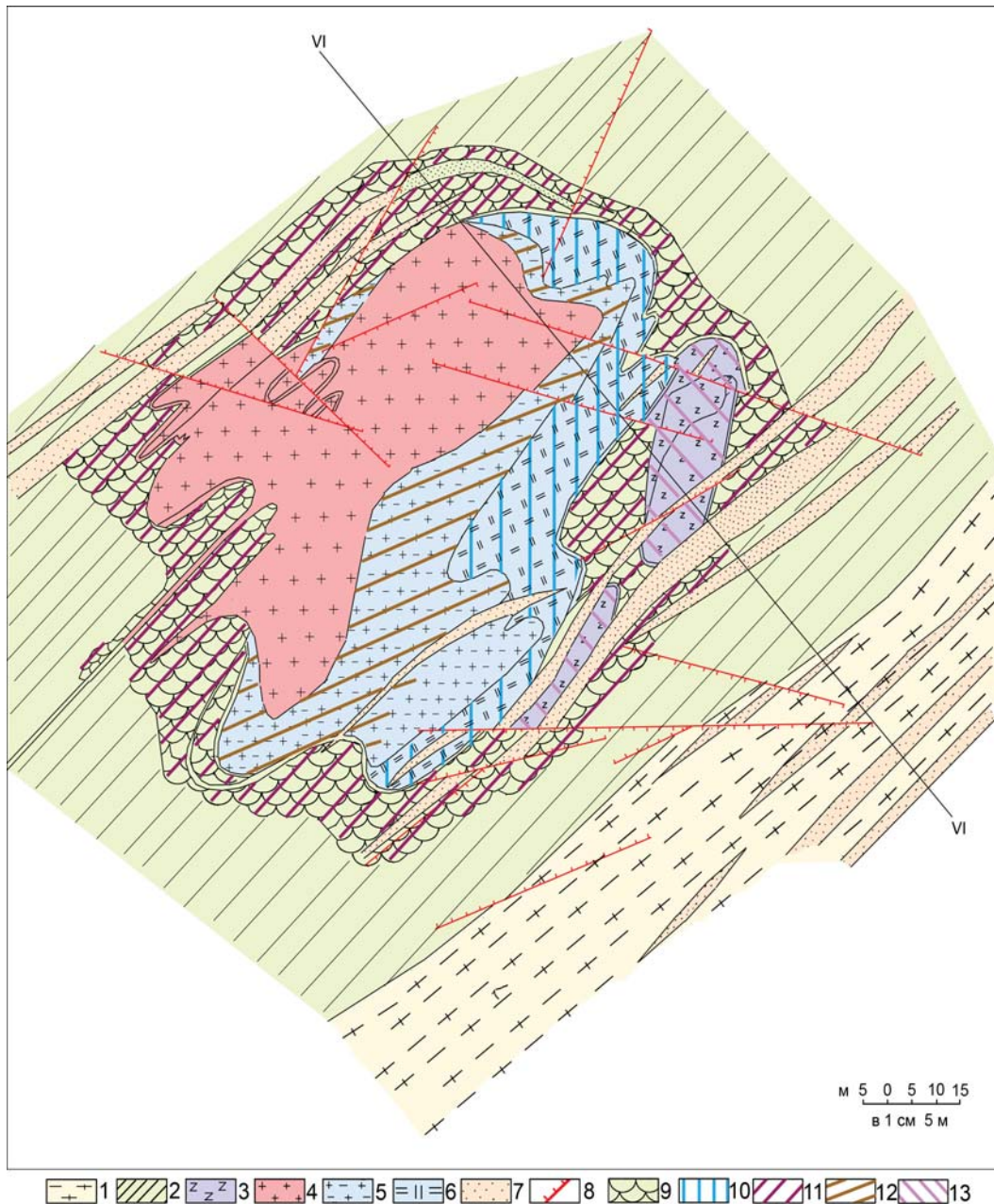


Рис. 5. Геологический план горизонта 2474 м месторождения Ак-Тюз (по Н.Н. Малюковой), масштаб 1:500, 2006 г.: 1 – парагнейсы; 2 – зеленые амфиболовые сланцы; 3 – биотитовые роговики; 4 – розовые гранофиры (безрудные); 5 – кварц-серицитовые метасоматиты; 6 – кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты; 7 – диабазовые и диоритовые порфириды; 8 – тектонические нарушения; 9 – брекчии, сцементированные гранофиром; 10 – контуры промышленных редкоземельно-полиметаллических руд; 11 – контуры промышленных редкоземельных руд; 12 – контуры ториево-циркониевых руд; 13 – контуры монацит-ксенотимовых руд.



ных фаз кислого магматизма в период тектономагматической активизации. Абсолютный возраст гранофиоров составляет 215–220 млн. лет.

На нижних горизонтах месторождения увеличиваются контуры промышленных руд молибдена, тория, циркония и редких земель и резко уменьшаются запасы полиметаллических и оловянных руд.

### *Литература*

1. *Malyukova N., Kim V.* Zoning of polymetallic-rare-earth” and rare-metal deposits and situations of its formation in the Ak-Tyuz ore field (the Northern Tien-Shan). “Understandings the genesis of ore deposits to meet the demands of the 21st century”. – Moscow, 2006. – P. 21–22.
2. *Malyukova N., Kim V., et al.* Zoning in the disposal of polymetallic-rare-earth molybdenium, zirconium, beryllium and tantaloniobium mineralization in the Ak-Tyuz ore deposits (the Northern Tien-Shan) Mineral deposits research: Meeting the Global Challenge. Vol. 2, 2005). – China, 2005. – P. 1323–1326.
3. *Djenchuraeva R.D., Borisov F.I., Pak N.T. and Malyukova N.N.* Metallogeny and geodynamics of the Aktiuz–Boordu Mining District, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VHG-4R53RH1-1&\\_user=10&\\_coverDate=03%2F31%2F2008&\\_alid=848580327&\\_rdoc=2&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_cdi=6066&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_ct=16&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=8812e14472c5850866ce1551545369ed](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VHG-4R53RH1-1&_user=10&_coverDate=03%2F31%2F2008&_alid=848580327&_rdoc=2&_fmt=high&_orig=search&_cdi=6066&_sort=d&_docanchor=&view=c&_ct=16&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=8812e14472c5850866ce1551545369ed).