

Г.Б. Ферштатер, Ф. Беа, Н.С. Бородина

**Геохимия и петрогенезис анортозит-плагиогранитной серии
Черноисточинского массива (Платиноносный пояс Урала)**

Геология и вещественный состав Черноисточинского массива подробно рассмотрены в ряде публикаций [3, 4]. Работы последних лет и в первую очередь появление новых геохимических данных (анализы выполнены методом ICP-MS авторами в лаборато-

рии Университета Гранады, Испания, под общим руководством проф. Ф. Беа) позволяют существенно уточнить представления о петрогенезисе анортозит-плагиигранитной серии.

Напомним, что массив, обнажающийся на берегах пруда и его островах, сложен преимущественно габбровыми брекчиями с цементом роговообманковых анортозитов. Такие же анортозиты образуют в габброидах небольшие многофазные интрузивные тела: ранние фазы, отвечающие исходному расплаву, представлены роговообманковым лейкогаббро, поздние — роговообманковым плагиигранитом. На северном берегу пруда обнажена зона мигматитов, в которой можно наблюдать процессы анатексиса роговообманковых габброидов с образованием анортозитового мобилизата и горнблендитового рестита. Настоящая статья написана в основном по результатам изучения этих мигматитов.

Габброиды в названной зоне представлены клинопироксен-роговообманковыми и роговообманковыми среднезернистыми габбро, которые по химическому составу и геохимическим особенностям являются водными аналогами габбро-норитов Кытлымского массива (рис. 1, 2), типичных представителей ортомагматических габбро Платиноносного пояса [1]. Местами в габброидах появляются полосчатые или неправильной формы участки, обогащенные или обедненные роговой обманкой. В целом подобные породы, как следует из представленных диаграмм, по своим геохимическим особенностям близки к однородным габбро. В них лишь слегка понижено содержание Cr и Ni (см. рис. 1) и появляется отчетливая положительная Eu аномалия (см. рис. 2), которая характерна для пород анортозит-гранитоидной серии. Эти особенности состава позволяют интерпретировать текстуру таких габброидов, как результат начальных стадий плавления, на которых возникающий расплав еще не может отделиться от источника и законсервирован в нем. От базитов, которые рассматриваются как магматический источник автономных анортозитов ранних стадий развития Земли [5], габбро Черноисточинского массива отличается пониженным содержанием легких РЗЭ. Для всех габброидов характерно $\text{LaN/YbN} < 1$, что отличает их от пород океанической коры.

Продукты кристаллизации расплава, исходного для анортозит-гранитной серии и отвечающего максимальной степени плавления, представлены роговообманковыми лейкогаббро, которые образуют как жилы в мезократовых разностях, так и крупные (до нескольких сотен метров) тела. Они лишь слегка более меланократовые, чем типичные анортозиты, и на всех диаграммах занимают с ними единые поля, резко обособленные от габброидов. Реститовый материал в зоне мигматитов — это обычно маломощные тела мономинеральных или плагноклаз-содержащих горнблендитов, образующих включения в анортозитах, каймы, окружающие ксенолиты габбро, и жиллообразные участки в габбро и анортозитах. Роговая обманка в реститах отличается повышенным содержанием элементов, накапливающихся в твердых фазах, таких как Cr , Ni (см. рис. 1), а также РЗЭ (см. рис. 2), от роговой обманки, которая кристаллизовалась из анатектического анортозитового расплава. Этот факт является важным подтверждением реальности частичного плавления для генезиса анортозитовой магмы.

Анортозит-плагиигранитная серия представлена строго гомодромной последовательностью пород от лейкогаббро до плагиигранита. Единственный мафический минерал в породах — роговая обманка, рудные минералы — магнетит и ильменит. Породы отличаются крайне низким содержанием всех литофильных редких элементов за исключением Sr и Ba , которое к тому же еще и падает в ходе магматической эволюции от лейкогаббро к плагииграниту. Очень характерно в этом смысле поведение РЗЭ. Тренды распределения РЗЭ во всех породах серии подобны, к плагиигранитам лишь уменьшается концентрация. Породы имеют положительную Eu аномалию, величина которой растет к конечным кислым членам серии. Такое поведение РЗЭ обусловлено фракционированием роговой обманки, обеспечивающим дифференциацию от лейкогаббро до плагиигранита. Содержание всех РЗЭ в роговой обманке (обр. 9 на рис. 2) выше, чем даже в лейкогаббро, и ее фракционирование уменьшает концентрацию РЗЭ в каждой последующей порции расплава. То же можно сказать и о большинстве других литофильных редких элементов.

Тренды частичного плавления и магматической дифференциации показаны стрелками на рис. 1. Поведение редких элементов хорошо согласуется с моделью частичного плавления габброидов в области стабильности роговой обманки (температу-

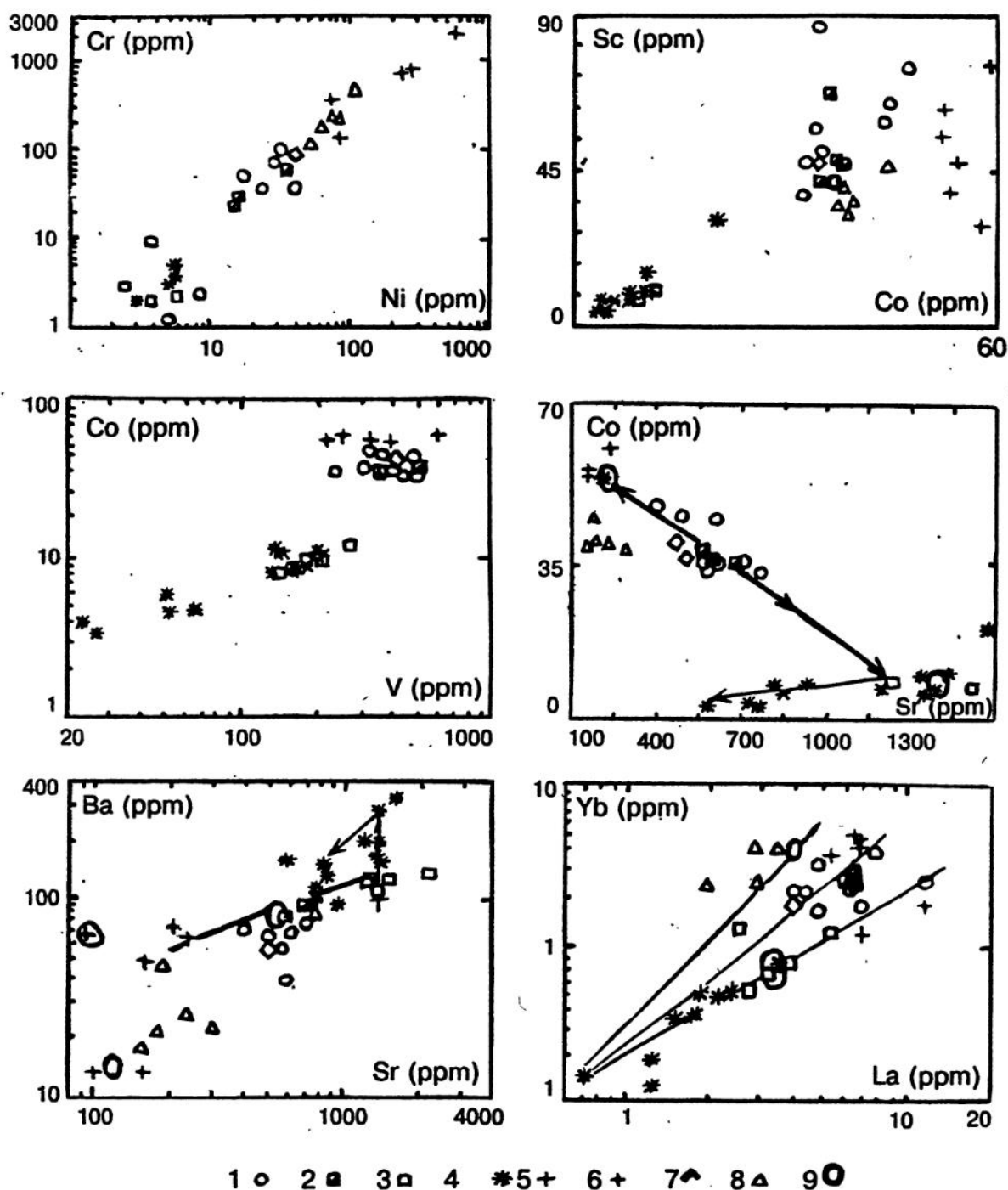


Рис. 1. Вариационные диаграммы для пород Черноисточинского массива и его окружения.

1 — габбро пироксен-роговообманковое и роговообманковое, 2 — роговообманковое габбро со следами плавления, 3 — роговообманковое лейкогаббро, 4 — породы анортозит-плаггиогранитной серии, 5, 6 — реститовый (5) и новообразованный (6) амфибол, 7 — габбро-норит Кытлымского массива, 8 — мелкозернистые роговообманковые габбро из зоны параллельных даек г. Ипатов, 9 — средний MORB [2]. Толстая линия со стрелкой — тренд частичного плавления (концы стрелок отмечают состав рестита и расчетный состав анатектического расплава), тонкая — тренд дифференциации.

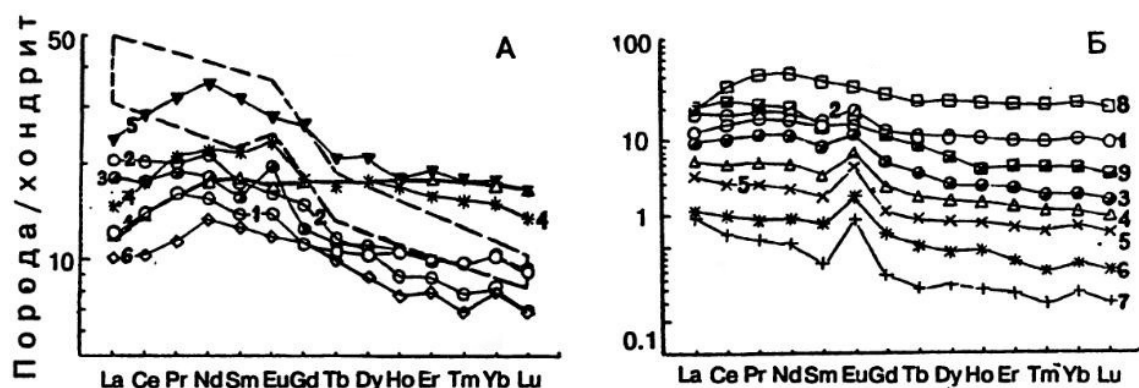


Рис. 2 Распределение РЗЭ в габброидах (А) и анортозитах (Б) Черноисточинского массива.

А: 1 — пироксен-роговообманковое габбро (тг-572), 2 — роговообманковое габбро (тг-46), 3 — роговообманковое габбро со следами плавления (тг-563), 4, 5 — жильные роговообманковые мелкозернистые габбро (тг-577, тг-48), 6 — габбро-норит Кытлымского массива (кт-88), 7 — средний MORB [2]. Штриховой линией показано поле составов исходных магм для «автономных» анортозитов [5]. Б: 1 — пироксен-роговообманковое габбро (тг-572), 2 — роговообманковое габбро со следами плавления (тг-563), 3 — роговообманковое лейкогаббро, представляющее исходный расплав анортозит-плагиогранитной серии, 4, 5 — анортозиты (тг-576, 575), 6 — кварцевый анортозит (тг-117), 7 — плагиогранит (тг-115), 8 — реститовый амфибол (тг-569), 9 — новообразованный амфибол

ра $< 1000^{\circ}\text{C}$, $P > 3$ кбар, $\text{H}_2\text{O} > 4\%$), что обеспечивает существенно плагиоклазовый состав анатектического расплава и его исключительную бедность литофильными редкими элементами, а также рост La/Yb отношения, которое строго постоянно во всех породах анортозит-плагиогранитной серии и отличается от такового в габброидах.

Численное моделирование (источник — габбро со следами частичного плавления, рестит — роговая обманка, степень плавления 0.35) дает хорошее совпадение расчетных данных с реальным составом исходного расплава анортозит-плагиогранитной серии для таких элементов как Sr, Ba, Sc, Co, РЗЭ (см. рис. 1), тогда как особая обогащенность реститовой роговой обманки и горнблендитов Cr и Ni отражает, по-видимому, ранние этапы эволюции габброидов, предшествовавшие кристаллизации амфибола и тем более их анатексису.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 95-05-14220).

Список литературы

1. Ефимов А.А. Габбро-гипербазитовые комплексы Урала и проблема офиолитов. М.: Наука, 1984.
2. Кузьмин М.И. Геохимия магматических пород фанерозойских подвижных поясов. Новосибирск, Наука, 1985.
3. Ферштатер Г.Б. Гранитоиды в гипербазит-габбровых массивах Урала. Магматические и метаморфические породы океанической коры. М., 1983.
4. Эвгеосинклинальные габбро-гранитоидные серии. /Г.Б. Ферштатер, Л.В. Малахова, Н.С. Бородин и др. М.: Наука, 1984.
5. Simmons E. and Hanson G.N. Geochemistry and origin of massif-type anorthosites. Contrib. Miner. Petrol. 1978. № 66.