

**Федеральное агентство по образованию**

**Филиал Санкт-Петербургского государственного горного  
института им. Г.В. Плеханова (технического университета)  
«Воркутинский горный институт»**



**3-ий Международный Северный  
социально-экологический конгресс**

## **ОСВОЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СЕВЕРА: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

**Труды  
5-ой Межрегиональной научно-практической  
конференции  
(Воркута, 11-13 апреля 2007 г.)**

**Том 2**

**Воркута  
2007**

**УДК 06.053**

**Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения:** Труды 5-ой Межрегиональной научно-практической конференции 11-13 апреля 2007 г. / Филиал СПГГИ (ТУ) «Воркутинский горный институт». – Воркута, 2007. – 504 с.

В сборнике представлены результаты научных исследований и практических разработок по совершенствованию горной технологии, созданию и внедрению нового оборудования, повышению безопасности и охране труда на предприятиях. Рассмотрены социально-экономические и гуманитарные проблемы северных территорий. Большое внимание уделено решению ряда экологических вопросов, разведке и эксплуатации минерально-сырьевых ресурсов Севера.

Представленные материалы печатаются в авторском варианте.

**Редакционная коллегия:**

*О.И. Казанин (отв. редактор), И.Л. Шпектор, А.К. Логинов, М.И. Смирнов,  
Д.А. Задков, Е.И. Рейшахрит, В.Н. Бобровников, Б.М. Борисов, С.А. Хачатрян,  
П.А. Григорченко, М.В. Гецен, Е.Б. Гридина, А.Л. Рейшахрит,  
Н.А. Симонова*

Организационный комитет конференции выражает благодарность ученым, преподавателям, специалистам и руководителям предприятий, приславшим свои доклады и принявших личное участие в работе конференции.

© Коллектив авторов, 2007  
© Составители и редакция –  
филиал СПГГИ (ТУ)  
«Воркутинский горный  
институт», 2007

А.Б. Макеев, В.А. Патова, В.Г. Котельников, Д.Ю. Семенов

**ХОЙЛИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ БЕЗОБЖИГОВЫХ  
ДУНИТОВЫХ ОГНЕУПОРОВ**

УДК 549:550.8

Одним из результатов крупномасштабного минералогического картирования Хойлинского ультрабазитового участка на западном склоне Войкаро-Сынинского массива стало открытие значительного по масштабам месторождения безобжиговых огнеупоров. Хойлинский участок, перспективный на поиски хромовых руд, находится в 15 км южнее одноименного Хойлинского баритового месторождения, поэтому находки вблизи известных месторождений любого другого вида сырья повышают рентабельность комплексного освоения горнорудного узла, где могут совместно эксплуатироваться объекты инфраструктуры (дороги, транспорт, ремонтные, снабженческие базы и т.д.).

Безобжиговые огнеупоры на Полярном Урале известны давно, они составляют значительную долю комплексного сырья месторождения Центрального (массив Рай-Из), где в настоящее время успешно добываются высококачественные хромовые руды металлургических сортов. Гигантозернистые слабо серпентинизированные на 20-30 % дуниты являются вмещающими породами хромовых руд. На глубинах свыше 700 м, до которых еще не дошел карьер месторождения Центрального, серпентинизированные дуниты перейдут в абсолютно свежие разности, и будут представлять собой безобжиговое огнеупорное сырье с огромными запасами. Таким же высококачественным сырьем являются бедные и убоговкрапленные хромовые руды в свежих дунитах. Известно, что температура плавления таких пород и руд более 1800 °С, они пригодны для футеровки доменных печей, закладки фундамента атомных электростанций и других целей.

Свежие разности перидотитов (гарцбургитов и лерцолитов) известны в центральной части Пайёра (северного блока Войкаро-Сынинского массива). Размеры тел неизмененных (не серпентинизированных) пород обычно не превышают первых десятков метров, и запасы таких пород невелики. Свежие разности перидотитов не представляют большой ценности как огнеупорное сырье, так как температура плавления лерцолитов и гарцбургитов составляет 1300–1350 °С.

Впервые на Полярном Урале в пределах Хойлинского участка в полевом сезоне 2006 года нами обнаружены свежие дуниты, выходящие на дневную поверхность. Тело свежих дунитов пересечено нами тремя параллельными маршрутами и имеет видимую мощность 200-250 м при протяженности 400 м. Визуально свежие дуниты легко отличаются от серпентинизированных разностей по характерному серому цвету и тонкой корочке выветривания. Это заметно более крепкие и тяжелые породы с удельным весом – 3–3.2 г/см<sup>3</sup>. Свежие дуниты имеют широкие вариации размеров зерен оливина от нескольких миллиметров (мелко-среднезернистые дуниты с протогранулярной структурой) до гигантозернистых (пегматоидные) с величиной зерен – 5-10 см. В гигантозернистых разностях оливин имеет псевдоспайность, по которой (в незначительных количествах 1-3 %) развивается перистый и игольчатый антигорит. Дуниты насыщены акцессорным хромитом изометричного или октаэдрического габитуса, с размером зерен и кристаллов – 0.5-5 мм. Содержание акцессорного хромита в дуните достигает 1-3 %, наблюдаются струйки и гнезда с повышенной вкрапленностью хромшпинелида до 10 %. Акцессорный хромшпинелид – это хромит с содержанием Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 53-58 %. Методика оценки степени серпентинизации пород с помощью термического анализа в сочетании с химическим анализом и описанием шлифов была разработана и опубликована нами ранее [1, 2].

В лабораторных условиях Института геологии обработано 300 протолочковых проб ультраосновных пород Хойлинского участка, изготовлены и описаны петрографические шлифы (рис. 1), проведено исследование магнитной восприимчивости,

химические (табл. 1), термические (табл. 2) анализы пород, с помощью микрозонда JSM-6400 определен химический состав первичных и вторичных породообразующих и акцессорных минералов. По результатам минералогического картирования Хойлинского участка в масштабе 1:25000 на площади 20 км<sup>2</sup> построен ряд минералогических карт и схем: дунитовой составляющей, жильной составляющей, магнитной восприимчивости пород, степени серпентинизации пород, распространения фаций метаморфизма, железистость породообразующего оливина, состава акцессорного хромшпинелида и прогнозная карта хромитонности участка.

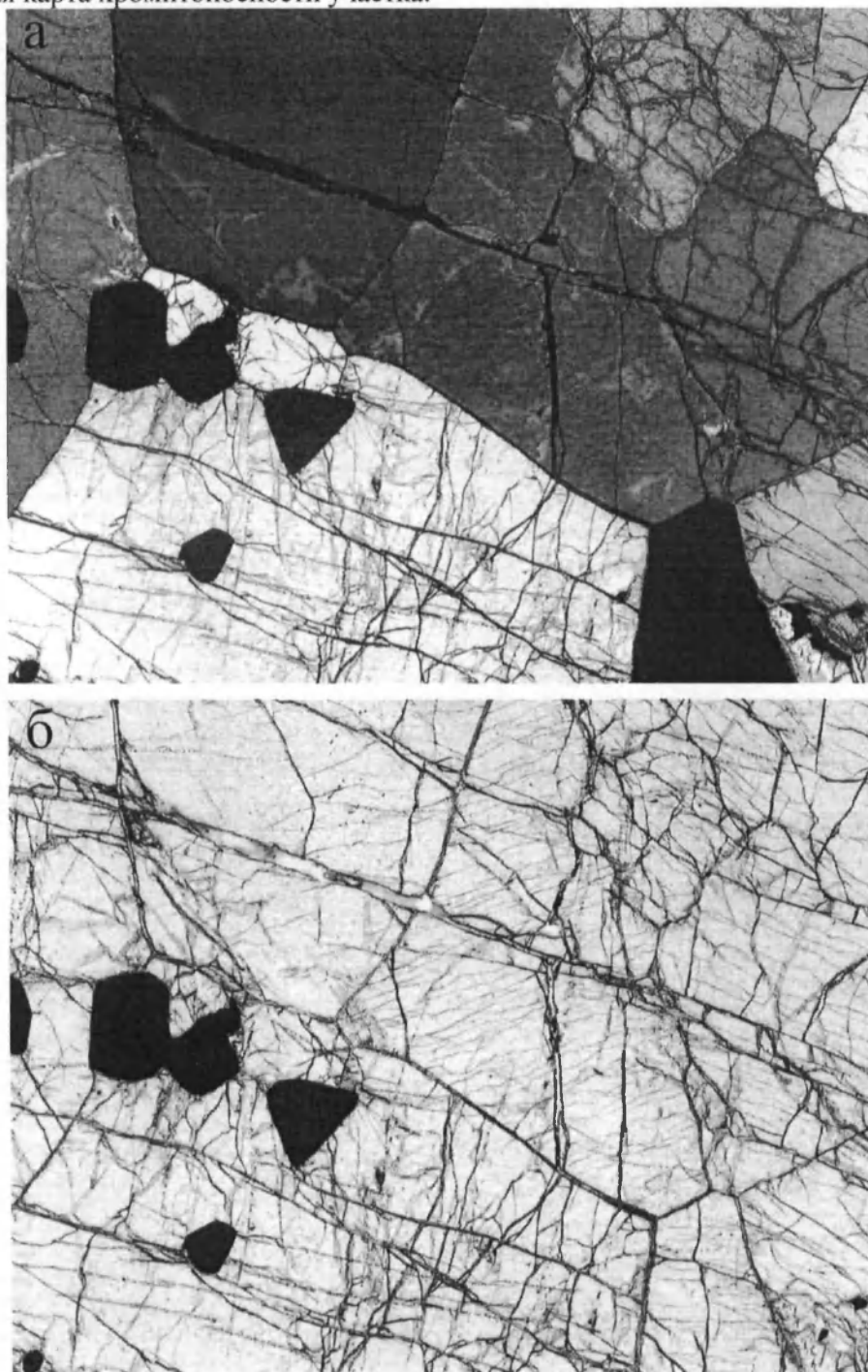


Рис. 1. Изображение шлифа среднезернистого несерпентинизированного свежего дунита (Обр. М-6050) с протогранулярной структурой: а – скрещенные, б – параллельные николи, увеличение 30. Прозрачные и разноокрашенные зерна – оливин, черные октаэдрические кристаллы – акцессорный хромшпинелид

Таблица 1

**Химический (рентгенофлуоресцентный) анализ дунитов  
Хойлинского участка (вес. %)**

| № обр. | Порода                         | 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 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|--------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------------------|------|-------------------|------------------|--------------------------------|
| M-6016 | дунит                          | 34.96            | 0.02                          | 0.30                           | 5.79                           | 2.90  | 0.12  | 41.99                         | 0.02 | 0.03              | 0.03             | 0.40                           |
| M-6017 | д. свеж                        | 39.10            | 0.02                          | 0.07                           | 2.86                           | 6.47  | 0.15  | 47.50                         | 0.01 | 0.02              | 0.03             | 0.52                           |
| M-6049 | д. свеж                        | 39.08            | 0.02                          | 0.33                           | 2.19                           | 5.69  | 0.11  | 48.59                         | 0.16 | 0.08              | 0.03             | 0.51                           |
| M-6050 | д. свеж                        | 38.80            | 0.02                          | 0.34                           | 0.90                           | 6.58  | 0.09  | 50.96                         | 0.06 | 0.03              | 0.03             | 0.99                           |
| M-6051 | д. свеж                        | 39.20            | 0.01                          | 0.11                           | 2.01                           | 6.33  | 0.12  | 48.80                         | 0.07 | 0.03              | 0.03             | 0.75                           |
| M-6059 | д. свеж                        | 39.92            | 0.01                          | 0.09                           | 2.55                           | 6.49  | 0.13  | 47.24                         | 0.28 | 0.04              | 0.03             | 0.05                           |
| M-6060 | д. свеж                        | 37.52            | 0.01                          | 0.14                           | 1.99                           | 5.99  | 0.11  | 51.46                         | 0.01 | 0.03              | 0.03             | 0.44                           |
| M-6078 | д. свеж                        | 38.67            | 0.01                          | 0.10                           | 3.54                           | 6.46  | 0.13  | 46.54                         | 0.03 | 0.06              | 0.01             | 1.27                           |
| M-6058 | дунит                          | 35.81            | 0.01                          | 0.80                           | 4.42                           | 5.19  | 0.15  | 46.41                         | 0.01 | 0.03              | 0.03             | 0.38                           |
| M-6061 | дунит                          | 37.99            | 0.01                          | 0.10                           | 5.10                           | 3.59  | 0.10  | 43.62                         | 0.01 | 0.02              | 0.03             | 0.64                           |
| M-6062 | дунит                          | 36.69            | 0.02                          | 0.41                           | 5.46                           | 4.09  | 0.14  | 45.67                         | 0.05 | 0.02              | 0.03             | 0.26                           |
| № обр. | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NiO              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CO <sub>2</sub>                | H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | Sum   | ППП   | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> | Mgz  | Spl               | Di               | Fa                             |
| M-6016 | 0.40                           | 0.25             | 0.10                          | 0.52                           | 1.44                           | 88.87 | 13.20 | 11.13                         | 1.00 | 1.00              | 0.09             | 8.1                            |
| M-6017 | 0.52                           | 0.25             | 0.02                          | 0.17                           | 0.58                           | 97.78 | 2.87  | 2.22                          | 0.33 | 1.16              | 0.04             | 8.0                            |
| M-6049 | 0.51                           | 0.25             | 0.02                          | 0.23                           | 0.51                           | 97.80 | 2.93  | 2.20                          | 0.44 | 1.14              | 0.64             | 6.8                            |
| M-6050 | 0.99                           | 0.25             | 0.01                          | 0.02                           | 0.18                           | 99.26 | 0.95  | 0.74                          | 0.04 | 2.17              | 0.23             | 6.3                            |
| M-6051 | 0.75                           | 0.27             | 0.01                          | 0.12                           | 0.56                           | 98.42 | 2.28  | 1.58                          | 0.23 | 1.67              | 0.28             | 7.1                            |
| M-6059 | 0.05                           | 0.22             | 0.02                          | 0.19                           | 0.65                           | 97.91 | 2.92  | 2.09                          | 0.36 | 0.11              | 1.11             | 7.8                            |
| M-6060 | 0.44                           | 0.23             | 0.02                          | 0.11                           | 0.42                           | 98.51 | 2.03  | 1.49                          | 0.21 | 0.98              | 0.04             | 6.6                            |
| M-6078 | 1.27                           | 0.24             | 0.01                          | 0.29                           | 0.54                           | 97.90 | 3.04  | 2.10                          | 0.56 | 2.85              | 0.12             | 8.6                            |
| M-6058 | 0.38                           | 0.20             | 0.01                          | 0.41                           | 0.75                           | 94.61 | 6.56  | 5.39                          | 0.79 | 0.88              | 0.04             | 8.2                            |
| M-6061 | 0.64                           | 0.25             | 0.01                          | 0.32                           | 0.99                           | 92.78 | 8.63  | 7.22                          | 0.61 | 1.52              | 0.04             | 7.9                            |
| M-6062 | 0.26                           | 0.24             | 0.01                          | 0.32                           | 0.91                           | 94.32 | 6.98  | 5.68                          | 0.61 | 0.61              | 0.21             | 8.2                            |

Расчетные параметры: Mgz – магнезит, Spl – хромшпинелид, Di – диопсид, Fa – железистость оливина.

Таблица 2

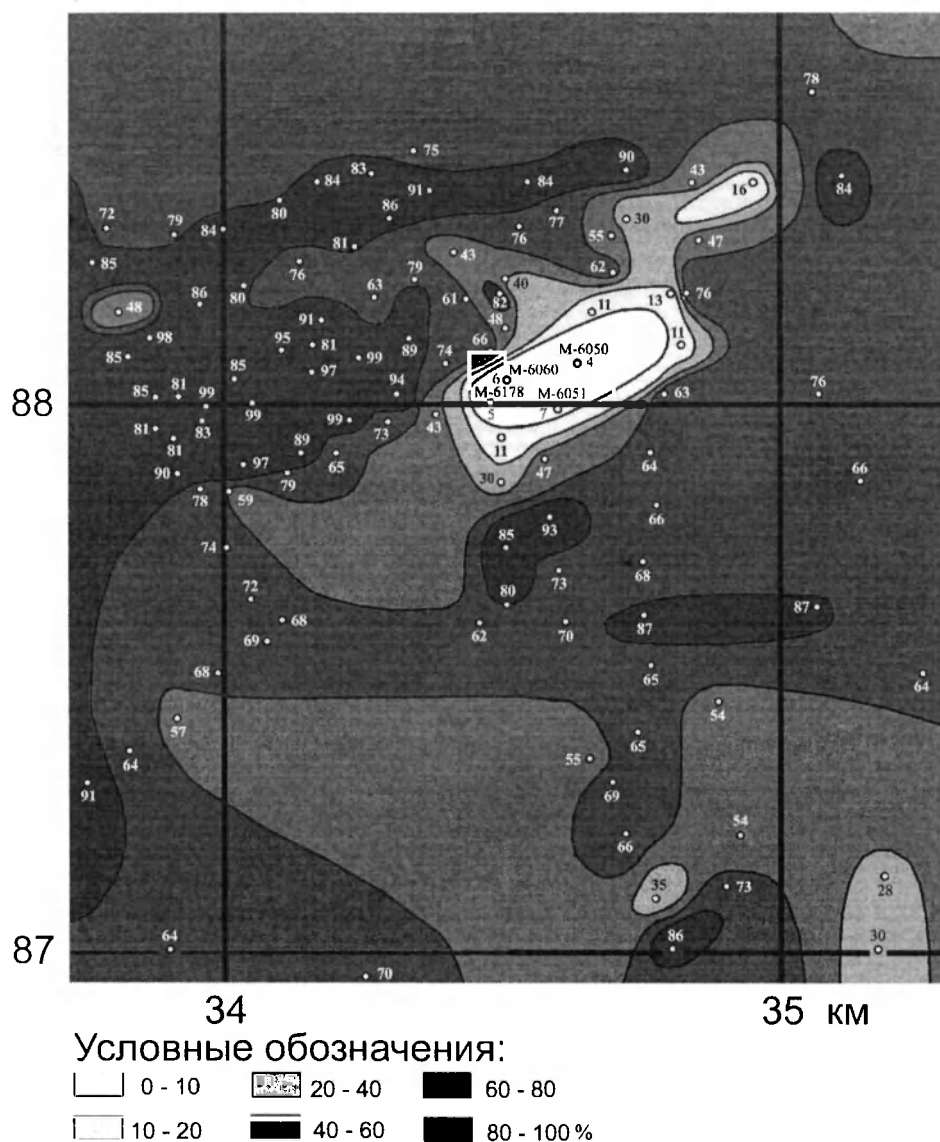
**Содержание вторичных минералов в дунитах Хойлинского участка  
по результатам термического анализа**

| №№ точек | Порода  | Brc   | β-Lis | α-Lis | Ant  | Chl  | Mgt  | Mgz  | ΣSpn  | Sul  |
|----------|---------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|
| M-6016   | дунит   | 11.74 | 0.00  | 57.32 | 5.36 | 0.31 | 0.23 | 1.00 | 75.96 |      |
| M-6017   | д. свеж | 3.87  | 0.00  | 6.93  | 0.00 | 0.31 | 0.30 | 0.33 | 11.74 | 0.60 |
| M-6049   | д. свеж | 2.84  | 0.00  | 6.93  | 0.00 | 0.31 | 1.05 | 0.44 | 11.57 |      |
| M-6050   | д. свеж | 0.26  | 2.83  | 0.00  | 0.00 | 0.94 | 0.10 | 0.04 | 4.18  | 0.60 |
| M-6051   | д. свеж | 2.58  | 0.00  | 3.46  | 0.00 | 0.31 | 0.40 | 0.23 | 6.99  | 0.84 |
| M-6059   | д. свеж | 2.32  | 0.00  | 7.87  | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 0.36 | 11.34 | 1.56 |
| M-6060   | д. свеж | 2.06  | 1.26  | 1.89  | 0.00 | 0.00 | 0.51 | 0.21 | 5.94  | 1.68 |
| M-6078   | д. свеж | 2.19  | 0.00  | 9.45  | 0.00 | 0.0  | 0.86 | 0.56 | 13.06 |      |
| M-6058   | дунит   | 6.71  | 0.00  | 19.37 | 0.00 | 2.68 | 0.33 | 0.79 | 29.87 | 0.60 |
| M-6061   | дунит   | 6.45  | 28.35 | 9.45  | 0.00 | 3.15 | 0.29 | 0.61 | 48.30 |      |
| M-6062   | дунит   | 4.52  | 23.31 | 7.24  | 0.00 | 3.78 | 0.35 | 0.61 | 39.81 | 0.24 |

Условные обозначения: Brc – брусит, β-Lis – β-лизардит, α-Lis – α-лизардит, Ant – антигорит, Chl – хлорит, Mgt – магнетит, Mgz – магнезит, ΣSpn – сумма вторичных минералов, Sul – сульфиды.

Фрагмент карты степени серпентинизации ультраосновных пород Хойлинского участка приведен на рис. 2, где видно расположение и размеры тела неизмененных

свежих дунитов. Граница свежих дунитов проведена по изолинии 10 % суммы вторичных минералов. Подобная находка крупного выхода на дневную поверхность неизмененных свежих дунитов является первой не только для Полярного Урала, но и для Урала в целом.



**Рис. 2. Фрагмент схематической карты степени серпентинизации ультраосновных пород Хойлинского участка. Не закрашены свежие дуниты. Изолиниями и цифрами возле точек опробования показаны градации степени метаморфических изменений (серпентинизация, в %) ультраосновных пород по результатам термического анализа**

Среднемасштабные минералогические карты-схемы построены нами для всех трех ультрабазитовых массивов Полярного Урала – Сыумкеуского, Райизского и Войкаро-Сынинского, они опубликованы в монографии и ряде статей [2-10]. Широкая полоса выходов слабо серпентинизированных и десерпентинизированных в гранулитовую фацию метаморфизма ультраосновных пород известна в центральной субширотной зоне метаморфизма Райизского массива. Однако здесь распространены не дуниты, а оливиниты, в которых акцессорным рудным шпинелидом вместо хромита является магнетит.

Райизские оливиниты обладают высокой магнитной восприимчивостью –  $2000-4000 \times 10^{-6}$  ед. СИ (т.е. содержат 1-2 % магнетита) и не отвечают требованиям ГОСТа для огнеупоров по этому признаку. Напомним, что на райизском месторождении

Центральном свежие дуниты, пригодные для использования в качестве безобжиговых огнеупоров, до сих пор еще и не вскрыты карьером, а может быть, будут вскрыты только штольной. Хойлинские неизменные дуниты имеют магнитную восприимчивость от 50 до 1000 ед.

Прогнозные ресурсы по категории  $P_1$  вновь открытого месторождения дунитовых огнеупоров в пределах Хойлинского участка легко подсчитать, исходя из размеров выхода свежих пород и предположения, что на глубину мощность тела соответствует видимой ширине тела свежих дунитов. Тогда объем тела  $V = 400 \times 200 \times 200 = 16000000 \text{ м}^3$ , а ресурсы  $P_1 = 50$  млн. т. Конечно, значение этого месторождения и вероятность его разработки будут в решающей степени зависеть от нахождения вблизи от него хотя бы среднего по запасам хромитового месторождения.

\* \* \*

1. **Брянчанинова Н.И., Макеев А.Б.** Методика исследования серпентинизации ультрабазитов // Минеральные индивиды, агрегаты, парагенезисы. Сыктывкар, 1995. С. 4–11. (Тр. Ин-та геол. Коми науч. центра УрО РАН; Вып. 88).
2. **Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И.** Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала. СПб: Наука, 1999. 257 с.
3. **Брянчанинова Н.И., Макеев А.Б.** Серпентинизация ультрабазитов Войкар-Сынинского массива // Минералогия Тимано-Североуральского региона. Сыктывкар, 1989. С. 85–96. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО АН СССР; вып. 72).
4. **Брянчанинова Н.И., Макеев А.Б.** Эволюция вторичных минеральных парагенезисов ультрабазитов (карта метаморфизма массива Рай-Из). «Структура и эволюция минерального мира». Сыктывкар, 1997, С. 149–150.
5. **Брянчанинова Н.И., Макеев А.Б.** Серпентиниты Полярного Урала какие они есть // Вестник Института геологии. Сыктывкар: Геопринт; 2004. № 3. С. 15–19.
6. **Макеев А.Б.** Критерии глубинного прогноза хромитоносности // Проблемы экономики минерального сырья Тимано-Печорского ТПК. Сыктывкар, 1989. С. 32–42.
7. **Макеев А.Б.** Минералогия альпинотипных ультрабазитов. СПб: Наука, 1992. 197 с.
8. **Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И.** Прогнозная оценка ультрабазитов Полярного Урала на огнеупорное сырье // Тез. всес. конф. Физико-химические основы переработки бедного природного сырья и отходов промышленности при получении жаростойких материалов. Т. 2. Сыктывкар, 1989. С. 100.
9. **Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И.** Особенности серпентинизации массива Сыум-Кей // Минеральные индивиды, агрегаты, парагенезисы. Сыктывкар, 1995. С. 12–20. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра РАН; Вып. 88).
10. **Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И., Модянова Г.Н.** Особенности серпентинизации ультраосновных пород массива Рай-Из // Минералы и минералообразование. Сыктывкар, 1985. С. 80–86. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО АН СССР; вып. 50).

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, ЗАО «МИРЕКО», г. Сыктывкар