

В.В.ХОЛОДНОВ

ГАЛОГЕНЫ В ТИТАНОМАГНЕТИТОВОМ, СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВОМ И
МЕДНОКОЛЧЕДАННОМ ТИПАХ РУДООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Для решения вопросов генезиса эндогенного оруденения выяснение состава рудообразующих флюидов и их источников имеет важное значение. В статье обобщены данные по поведению галогенов в титаномagnetитовом и скарново-магнетитовом процессах на примере Магнитогорской рудно-магматической системы, специфической особенностью которой является формирование на более ранней стадии эволюции позднемагматического титаномagnetитового оруденения (Мал. Куйбас), на более поздней - гидротермально-метасоматического скарново-магнетитового (месторождения Магнитогорское, Мал. Куйбас и др.).

В титаномagnetитовом оруденении наиболее резко выражена тенденция к накоплению Cl в процессе его формирования (Cl 3%). Установлены некоторые особенности в поведении Cl и F в процессе образования вкрапленных и жильных титаномagnetитовых руд. На этапе формирования первых (рис. 1, а) накопление Cl сопровождалось синхронным увеличением содержания F при выдержанности отношения $Cl/F = 0,90$. Различие в составах апатитов, образующих включения в раннемагматических породообразующих минералах (пироксене, плагиоклазе и др.) и входящих в состав рудных парагенезисов с титаномagnetитом, в целом подтверждает позднемагматический генезис вкрапленного оруденения и свидетельствует о том, что образование этого типа руд происходило из остаточного рудного расплава-раствора (солевого расплава), обогащенного Fe, Ti, F, Cl, F, H₂O и др.

Апатиты жильных титаномagnetитовых руд обнаруживают два типа составов (см. рис. 1, б). Апатиты, образующие мелкие включения в титаномagnetите, характеризуются наиболее низкими содержаниями Cl (до 0,7%) и низким Cl/F отношением (0,3-0,9). По содержанию Cl они близки к апатиту из включений в пироксене и в аксессуарном титаномagnetите вмещающих габброидов, но отличаются от них более низким содержанием F. Другой тип выделяется высокими содержаниями Cl (до 3%) и максимальными Cl/F отношениями (до 4,6). В жильной титаномagnetитовой руде этот апатит образует крупные межзерновые выделения. Следовательно, образование жильных титаномagnetитовых руд происходило при значительно более высокой активности Cl, особенно на заключительном этапе их формирования. Одновременно с этим меняется распределение Ti в рудном титаномagne-

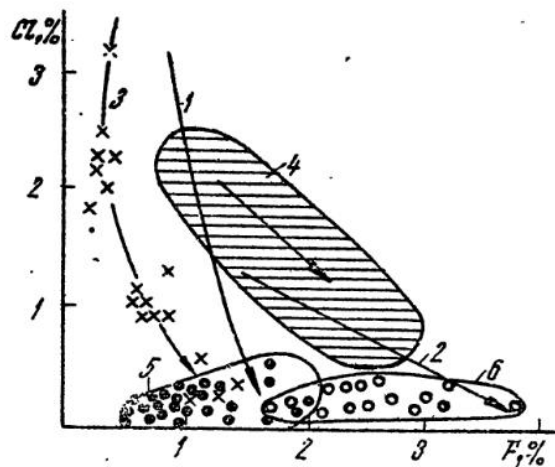
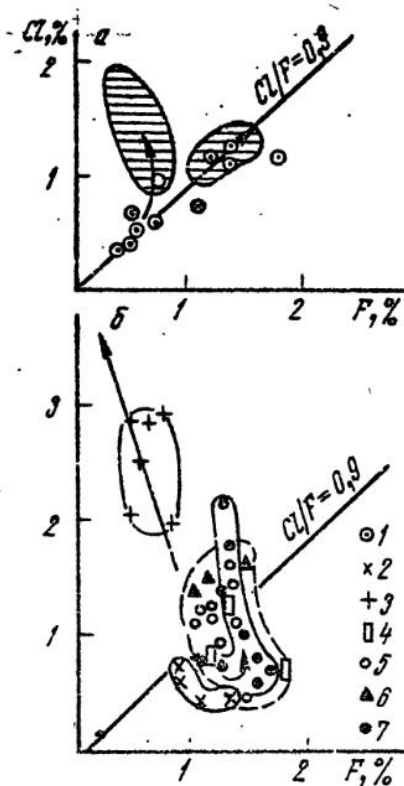


Рис. 1. Основные тенденции в поведении галогенов в апатитах из габброидов и титаномагнетитовых руд месторождения Мал. Куйбас:

а - в габбро с вкрапленным титаномагнетитовым оруденением. б - в жильных титаномагнетитовых рудах. 1 - включения апатита в породообразующих минералах (заштрихованы поля состава апатитов из густовкрапленных руд); 2 - мелкие включения апатита в рудном титаномагнетите, 3 - крупный межзерновой апатит, 4 - включения апатита в пироксене габброидов, 5 - то же, в плагиоклазе, 6 - межзерновой апатит, 7 - включения в акцессорном титаномагнетите. Стрелки - направление тенденций

штрихованы поля состава апатитов из густовкрапленных руд); 2 - мелкие включения апатита в рудном титаномагнетите, 3 - крупный межзерновой апатит, 4 - включения апатита в пироксене габброидов, 5 - то же, в плагиоклазе, 6 - межзерновой апатит, 7 - включения в акцессорном титаномагнетите. Стрелки - направление тенденций

Рис. 2. Основные тенденции в поведении галогенов в апатитах при кристаллизации интрузивных пород Магнитогорского массива:

1 - сиенито-диориты, диориты, 2 - гранит-порфиры, 3 - жильные габбро-диабазы, 4 - поле состава апатита из скарново-магнетитовых месторождений Среднего Урала и Северного Казахстана, 5, 6 - то же на Магнитогорском месторождении (5 - из жильных руд, ассоциирующихся в нижней части месторождения с постинтрузивными дайками габбро-диабазов, 6 - из верхней части главной рудной залежи)

тите, концентрации которого снижались от 5-15% TiO_2 до 0,6-1,0% (по данным В.А.Чашухиной и А.А.Гараевой).

В противоположность этому скарново-магнетитовый и медноколчеданный рудообразующие процессы протекают в условиях резкого снижения активности Cl и усиления активности F (рис. 2). По соотношению Cl и F в апатитах выделено два типа скарново-магнетитовых месторождений Урала. Апатиты месторождений Среднего Урала и Северного Казахстана ("островодужный тип") характеризуются высоким содержанием Cl и образуют единую моновариантную серию составов, в которой закономерное снижение концентраций Cl (от 2,4 до 0,6%) и увеличение F (от 1,0 до 2,8%) при снижении Cl/F отношения от 3,0 до 0,2 происходит по ме-

ре снижения температуры образования различных типов скарново-магнетитовых руд или отдельных месторождений. Высокой начальной хлористостью отмечены апатиты некоторых более богатых титаном руд Естонинского и Качарского месторождений, тогда как апатиты наиболее поздних пегматоидных руд этих и других месторождений обогащены F и обеднены Cl. Апатиты скарново-магнетитовых руд Магнитогорского месторождения отличаются резко пониженными концентрациями Cl ($< 0,5\%$). Одновременно с этим в рудах наблюдаются многочисленные мелкие солевые включения с содержанием Cl до 20%. По содержаниям F в апатитах здесь различаются скарново-магнетитовые руды, ассоциирующие в нижней части месторождения с постинтрузивными дайками габбро-диабазов, они бедны фтором ($< 2\%$), и руды из верхней части главной рудной залежи, которые заметно им обогащены. Последние по содержанию Cl и F наиболее близки к низкотемпературным и бедным Ti рудам Среднего Урала и Северного Казахстана. Представляется, что данные особенности состава апатитов Магнитогорского месторождения определяются близкповерхностными условиями образования (< 1 км от поверхности), а также преобладающей связью рудных тел с зонами дробления, что вызывает интенсивную дегазацию Cl из рудообразующих флюидов (солевые включения, брекчиевидные и коллоидные структуры руд и др.) в процессе скарно- и рудообразования. Установлено, что процесс формирования рудообразующих флюидов на Магнитогорском месторождении сопровождался трехступенчатой дегазацией Cl из магматического расплава. Первые два этапа дегазации сопровождали формирование пород интрузивного габбро-гранитного комплекса: наиболее интенсивный этап дегазации (ΔCl_{Ap} до 3%) сопровождал процесс кристаллизации сиенито-диоритов первой интрузивной фазы, а второй, менее интенсивный ($\Delta Cl_{Ap} < 1\%$), — процесс кристаллизации гранит-порфиров. При этом первому этапу дегазации предшествовал этап первоначального накопления Cl в остаточном сиенито-диоритовом расплаве в процессе формирования гомогенного ряда пород от габбро-диабазы к сиенито-диориту. Третий, наиболее интенсивный этап дегазации ($\Delta Cl_{Ap} > 3\%$), сопровождал процесс внедрения и кристаллизации постинтрузивных даек габбро-диабазов, особенности состава которых ("хондритовый" состав PЗЭ, повышенные содержания урана, кальция, железа, титана и др.) указывают на связь с наиболее глубокой частью интрузии или с глубинным (мантийным) магматическим очагом и свидетельствуют о трансмагматическом характере рудообразующих флюидов этого этапа. Соответственно постинтрузивные дайки могли играть роль проводников таких флюидов.

В соответствии с перечисленными данными можно сделать заключение о том, что скарново-магнетитовые месторождения Магнитогорского рудного поля могли формироваться в несколько стадий, но преобладающая связь скарново-магнетитовых рудных тел с дайками постинтрузивного рудоносного комплекса показывает: глубинный источник рудообразующих флюидов имел здесь решающее значение, поэтому Магнитогорское месторождение может быть выделено в особый специфический тип скарново-магнетитовых месторождений Урала, что подтверждается и его особой геотектонической позицией.

Значительная хлоридная специализация характерна для нижнесилурийской (Ново-Шемурское месторождение) и среднедевонской (Подольское месторождение и др.) базальт-липаритовых формаций Урала, продуктивных на мед-

ноколчеданное оруденение. Установлен сложный режим галогенов в процессах дифференциации и кристаллизации данных формаций с этапом заметного накопления Cl при образовании андезитовых порфиритов (Подольское месторождение) и последующей интенсивной дегазацией Cl при образовании дацитов и липаритов, а на заключительной стадии эволюции – и с существенной дегазацией F при кристаллизации наиболее поздних остаточных кремнекислых расплавов. В последних, с учетом содержаний F в биотитах (до 1,4%) количество его могло достигать 0,2%. Продолжительный одноактный характер дегазации Cl из магматического расплава резко отличает данный тип продуктивных формаций от формаций, специализированных на скарново-магнетитовое оруденение, для которых характерна последовательная двух-трехступенчатая дегазация магматического расплава.

В основной своей массе апатиты околорудных метасоматитов и медно-цинковых колчеданных руд обладают крайне низкими содержаниями Cl ($< 0,10\%$). В то же время в рудах и околорудных метасоматитах часто наблюдаются мелкие округлые включения с концентрацией Cl до 33%. Возможно, это обусловлено сильной дегазацией Cl из гидротермальных растворов в процессе околорудного метасоматоза и рудообразования и не противоречит представлениям об отложении руд в придонных условиях в обстановке резких градиентов физико-химических параметров среды. В то же время полученные данные свидетельствуют о том, что содержание Cl в колчеданобразующих растворах было более низким, чем в рудообразующих флюидах, участвующих в образовании скарново-магнетитовых месторождений Урала. По-видимому, этим, а также значительной ролью сероводорода и фтора определяется специфический характер колчеданного минералообразования, когда наряду с интенсивной миграцией железа в виде хлоридных комплексов, в рудоносных растворах происходит миграция и многих халькофильных рудных элементов (Cu, Zn, Pb и др.), для образования хлоридных комплексов которых необходимы более низкие содержания Cl. Одновременно возможен и их перенос в форме комплексов с сероводородом ($PbHS^-$, $AuHS^-$ и др.). Установлено увеличение концентраций F от апатитов из кварц-хлоритовых метасоматитов к апатитам из серицит-кварцевых метасоматитов, а в рудных парагенезисах – от апатитов из серноколчеданных руд к апатитам медно- и цинговоколчеданных, что свидетельствует об увеличении фтористости рудообразующих растворов. Это подтверждается появлением в стволовой зоне околорудного метасоматоза повышенных концентраций флюорита. Как известно, процесс кислотного выщелачивания в центральной части околорудного ореола сопровождался приносом в серицит-кварцевые породы значительных количеств калия и кремнезема, т.е. элементов с явно выраженным химическим сродством к фтору.

Таким образом, особенности режима галогенов в титаномagnetитовом и других типах эндогенного оруденения свидетельствуют о том, что формирование титаномagnetитового оруденения происходило в условиях четко выраженного концентрирования Cl в остаточных рудных расплавах и флюидах (закрытые системы), а скарново-магнетитового и медноколчеданного – на этапах его удаления из магматических расплавов (открытые системы) с формированием гидротермально-метасоматического и других типов оруденения в пределах зон концентрированных флюидопотоков.