

РОЛЬ ЭФФЕКТА СОРЭ В ПЕТРОГЕНЕЗИСЕ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД (НА ПРИМЕРЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА)

Дубина А.В., Кривдик С.Г.

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновка НАНУ,
kryvdik@igmof.gov.ua*

Термодиффузионный эффект, известен под именем Сорэ, был установлен еще в середине XIX века. В петрологическом отношении он заключается в том, что в экспериментальных ампулах с расплавами, где имеется термический градиент, происходит диффузия компонентов: тугоплавких к холодному концу ампулы, а легкоплавких – к горячему. Это кажущееся на первый взгляд противоречие объясняется стремлением системы к выравниванию равновесия по принципу Ле Шателье.

Однако в области исследований петрологии магматических пород этот эффект был неизвестен или чаще всего игнорировался. В наиболее полной мере он использовался Л.С. Егоровым [2] для создания петрогенетической модели формирования ийолит-карбонатитовых комплексов Маймеча-Котуйской провинции.

При изучении щелочно-ультраосновных массивов Украинского щита (УЩ) мы столкнулись с рядом проблемных вопросов, которые трудно объяснить в рамках наиболее известных петрогенетических моделей дифференциации магматических расплавов (кристаллизационной дифференциации и ликвации). Оказалось, что в глубокоэродированных (по сравнению с гипабиссальными) массивах (Черниговский, Проскуровский, Антоновский) сильно возрастает железистость темноцветных минералов в силикатных породах и отчасти в карбонатитах. Клинопироксены представлены эгирин-салитами и эгирин-ферросалитами, амфиболами – Mg-Fe гастингситами, эденитами, катофоритами и промежуточными между ними разновидностями, а оливины в карбонатитах Черниговского массива достигают состава Fa_{70} . В этих массивах не выявлено таких высокомагнезиальных пород, как оливинит-дуниты, оливиновые мелилититы, магнезиальные пироксениты, характерные для гипабиссальных карбонатитовых комплексов других регионов (в т.ч. и УЩ). Хотя такую высокую железистость минералов до определенной меры можно объяснить пониженной фугитивностью кислорода (способствующей вхождению железа в двухвалентном состоянии преимущественно в силикаты при ограниченной кристаллизации магнетита и эгирина), но этого явно недостаточно для повышения общей железистости таких меланократовых пород, как щелочные пироксениты, якупирангиты и ийолит-мельтейгиты, присутствующие в названных и других глубокоэродированных щелочно-ультраосновных комплексах. Не находит удовлетворительного объяснения и механизм кристаллизационной дифференциации, поскольку эффект кристаллизационного фракционирования (интенсивное повышение железистости темноцветных минералов, характер спектров редкоземельных элементов и другие геохимические особенности) не проявляются в нефелиновых сиенитах этих массивов (этот вопрос рассматривается в отдельном докладе и материалах этого сборника).

Авторы считают, что главным механизмом формирования щелочно-ультраосновных (карбонатитовых) комплексов было ликвационное разделение расплавов на силикатную и карбонатитовую, а также на меланократовую и лейкократовую силикатные составляющие. Поэтому мы привлекаем эффект Сорэ как один из возможных факторов для объяснения указанных закономерностей.

На диаграмму $Mg/(Mg+Fe)-Ca/(Ca+Na)$ были вынесены главные типы пород из щелочных массивов УЩ, а также их средние составы для карбонатитовых комплексов Маймеча-Котуйской и Карело-Кольской провинций (Рис. 1, 2). Интересным оказалось "позатажное" субпараллельное и близкое к горизонтальному расположение трендов дифференциации пород различных карбонатитовых комплексов. Эти тренды параллельны таковым, полученным экспериментально в области горячей и холодной частей ампул.

Гипабиссальные комплексы занимают верхнее положение (наиболее магнезиальный состав) и, по нашему мнению, подтверждают эффект Сорэ.

В тоже время породы щелочных массивов габбро-сиенитовой формации, для которых наиболее вероятным механизмом является кристаллизационная дифференциация, образуют совершенно отличные тренды эволюции (конечные дифференциаты приобретают максимальную железистость) (Рис. 1б).

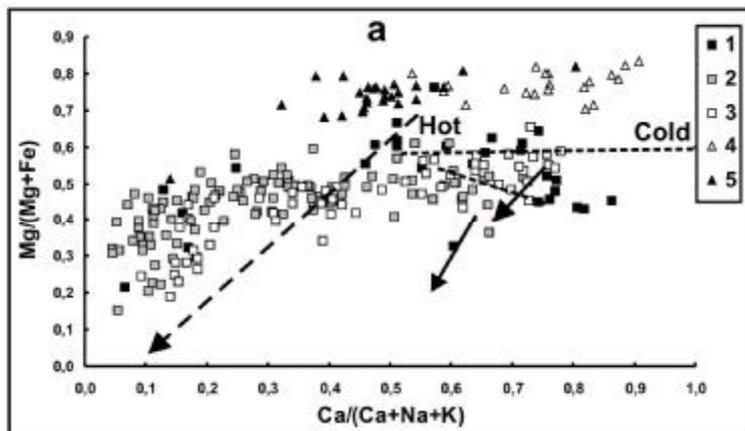


Рис. 1а. Массивы щелочно-ультраосновной формации [3]:

1 – Черниговский (Ново-Полтавский), 2 – Проскуровский, 3 – Антоновский, 5 – Городницкое интрузивное тело, 6 – Глумчанские интрузии.

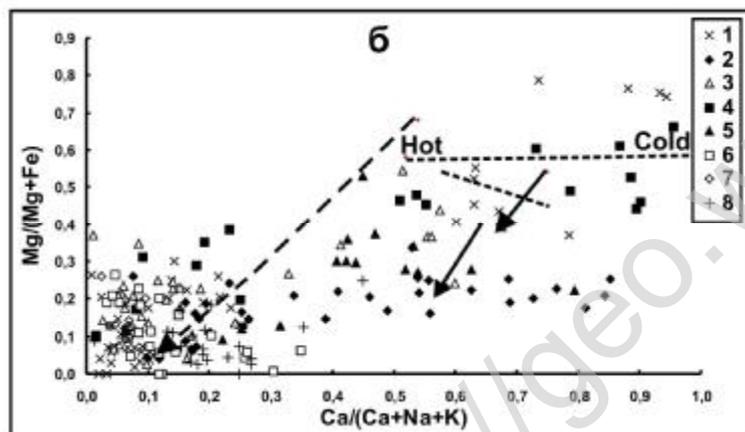


Рис. 1б. Массивы габбро-сиенитовой формации [3]:

1 – Октябрьский, 2 – Южно-Кальчикский, 3 – Малотерсянский, 4 – Покрово-Киреевский, 5 – Давидковский, 6 – Ястребецкий, 7-8 – эгириновые сиениты Коростенского и Корсунь-Новомиргородского плутонов,

▲ кристаллизационный тренд дифференциации по данным [6];

○ тренд распределения туго- и легкоплавких компонентов в базальте в области холодном (cold) и горячем концах ампулы (hot);

▲ гипотетический тренд дифференциации базальтовых магм с образованием пантелерит-командитовых дифференциатов по [5].

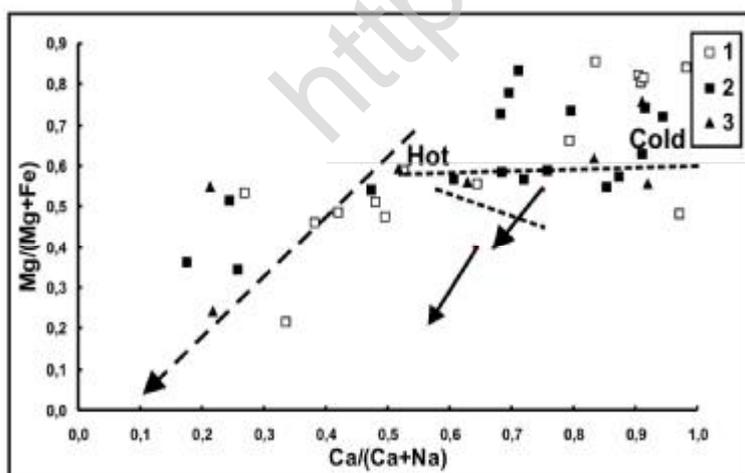


Рис. 2. Средний состав пород из гипабиссальных карбонатитовых массивов: Ковдорский (1), Маймеча-Котуйская (2) и Карело-Кольская провинция (3).

Можно полагать, как это представлял Л.С. Егоров [2], что в протяженных по вертикали магматических камерах или очагах карбонатитовых массивов действует в макромасштабах эффект Сорэ. В более горячих глубоких частях таких очагов накапливаются в силу термодиффузии более легкоплавкие (более железистые и щелочные) компоненты, а в более холодных (верхних) – более тугоплавкие и более магнезиальные. Эффектом Сорэ

можно объяснить увеличение доли нефелиновых сиенитов и карбонатитов при уменьшении ультрабазитов в глубокоэродированных комплексах (Украина, Урал).

Очевидно, эффект Сорэ сочетается с более общим и, вероятно, более мощным эффектом ликвации. Не исключено, что эффект Сорэ "срабатывает" как в целом в магматическом очаге, так и для каждого отдельного ликвата. Эффект Сорэ, как это полагал Л.С. Егоров, наиболее оптимально проявляется в магматических расплавах, богатыми летучими компонентами (CO₂, H₂O, F, Cl и др.). В таких расплавах наиболее обеспечивается диффузия компонентов.

Вероятно, этот эффект можно применить и для объяснения гомодромной последовательности формирования многих магматических комплексов других формационных типов. Однако он наиболее эффективен в магматических системах богатых летучими и щелочными компонентами, какими могут быть карбонатитовые и, возможно, агпайтовые щелочные комплексы.

Литература:

1. Происхождение и формационный состав Маймеча-Котуйского магматического комплекса // Карбонатиты и щелочные породы Севера Сибири. – Л. – Ротапринт НИИГА. – 1970. – С. 134-156.
2. Егоров Л.С. Ийолит-карбонатитовый плутонизм / Ленинград: Недра, 1991. – 260 с.
3. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита / Киев: Наук. думка, 1990. – 408 с.
4. Кухаренко А.А., Орлова М.П., Булах А.Г. и др. Каледонский комплекс ультраосновных щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии / М.: Недра, 1965. – 772 с.
5. Avanzinelli R., Bindi L. Menchetti S. et al. Crystallization and genesis of peralkaline magmas from Pantelleria Volcano, Italy: an integrated petrological and crystal-chemical study // Lithos. – 2003. – V. 73. – P. 41-69.
6. Wolker D., DeLong S.E. Soret separation of mid-ocean ridge basalt magma // Contrib. Mineral. Petrol. – 1982. – 79. – P. 231-240.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РОЛЬ БИТУМИНОЗНЫХ ВЕЩЕСТВ В АГПАЙТОВЫХ ПЕГМАТИТАХ (НА ПРИМЕРЕ ПЕГМАТИТА Г. ХИБИНАХКЧОРР, ХИБИНСКИЙ МАССИВ)

Ермолаева В.Н.*, Чуканов Н.В., Пеков И.В.***, Шлюкова З.В.******

* Институт Геохимии и Аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ) РАН, Москва, svera@mail.ru; **Институт Проблем химической физики (ИПХФ) РАН, Черноголовка;

Московский государственный университет (МГУ) им. М.В. Ломоносова, Москва; *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, Москва

Твёрдые битуминозные вещества (ТБВ) в пегматитовых телах Хибино-Ловозёрского комплекса являются характерными компонентами поздних гидротермальных парагенезисов, имеют явно эндогенное происхождение и нередко образуют скопления макроскопических размеров [1-8]. Ранее нами была продемонстрирована тесная связь этих веществ с микропористыми Ti-, Nb- и Zr-силикатами, а также с минералами редких элементов (главным образом с Th и REE). Учитывая крайне низкую растворимость всех этих элементов на гидротермальной стадии развития щелочных пегматитов, на основании фактического материала нами была сформулирована следующая концепция генетической связи органических веществ и минералов редких элементов в этих объектах:

1) Цеолитоподобные титано-, ниобо- и цирконосиликаты стимулируют процессы формирования ТБВ. Об этом свидетельствуют как постоянная пространственная связь этих минералов с ТБВ в пегматитах щелочных массивов, так и тот факт, что синтетические аналоги этих минералов широко известны как сорбенты малых молекул и эффективные