

## ПИРИТ И МАРКАЗИТ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭТАПОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ГОРНОГО КРЫМА

К.М. Седаева, С.А. Светов, Т.П. Майорова, К.С. Устюгова

Новообразования дисульфидов железа наблюдаются в различных (*по составу, строению и возрасту*) осадочных и магматических комплексах мезо–кайнозоя Горного Крыма. Были исследованы их образования из Центрального и отчасти Восточного секторов Горного Крыма из: **I – осадочного комплекса** 1) песчаников и аргиллитов таврической серии ( $T_3-J_{1tv}$ ); 2) аргиллитов верхнего триаса ( $T_3$ ); 3) известняков верхней юры ( $J_3t$ ); 4) глинистых известняков берриасского яруса ( $K_{1b}$ ); 5) песчаников готеривского яруса ( $K_{1g}$ ); 6) из контакта известняков барремского яруса ( $K_{1br}$ ) с глинами аптского яруса нижнего мела ( $K_{1a}$ ); 7) глинистых известняков сеноманского яруса верхнего мела ( $K_{2cm}$ ); 8) известняков танетского яруса палеоцена ( $E_1^3t$ ) и 9) нуммулитовых известняков лютететского яруса эоцена ( $E_2^2l$ ); и **II – магматического комплекса** средней юры ( $J_2bj$ ) из: 1) эффузивных образований – кальцит-сульфидных (Петропавловский карьер, южная окраина г.Симферополя) и кварц-карбонатных (карьер Лозовое) жил гидротермальной природы, пронизывающих породы туфолавовой толщи и 2) интрузивных образований – плагиогранитов (г. Кастель) и габбро-диоритов (г. Аюдаг), наблюдаемых на Южном берегу Крыма (ЮБК).

Пирит осадочных комплексов образует конкреции изометричной, удлинённой, почковидной, каплевидной форм с массивным, зернистым, концентрически-зональным, реже радиально-лучистым строением, как неограниченных, так и ограниченных с поверхности кристаллами преимущественно кубооктаэдрического и кубического габитуса, размер которых меняется от 1 до 4 мм. Крайне редко лишь на отдельных уровнях разреза отложений таврической серии ( $T_3-J_{1tv}$ ) встречаются конкреции марказита радиально-лучистого строения. Форма пирита магматических комплексов менее разнообразная, в основном, для кристаллов характерна изометричная, реже слабо удлинённая форма с зернистым или друзовидным строением. Размеры кристаллов пирита гидротермальной природы меньше, чем кристаллов пирита осадочных комплексов, что возможно связано с более поздним временем их образования. Изредка встречается пирит с микровключениями марказита (*Петропавловский карьер*) и марказит (*карьер Лозовое*). Исключением являются крупные одиночные кристаллы из вмещающих его интрузивных пород. Из приведенных данных следует, что: 1) пирит осадочных комплексов более разнообразный по морфологии и строению, чем пирит из магматических комплексов, что является отражением различных условий его формирования и 2) наиболее часто встречается пирит, реже марказит и крайне редко пирит с микровкраплениями марказита. Повсеместное распространение пирита, и крайне редкая встречаемость 2-х последних разновидностей дисульфидов железа можно объяснить термодинамической неустойчивостью марказита, возникающего на раннедиагенетической стадии литогенеза или на начальном этапе минералообразования в гидротермальных системах эндогенных комплексов и вмещающих их пород, и со временем и при

термодинамическом воздействии преобразованного в пирит. Это обусловило наличие двух (ранней и поздней) генераций дисульфида железа во вмещающих породных комплексах Горного Крыма.

По результатам прецизионного исследования дисульфидов железа на LA-ICP-MS – квадрупольном масс-спектрометре X-SERIES 2 фирмы Terhmo scientific с приставкой лазерной абляции UP-266 Macro (New Wave research) была сформирована база данных включающая около 200 прецизионных анализов состава минеральных фаз, выполненных для 48 элементов. В дисульфидах железа ОК и МК выявлены: рудогенные (Co, Ni, Cr, Cu, Zn, Pb, Mo, Sn, W, Au, Ag, As, Sb), редкие и рассеянные (Li, Be, Sc, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Hf, In, Ta, Th, U), весь ряд редкоземельных элементов, а также Mg, K, Mn, V, Ti, Ba. Суммарное содержание элементов-примесей значительно варьирует от 0.001 до 5000 ppm (от  $1 \cdot 10^{-7}$  до 0,5 вес %). Минимальные концентрации элементов-примесей характерны для Be, Ag, In, REE (Tb, Ho, Tm, Lu), Ta, W, Au, U. Их содержание изменяется от 0.001 до 0.8 ppm (от  $1 \cdot 10^{-7}$  до  $8 \cdot 10^{-5}$  вес %), а максимальные для K, Mg, Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb до 1200 ppm (от 0.0003 до 0.12 вес %). Следует отметить, что для всех типов характерным является повышенное содержание сурьмы (по сравнению с хондритом) достигая максимальных концентраций на уровне 90 ppm. Несмотря на близость элементного состава дисульфидов железа осадочных и магматических комплексов, выявлены значительные различия в их концентрациях, что позволяет выделить основные геохимические маркеры генетического происхождения минерала. При анализе распределения элементов-примесей на спайдерграммах выделяются три основные геохимические группы: **А, В и С**; первые две группы – это пириты осадочных и магматических комплексов Центрального сектора Горного Крыма, а третья – пириты породных комплексов Восточного сектора Горного Крыма. **Группа А.** Пирит магматических комплексов характеризуется: повышенным уровнем содержания редких и редкоземельных элементов относительно хондрита (5–10 хондритовых уровней), и наличием характеристических минимумов и максимумов – обогащение Ba, Th, Sb, REE и обеднение Ti, Eu, Sr, Nb, Rb. К этой группе относятся пириты из габбро-диоритов (г. Аюдаг), плагиигранитов (г. Кастель), кластолитов дайки габбро-долеритов (в меланже таврического флиша в районе Симферопольского водохранилища). Им присущи одинаковый видовой состав элементов-примесей и близкие значения их содержания, что косвенно указывает на существование единого магматического очага в пределах Центрального сектора Горного Крыма. Исключение составляет пирит из песчаников K<sub>1g</sub> (с. Верхоречье, Бахчисарайского района), что связано вероятнее всего с первичной магматической природой и поздним его переотложением. **Группа В.** Пирит осадочных комплексов отличается более низким средним содержанием редких и редкоземельных элементов относительно хондрита (1–6 хондритовых уровней), незначительным (по сравнению с хондритом) обогащением Th, U, Sb, обеднением Ti. Большинство редких и редкоземельных элементов имеют концентрации приближенные к хондритовым. К данной группе относятся пириты карбонатных пород от J<sub>3t</sub> до E<sub>2</sub><sup>2</sup>l. **Группа С.** – Пирит глинистых известняков K<sub>1b</sub> (окрестности г. Феодосии) характеризуется минимальным содержанием элементов-примесей на уровне ниже хондритового (1–0.1) при незначительном обогащении минеральной фазы Ba, Th, Sb, Gd, Li, Lu и

обеднении Nb, Rb, Yb. Пониженное содержание элементов–примесей пирита связано с сопряженностью при его формировании с нижележащими осадочными отложениями и эффузивными образованиями киммерийского комплекса Восточного сектора складчато–покровного строения [Милеев и др., 2006].

Кроме выделенных групп, нами выявлены три переходных геохимических типов пиритов, имеющих контрастное распределение редких и редкоземельных элементов. **Тип 1** – пирит с микровключениями марказита из карбонатных прожилков в ороговикованных породах  $T_3$ – $J_1$ tv экзоконтактовой зоны плагиогранитов г. Кастель характерен высокий уровень содержания рассеянных элементов, подобный пириту группы А (из магматических комплексов), но отличающийся наличием отрицательных аномалий по Nb, Ta, Sr, Hf и положительной по Eu. Важным является также обогащение данной разновидности пирита Sb, ЛРЗЭ и более фракционированный характер спектра в области ТРЗЭ. **Тип 2** – марказит кварц–карбонатных жил в туфоловых кластолитах карьеров Ново–Петропавловский и Лозовое (около г. Симферополя) характеризуется низкими содержаниями рассеянных элементов, что сопоставимо с пиритом группы С (из глинистых известняков  $K_1b$ ), имеет повышенные содержания Ba, Th, U, и аномально высокие концентрации Sb. **Тип 3** – пирит из известняков  $J_3$  района с. Голубинка (северный склон Ай–Петри, ЮБК) спектр распределения редких и редкоземельных элементов максимально близок характеристике пиритов группы В (пириты карбонатных пород), за исключением повышенных содержаний Sr и более низкой концентрации Sb. Их формирование и соответственно геохимическая специализация сопряжены в пространстве с теми заново возникшими гидротермальными системами, связанными с проявлением, в первом случае, позднебайосского ( $J_2$  bj<sub>2</sub>) эффузивного магматизма на завершающем этапе киммерийской фазы тектогенеза, а во втором – с развитием альпийских дислокаций на неотектоническом этапе [Милев и др., 2006]. Об этом косвенно свидетельствуют структурное состояние, минеральный и элементный состав дисульфидов железа.

Прецизионные исследования дисульфидов железа Центрального сектора Горного Крыма показали, что: 1) пирит осадочных комплексов широкого возрастного диапазона (от  $K_1g$  до  $E_2^{2l}$ ) характеризуется одним и тем же видовым составом элементов–примесей и близкими значениями их содержания; 2) пирит осадочных комплексов наследует геохимические черты пирита магматических комплексов. Геохимическая однородность их состава указывает на то, что: а) источником элементов–примесей пирита разновозрастных осадочных комплексов являлись одни и те же магматические образования и б) формирование пирита осадочных комплексов сопряжено в пространстве и во времени с комплексами эндогенной природы в результате «сбрасывания» элементов [Алексеев, 2002] на отдельных этапах геологической истории региона. Это происходило на завершающем этапе киммерийской и в альпийскую фазы тектогенеза, в связи с формированием сначала Горно–Крымского структурного комплекса складчато–покровного строения, позднее «...неотектонически переработанного с развитием альпийских дислокаций...» [Милеев и др., 2006], с образованием Лозовской зоны смятия в пределах Центрального сектора.

**Закключение.** Образование пирита, пирита с микровключениями марказита и марказита в пространстве и во времени было сопряжено с отдельными этапами геологической истории формирования структуры Горного Крыма, с геодинамической его эволюцией, о чем косвенно свидетельствуют элементный состав примесей дисульфидов железа, и его изменение на площади и в разрезе. Различное структурное состояние и геохимическая специализация дисульфидов железа из разных (*по возрасту, строению и генезису*) породных комплексов Центрального и Восточного секторов хорошо согласуется с историей становления структуры Горного Крыма, сформированной в основном в киммерийскую тектоническую эпоху и переработанной на альпийском этапе.

## **Литература**

1. *Алексеев В.А.* Минералого-геохимические особенности и изменения геохимических систем со сверхкларковыми содержаниями металлов. // Сб. «Роль минералогических исследований в решении экологических проблем (теория, практика, перспективы развития) М.: РИЦ ВИМСа. 2002. С. 5-6.
2. *Милев В.С., Барабошкин Е.Ю., Розанов С.Б., Рогов М.А.* Киммерийская и альпийская тектоника Горного Крыма. // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т.81. ВЫП. 3. С. 22-33.