

*А.А. Гараева, Т.А. Шерендо, Т.Я. Гуляева*

### **АКЦЕССОРНЫЕ МАГНЕТИТЫ УРАЛЬСКОЙ СВЕРХГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЫ**

Разрез скважины СГ-4 до глубины 5072 м представлен в основном вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами массивного облика, относимыми к именновской свите. Все породы подвержены лишь слабым зеленокаменным изменениям пренит-пумпеллиитовой фации метаморфизма [7]. Нами изучены рудные оксидные минералы, содержащиеся в образцах, представляющих основные фациальные типы пород разреза СГ-4: лавы, туфы, туффиты, кремнистые туфопесчаники и алевролиты. Содержание акцессорных рудных минералов в исследованных образцах колеблется от  $0,01$  до  $0,6$  мас.%. Фракция оксидов имеет многокомпонентный состав: магнетит (Mt), титаномагнетит (Ti-Mt), хромшпинель (CrSp), маггемит (Mgt), гематит (Hem). Проведено сравнительное изучение этих минералов из лавовых потоков, туфов и туффитов по пачкам сверху вниз.

Один из главных рудных минералов разреза СГ-4 - оптически однородный титансодержащий магнетит. Он отмечается в разных количествах и разных размеров почти во всех типах пород. Часто встречается тонкозернистый магнетит, равномерно рассеянный по всему объему, очень характерны скелетные и дендритовые формы выделения, мелкие округлые включения в фенокристаллах, а также более крупные ( $0,1-0,2$  мм), чаще гипидиоморфные кристаллы с силикатными включениями и контракционными трещинами. Исключение составляет толща дацитовых туфопесчаников (гл. 3600-4400 м), где преобладает ильменит, и низы флишоидной толщи (гл. 4800-5070 м), представленные кремнистыми алевролитами, где преобладают сульфиды. Последний интервал глубин соответствует перерыву в вулканической деятельности и спокойным подводным условиям [3].

Проведенные нами исследования элементов-примесей магнетитов в разных типах пород, характеризующих отдельные циклы вулканизма, выявили наиболее существенные отличия по содержанию титана и хрома. Причем, как видно из табл. 1, в каждой пачке пород нижние слои характеризуются большим содержанием хрома и меньшим - титана, резко отличаясь от пород другого цикла вулканизма. Высокое содержание хрома в магнетитах характерно для минералов раннемагматического происхождения [6]. На значительную обогащенность первичного расплава хромом указывает и присутствие хромшпинелей в нижних слоях каждой пачки. Причем в некоторых образцах - это высокохромистые разности с 53-59%  $Cr_2O_3$ . Надо отметить, что в зональных CrSp содержание Ti и Cr в магнетитовых оторочках приближается к таковому в обычных магнетитах. Видимо, кристаллизация хромшпинелидов, а затем магнетитов первых выплавов должна приводить к возрастанию в остаточном расплаве Fe и Ti. Тогда в составе магнетитов каждой следующей фазы данного этапа вулканизма будет увеличиваться содержание титана. Такая схема кристаллизации рудных минералов соответствует общей антидромной направленности в изменении состава вулканитов и отмечаемой ритмике разреза [1].

В лавах при оптической однородности магнетитов в разных участках одного зерна отмечается обогащенность титаном одних зон и обеднение других. В них, по-видимому, начинается перераспре-

Содержание титана и хрома в магнетитах СГ-4, масс. %

| № пачки | Порода          | № образца | Глубина, м | Ti   | Cr   | Число анализов |
|---------|-----------------|-----------|------------|------|------|----------------|
| 1       | Подушечные лавы | 123       | 77,85      | 8,77 | 0,05 | 2              |
|         |                 | 890       | 188,7      | 5,89 | 0,08 | 3              |
|         |                 | 972       | 202,0      | 5,02 | 0,16 | 3              |
|         |                 | 995       | 204,2      | 2,42 | 0,17 | 3              |
| 2       | Туфы            | 14428     | 2399,7     | 0,89 | 0,08 | 2              |
|         |                 | 14430     | 2399,9     | 0,77 | 0,48 | 3              |
| 3       | Туфы            | 14496     | 2409,8     | 6,02 | 0,67 | 3              |
|         |                 | 14762     | 2455,2     | 4,99 | 0,91 | 5              |
| 4       | Туффиты         | 17181     | 2795,1     | 6,25 | 0,14 | 5              |
|         |                 | 17373     | 2825,7     | 4,27 | 0,33 | 6              |

Таблица 2

Содержание рудных оксидов в разных фациях пород СГ-4

| Фации               | Mt | Стабильность Mt | Ti-Mt | Mgt | Hem |
|---------------------|----|-----------------|-------|-----|-----|
| Лавы подушечные     | +  | -               | -     | *   | -   |
| Туффиты (подводные) | +  | -               | +     | +   | -   |
| Туфы (наземные)     | +  | +               | +     | +   | +   |

Примечание. Знаком «плюс» отмечены значительные количества рудного минерала, звездочкой - присутствии минерала, прочерк - минерал отсутствует.

деление титана, предшествующее полному распаду первичного титаномагнетитового твердого раствора. Поэтому при термомагнитных исследованиях в результате нагрева до 800°C происходят необратимые изменения типа такого распада (т.е. эти магнетиты являются нестабильными, и их кристаллизация проходила в неравновесных условиях). Подобная термонестабильность магнетитов говорит о слабом метаморфизме минералов [4]. Отмечается только низкотемпературное гидротермальное окисление (магнетитизация).

Туфы и туффиты отличаются от лавовых фаций, в первую очередь, наличием, кроме оптически однородных магнетитов, видимых титано-магнетитовых структур распада. Ti-Mt представляя собой чаще всего высокоокисленные разности с гемонльменитовой решеткой содержание железа в ламелях до 55% и титана — до 20%. В подводных фациях вулканитов широко распространено магнетитовое окисление, которое проходило, вероятнее всего, на позднемагматическом этапе вследствие резкого повышения потенциала кислорода в водных магмах. Для туффитов подводной фации, как и для лав, характерны нестабильность титансодержащих магнетитов к температурным воздействиям и их распад на несколько новых фаз.

Базальтовые туфы некоторых слоев, например на гл.437-444 м, 1867-1975 м, 2400-2477 м, можно отнести по ряду признаков к краснообломочной сваренной пирокластике жерловых и околожерловых фаций, связанной с субэральными условиями извержений [2]. В этих породах наряду с незначительным магнетитовым окислением идет более интенсивное до гематитовой фазы за счет более агрессивных и высокотемпературных условий на эруптивном этапе извержений, т.е. замещение гематитом, вероятнее всего, проходило в еще неостывших лавах. Магнетиты и титано-магнетиты этих туфов проявляют термостабильность при многократных нагревах до 800°C. По результатам микронзондовых анализов по содержанию титана используя усовершенствованный Ю.А. Полтавцом [5] геотермометр Баддингтона-Линдсли была определена температура кристаллизации (например, для туфов жерловой фации гл. 2455,2 м - около 1050°C).

Таким образом полученные данные — обилие дендритовых и скелетных форм магнетита, метастабильность магнетитов, почти ненарушенное залегание всех толщ по разрезу скважины, сохранность массивного облика пород, их слабый метаморфизм — свидетельствуют не только о сингенетичности магнетитов вмещающим их вулканитам, но и об отсутствии интенсивных динамометаморфических процессов после образования эффузивных пород. Рудные оксиды пород СГ-4 могут служить дополнительными критериями, уточняющими фациальные условия (табл.2) и РТ режим формирования пород.

## Список литературы

1. *Баишта К.Г., Горбачев В.И., Попов Б.А.* Задачи и первые результаты Уральской сверхглубокой скважины СГ-4//Сов.геология.1991.№8.С.51-64.
2. *Каретин Ю.С.* Структурная позиция и фациально-формационная принадлежность вулканогенных образований Уральской сверхглубокой скважины//Уральская сверхглубокая скважина. Ярославль, 1992.С.158-165.
3. *Каретин Ю.С.* Новые геологические данные по Уральской сверхглубокой скважине СГ-4// Ежегодник-1995 Ин-та геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1996. С.45-47.
4. *Кудрявцева Г.П.* Ферримагнетизм природных оксидов.М.: Недра,1988.С.232.
5. *Полтавец Ю.А.* Обсуждение титаномагнетитового геотермометра Балдингтона-Линдсли на основе сравнительного анализа равновесий шпинелидов магнетитовой серии//Изв. АН СССР. Сер.геол. №6. 1975. С.63-72.
6. *Чернышева Л.В., Смелянская Г.А., Зайцева Г.* Типоморфизм магнетита и его использование при поисках и оценке рудных месторождений. М.: Недра, 1981. С.234.
7. *Шахторина Л.Н.* Геологический разрез скважины СГ-4//Уральская сверхглубокая скважина. Ярославль, 1992. С.49-59.