

**ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВА БИОТИТОВ И АМФИБОЛОВ ИЗ ГРАНИТОИДОВ  
НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ**

**Небера Т.С. (tsnebera@mail.ru), Борозновская Н.Н. (bnn@asd.iao.ru)**

*Томское отделение. Томский государственный университет*

**EVOLUTION OF THE COMPOSITION OF BIOTITES AND AMPHIBOLES  
FROM THE NOVOSIBIRSK PRIOBYE GRANITOIDES**

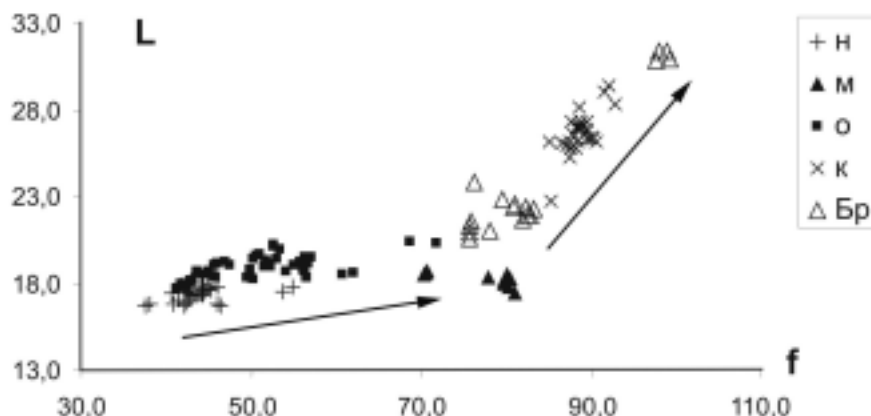
Nebera T.S., Boroznovskaya N.N.

*Tomsk branch. Tomsk State University*

Новосибирское Приобье – массивы Колыванский, Барлакский, Обской, Батурицкий, Новосибирский, располагающиеся в западной части Колывань-Томской складчатой зоны в области основного прогиба, до недавнего времени относились к Обскому гранитоидному комплексу, к разным фациям глубинности. По некоторым данным (Сотников и др., 1999) массивы Барлакский, Колыванский, Орловский и северо-западная часть Новосибирского (Мочищенский шток) отнесены к Барлакскому лейкогранитовому комплексу ( $T_{2,3}$ ). Тип оруденения – редкометалльный, олово-вольфрам-бериллиевый с Ag. Обской массив с Батурицким и юго-восточная часть Новосибирского (карьеры Борок и Ипподромский) объединены в Обской гранит-граносиенит-гранодиоритовый комплекс ( $P_2-T_1$ ) с Мо-В типом минерализации. Однако вопрос об их самостоятельности (автономности) из-за недостатка геологических данных до сих пор является предметом дискуссии. Ранее по данным рентгенолюминесцентного анализа полевых шпатов и кварца авторами был сделан вывод о сходстве условий и механизма формирования гранитоидных тел, расположенных в пределах КТСЗ и сближенных во времени становления и о существовании силикатного расплава повышенной щелочности для всех исследуемых объектов (Небера, Борозновская, 2005).

С целью показать эволюцию в становлении гранитоидов Новосибирского Приобья, авторами было выполнено более 90 микрозондовых анализов биотитов и амфиболов из пород различного состава: биотит-амфиболовых гранитов, граносиенитов, лейкогранитов, аплитовидных гранитов и аплитов. Ниже приведены данные и обсуждение результатов микрозондовых анализов. С рабочими таблицами по изменению состава биотитов можно познакомиться в работе (Небера, 2007).

*Биотит.* Наибольшие вариации изменения значений характерны для глинозема, железа, магния. В меньших пределах изменяется содержание титана, фтора. Вариации состава связаны с катионными замещениями в октаэдрической (Mg, Fe, Al, Ti) и тетраэдрической (Si, Al) позициях. Преобладание конкретного типа замещений определяется физико-химическими условиями минералообразования и особенностями химического состава среды. Определяющими параметрами являются глиноземистость  $l=Al/(Si+Al+Fe+Mg)$ , железистость  $f=Fe/(Fe+Mg)$ , магнизиальность  $Mg/(Mn+Mg+Fe)$  и др. Общая глиноземистость биотитов понижается с повышением температуры (снижение химического потенциала воды) и щелочности (химической активности калия). Наряду с глиноземистостью обычно меняется и железистость. Железистость зависит от фугитивности кислорода. Нанесенные на



**Рис. 1. Тренды эволюции условий кристаллизации интрузивных массивов Новосибирского Приобья на диаграмме изменения железистости и глиноземистости. Н – Новосибирский, О – Обской, К – Колыванский, Бр – Барлакский массивы; М – Мочищенский шток.**

диаграмму изменения железистости и глиноземистости составы биотитов из гранитоидов Новосибирского Приобья образуют четкий тренд в сторону увеличения железистости и глиноземистости по мере пойкилотекстурирования пород (рис. 1). Для биотитов из пород Обского и Новосибирского массивов (порфириформные граносиениты) характерна железистость  $F=40-55$  и глиноземистость в пределах 18-19%. Формировались породы в условиях повышенной щелочности. Для лейкогранитов из карьера Мочище (Новосибирский массив) характерна та же глиноземистость, щелочность, но увеличивается железистость ( $F=70-80$ ). В исследуемых биотитах данных массивов увеличение железистости характеризуется относительным постоянством глиноземистости и активности калия. Биотиты Колыванского, Барлакского формировались при высокой активности воды, но в условиях различной активности калия (Небера, 2007). Для них так же, как и для лейкогранитов Мочище характерна повышенная железистость, но резко различаются по глиноземистости и щелочности. На рис. 1 можно выделить два тренда. В первом случае процесс дифференциации происходит с повышением железистости и понижением магнезиальности без изменения глиноземистости, что сопровождается образованием лейкогранитов Новосибирского массива (Мочищенский шток). Для второго тренда характерен более «кислый» уклон с образованием лейкогранитов Колыванского и Барлакского массивов.

Составы биотитов, вынесенные на диаграмму (Маракушев и др., 1965), располагаются в различных полях щелочности. Биотиты Колыванского массива попадают в поле наименьшей щелочности и повышенной глиноземистости. Остальные массивы, в том числе и лейкограниты Мочище, попадают в поле повышенной щелочности. Барлакский массив занимает промежуточное положение, впрочем, как и по другим параметрам (рис. 1).

Резко различаются составы биотитов и по магнезиальности. Биотиты гранитоидов Обского, Новосибирского массивов характеризуются повышенной магнезиальностью. Биотиты из лейкогранитов Новосибирского (Мочищенский шток) массива занимают промежуточное положение между биотитами Колыванского и Барлакского массивов, с одной стороны, и биотитами Обского, Новосибирского массивов с другой стороны (Небера, 2007).

Для биотитов Колыванского массива отмечено повышение глиноземистости при росте  $Al^{VI}$ . Как известно, вхождению алюминия в октаэдрические слои способствует снижение температуры образования пород, т.е. лейкограниты Колыванского и Барлакского массивов являются более низкотемпературными образованиями.

Биотиты из гранитоидов Обского, Новосибирского массивов относятся к антит-флогопитовой группе. Биотиты Колыванского массива к высокоглиноземистой сидерофиллитовой (Небера, 2007). Появление сидерофиллитовой группы связано, возможно, с тем, что заключительные фазы гранитоидов формировались в условиях более глубокой дифференциации и более обогащены остаточными флюидами (фтором), что послужило причиной кристаллизации железистых слюд с повышенной глиноземистостью, по составу близких к сидерофиллиту.

Одним из информативных компонентов магнезиально-железистых слюд является фтор. Для биотитов из пород Обского и Новосибирского массивов (включая и лейкограниты Мочище) характерно уменьшение содержания фтора с ростом железистости (рис. 2). По данным (Путинцев, 1993) это можно объяснить следующим образом. Дифференциация расплавов происходила в условиях высокой

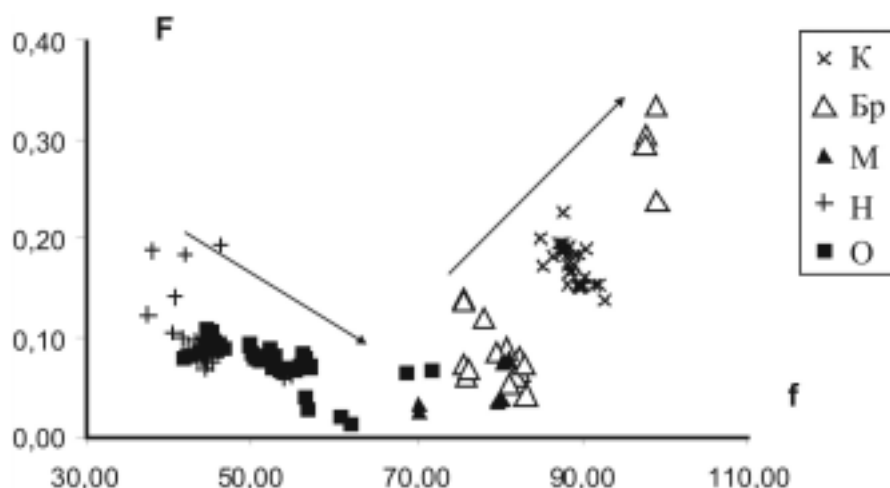


Рис. 2. Соотношение железистости (f) и фтористости (F) в гранитоидах Новосибирского Приобья. Н – Новосибирский, О – Обской, К – Колыванский, Бр – Барлакский массивы; М – Мочищенский шток.

фугитивности кислорода, о чем свидетельствует наличие в породах Обского и Новосибирского массива в качестве аксессуариев магнетита. Это приводит к образованию на ранних стадиях высокомагнезиальных и низкоглиноземистых биотитов, содержащих фтор в большем количестве, чем железистые разновидности поздних дифференциатов (лейкограниты Мочище).

Биотиты из лейкогранитов Колыванского и особенно биотиты из аплитовидных гранитов Барлакского массива характеризуются повышением содержания фтора с ростом железистости. В общем случае, понижение температуры кристаллизации, рост железистости и глиноземистости не должны способствовать накоплению фтора, но появление высокофтористых биотитов сидерофиллитового ряда в поздних дифференциатах объясняется возрастанием активности фтора (Путинцев, 1993).

*Роговая обманка.* Амфиболы по составу относятся к обыкновенным роговым обманкам. Глиноземистость изменяется от 8,12 до 13,07 и обычно ниже глиноземистости биотитов (см. табл.).

Таблица

**Химические анализы, параметры состава и термодинамические критерии кристаллизации сосуществующих роговых обманок и биотитов в гранитоидах Новосибирского Приобья**

| Компонент                       | обр.Мч-7 (4) |        | Ид-2 (4) |       | Ид-1п (4) |       | Бр-5 (6) |       | НБ (4) |       |
|---------------------------------|--------------|--------|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|--------|-------|
|                                 | Амф          | Би     | Амф      | Би    | Амф       | Би    | Амф      | Би    | Амф    | Би    |
| SiO <sub>2</sub>                | 41,26        | 34,35  | 46,50    | 37,37 | 46,31     | 36,48 | 47,75    | 37,20 | 43,30  | 35,64 |
| TiO <sub>2</sub>                | 1,84         | 3,67   | 1,20     | 2,24  | 1,12      | 2,15  | 1,15     | 2,87  | 0,83   | 1,80  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 8,19         | 12,60  | 6,79     | 13,54 | 7,00      | 13,08 | 6,14     | 12,96 | 9,63   | 14,62 |
| FeO                             | 27,24        | 30,45  | 15,69    | 17,92 | 15,88     | 19,01 | 15,18    | 18,15 | 19,06  | 20,53 |
| MnO                             | 1,05         | 0,64   | 0,58     | 0,46  | 0,63      | 0,42  | 0,42     | 0,29  | 0,77   | 0,32  |
| MgO                             | 4,37         | 4,37   | 12,64    | 13,79 | 12,60     | 13,11 | 13,57    | 13,37 | 10,03  | 10,33 |
| CaO                             | 9,96         | 0,29   | 11,16    | 0,04  | 11,18     | 0,06  | 11,16    | 0,01  | 11,13  | 0,02  |
| Na <sub>2</sub> O               | 2,16         | 0,13   | 1,73     | 0,09  | 1,75      | 0,10  | 1,74     | 0,05  | 1,60   | 0,15  |
| K <sub>2</sub> O                | 1,15         | 8,47   | 0,86     | 9,11  | 0,87      | 9,10  | 0,74     | 9,43  | 1,35   | 9,61  |
| Rb <sub>2</sub> O               | 0,05         | 0,06   | 0,05     | 0,13  | 0,06      | 0,11  | 0,04     | 0,10  | 0,04   | 0,07  |
| F                               | 1,24         | 0,72   | 1,01     | 1,78  | 0,97      | 1,83  | 0,77     | 1,47  | 0,81   | 1,14  |
| сумма                           | 98,50        | 95,73  | 98,22    | 96,46 | 98,38     | 95,46 | 98,67    | 95,89 | 98,55  | 96,23 |
| Mg <sup>#</sup>                 | 21           | 18     | 56       | 55    | 56        | 52    | 59       | 53    | 46     | 43    |
| Ti <sup>#</sup>                 | 0,04         | 0,08   | 0,03     | 0,04  | 0,03      | 0,04  | 0,03     | 0,06  | 0,02   | 0,08  |
| Al <sup>#</sup>                 | 11,70        | 18,02  | 9,11     | 17,55 | 9,38      | 17,26 | 8,12     | 17,1  | 13,07  | 19,0  |
| Mn <sup>#</sup>                 | 0,03         | 0,02   | 0,01     | 0,01  | 0,02      | 0,01  | 0,01     | 0,01  | 0,02   | 0,01  |
| Al <sup>VI</sup>                | 0,0049       | 0,0257 | 0,013    | 0,035 | 0,012     | 0,022 | 0,004    | 0,026 | 0,016  | 0,041 |
| X <sub>Mn</sub>                 | 0,030        | 0,017  | 0,015    | 0,011 | 0,016     | 0,010 | 0,011    | 0,007 | 0,021  | 0,010 |
| K <sub>д</sub> <sup>Mn</sup>    | 0,535        |        | 0,593    |       | 0,603     |       | 0,592    |       | 0,608  |       |
| -lgK <sub>д</sub> <sup>Mn</sup> | 0,272        |        | 0,227    |       | 0,220     |       | 0,227    |       | 0,216  |       |
| X <sub>K2O</sub>                | 0,619        |        | 0,616    |       | 0,615     |       | 0,605    |       | 0,609  |       |
| T, °C*                          | 750          |        | 720      |       | 710       |       | 720      |       | 700    |       |

Примечание: Мч-7-из лейкогранитов; Ид-2, Ид-1п - из биотит-роговообманковых гранитов; Бр-5 – из порфирировидных граносиенитов Новосибирского массива; НБ-7 – граносиениты, Обской массив. В скобках – количество анализов. \* - температура определялась по (Панеях, 1973); Al<sup>VI</sup>=Al<sup>VI</sup>/(Al<sup>VI</sup>+Fe+Mg+Mn+Ti); X<sub>Mn</sub>=Mn/(Mn+Fe+Mg).

Для роговых обманок лейкогранитов Новосибирского массива Al<sup>IV</sup>=1,49-1,52 формульных единиц, а для гранитов и граносиенитов как Новосибирского, так и Обского массивов – 1,01-1,26. Такие слегка повышенные значения характерны для более высокотемпературных роговых обманок (Панеях, 1973). Как известно, наименьшее содержание Al<sup>VI</sup> характерно для высокотемпературных гранитоидов малых глубин (Левашов и др., 1976). Амфиболы, также как и слюды лейкогранитов Новосибирского массива заметно обеднены, в сравнении с другими породами, магнием, обогащены железом и титаном (Небера, 2007). Содержание титана в роговых обманках в 1,5-2 раза меньше, чем в биотитах, т.е. титан концентрируется в основном в биотите. С ростом температуры увеличивается марганцовистость роговых обманок за счет снижения марганцовистости биотита (см. табл.).

Общее давление определялось по распределению  $Al^{VI}$  между биотитом и роговой обманкой (табл.) и оценивается в пределах 2,5-3 кбар (Перчук, 1974). Для оценки температуры кристаллизации использовался геотермометр (Панеях, 1973), основанный на перераспределении Mn из биотита в роговую обманку с повышением температуры. Температура кристаллизации соответствует 700-750°C (табл.).

Таким образом, температура кристаллизации гранитоидов Новосибирского Приобья оценивается в пределах 700-750°C, давление 2,5-3 кбар. Амфиболы, так же как и слюды лейкогранитов Новосибирского массива заметно обеднены, в сравнении с другими породами, магнием, обогащены железом и титаном, что указывает на более высокотемпературные условия образования. Формировались в условиях повышенной щелочности (активности калия). Лейкограниты Кольванского и Барлакского массивов, по данным исследования состава слюд, формировались в условиях меньшей активности калия и отличаются от лейкогранитов Новосибирского массива (Мочищенский шток) как повышенной глиноземистостью, фтористостью, так и пониженной магнезиальностью.

### Список литературы

*Маракушев А.А., Тарарин И.А.* О минералогических критериях щелочности гранитоидов // Изв. АН СССР. Сер. геол. № 3. С. 20-37.

*Небера Т.С.* Состав биотитов из гранитоидов Новосибирского Приобья // II Международная конференция. Кристаллогенезис и минералогия. СПбГУ. 2007. С. 304-306.

*Небера Т.С., Борозновская Н.Н., Полуэктова Т.И., Новоселов К.Л.* Структурный типоморфизм породообразующих минералов Новосибирского Приобья (КТСЗ) // Материалы Международного петрографического совещания "Петрография XXI века". Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. Т. 2. С. 155-157.

*Панеях Н.А., Федорова Н.Е.* Равновесие биотит-роговая обманка в гранитоидах // Вестник МГУ. Сер. геол., 1973. № 4. С. 94-98.

*Перчук Л.Л., Федькин В.В.* Температурный и газовый режим формирования гранитоидов // Термодинамический режим метаморфизма. Л.: Наука, 1974. С. 97-105.

*Путинцев А.В., Григорьев С.И.* Состав биотитов из гранитов и петрогенетическая типизация орогенных гранитоидных серий // ЗВМО. 1993. Ч. СХХII. № 4. С. 18-33.

*Сотников В.И., Федосеев Г.С., Кунгурцев Л.В. и др.* Геодинамика, магматизм и металлогения Кольвань-Томской складчатой зоны. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ. 1999. 227 с.

RMS DPI 2008-3-20-0

### КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНАТОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

**Нурьева Е.М.** ([evgeniya-nurieva@yandex.ru](mailto:evgeniya-nurieva@yandex.ru)),  
**Лопатин О.Н.** ([Oleg.Lopatin@ksu.ru](mailto:Oleg.Lopatin@ksu.ru)), **Разяпова Д.Р.**  
*Казанское отделение. Казанский государственный университет*

### CRYSTALLOCHEMICAL PROPERTIES OF GARNETS IN THE ARKHANGELSK DIAMOND-BEARING PROVINCE

Nurieva E.M., Lopatin O.N., Razyapova D.R.  
*Kazan branch. Kazan State University*

Открытие алмазоносных кимберлитов на Европейском севере России послужило мощным толчком к усилению геолого-геофизических и тематических работ на алмазы в Архангельской области. Волошская площадь Архангельской алмазоносной провинции с позиции региональных критериев прогнозирования отвечает практически всем признакам нового алмазоносного района. Площадь расположена в западной части Шенкурского кратона (возраст кристаллического основания 2,7-3,5 млрд. лет) в зоне расчленения его мощной зоной глубинных разломов субширотного простирания. В геофизических полях Волошская площадь проявляется специфическим сочетанием значений гравитационного и магнитного полей. В аллювиальных отложениях известны единичные находки