

## О КОЭФФИЦИЕНТЕ ОКИСЛЕНИЯ ( $F$ ) ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕ-КОНДОМСКОГО ГРАНОДИОРИТОВОГО МАССИВА

Б. Ф. НИФАНТОВ

(Представлена проф. докт. А. М. Кузьминым)

В настоящей статье сделана попытка рассмотреть поведение отношения  $F = \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$  в различных участках одного из гранодиоритовых массивов Горной Шории. При этом автором вычислены коэффициенты окисления ( $F$ ) как для неизмененных послемагматическими процессами интрузивных пород, так и для метасоматических и дайковых образований, возникших в результате послемагматической деятельности изучаемого массива.

Вопрос о роли кислорода в процессе становления магматических пород изучался многими исследователями: Ф. Ю. Левинсон-Лессингом, А. Н. Заварицким, Н. Боуэном, В. М. Гольдшмидтом, Д. С. Коржинским, В. В. Щербиной, А. Г. Бетехтиным, Т. Бартом и другими. В последнее время петрологи продолжают изучать поведение кислорода и его изотопов [6] в процессе петрогенезиса. С. И. Щукин [5] изучал отношение

$$\omega = \frac{\text{Fe}^{+3}}{\text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3}}$$
 в вулканогенных породах Южного Тянь-Шаня и пришел

к выводу, что коэффициент окисления ( $\omega$ ) может применяться при классификации вулканогенных пород как основной генетический признак, указывающий на глубинность образования вулканогенных продуктов. Ю. С. Куцев [2] пришел к выводам, близким выводам С. И. Щукина, изучая поведение отношения  $F = \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$ , названного им коэффициентом окисления в интрузивных и эффузивных породах некоторых регионов Советского Союза и зарубежных стран. По мнению Куцева, главным фактором, определяющим величину парциального давления кислорода и отношение  $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$  в горных породах, является фактор глубинности. Указывается [2], что в общем случае величина  $F$  растет при переходе от глубинных магматических пород к осадочным в следующей последовательности: породы интрузивные глубинные  $\rightarrow$  породы жильные  $\rightarrow$  породы излившиеся  $\rightarrow$  породы пирокластические  $\rightarrow$  породы осадочные (обломочные).

Коэффициент окисления  $F$  не остается постоянным, изменяясь с течением времени под действием тех или иных причин.  $F$  интрузивных пород может меняться под действием аутометасоматических, наложенных гидротермальных и других процессов послемагматической деятельности. С другой стороны, в современном срезе интрузии величина  $F$  меняется в зависимости от степени выветрелости горных пород. Необходимо учитывать при отборе образцов для химического анализа и селектив-

ность выветривания. Известно, что в первую очередь выветривание проникает в интрузивные породы вдоль трещиноватости и матрацевидной отдельности. При этом закись железа окисляется до  $Fe_2O_3$  и численное значение коэффициента  $F$  увеличивается. Следовательно, при изучении  $F$  вскрытого эрозией интрузива необходимо отбирать для анализов только свежие не затронутые выветриванием образцы. Кроме того, коэффициент окисления зависит от глубины залегания пород, от степени воздействия продуктов радиоактивного распада и длительного действия солнечных лучей на исследуемые породы.

В данной работе делается попытка выяснить изменение численной величины  $F$  в зависимости от минералогического и химического состава интрузивных пород, расположенных приблизительно на одном топографическом уровне в современном эрозионном срезе.

Ниже автор приводит примеры изменения коэффициента окисленности для свежих интрузивных и дайковых пород Верхне-Кондомского массива различных фаз внедрения и для интрузивных пород, измененных послемагматическими метасоматическими процессами.

Верхне-Кондомский гранодиоритовый массив находится в южной части Горной Шории, в верховьях р. Кондомы и ее правого притока речки Таймет.

В поле интрузива выделяются две различные по составу и времени формирования фазы: главная гранодиоритовая и более молодая трондземитовая, секущая интрузивные породы главной фазы [4]. Кроме того, выделены участки метасоматически измененных пород, среди которых различаются калишпатизированные разновидности, внешне похожие на сиениты и интрузивные породы, измененные процессами магниезиального метасоматоза. Последние представляют собой метасоматические габбро-диориты и гигантозернистые горнблендиты, возникшие в виде отдельных участков в кровле и эндоконтактах Верхне-Кондомского гранодиоритового массива.

### Коэффициент окисления интрузивных пород главной фазы внедрения

Интрузивные породы главной фазы внедрения представлены гранодиоритами, кварцевыми диоритами и диоритами, очень близкими друг другу по их химическому составу, отличающимися лишь некоторыми особенностями сложения и содержанием свободного кремнезема. Наиболее распространены в поле массива кварцевые диориты — макроскопически средне- и крупнозернистые породы слегка порфиоровидные за счет наличия в их общей массе крупных 0,5—1 см выделений плагиоклазов, кварца или темноцветных минералов. При этом средние размеры порообразующих минеральных зерен, в основном слагающих породы, колеблются в пределах 0,2—0,4 см.

Под микроскопом породы главной фазы сложены олигоклазом № 21—23 (44—72%), кварцем (18—42%), ортоклазом (0,5—5%), роговой обманкой (3—11%), биотитом (1—7%). Акцессорные: магнетит, апатит, сфен, циркон. Минералогический состав интрузивных пород иллюстрируется табл. 1.

Породы главной интрузивной фазы характеризуются существенной изменчивостью по содержанию в отдельных точках массива плагиоклазов, кварца и обыкновенной роговой обманки.

По химическим особенностям кварцевые диориты и диориты главной фазы отличаются неравномерным содержанием кремнезема в анализах (46—69%), окиси магния (0,3—6,8%), окиси кальция (2,7—10,3%),

что обусловлено неравномерным распределением в массиве породообразующих минералов.

Значения  $F$  изменяются от 0,49 до 1,10, в среднем составляя 0,75.  $F$  не зависит от абсолютного количества темноцветных минералов в по-

Таблица 1

Минералогический состав пород главной интрузивной фазы внедрения  
Верхне-Кондомского гранодиоритового массива (в объемных процентах)

| № п. п. | Номера образцов | Минералы    |                    |       |           |                  |        |          |      |        |       |
|---------|-----------------|-------------|--------------------|-------|-----------|------------------|--------|----------|------|--------|-------|
|         |                 | плаги-оклаз | номер плаги-оклаза | кварц | орто-клаз | рого-вая обманка | биотит | магнетит | сфен | апатит | сумма |
| 1       | 2022            | 68,0        | 22                 | 17,7  | 4,6       | 4,2              | —      | 2,5      | 1,5  | 1,5    | 100   |
| 2       | 2159            | 67,7        | 22                 | 22,7  | 0,3       | 4,5              | 2,5    | 1,5      | —    | 0,8    | 100   |
| 3       | 2156            | 71,9        | 22                 | 20,1  | 3,3       | 2,8              | 1,1    | 0,8      | —    | —      | 100   |
| 4       | 2154/2          | 70,3        | 22                 | 19,7  | 1,7       | —                | 6,6    | 1,7      | —    | —      | 100   |
| 5       | 2153/3          | 44,5        | 22                 | 42,3  | —         | 11,9             | —      | —        | 1,3  | —      | 100   |
| Среднее |                 | 67,0        | 22                 | 22    | 2,0       | 4,7              | 2,0    | 1,3      | 0,5  | 0,5    |       |

роде, а отражает колебания количеств окиси и закиси железа в их составе (таблицы 2, 3).

Таблица 2

Химический состав пород главной фазы внедрения  
Верхне-Кондомского гранодиоритового массива (в весовых процентах)

| № п.п. | Номера образцов | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | п. п. п. | F    |
|--------|-----------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------|-------------------|------------------|----------|------|
| 1      | 2244/3          | 66,77            | 0,44             | 16,88                          | 1,56                           | 2,61 | 0,09 | 0,27 | 2,70  | 4,93              | 2,57             | 0,74     | 0,60 |
| 2      | 2263            | 69,26            | 0,35             | 16,12                          | 1,25                           | 2,25 | 0,07 | 0,66 | 2,37  | 4,95              | 2,50             | 0,41     | 0,56 |
| 3      | 96              | 68,43            | 0,36             | 15,98                          | 1,83                           | 1,66 | 0,08 | 0,80 | 3,12  | 4,42              | 2,52             | 0,35     | 1,10 |
| 4      | 2244            | 65,02            | 0,53             | 16,59                          | 2,02                           | 2,75 | 0,08 | 1,27 | 3,59  | 5,00              | 2,33             | 0,73     | 0,74 |
| 5      | 26              | 67,03            | 0,40             | 19,58                          | 1,96                           | 2,08 | 0,07 | 1,31 | 3,03  | 4,71              | 1,74             | 0,57     | 0,94 |
| 6      | 2243            | 65,69            | 0,49             | 16,22                          | 2,05                           | 2,64 | 0,06 | 1,33 | 3,69  | 4,91              | 2,08             | 0,45     | 0,78 |
| 7      | 2023            | 64,40            | 0,44             | 17,15                          | 1,57                           | 2,54 | —    | 1,38 | 3,46  | 5,08              | 2,39             | 1,55     | 0,62 |
| 8      | 2173            | 57,98            | 0,83             | 18,75                          | 2,86                           | 3,94 | 0,12 | 2,25 | 5,52  | 4,53              | 1,83             | 0,50     | 0,72 |
| 9      | 46              | 59,05            | 0,86             | 18,69                          | 2,12                           | 4,10 | 0,15 | 2,46 | 2,91  | 5,06              | 2,34             | 1,62     | 0,52 |
| 10     | 48              | 58,37            | 0,79             | 17,11                          | 3,31                           | 3,48 | 0,06 | 3,30 | 5,40  | 4,03              | 2,32             | 0,88     | 0,95 |
| 11     | 2281            | 58,26            | 0,97             | 16,58                          | 2,25                           | 4,18 | 0,08 | 3,34 | 5,72  | 4,80              | 2,50             | 0,45     | 0,49 |
| 12     | 54              | 46,03            | 1,58             | 17,33                          | 5,22                           | 5,59 | 0,05 | 6,81 | 10,34 | 3,20              | 0,83             | 0,56     | 0,94 |

Среднее значение | 0,75

Химические анализы пород Верхне-Кондомского массива, приводимые здесь и ниже, выполнены химической лабораторией ЗСГУ.

Значение  $F$  роговых обманок из различных районов СССР

| № п.п. | Списочный номер | Минерал            | Весовые проценты               |       | $F$  | Район   | Автор  |
|--------|-----------------|--------------------|--------------------------------|-------|------|---|--|
|        |                 |                    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   |      |   |  |
| 1      | 2177            | Роговая обманка*)  | 6,70                           | 11,30 | 0,59 | Ср. Урал. Амфиболитизированное габбро. . . . .              | Н. В. Самойлова                                |
| 2      | 2188            | Роговая обманка*)  | 5,00                           | 14,54 | 0,34 | Ср. Азия ЮВ склон Кураминского хребта. Из гранодиоритов.    | О. П. Елисеева                                 |
| 3      | 2130            | Роговая обманка    | 4,69                           | 6,31  | 0,74 | Горная Шория. Верхне-Кондомский гранодиоритовый массив. . . | Б. Ф. Нифантов                                 |
| 4      | —               | Роговая обманка**) | 7,92                           | 17,05 | 0,46 | Южный Урал. Кусинский массив                                | И. Д. Борнеман-Старынкевич. Н. И. Забавникова. |
| 5      | —               | Амфибол**)         | 11,86                          | 19,96 | 0,60 | Южный Урал. Губенский массив.                               | Г. М. Виноградская                             |
| 6      | 2208            | Актинолит*)        | 3,22                           | 14,52 | 0,22 | Казахстан. Из рудного тела . .                              | С. М. Прохоров                                 |
| 7      | 2225            | Тремолит*)         | 1,13                           | 4,21  | 0,27 | Якутия. Из скарнов, гл. 109 м.                              | А. А. Маракушев                                |

\*) Анализы роговых обманок взяты из справочника В. Ф. Морковкиной [3].

\*\*\*) И. Д. Борнеман-Старынкевич [1].

### Коэффициент окисления интрузивных пород дополнительной фазы внедрения

Интрузивные породы дополнительной фазы внедрения представлены трондьемитами (плагиигранитами). Они довольно резко отличаются от пород главной фазы как по минералогическому, так и по химическому составу (табл. 4).

Внешне трондьемиты представляют собой белые или розоватые от выветривания среднезернистые слегка порфировидные породы за счет присутствия в их общей массе крупных 0,4—0,8 см выделений биотита, который составляет 5—7% от общего объема породы.

В шлифе трондьемиты сложены кварцем (25—33%), олигоклазом (№ 18—20)—65—70%, биотитом (1—3%), роговой обманкой (0,5—1%).

Ортоклаз в неизмененных фельдшпатизацией разновидностях содержится в количестве 0,3—1% (табл. 4).

По данным шести химических анализов трондьемиты Верхне-Кондомского гранодиоритового массива содержат закись железа в весовых процентах: 1,98; 1,09; 1,69; 1,27; 1,81; 1,84 и соответственно окись железа 1,09; 0,66; 0,69; 0,43; 1,34; 1,34. Коэффициенты  $F$ , вычисленные согласно этим данным, соответственно отвечают — 0,55; 0,60; 0,41; 0,34; 0,74; 0,73. Среднее значение коэффициента  $F$  равно для указанных трондьемитов 0,56.

Для трондьемитов из Южной Норвегии, изученных В. М. Гольшмидтом [7], среднее значение  $F$  из трех анализов 0,51.

Для биотитов из различных интрузивов СССР, по данным шести химических анализов из справочника В. Ф. Морковкиной, оно равно 0,42.

Следовательно, для пород, в которых темноцветные минералы представлены существенно биотитом, коэффициент  $F$  лежит в пределах 0,4—0,6. Значение его в отдельных случаях может повышаться или понижаться в зависимости от особенностей химического состава биотитов, в частности, от колебаний содержания в них окиси и закиси железа.

Т а б л и ц а 4

Минералогический состав трондьемитов дополнительной фазы внедрения  
Верхне-Кондомского массива (в объемных процентах)

| № п п | Номер образца | Минералы       |       |               |                    |             |      |             |               | Сумма |
|-------|---------------|----------------|-------|---------------|--------------------|-------------|------|-------------|---------------|-------|
|       |               | олиго-<br>клаз | кварц | орто-<br>клаз | роговая<br>обманка | био-<br>тит | сфен | апа-<br>тит | магне-<br>тит |       |
| 1     | 26            | 76,0           | 22,8  | —             | 0,1                | 0,6         | —    | 0,1         | 0,4           | 100   |
| 2     | 9—А           | 55,6           | 42,3  | 0,5           | —                  | 0,8         | 0,3  | —           | 0,5           | 100   |
| 3     | 15            | 62,7           | 33,5  | 0,7           | 1,8                | 1,2         | —    | —           | 0,1           | 100   |
| 4     | 10            | 68,7           | 26,6  | 0,8           | 1,8                | 0,2         | 0,7  | 0,5         | 0,7           | 100   |
| Сумма |               | 63,0           | 31,3  | 0,5           | 0,9                | 0,7         | 0,3  | 0,2         | 0,4           | 100   |
| 5*    | —             | 44,0           | 34,4  | 0,3           | —                  | 10,0        | —    | 0,29        | —             | 100   |

\*) Трондьемит по В. М. Гольдшмидту [7]. В сумму анализа входят клиноцоизит — 5%, мусковит — 5%, гранат (альмандин) — 1%, пирит — 0,06%.

**Вариации коэффициента окисления при фельдшпатизации**

Фельдшпатизация интрузивных пород главной и дополнительной фазы Верхне-Кондомского гранодиоритового массива наблюдается [4] очень отчетливо. Этот процесс морфологически проявляется в виде сети тонких прожилков, образующих в изменяемых породах «ортоклазовые штокверки», в форме обильной метасоматической вкрапленности ортоклаза и почти сплошного замещения ортоклазом исходных пород. В последнем случае наблюдается интенсивное их покраснение, замещение роговой обманки биотитом и общее уменьшение количества темноцветных минералов вплоть до полного их исчезновения.

Естественно, что при этом валовое содержание железа в породах уменьшается и изменяется соотношение закиси и окиси железа. В зависимости от степени фельдшпатизации пород главной интрузивной фазы Верхне-Кондомского гранодиоритового массива полевыми и лабораторными исследованиями установлено постепенное изменение состава и количества темноцветных минералов, как это показано в табл. 5, т. е. чем сильнее порода подвергалась фельдшпатизации, тем меньше в ней осталось темноцветных компонентов.

С возрастанием количества метасоматического ортоклаза происходит превращение роговой обманки в биотит, выпадение тонкой гематитовой пыли, придающей фельдшпатизированным породам мясо-красный цвет и изменение отношения  $F = \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$  в сторону уменьшения (табл. 6) при биотитизации роговых обманок. Затем  $F$  снова увеличивается за счет окисления  $\text{FeO}$  до  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Таблица 5

## Изменение состава интрузивных пород при фельдшпатизации

| Цвет пород    | Стадия фельдшпатизации               | Содержание ортоклаза в % | Название темноцветного минерала | Среднее содержание темноцветного минерала в % |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|
| Серый         | Неизмененные фельдшпатизацией породы | 2—4                      | Преимущественно роговая обманка | 10—15   |
| Розовый       | Слабая фельдшпатизация               | 5—10                     | Роговая обманка, биотит         | 10—15   |
| Густо-розовый | Умеренная фельдшпатизация            | 10—15                    | Биотит, роговая обманка         | 5—10  |
| Мясо-красный  | Сильная фельдшпатизация              | 15—25                    | Биотит                          | 3—5   |

Таблица 6

Вариации  $F$  при фельдшпатизации интрузивных пород главной интрузивной фазы Верхне-Кондомского массива

| № п.п. | Номер образца | Содержание окислов в процентах |                                |                                |      |                  |                   | $F$  |
|--------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|-------------------|------|
|        |               | SiO <sub>2</sub>               | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O |      |
| 1      | 2244          | 65,02                          | 16,59                          | 2,02                           | 2,75 | 2,33             | 5,00              | 0,74 |
| 2      | 2244/2        | 66,16                          | 16,41                          | 1,27                           | 2,82 | 3,27             | 4,53              | 0,45 |
| 3      | 343           | 57,23                          | 17,76                          | 1,93                           | 3,93 | 4,07             | 3,67              | 0,49 |
| 4      | 2244/4        | 59,15                          | 19,39                          | 1,92                           | 2,68 | 7,43             | 5,00              | 0,72 |

1. Неизмененный кварцевый диорит. 2, 3. Умеренно фельдшпатизированные кварцевые диориты. 4. Сильно фельдшпатизированный кварцевый диорит.

## Вариации коэффициента окисления при магниальном метасоматозе

Как уже отмечалось [4], в пределах интрузивного поля наблюдаются метасоматические габбро-диориты и горнблендиты, образовавшиеся в эндоконтактах массива в результате прогрессивного привноса магния, кальция и железа и перекристаллизации исходных пород. Ниже приведены расположенные в порядке возрастания окиси магния анализы метасоматических габбро-диоритов, горнблендитов и расчет величины  $F$ .

Как видно из табл. 7, отношение  $F$  практически не меняется при магниальном метасоматозе в процессе увеличения количества роговой обманки и ее перекристаллизации при образовании гиганто-зернистых анхимономинеральных горнблендитов. При этом  $F$  метасоматических габбро-диоритов и горнблендитов (0,72) численно почти равняется значению  $F$  интрузивных пород главной фазы внедрения (0,75) Верхне-Кондомского массива. Это, по-видимому, свидетельствует об едином источнике вещества для образования метасоматических и магматических роговых обманок и указывает на приблизительно одинаковые физико-химические условия их кристаллизации, хотя в геологическом времени эти минералы являются разновозрастными.

Таблица 7

Вариации  $F$  при магнезиальном метасоматозе эндоконтактных частей  
Верхне-Кондомского массива

| №<br>п. п. | Номер<br>образца | Содержание окислов, в % |                                |      |       | $F$  |
|------------|------------------|-------------------------|--------------------------------|------|-------|------|
|            |                  | SiO <sub>2</sub>        | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MgO   |      |
| 1          | 2244             | 65,02                   | 2,02                           | 2,75 | 1,27  | 0,74 |
| 2          | 2284/1           | 55,83                   | 2,15                           | 4,70 | 3,30  | 0,46 |
| 3          | 2284/2           | 53,68                   | 3,52                           | 5,01 | 4,19  | 0,70 |
| 4          | 2072             | 45,34                   | 5,07                           | 6,33 | 5,25  | 0,80 |
| 5          | 2026             | 46,10                   | 4,14                           | 6,10 | 5,78  | 0,68 |
| 6          | 54               | 46,03                   | 5,22                           | 5,59 | 6,81  | 0,72 |
| 7          | 2284/3           | 46,30                   | 2,48                           | 6,87 | 10,88 | 0,36 |
| 8          | 2130             | 45,69                   | 4,69                           | 6,31 | 15,06 | 0,74 |

1. Кварцевый диорит. 2—6. Габбро-диориты 7—8. Горнблендиты.

Коэффициенты окисления дайковой фации Верхне-Кондомской  
интрузии

В поле Верхне-Кондомского интрузивного массива широким распространением пользуются дайки, различные по составу, структуре и возрасту. Среди дайковых пород выделяются аплиты, микродиориты, спесартиты и керсантиты, олигоклазиты лабрадоровые и пироксеновые порфириты. Значения коэффициента окисления для дайковых пород приведены в табл. 8.

Таблица 8

Коэффициент окисления дайковых образований Верхне-Кондомского  
гранодиоритового массива

| №<br>п.п. | Номер<br>образца | Содержание окислов, в процентах |                                |      |      | $F$  |
|-----------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|------|------|------|
|           |                  | SiO <sub>2</sub>                | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MgO  |      |
| 1         | 2082             | 75,96                           | 0,18                           | 1,52 | 0,04 | 0,12 |
| 2         | 2060             | 75,86                           | 0,03                           | 1,75 | сл.  | 0,02 |
| 3         | 2153             | 75,35                           | 0,34                           | 1,55 | 0,29 | 0,22 |
| 4         | 2170             | 64,69                           | 1,21                           | 2,96 | 2,08 | 0,41 |
| 5         | 2163             | 62,84                           | 2,29                           | 3,18 | 1,96 | 0,72 |
| 6         | 2081/1           | 50,90                           | 2,46                           | 7,36 | 4,95 | 0,34 |
| 7         | 2039/2           | 57,85                           | 0,40                           | 0,96 | 0,20 | 0,42 |
| 8         | 2026/2           | 57,15                           | 0,33                           | 1,04 | 0,20 | 0,32 |
| 9         | 2063             | 51,40                           | 2,75                           | 7,52 | 5,63 | 0,37 |

1—3. Аплиты. 4—6. Диоритовые порфириты. 7—8. Олигоклазиты.  
9. Пироксеновый лабрадорит.

Из вышеизложенного фактического материала следует, что коэффициент окисления  $F$  зависит от минералогического состава пород. С другой стороны, величина  $F$  пород Верхне-Кондомского гранодиоритового массива уменьшается от главной интрузивной фазы ( $F = 0,75$ ) к допол-

нительной фазе внедрения ( $F=0,5$ ) и к жильным образованиям ( $F=0,1-0,4$ ). Таким образом, коэффициент окисления постепенно уменьшается от более ранних фаз внедрения к более поздним продуктам интрузивной деятельности — дайкам. Внутри самой дайковой группы отчетливо наблюдается уменьшение величины  $F$  от более ранних по времени образования основных даек к более поздним, молодым аплитам.

Более высокие численные значения коэффициента окисления в ранних фазах внедрения можно, по-видимому, объяснить магматической ассимиляцией свободного кислорода из вмещающих пород.

По мере внедрения магмы часть свободного кислорода, заключенного во вмещающих породах, под действием магматического тепла по трещинам перемещается в вышележащие породы. Оставшийся кислород может быть ассимилирован магмой. При этом некоторое количество закиси железа превратится в окись, т. е. коэффициент окисления первой (главной) фазы внедрения увеличится. Последующие порции магмы, отвечающие поздним фазам внедрения данного интрузива, получают из вмещающих толщ меньшее количество свободного кислорода, в связи с чем их породы будут отличаться численно меньшими значениями коэффициента окисления по сравнению с образованиями главной фазы. Следовательно, определение окисленности ( $F$ ) интрузивных пород может быть в известной мере использовано как дополнительное средство для определения последовательности внедрения интрузивных образований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Борнеман-Старынкевич. Руководство по расчету формул минералов. Изд-во «Наука», М., 1964.
  2. Ю. С. Куцев. О некоторых сторонах петрогенетической роли отношения  $Fe_2O_3:FeO$  в магматических горных породах. Изв. АН СССР, серия геологическая, № 11, 1964.
  3. В. Ф. Морковкина. Химические анализы изверженных горных пород. Изд-во «Наука», М., 1964.
  4. Б. Ф. Нифантов. О Верхне-Кондомском гранодиоритовом массиве. Изв. Томского политехнического института, т. 127, 1964.
  5. С. И. Щукин. О возможности применения коэффициента окисленности железа для классификации вулканогенных пород. Геохимия, № 8, 1963.
  6. Н. Р. Taylor, S. Epstein. Relationship between  $O^{18}/O^{16}$  ratios in coexisting minerals of igneous and metamorphic rocks. Bull. of the Geol. Soc. of America, vol. 71, № 4, vol. 73, № 6, 1962.
  7. V. M. Goldschmidt. Geologisch petrographische Studien im Hochgebirge des Südlichen Norwegens. Kristiania, 1921.
-