

Томское отделение Российского минералогического общества
Томский государственный университет
Кафедра минералогии и геохимии



МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ АЗИИ

Выпуск 2

Томск
2013

- Материалы науч. конф. «Петрология магматических и метаморфических комплексов». Вып. 2. – Томск, 2001. – С. 266–280.
12. Чернышов А.И., Резников И.Г., Третьяков Н.А. Роль метаморфизма в распределении благородных металлов в ультрамафитах Кингашского месторождения (СЗ Восточного Саяна) // Платина в геологических формациях Сибири. – Красноярск, 2001. – С. 131–133.
 13. Чернышов А.И., Ножкин А.Д., Резников И.Г., Третьяков Н.А., Кузоватов Н.И., Геологическое положение Кингашского мафит-ультрамафитового массива в структурах Восточного Саяна и его внутреннее строение // Материалы науч. конф. «Петрология магматических и метаморфических комплексов». – Томск. – 2002–Вып. 3. – Т. 2. – С. 141–150.
 14. Чернышов А.И., Ножкин А.Д., Ступаков С.И., Балыкин П.А., Кузоватов Н.И., Резников И.Г., Третьяков Н.А., Прохорова В.А. Кингашский мафит-ультрамафитовый массив: геологическое положение, внутреннее строение, вещественный состав и петроструктурный анализ ультрамафитов (Восточный Саян) // Платина России. Проблемы развития, оценки, воспроизводства и комплексного использования минерально-сырьевой базы платиновых металлов. Сб. научн. Трудов. Т. V. – М.: ООО «Геоинформмарк», 2004. – С. 152–175.
 15. Чернышов А.И., Ножкин А.Д., Мишенина М.А. Петрогеохимическая типизация ультрамафитов Канского блока (Восточный Саян) // Геохимия. – 2010. – № 2. – С. 126–150.
 16. Chernyshov A. I., Nozhkin A. D., Mishenina M. A. Petrogeochemical Typification of the Ultramafic Rocks from the Idar Greenstone Belt, Kan Block, East Sayan // Geochemistry International. – 2010. – Vol. 48. – №. 2. – P. 118–139.

ОПЫТ ПЕТРОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛИЧЕСТВЕННО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ПОДСЧЕТОВ В ШЛИФАХ

Н.В. Шипулина, Г.Б. Князев

*Томский государственный университет, г. Томск
e-mail: kgb@ggf.tsu.ru*

Исследования полнокристаллических магматических горных пород обычно сопровождаются примерной полуколичественной оценкой их минерального состава. Считается, что эти оценки, даже с использованием специальных приспособлений и эталонов, являются приближёнными и часто не отражают в полной мере особенности состава горных пород. Фактически полуколичественные минеральные оценки можно рассматривать как измерения в порядковой шкале. Получаемые содержания минералов ранее, при недостатке химических анализов, использовали для расчёта химического состава пород и

последующего петрохимического анализа. Содержания минералов в породах можно рассматривать как непрерывные случайные величины, измеряемые с низкой точностью. Реальные их статистические распределения можно оценить с помощью эмпирических функций. Как правило, эти распределения существенно отличаются от нормальных и при ограниченном числе наблюдений статистические исследования их могут оказаться некорректными.

Для преобразования случайных величин к единому закону распределения можно использовать их эмпирические функции распределения, заменив реализации случайных величин на их эмпирические вероятности по алгоритму: $y_i = i/n$, где y_i – новое значение реализации случайной величины, i – её порядковый номер в ранжированном ряду преобразуемой случайной величины, n – объём выборки. Такое преобразование представляет собой один из вариантов ранжирования с заменой значений дробными рангами и реализовано в пакете «Statistica» [1]. Оно приводит к изменению закона распределения случайной величины на равномерный, сохраняя статистическую связь с исходными значениями случайной величины. При таком преобразовании все переменные многомерной случайной величины приобретают равномерное стандартное распределение с минимальным значением близким к 0, средним – около 0,5, максимальным – 1. Условно это преобразование можно назвать нормированием на объём выборки.

В качестве объекта исследования мы выбрали хорошо изученную трапповую интрузию Норильск I [2, 4, 5, 6]. Из разреза этой расслоенной интрузии по вновь пробуренной скважине одним из авторов были отобраны петрографические пробы и дана их количественно-минералогическая оценка. Общее количество наблюдений оказалось равным 70 (для оптимального преобразования величин к равномерному распределению лучше иметь около 100 или более наблюдений). Средний минеральный состав интрузивных пород показан в таблице 1.

Таблица 1 – Минеральный состав главных разновидностей пород и средний состав интрузии Норильск I по результатам приближённых количественно-минералогических оценок в объёмных %.

Породы/минералы	Пл	Пи	Ол	Хл+Амф	Би	Кв	Рудные
Оливинсодержащие габбро	63	19,1	2,6	7,6	1,5	0,4	4,6
Габбро	52,7	24,6	0,6	10,9	0	0,6	3,4
Оливиновые габбро	48,3	30,4	4	10,6	1,1	0,3	4,1
Пикритовые габбро	28,1	20	37,8	4,3	1,2	0	6,9
Лейкогаббро	71,2	10		13,5	0	0	3
Средний состав интрузии	50,3	21,8	11,3	9	0,7	0,3	4,4

Примечание: Пл – плагиоклаз, Пи – ромбический и моноклинный пироксен; Ол – оливин; Би – биотит (мелкочешуйчатый); Кв – кварц; Р – рудные минералы; Хл+Амф – вторичные минералы.

Групповой многомерный статистический анализ уверенно разделил все породы на пять петрографических групп, примерно соответствующих пяти петрографическим типам пород, выделенных М.Н. Годлевским [2]. Эти группы пород уверенно обособились на диаграмме главных компонент (рис. 2) и тройной диаграмме: плагиоклаз-пироксен-оливин (рис. 1).

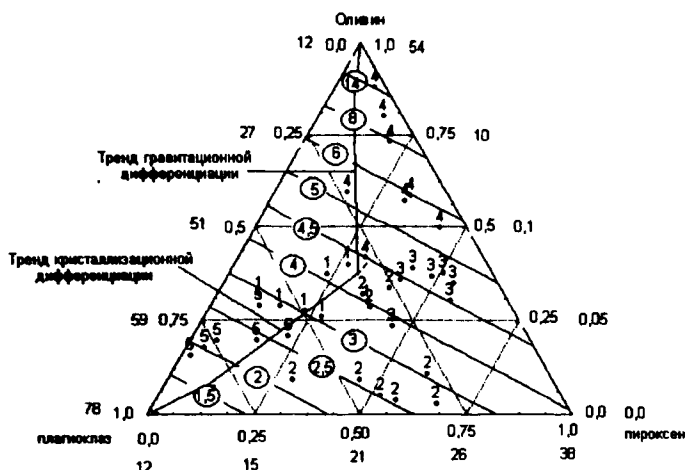


Рисунок 1 – Тройная минералогическая диаграмма состава габбровой интрузии Норильск I. Ближе к осям координат располагаются значения равномерной вероятностной шкалы. Вторые градации шкал – содержания минералов в процентах. Точки и арабские цифры возле них – составы норильских габбро (табл.1): 1 – оливинсодержащие габбро; 2 – нормальные габбро; 3 – оливиновые габбро; 4 – пикритовые габбро; 5 – лейкократовые габбро. Прямые линии и цифры в кружках на них – линии и значения уровней содержания рудных минералов (Рд), аппроксимированные полиномиальным уравнением: $R_d = 0,492 \times \text{пироксен} + 0,871 \times \text{оливин} - 0,0151 \times \text{плагиоклаз}$. Содержания рудных минералов в уравнении указаны в нормированном виде, на графике – в об. %.

Центр тройной диаграммы в виде внутреннего треугольника представляет собой некоторую область неопределённости, которую можно интерпретировать как область исходного состава интродуцировавшего расплава.

Анализируя совместно тройную диаграмму и проекцию многомерной интрузивной системы на плоскость двух первых главных координат, можно рассматривать первую главную координату, определяющую почти 50 % изменчивости системы как фактор-процесс гравитационной дифференциации, а вторую главную координату (25 % изменчивости) как фактор-процесс кристаллизационной дифференциации. В итоге суммарный тренд изменчивости интрузивной системы на тройной диаграмме описывается гиперболой, движущейся от плагиоклазовой вершины к оливиновой с изгибом в сторону пироксеновой вершины.

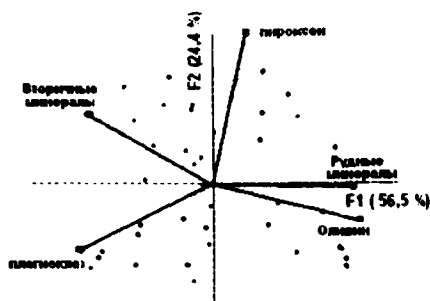


Рисунок 2 – Проекция минеральной системы норильских габбро на плоскость двух первых главных координат (F1 и F2), определяющих почти 80 % её изменчивости.

Для проверки полученной минералогической модели нами были использованы, результаты 90 полных силикатных химических анализов, частично повторяющих петрографические пробы. Результаты обработки анализов показаны на тройной диаграмме $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO}$ (рис. 3).

Общий тренд изменчивости, как и в минералогической модели, аппроксимируется как гипербола,двигающаяся от кальциевой вершины к магниевой с изгибом в сторону кремниевой вершины, отражая два сопряжённых процесса дифференциации. В центре диаграммы оказываются оливисодержащие и оливиновые габбро, возможно свидетельствующих о первичном составе недифференцированного расплава, как об оливиновом базальте.

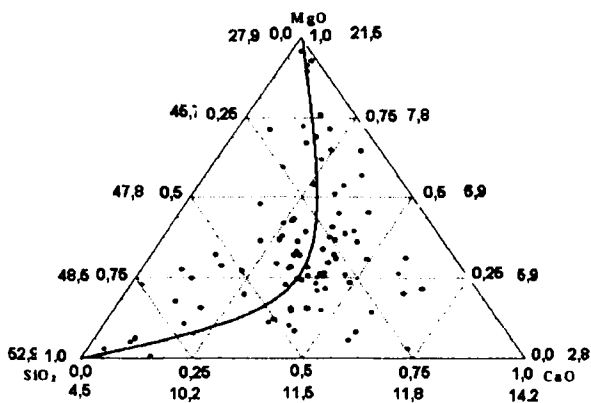


Рисунок 3 – Химические анализы габбро Норильской интрузии на тройной диаграмме $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO}$. Содержания оксидов указаны в значениях равномерной вероятностной шкалы и соответствующих им содержаний в масс. %.

Полученные результаты показывают, что приближённые количественно-минералогические подсчёты, с применением рассмотренного выше метода преобразования данных, можно использовать в первом приближении для петрохимического и геохимического анализов магматизма.

Литература

1. Боровиков В. STATISTICA/ Искусство анализа данных на компьютере. – СПб.-П, 2001. – 650 с.
2. Годлевский М.Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района. – М.: Госгеолтехиздат, 1959.– 68 с.
3. Дубровская Л.И., Князев Г.Б. Компьютерная обработка естественно-научных данных методами многомерной прикладной статистики: Учебное пособие. – Томск: ТМЛ-пресс, 2011. – 120 с.
4. Золотухин В.В., Виленский А.М. Петрология и перспективы рудоносности траппов севера Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1989. – 346 с.
5. Золотухин В.В. Многообразие траппов и исходные породы (на примере Сибирской платформы). – Новосибирск: Наука, 1989. – 346 с.
6. Рябов В.В., Шевко А.Я., Гора М.П. Магматические образования Норильского района. В 2-х томах. – Новосибирск: Изд-во Нонпарель, 2001. – 1008 с.