Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, 5, 28—40, 1975

УДК 553.061.2

Г. П. БАГДАСАРЯН, Э. Н. ЕЛИСЕЕВ

НЕКОТОРЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О РУДНОЙ ОБЛАСТИ САДБЕРИ (КАНАДА)

1. Краткие геологические данные

В настоящей статье использована лишь часть фактического материала, собранного Г. П. Багдасаряном во время десятидневных полевых наблюдений в Канаде, в связи с его участием в работах XXIV сессии Международного Геологического Конгресса в 1972 г. Полевые экскурсии группы С-38 проходили в пределах восточной части Южной провинции, охватывающей всемирно известные рудные области Садбери и Элиот—Лейк (Онтарио), представляющие огромный интерес как в геолого-структурном, так и в петрологическом и металлогеническом отношениях. Указанные вопросы по региону в целом и особенно обстоятельно по медно-никелевым месторождениям Садбери неоднократно освещались в классической и современной мировой литературе. Однако продолжающиеся детальные исследования и интенсивная разработка указанных месторождений привели к новым гипотезам и теориям как по геологии и структуре региона, так и об условиях образования отмеченных рудных месторождений.

Читателя, интересующегося этими данными, мы отсылаем к работам зарубежных исследователей, изданным преимущественно в Канаде и США и сжато отмеченным в материалах XXIV сессии МГК.

Тем не менее, не все аспекты геолого-петрологических и минералого-геохимических особенностей магматических пород и руд Садбери освещены с достаточной обстоятельностью и детальностью. Современное состояние изученности рудной области Садбери, новейшие представления о ее геологии, структуре, магматизме и металлогении, на наш взгляд, заслуживают обстоятельного освещения и критического рассмотрения в изданиях нашей отечественной геологической литературы. Приведенный в статье материал затрагивает лишь отдельные стороны отмеченных вопросов, представляющие, с нашей точки зрения, определенный научный интерес.

Современные представления о геологии, магматизме и рудогенезисе рудной области Садбери в самых общих чертах сводятся к следующему. Структура этого огромного рудного поля в плане представлена в виде эллипса (60×35 *км*), окаймленного двумя контактирующими друг с другом (с промежуточной переходной зоной) дайкообразно вытянутыми протерозойскими, постгуронскими интрузивными телами. Внешнее кольцо сложено преимущественно норитами и секущими их дайками кварцевых диоритов, а внутреннее кольцо—гранитоидным комплексом,

сложенным мигматитами, кварц-полевошпатовыми гнейсами, кварцевыми монцонитами, гранодиоритами, гранитами и сиенитами. Этот комплекс носит собирательное наименование гранофиров или микропегматитов.

В разрезе эти интрузивы представляют собой как-бы вложенные друг в друга конические тела с крутыми углами падения к центру эллипса. На глубине первых десятков километров от современного эрозионного среза они, вероятно, сливаются в единое крутопадающее тело. Наиболее поздними внедрениями, оторванными от них значительным диапазоном времени, являются дайки кварцевого диорита и оливинового диабаза.

Ядро эллипса сложено позднеархейскими или нижнепротерозойскими, сильно перемятыми в складки и разбитыми дизъюнктивами граувакками, аспидными и др. сланцами, переходящими выше в метавулканиты. Отмеченная мегаструктура заложена примерно 2500 *млн. лет* назад, на архейском основании, породы которых выступают за пределы конических интрузивов. Это—метавулканиты риолитов, трахитов, их пирокластов, андезитов, базальтов. Прорывают их архейские гранитные интрузии.

Многочисленные, преимущественно медно-никелевые сульфидные месторождения области Садбери пространственно связаны с интрузивами норитов и гранофиров. Рудные тела залегают нередко за их пределами, в породах архея. Однако большинство рудных залежей приурочено к поздним кварцево-диоритовым дайкообразным телам, их брекчиям, зонам нарушений, в том числе разломам, пересекающим кварцевые диориты и вмещающие их нориты. Руды представлены как в виде массивных, жильных, так и вкрапленных сульфидов. Это главным образом халькопирит, пирротин, пентландит [7].

Ранние представления о ликвационном или сегрегационном образовании рудных месторождений области Садбери в настоящее время имеют лишь историческое значение. Работами исследователей была установлена следующая последовательность геологических и магматических событий и рудоотложений: формирование интрузива норитов, «гранофиров», внедрение даек кварцевых диоритов, последующие пликативные и разрывные нарушения, образование сульфидных руд.

В настоящее время преобладают два главных рудогенетических предположения, из коих первое имеет больше сторонников: 1) привнесение гидротермальными растворами; 2) путем инъекции более низкотемпературного позднемагматического сульфидного расплава, оставшегося, возможно, в незатвердевшем состоянии в магматическом очаге до консолидации интрузивов, вплоть до формирования поздних кварцевых диоритов и разломов.

Следует отметить, что в представлениях о формировании структуры рудной области Садбери наряду с уже известными ранними (кальдера проседания, вулкано-тектоническое образование и т. п.), ныне значительным признанием пользуется гипотеза о формировании этой струк-

туры в результате метеоритного удара—астроблема—имевшего место до внедрения кольцевых постгуронских интрузивов. Трудно, однако, в двух словах привести доводы за и против данной гипотезы. Они заслуживают специального рассмотрения. Читателя мы отсылаем к публикациям, посвященным данной проблеме. Отдельные из этих работ приведены в списке литературы [3, 4, 5]. Схематично отметим существующее представление об этапах эволюции структуры Садбери согласно астроблемной гипотезе.

1. Удар крупного метеорита с космической скоростью, образование огромного глубокого ложа (метеоритного кратера) на архейском фундаменте.

2. Дробление пород ложа на большую глубину, переходящую ниже в густую сеть трещин скалывания. Заполнение ложа мощной толщей брекчий дробления, переходящих к периферии в валообразные поднятия.

3. Накопление на территории ложа мощной толщи отложений серии Whitewater, их смятие в складки, с последующим внедрением отмеченных конических интрузий.

4. Мощные орогенетические движения, формирование разломов, сопровождающееся крупными взбросами, последующие процессы рудоотложения и эрозии, сохранившие относительно глубокие части структуры.

В подкрепление данной гипотезы [6, 8] ее сторонники оперируют также следующими фактами: 1) широкое развитие взрывных брекчий (от метеоритного удара) в пределах внутренней части структуры, 2) наличие сохранившихся на отдельных участках периферии данной структуры валов и импактитов, т. е. переплавленных пород, образовавшихся, по представлениям ее исследователей, от удара метеорита, 3) наличие на коренных породах периферии этой структуры оригинальных веретенообразных (веерообразных) форм отдельностей, наблюдающихся нередко на стенках камер, где производятся подземные атомные взрывы; 4) встречающиеся высокобарические модификации кремнезема и иногда кристалликов алмаза.

2. Неоднородности в составе и условиях формирования пирротинов

Из сульфидных минералов медно-никелевых руд Садбери основное внимание было уделено рентгенометрическому исследованию пирротина, проведенному Э. Н. Елисеевым. При рентгенометрическом анализе пирротина различных типов сульфидных руд (вкрапленных и жильных), собранных на месторождениях Садбери (рудник Little Stoble) выявляются существенные неоднородности в составе, кристаллическом строении и температурных условиях формирования пирротина. Сопоставление неоднородностей в строении и распределении основных компонентов в этом минерале вскрывает общую тенденцию отклонения кристаллизующейся фазы пирротина от равновесного состояния при понижении тем-

пературы его образования, что является важной чертой процессов формирования сульфидных медно-никелевых руд .

О методике пирротиновой термометрии сульфидных медно-никелевых руд. На основании анализа экспериментальных данных было установлено, что предельное насыщение пирротина серой при его кристаллизации находится в прямой зависимости от температуры. Таким образом, представилась возможность использовать пирротины в качестве геологического термометра. Учитывая большую сложность состава сульфидных руд и тесные взаимные прорастания в них сульфидных минералов важное значение приобрел рентгенометрический метод определения состава пирротина [2].

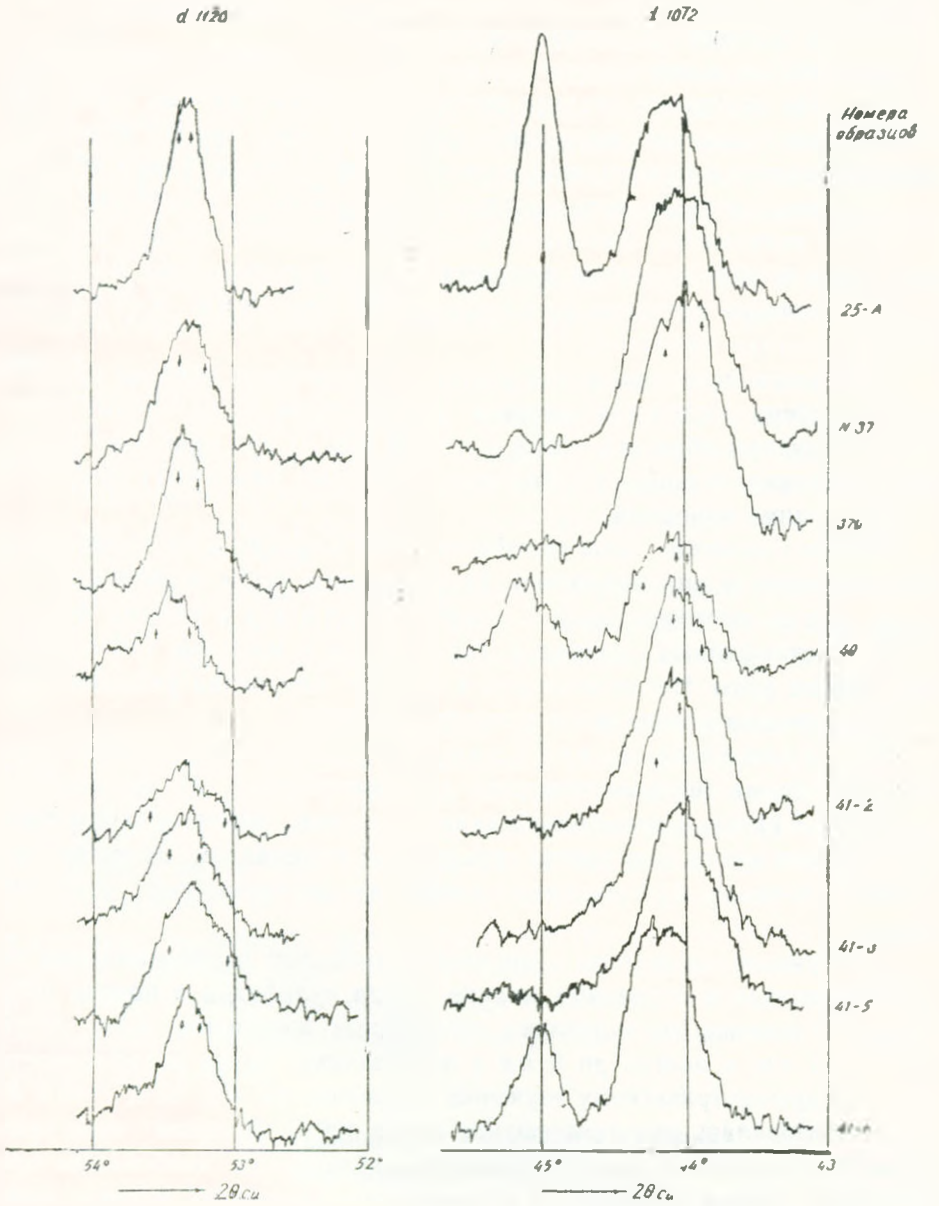
Исходным материалом для рентгенометрического анализа пирротина из Садбери послужили порошки, высверленные из различных участков исследуемых образцов (табл. 1 и 2). В обр. 41 ряд проб взят по профилю, перпендикулярному к контакту сплошных (жильных) сульфидов с вмещающими норитами.

Морфологические типы сульфидных руд Садбери и неоднородности распределения в них пирротина. Исследованию были подвергнуты образцы руд из месторождений Садбери, относящиеся к разным формам развития сульфидных минералов: вкрапленные и жильные (сплошные) сульфидные руды. Неоднородности в составе пирротина увязываются с температурными условиями его кристаллизации.

Вкрапленные сульфидные руды. Такие руды были представлены двумя морфологическими разновидностями: а) оруденелыми норитами с крупной сульфидной вкрапленностью, развивающейся главным образом путем заполнения сульфидным материалом полостей, трещинок в породах; б) густовкрапленной—метасоматической вкрапленностью.

а) Оруденелые нориты с крупной сульфидной вкрапленностью нередко содержат и отдельные мелкие гнезда сульфидов в породе (обр. 25-А). Отдельные вкрапленники сульфидных выделений здесь достигают 3—5 *мм,* а иногда до 8 *мм* в поперечнике. Такая вкрапленность, судя по термометрическому изучению пирротина из обр. 25-А (табл. 1), кристаллизовалась при температуре около 400°С. В таком типе сульфидных медно-никелевых руд Садбери наблюдается наибольшее приближение состава пирротина к равновесному состоянию, когда в минералах отсутствуют неоднородности в распределении химических элементов. Узкая ширина пиков отражений на дифрактограммах пирротина (фиг. 1) из вкрапленных руд этого типа свидетельствует об очень ограниченном интервале изменения в его составе. Таким образом, сульфидные вкрапленные руды образуются при высоких температурах и с минеральными неоднородностями в составе пирротина.

б) Иными чертами строения и развития неоднородностей в составе рудных минералов обладает второй тип вкрапленных руд, в которых сульфидные минералы развиваются метасоматически в виде густой мел-

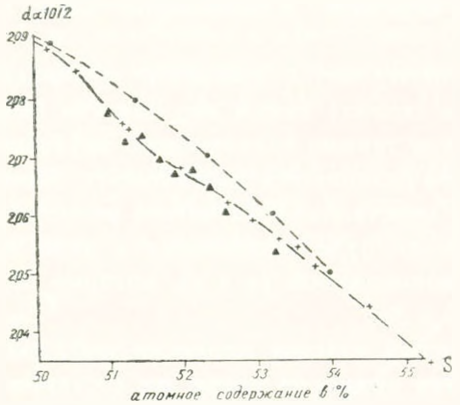


Фиг. 1. Дифрактограммы отдельных отражений пирротина в интервалах $2\theta_{Cu}$: 1012— от 43°30′ до 44°30′ и 1120—от 53 до 54°. Съемка дифрактограмм производилась на рентгеновском аппарате ДРОН.

кой вкрапленности, нередко соединенной тонкими сульфидными проводничками. В этом случае характерно кустообразное развитие сульфидных вкрапленников в породах интрузива Садбери (обр. 42). Метасоматическое по своему развитию мелко-вкрапленное—сетчатое развитие сульфидов характеризуется существенно иными температурами кристаллизации сульфидных минералов (табл. 1). В то же время в этом типе вкрап-

ленных руд обнаружен гораздо более широкий интервал в составе пирротина, присутствующего в пределах одного и того же образца. Так, в обр. 42 установлена уже не одна модификация пирротина (это отмечалось выше для обр. 25-А из иного типа сульфидной вкрапленности), а три—характеризующихся разными магнитными свойствами и различным содержанием в них серы: а) парамагнитный гексагональный пирротин модификации α'', который образуется при температуре около 180° и содержит 51,9 атомн. % серы; б) ферромагнитный гексагональный пирротин модификации γ с соответственно 260° и 52,7 атомн. % серы.

Кроме того, в этих рудах присутствует третья ферромагнитная—очень сильно магнитная модификация моноклинного пирротина (модификация ε), которая кристаллизовалась при 340° и содержит 53,5 атом. % серы.



Фиг. 2. Изменение величины межплоскостного расстояния у отражения $10\bar{1}2$ пирротина в зависимости от соотношений железа и серы в составе этого минерала. Сплошная линия проведена нами на основании многочисленных данных по природным (кружки вокруг точек) и синтетическим (треугольнички) пирротинам. Пунктирная линия, соединяющая залитые точки, приводится по Арнольду (1962).

Максимумы (пики) отражений на дифрактограммах пирротина из метасоматических вкрапленных руд гораздо шире, чем для того же минерала из вкрапленных руд первого типа (выполнения). С падением температуры кристаллизации пирротина в рудах в нем возникают и растут неоднородности, что обнаруживается по увеличению интервала составов. Отсюда следует, что такие минералы (с широкими интервалами составов в пределах одного и того же образца) существуют все в более неравновесных условиях:

Температура образования пирротина	Образец	Состав пирротина
395°	25—А	Одна модификация с 54,0 атомн. % серы
340° 260° 180°	42	Три модификации; ε — 53,5 атомн. % серы γ — 52,7 атомн. % серы α'' — 51,9 атомн. % серы

Таким образом, сульфидный метасоматоз в норитах Садбери протекал в неравновесных условиях при значительном интервале, что сказывалось на составе сульфидных фаз и способствовало образованию неоднородностей в минералах сульфидных медно-никелевых руд.

Еще более отчетливо влияние температуры кристаллизации на возникновение неоднородностей состава пирротиновых фаз прослеживается на примерах сплошных (жильных) сульфидных медно-никелевых руд (обр. 37, 37а, 41).

Сплошные медно-никелевые сульфидные руды Садбери. Диагностика модификаций и состава пирротина проводилась для следующих разновидностей сплошных сульфидных руд: а) крупнозернистой сплошной пирротин-пентландитовой руды (обр. 37, табл. 1, 2); б) мелкозернистого участка сплошной (жильной) пирротин-пентландитовой руды (обр. 37а, табл. 1, 2); в) массивной среднезернистой руды, развивающейся на контакте с мелкозернистыми норитами (обр. 41, табл. 1, 2).

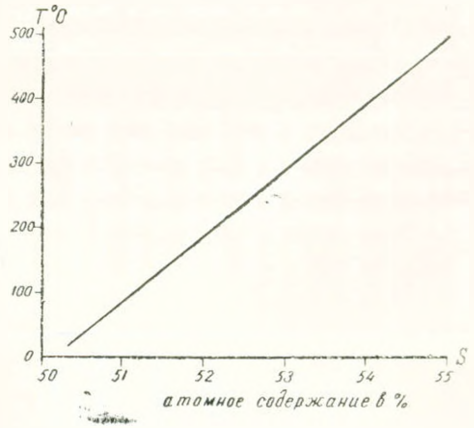
а) Среди крупнозернистой сплошной сульфидной руды (обр. 37) зерна пирротина (в сколах) имеют вид пластин размером до 1,5—2 *см* в поперечнике. Между такими сравнительно крупными зернами пирротина в виде прожилков развивается халькопирит. Здесь же среди пирротина имеют развитие кристаллики магнетита размером в 2—3 *мм*. Пирротин в крупнозернистой руде развивается в виде двух модификаций—гексагональной и моноклинной (γ и ε), которые образовывались, соответственно, при 270 и 365°.

б) Мелкозернистый участок пирротин-пентландитовой руды (обр. 37а) характеризуется примерно таким же составом тех же двух модификаций пирротина, что и в крупнозернистом образце 37. Так, в составе гексагонального ферромагнитного пирротина в крупнозернистой руде (обр. 37) содержится в среднем 52,8 атомн.% серы, а в мелкозернистой руде (обр. 37а)—52,5 атомн. % серы. В то же время в среднем в моноклинной модификации пирротина в обр. 37—53,7 атомн. % серы, а в обр. 37а—53,6 атомн. % серы. Гораздо более существенные различия в пирротинах из крупно- и мелкозернистых руд (обр. 37 и 37а) обнаруживаются при сравнении интервалов составов всех модификаций пирротина, присутствующих в рудах. В соответствии с изменением соотношения железа и серы в пирротине изменяются объем и параметры элементарной ячейки. Так, в обр. 37 a_0 пирротина меняется от 3,434 до 3,442 Å (на 0,008 Å), тогда как в образце 37а эта константа пирротина изменяется гораздо шире—от 3,424 до 3,438 Å, т. е. интервал изменения a_0 пирротина в этом образце составляет 0,012 Å. Более широкий интервал изменения параметра a_0 у пирротина из образца 37а увязывается с более низкой температурой формирования этого минерала в мелкозернистых рудах (γp_0—240° и εp_0—350°), чем в крупнозернистых рудах (γp_0—270° и εp_0—365°).

в) При изучении особенностей развития пирротина на контакте с вмещающими породами (мелкозернистыми норитами) было прослежено

изменение состава этого минерала по профилю, расположенному поперек контакта, с тем, чтобы выявить как изменяется пирротин с увеличением расстояния от контакта с породами. Контакт сульфидов с норитами в обр. 41 неровный, часто сильно извилистый. В породу от сплошных сульфидов прослеживаются прожилки, сопровождаемые сульфидными вкрапленниками, образующими ореолы, около контакта со сплошными сульфидными рудами. Руда в образце 41 массивная, среднезернистая. В ней обнаружено присутствие различных модификаций пирротина, изменяющих состав от участка к участку этого образца (табл. 1). Так, например, моноклинная модификация пирротина на расстоянии в 11 *мм* от контакта с вмещающей породой имеет в своем составе 53,5 атомн. % серы (обр. 41—2), в 20 *мм* от контакта (обр. 41—3)—54,2 атомн. % серы, в 48 *мм*—53.6 атомн. % серы (обр. 41—5), а в 56 *мм* от контакта с породой уже 54,5 атомн. % серы (обр. 41—6). Изменение состава пирротина, как видно из табл. 1, коррелируется с изменением температуры его образования. Так, для той же моноклинной модификации температура его образования меняется так: обр. 41—2=340°; обр. 41—3=410°; обр. 41—5=350° и в обр. 41—6=450°.

В целом в этом типе сплошной сульфидной руды состав пирротиновой фазы колеблется от 51,2 до 54,5 атомн. % серы, что соответствует изменению атомного отношения железа к сере от 20:21 до 5:6. Темпера-



Фиг. 3. Диаграмма пирротинового геотермометра (по Э. Н. Елисееву, 1959). Линия максимального насыщения пирротина серой позволяет определить температуру кристаллизации этого минерала, исходя из соотношения в нем железа и серы.

тура образования всех модификаций пирротина в целом повышается по мере удаления от контакта с вмещающими норитами. По мере повышения температуры кристаллизации пирротина снижаются неоднородности в его составе и, как следствие этого, сужаются пики отражений на дифрактограммах (табл. 2). Уменьшение ширины отражений на дифрактограммах пирротина (сравни примеры образцов 41—2 и 41—6 на фиг. 1) отражает уменьшение интервала состава минерала (фиг. 3). Таким образом в сплошных рудах, как и во вкрапленных сульфидах мед-

Таблица 1

Формы развития в сульфидных рудах Садбери (Канада), состав, магнитность и температура кристаллизации различных модификаций пирротина в этих рудах

№ обр.	Форма развития сульфидных минералов	Симметрия структуры	*d*/*n* отражений 1012	Атомное содержание *S* (в %)	Модификация и отношение *Fe* : *S* в формуле пирротина	Магнитность модификации	Температура кристаллизации пирротина (°С)
25—А	Крупные сульфидные вкрапленники и мелкие гнезда в норитах	ε-моноклинная	2,049	54,0	ε—Fe_6S_7	Очень сильно ферромагнитная	395
42	Густая мелкая метасоматическая вкрапленность в норитах	γ-гексагональная	2,068	51,9	α^1—$Fe_{16}S_{14}$	Парамагнитная	180
		γ-гексагональная	2,062	52,7	γ—Fe_9S_{10}	Ферромагнитная	260
		ε-моноклинная	2,054	53,5	ε—Fe_7S_8	Очень сильно ферромагнитная	340
37	Крупнозернистая сплошная сульфидная руда	γ-гексагональная	2,061	52,8	γ—Fe_9S_{10}	Ферромагнитная	270
		ε-моноклинная	2,052	53,7	ε—Fe_6S_7	Очень сильно ферромагнитная	365
37а	Мелкозернистая сульфидная руда	γ-гексагональная	2,063	52,5	γ—Fe_9S_{10}	Ферромагнитная	240
		ε-моноклинная	2,053	53,6	ε—Fe_6S_7	Очень сильно ферромагнитная	350
41—2	Сплошная сульфидная руда пирротин-пентландитового состава, в 11 *мм* от контакта с норитами	γ-гексагональная	2,062	52,7	γ-Fe_9S_{10}	Ферромагнитная	260
		ε-моноклинная	2,054	53,5	ε—Fe_7S_8	Очень сильно ферромагнитная	340
41—3	То же в 20 *мм* от контакта с норитом	γ-гексагональная	2,076—2,072	51,2—51,5	γ—$Fe_{16}S_{17}$	Парамагнитная	110—140
		γ-гексагональная	2,055	53,3	ε—Fe_7S_8	Ферромагнитная	325
		ε-моноклинная	2,047	54,2	ε—Fe_5S_6	Очень сильно ферромагнитная	410
41—5	То же в 48 *мм* от контакта с норитом	γ-гексагональная	2,070	51,6	α^4—$Fe_{15}S_{16}$	Парамагнитная	150
		γ-гексагональная	2,061	52,8	γ—Fe_8S_9	Ферромагнитная	270
		ε-моноклинная	2,053	53,6	ε—Fe_6S_7	Очень сильно ферромагнитная	350
41—6	То же в 56 *мм* от контакта с норитом	ε-моноклинная	2,045	54,5	ε—Fe_5S_6	Очень сильно ферромагнитная	450

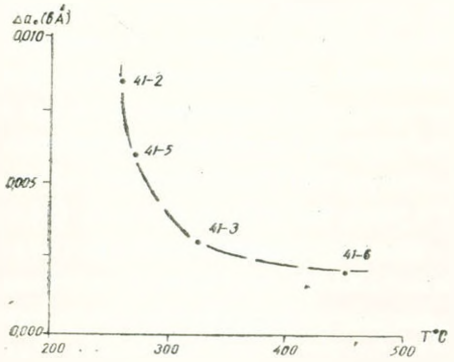
Таблица 2

Величины межплоскостных расстояний для отражения 11$\bar{2}$0 и параметра элементарной ячейки (a_0) пирротина

№ обр.	Форма развития сульфидных минералов	$d\,a/n$ отражения 11$\bar{2}$0	a_0 (Å) пирротина
25—А	Крупная вкрапленность и гнезда в норитах	Ср. 1,718 1,717—1,719	3,436 3,434—3,438
42	Густая мелкая метасоматическая	Ср. 1,7193 1,717—1,722	3,439 3,434—3,444
37	Сплошная крупнозернистая руда	Ср. 1,7187 1,717—1,721	3,437 3,434—3,442
37а	Сплошная мелкозернистая руда	Ср. 1,715 1,719—1,712	3,430 3,438—3,424
41—2	Сплошная руда в 11 *мм* от контакта с норитом	Ср. 1,717 1,726—1,709	3,434 3,452—3,418
41—3	То же в 20 *мм* от контакта с норитом	Ср. 1,7175 1,715—1,721	3,435 3,430—3,442
41—5	То же в 48 *мм* от контакта с норитом	Ср. 1,719 1,713—1,725	3,438 3,426—3,450
41—6	То же в 56 *мм* от контакта с норитом	Ср. 1,718 1,716—1,720	3,436 3,432—3,440

Примечание: величины межплоскостных расстояний ($d\,a/n$) определены по таблице Я. Г. Гиллера (1966).

но-никелевых рудах, с повышением температуры формирования руд, наблюдается повышение стабилизации (равновесности) структуры и состава пирротина. То-есть, при более высоких температурах неоднородностей в составе пирротина становится все меньше (фиг. 4).



Фиг. 4. Стабилизация состава пирротина (уменьшение неоднородностей в его составе) происходит на фоне возрастания температуры его кристаллизации. Составлено по данным изменения температуры формирования и состава пирротина в серии проб, взятых из одного образца 41. Объяснения в тексте.

Основные закономерности образования пирротина в сульфидных медно-никелевых рудах. В сульфидных медно-никелевых рудах (вкрап-

ленных и сплошных жильных) по мере понижения температуры их формирования пирротиновые фазы (разные модификации пирротина) все более отклоняются от равновесного состояния, вследствие чего в них возрастают неоднородности в составе (соотношении железа и серы).

Для сравнения в табл. 3 приведены данные о содержании серы в пирротине из наиболее характерных образцов сульфидных руд Монче-Тундры, Печенги и Норильска.

Таблица 3

Состав пирротина из некоторых месторождений СССР (по Э. Н. Елисееву, 1959)

Парагенезис	Содержание серы в атомн. %	Месторождение
Пирротин — хлорит	54,35	Каула, жильное оруденение
Пирротин — карбонат	53,28	Там же
Пирротин жильный (с пентландитом, халькопиритом и магнетитом)	52,1—52,5	Месторождения Печенги Монче-Тундра и Норильска

Из приведенных в табл. 1 и 3 данных видно, что концентрация серы в пирротине сильно изменяется и эти изменения четко отражают колебания в температурных условиях формирования сульфидных медно-никелевых руд. Парагенезис пирротин+хлорит образуется раньше, чем парагенезис пирротин+карбонат. Об этом говорит тот факт, что пирротин-хлоритовые прорастания рассекаются пирротин-карбонатными прожилками. Содержание серы в пирротине, находящемся в парагенезисе с хлоритом (54,35 атомн. % серы) выше, чем пирротин-карбонатных жилок (53,28 атомн. % серы). Наиболее низкотемпературные модификации пирротина, таким образом, входят в более низкотемпературные парагенетические ассоциации минералов.

В заключение отметим, что, как было установлено ранее, вкрапленные руды имеют более серинстый пирротин, чем гнездовые руды. А в жильных (сплошных сульфидных) рудах в подавляющей массе присутствует пирротин с наименьшей концентрацией серы. В настоящей работе установлено, что среди продуктов первичной кристаллизации в сплошных сульфидах Садбери первым выделяется пирротин с более высоким содержанием серы, чем пирротин более поздних генераций.

Как отмечали А. Г. Бетехтин и А. Д. Генкин [1], характерной особенностью состава сульфидных медно-никелевых руд является убедительно отчетливо выраженная во всех месторождениях мира парагенетическая ассоциация главных минералов: пирротин+пентландит+халькопирит+магнетит.

Разграничение ассоциаций рудных минералов в медно-никелевых месторождениях, осуществленное А. Г. Бетехтиным и А. Д. Генкиным, представляло собой важный вклад в познание рудообразующих процессов. Тем не менее оно не было совершенным. Выделение «единой» парагенетической ассоциации рудных минералов пирротин+пентландит+халькопирит+магнетит не учитывает наличия в рудах, как показано

выше, различных модификаций пирротина и закономерной смены его состава при понижении температуры кристаллизации. Все эти данные позволяют уточнить роль равновесных и неравновесных соотношений химических элементов в составе рудных минералов в различные стадии рудообразования.

Институт геологических наук АН Армянской ССР
Институт геологии и геохронологии докембрия АН СССР Поступила 16.I.1975.

Ե. Պ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Է. Ն. ԵԼԻՍԵԵՎ

ՈՐՈՇ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐ ՍԱԴԲԵՐԻ (ԿԱՆԱԴԱ) ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՄԱՐԶԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Աշխարհում հայտնի Սադբերիի հանքային շրջանը իր երկրաբանական կառուցվածքով, մագմատիզմով ու մետաղածնությամբ իրենից ներկայացնում է մեծ գիտական արժեք, և առանձնահատուկ ուշադրության է արժանացել դասական երկրաբանական գրականության մեջ։

Հեղինակներից մեկը (Գ. Պ. Բադդասարյան) 1972 թ. տաս օրվա ընթացքում ուսումնասիրություններ է կատարել այդ հանքային դաշտում, հավաքել ապարների և հանրաքարերի նմուշներ, որոնք մանրամասն ուսումնասիրվել են հեղինակների կողմից։

Հոդվածի առաջին բաժինը նվիրված է այդ վիթխարի հանքային շրջանում տարվող հետազոտությունների արդյունքներին։ Երկրորդ մասում շարադրված են հանքային նյութերի մեջ պարունակվող պիրոտինի միներալոգիական ու գեոքիմիական ուսումնասիրությունները։

Ի տարբերություն անցյալում գերակշռող այն գիտական հայացքներին, որոնց համաձայն Սադբերիի հանքային շրջանի երկրաբանական ստրուկտուրայի առաջացումը բացատրվում էր կաթնայանման (կալդերային) խորը իջվածքով կամ հրաբխա-տեկտոնական ծագումով, այժմ կապվում է կոսմիկական երևույթների հետ։ Կանադայի և ԱՄՆ-ի գիտնականների նորագույն հետազոտությունները հանգեցնում են այն եզրակացությանը, որ Սադբերիի հանքային շրջանի գլխավոր ստրուկտուրան առաջացել է արխեյան դարաշրջանում, հսկա մետեորիտի երկրին ուժգին զարնվելու հետևանքով։ Առաջացել է հսկայական կաթնաձև խոր իջվածք, որը ուղեկցվել է ապարների բեկորատմամբ և խորը թափանցող ճեղքերի խիտ ցանցի գոյացմամբ։ Նման ստրուկտուրայի առկայությունը ամենաբարենպաստ պայմաններ է ստեղծել օդակաձև ինտրուզիաների ներդրման ու հանքավայրերի առաջացման համար։

Պղինձ-նիկելային հանքանյութերի նմուշներում առայժմ ուսումնասիրության է ենթարկվել պիրոտինը։ Այդ միներալի ռենտգենոմետրիկ հետազոտությունները, որը կատարել է էլիսեևը, հանգեցնում են հետևյալ նոր եզրակացությունների, որոնք ունեն նաև ընդհանուր մեթոդական նշանակություն։

ա) դրականության մեջ ընդունված այն տեսակետը, որի համաձայն առանձնացվում է պիրոտին-պենտլանդիտ-խալկոպիրիտ-մագնետիտ միասնական ասոցիացիան հաշվի չի առել հանքանյութերում դանվող պիրոտինի տարբեր մոդիֆիկացիաները և վերջիններիս կազմի օրինաչափ փոփոխությունները, պայմանավորված պիրոտինի բյուրեղացման ջերմաստիճանի իջեցմամբ։

բ) հետազոտությունները հնարավորություն են տալիս հշտելու քիմիական տարրերի հավասարակշռված և ոչ հավասարակշռված հարաբերակցությունները հանքային մինեռալների մեջ հանքացնացման տարբեր փուլերում։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бетехтин А. Г., Генкин А. Д.* Парагенетические ассоциации минералов в системах Fe—Ni—S и Fe—Ni—S—O. Известия АН СССР, сер. геол., № 1, 1951.
2. *Елисеев Э. Н.* Геохимия главнейших сульфидных медно-никелевых провинций СССР. «Проблемы геохимии», вып. 1, Изд.-во Львовского университета, 1959.
3. *Dietz R. S.*, (1964) Sudbury structure as an astrobleme. Jour. Geol., 72, pp. 412—434.
4. *French B. M.* (1970). Possible relations between meteorite impact and igneous. petrogenesis, as indicated by the Sudbury structure, Ontario, Canada. Bull. Volcanologique, 34, pp. 466 — 517.
5. *Naldrett A. I., Bray J. G., Gasparrino E. L., Podolsky T.* and *Rucklidge J. C.* (1970). Gryptic variation and the petrology the Sudbury Nickel Erruptive. Econ. Geol. 65, pp. 122 — 155.
6. *Speers E. C.* (1957). The age relation and origin of common Sudbury breccia. Jorn. Geol. 65. pp. 497 — 514.
7. *Souch, B. E., Podolsky T.* The sulphid ores of Sudbury and Geological Staff. (1969) their particular relationship to a distinctive inclusionbearing facies of the Nickel irruptive. Econ. Geol. Monograph, 4, Simposium on magmatic ore deposits.
8. *Stevenson J. S.* and *Colgrove G. L.* (1968). The Sudbury Erruptive; some petrogenetic concepts based on resent field work. Proc. XXIII Intern. Geol., Cong., 4. pp. 27 — 35.