Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 104

УДК 552.321.6(470.2)

ОТРАЖЕНИЕ РУДОГЕНЕЗА В ИЗМЕНЧИВОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УЛЬТРАМАФИТОВ (КАРЕЛО-КОЛЬСКИЙ РЕГИОН)

Г.П.ШАБАЛДИН

Выявление и содержательный анализ индикаторных особенностей химического состава и физических свойств пород и руд в различных по структурно-формационной позиции и метаморфизму ультрамафитовых комплексах имеет существенное значение для петрологии и металлогении. Особенно важным представляется выявление устойчивых связей „состав - свойства" рудоносных древних метаультрамафитов для повышения эффективности геолого-геофизических исследований в условиях плохой обнаженности, характерной, в частности, для большинства структурно-минерагенических зон восточной части Балтийского щита, перспективных для поисков медно-никелевых, асбестовых, хромитовых и других месторождений [2, 3, 9, 12].

С целью установления и анализа этих связей, отражающих своеобразие конституции различных ультрамафитов и ассоциирующих с ними руд, а также основные факторы и тенденции петро- и рудогенеза, проведены комплексные геолого-петрографические, минералогические, петрогеохимические и петрофизические исследования с последующей обработкой результатов на ЭВМ „Минск-32" в ИВЦ ВСЕГЕИ по методу главных компонент (МГК).

Основная задача - сравнительная петрогеохимическая и петрофизическая характеристика различных ультрамафитовых комплексов - решалась на основе авторской коллекции образцов и проб к ним из существенно ультрамафитовых массивов Имандра-Варзугской зоны, включая ее южное обрамление, и Ветреного пояса - преимущественно западной и центральной его частей.

В образцах измерена плотность ρ, индуктивная J_i и остаточная J_n намагниченность; в пробах химическим и спектральным анализами определено содержание петрогенных компонентов, типоморфных рудных элементов и характерных примесей (табл.I). Средний химический состав ультрамафитов никеле- и асбестоносной Каменноозерской зоны Ветреного пояса (табл.I, выборка В), которые целесообразно выделить в качестве самостоятельного - вожминского комплекса (по названию самого крупного и представительного массива), рассчитан с использованием материалов Восточно-Карельской партии (ЦХЛ Северо-Западного ПГО), а геохимическая и петрофизическая характеристика этой выборки приведена по данным спектрального анализа (лаборатория ВСЕГЕИ) и измерений физических свойств образцов - дубликатов химических проб. Петрофизические исследования в комплексе с геолого-петрографическими и минералого-графическими проведены тематической группой экспедиции Западного геофизиче-

Таблица 1

Химический состав, физические свойства и структура генеральной компоненты (ГК) изменчивости ультрамафитов Имандра-Варзугской зоны (ИВ) и различных комплексов Ветреного пояса (К, В, М)

Переменные	Выборочные оценки: средних				стандартов				Факторная нагрузка переменных в ГК, 10^2			
	ИВ* / 11	К / 7	В / 17	М / 14	ИВ / 11	К / 7	В / 17	М / 14	ИВ* / 46	К / 51	В / 38	М / 65
	Содержание петрогенных окислов, масс. %											
SiO_2	41,0	38,1	38,9	40,2	3,2	1,1	5,5	7,9	+96	+96	+68	+99
TiO_2	0,64	0,22	0,24	0,16	0,47	0,06	0,26	0,13	+60	+79	+84	(+)**
Al_2O_3	4,8	3,7	2,2	1,8	1,7	0,7	1,7	1,1	+64	+72	+77	+57
Fe_2O_3	5,9	6,0	6,7	6,8	2,2	1,9	3,7	4,4	-83	+95	-56	-97
FeO	7,9	8,1	5,9	6,4	1,3	2,1	3,3	1,8	(+)	+93	+82	+54
MnO	0,14	0,15	0,22	0,15	0,02	0,02	0,09	0,03	(-)	(+)	+59	(+)
MgO	27,0	32,0	29,4	30,4	4,9	2,1	6,7	7,1	-98	-95	-96	-94
CaO	5,7	2,2	4,8	4,2	4,2	0,4	4,8	6,6	+97	+96	+74	+87
Na_2O	0,22	0,10	0,19	0,30	0,15	0,01	0,10	0,3	+69	(-)	+55	+92
K_2O	0,06	0,13	0,14	0,09	0,04	0,09	0,08	0,06	(+)	+70	(+)	(+)
H_2O^-	0,39	0,50	0,16	0,83	0,17	0,13	0,13	0,38	(-)	(-)	-53	-96
П.п.п.	5,5	8,0	10,9	8,0	2,3	0,4	4,8	4,9	-78	-85	-70	-97
	Содержание рудных элементов и примесей, г/т											
Ni	818	493	1740	920	414	330	1870	410	-78	(-)	(-)	-88
Co	56	73	66	65	18	13	20	32	-82	(-)	(-)	-85
V	29	69	40	51	24	34	21	36	+70	(+)	+49	+94
Cr	1730	2360	2430	2590	680	630	2710	2540	(+)	(-)	(-)	+77
Mo	6,3	3,3	3,3	4,3	1,0	0,7	0,6	0,6	(-)	-84	(-)	+82
Cu	127	60	249	116	201	15	296	201	(+)	(+)	+50	(-)
Zn	82	129	147	92	18	26,7	54	58	(+)	-97	+49	-83
	Физические свойства											
ρ, г/см^3	2,85	2,78	2,86	2,80	0,13	0,03	0,16	0,27	+85	(+)	+84	+96
$\lg J_i$, 10^{-2} А/м	2,51	2,35	2,70	2,10	0,26	0,55	0,43	0,78	-82	-95	-77	-87
$\lg J_n$ 10^{-2} А/м	2,80	3,38	3,11	2,27	0,64	0,82	0,46	0,70	-67	-83	-60	-78

* В знаменателе число проб и доля общей дисперсии в ГК в процентах.

** (+) и (-) – незначимые факторные нагрузки.

ского треста при непосредственном участии автора (в 1976-1978 гг.), а их результаты частично опубликованы [2, 9, 12], что позволяет привести здесь в основном данные по связям химического состава и физических свойств.

В ы б о р к а ИВ (табл.1) представляет ультрамафиты Имандра-Варзугской зоны карелид Кольского полуострова, включая метаперидотиты мелких линзовидных тел в гнейсах ее южного обрамления (участок и одноименный массив Кривец, три анализа). В этой выборке преобладают метаверлиты и серпентиниты дунит-верлитового ряда, отчасти амфиболизированные и хлоритизированные, Полисарского и Панареченского массивов, которые объединяются, иногда вместе с интенсивно измененными ультраосновными и основными породами зоны Варзугского разлома (участок ручья Фомкина), в имандра-варзугский интрузивный комплекс габбро-верлитовой формации, сопоставляемый с печенгским никеленосным комплексом [4]. Это объединение и сопоставление отчасти условно и недостаточно аргументировано, в частности для метагабброидов и ультрамафитов зоны Варзугского разлома, поэтому последние не вошли в выборку. Вместе с тем в расчет среднего включен анализ метапироксенитов - дифференциатов наиболее характерного представителя габбро-верлитовой формации Имандра-Варзугской зоны - Полисарского массива, в котором на долю этих пород приходится около 10 % объема ультрамафитов, что соответствует и количественному соотношению анализов в выборке ИВ 1:10. Это позволяет рассматривать средний состав, а также основные факторы и тенденции изменчивости ультрамафитов имандра-варзугского комплекса на формационном уровне, игнорируя некоторые особенности химического состава и физических свойств пород из различных массивов Имандра-Варзугской зоны и ее южного обрамления, обусловленные различиями их структурной позиции и, отчасти, метаморфизма.

В ы б о р к а В (табл.1) кроме преобладающих в составе Вожминского массива и одноименного комплекса серпентинитов и серпентинизированных гипербазитов дунит-перидотитового (верлитового) ряда (15 анализов) включает два анализа метапироксенитов, что примерно соответствует и соотношению этих пород, если считать массив двухфазным, а пироксениты - дифференциатами остаточного расплава, обогащенного сульфидным веществом и образованного при кристаллизации пород главной фазы [3]. В связи с дискуссионностью формационной типизации рассматриваемых пород следует отметить, что новые данные и трактовка [3] согласуются с авторскими [9-11] о принадлежности вожминского комплекса к древней гипербазитовой формации щитов, хотя номенклатура некоторых разновидностей ультрамафитов требует пересмотра и уточнения. Так, в частности, „оливинитами" именуются существенно серпентиновые породы предположительно аподунитовой природы, для которых более правильным представляется название „гиподунитовые серпентиниты", точнее отражающее особенности их конституции. С этими особенностями связано и своеобразие физических свойств асбестоносных и никеленосных (с хизлевудитом) серпентинитов, которые значимо отличаются по плотности и намагниченности от серпентинизированных пород метаверлитового ряда и гипербазитов вожминского комплекса в целом, обладающих, по сравнению с одноименными породами других

комплексов Ветреного пояса, повышенной намагниченностью, в основном остаточной [9, 12].

Выборка К (табл.I) достаточно представительно, несмотря на относительную малочисленность (семь анализов), отражает химический состав серпентинизированных перидотитов - метаверлитов, преобладающих в Калгачихинской группе массивов (гора Волкова, Залинье, Роин-гора и др.), которые объединяются, с долей условности, в одноименный комплекс, поскольку новые данные [3] позволяют предполагать пространственное совмещение разновозрастных и разнотипных, существенно серпентинитовых массивов на участках сочленения гипербазитовых поясов лопия, в частности Калгачихинского северо-западного пояса, с зонами глубинных разломов протерозоя, контролировавших проявления пикрит-перидотитового магматизма суйсария и щелочно-ультраосновной магматизм рифея [3, 8, 11]. В этой связи существенное, по мнению автора, значение для формационно-минерагенического анализа близких по составу ультрамафитовых ассоциаций имеет сравнительное комплексное исследование взаимосвязанных особенностей химического состава и физических свойств пород из массивов различной структурной позиции и с разнотипной рудной минерализацией. Поэтому в выборку К включены близкие по плотности (степени серпентинизации) метаверлиты с резко варьирующей, в том числе очень высокой остаточной намагниченностью, не характерной для гипербазитов Калгачихинского пояса в целом, но сопоставимой по средним значениям с намагниченностью рудоносных гипербазитов выборки В. Однако в отличие от последних метаверлиты калгачихинского комплекса не содержат практически интересной сульфидной медно-никелевой минерализации, обладая минимальными содержаниями и дисперсиями этих элементов (табл.I), что не позволяет считать повышенную остаточную намагниченность непременным и достаточным признаком никеленосных гипербазитов Ветреного пояса. Корреляционным и факторным анализом на основе МГК выявляются дополнительные особенности химического состава, физических свойств и связей между ними, отличающие ультрамафиты выборок В и К.

Выборка М (табл.I) характеризует ультрамафиты Монастырской северо-западной зоны глубинного разлома, которые условно выделяются здесь в ранге одноименного комплекса - вероятного гомолога пироксенит-перидотитовой формации [10], или относятся к абиссальной фации пикрит-перидотитового комплекса суйсария [3]. Кроме преобладающих в составе этого комплекса серпентинизированных гипербазитов дунит-перидотитового ряда (10 анализов), в том числе пикрито- и меймечитоподобных [8], в выборку вошли четыре анализа пироксенитов диаллагит-вебстеритового состава, включая оливиновые и плагиоклазовые их разности, что с учетом гравимагнитных данных приблизительно соответствует предполагаемой распространенности этих пород. Это позволяет достаточно представительно оценить по выборке средний состав ультрамафитов комплекса и проанализировать особенности корреляционных и компонентных связей с учетом различных дифференциатов, а также минерагенического своеобразия. Последнее заключается в наличии вкрапленного сульфидного медно-никелевого, жильного хромитового оруденения [2, 3] и хризотил-

асбестовой минерализации. Поскольку в ультрамафитах суйсария, к которым относятся по новым данным и монастырские, не было ранее известно какой-либо рудной минерализации, открываются новые перспективы для прогнозно-минерагенических исследований. При этом следует учитывать возможную связь с монастырской зоной, включая ее северное и южное продолжение, щелочно-ультраосновного, в частности кимберлитового магматизма [8, 10]. Формационная типизация ультрамафитов монастырского комплекса затруднена недостаточной, в целом, изученностью, однако имеющиеся геолого-петрографические и петрогеохимические данные не позволяют согласиться с отнесением их к наиболее глубинной - абиссальной фации перидотитов [3]. Вместе с тем следует признать удачным термин „пикрит-перидотитовый", хотя использование его на формационном уровне потребует специального обоснования, исходя из общего состояния номенклатуры и систематики древних ультрамафитовых ассоциаций, обладающих существенными особенностями по сравнению с фанерозойскими [10, 11].

Переходя к сравнению выборок, отметим, что выводы о сходстве или различии, а также значимости связей основаны на соответствующих статистических критериях (Стьюдента, Фишера и др.) для 95-процентной надежности, вполне достаточной в практических задачах [6]. Ограниченный объем статьи не позволяет привести эти расчеты и корреляционные матрицы для каждой выборки, но самые показательные и существенные связи отражены в структуре генеральной компоненты изменчивости (табл.I). Отметим следующие основные черты сходства сопоставляемых комплексов: однотипность компонентных связей кремния, алюминия, магния, кальция, п.п.п. и намагниченности, причем магний выступает антагонистом других петрогенных элементов за исключением окиси железа. Это сходство и близость выборочных средних в целом к составам перидотитов лерцолит-верлитового ряда и некоторых мелапикритоидов [1] позволяют предполагать высокую - более 50 %, хотя и варьирующую степень плавления мантийного вещества при магмогенезе, с вероятным захватом части избыточного - ликвидусного оливина. Этим можно объяснить несколько меньшую кислотность и щелочность гиподунит-верлитовых комплексов по сравнению с составом 65-процентной выплавки из гранатового перидотита, полученной Р.Вендландтом и Б.Мейсоном (1980 г.) при T = 1600 °С и P = = 1500 МПа. Не исключено, а для некоторых комплексов вероятно (ИВ, В, К) предварительное частичное рестирование субстрата при выплавлении пикрит-базальтовых и коматиитовых расплавов, но считать рассматриваемые существенно верлитовые ассоциации гомологами фанерозойских дунит-гарцбургитовых (альпинотипных гипербазитовых поясов), по мнению автора, нецелесообразно [10, 11]. Учитывая различия состава, тектонической позиции и возраста, которые сопряжены с особенностями минерагении, есть веское основание для выделения древних гипербазитовых комплексов, включая вожминский и калгачихинский, в качестве кратонотипных (субформация гипербазитового типа, противопоставляемая альпинотипной).

Характерной особенностью ультрамафитов Имандра-Варзугской зоны Кольского полуострова (выборка ИВ), которые относятся к габбро-верлитовой

формации, является, в отличие от различных комплексов Ветреного пояса в целом (выборки В, К, М), повышенное содержание титана, в меньшей степени молибдена и пониженная средняя гидратация - серпентинизация (табл.I). Показательно также, что по структуре ГК - связям магния, кальция, кремния, натрия и алюминия - выборка ИВ почти аналогична серпентинизированным гипербазитам Печенги [7], что подтверждает эффективность МГК для формационного анализа. Вместе с тем некоторые элементы, в частности титан и железо, несмотря на более высокие концентрации в печенгских гипербазитах, не имеют значимых факторных нагрузок, тогда как в безрудных ультрамафитах выборки ИВ их связи с ГК существенны. Это позволяет считать титан и окисное железо показателями минерагенических особенностей ультрамафитов габбро-верлитовой формации, обусловленных, вероятно, различиями исходных расплавов и тектонических обстановок формирования массивов, в том числе глубин становления, с чем связана меньшая степень дифференциации имандра-варзугского комплекса [4].

Метаверлиты выборки К, структурно связанные с северо-западной зоной Пулозерско-Калгачихинского глубинного разлома в центральной - осевой части Ветреного пояса, обычно считаются формационными гомологами печенгского и имандра-варзугского комплексов, и лишь в последнее время однотипность существенно серпентинитовых массивов этого района ставится под сомнение [3, IO, II]. В этой связи следует отметить значимые различия выборок ИВ и К не только по концентрациям титана и молибдена, о чем сказано выше, но и по средним содержаниям петрогенных окислов - кремния, магния, кальция, натрия, а также других примесных элементов - кобальта, ванадия, цинка. С учетом этих особенностей представляется целесообразным выделить Калгачихинскую группу массивов в ранг одноименного комплекса (или субкомплекса) и по аналогии с вожминским условно отнести его к гипербазитовой формации, поскольку по петрогенным элементам (кроме кальция, алюминия и натрия) значимых различий между ними не устанавливается (табл.I). Это справедливо и для концентраций хрома, молибдена, кобальта и цинка, а также физических свойств метаверлитов, по крайней мере для участка оз.Калгачихи. Вместе с тем последние отличаются от рудоносного вожминского комплекса значительно меньшими концентрациями никеля и меди, а также кальция, натрия, марганца и меньшей степенью серпентинизации, но имеют повышенное содержание глинозема и ванадия (табл.I). Кроме того, для выборки К в отличие от В характерны низкие дисперсии большинства петрогенных и рудных элементов, а также п.п.п. и плотности, что связано, возможно, с различной минерагенической продуктивностью этих комплексов. Отражением геохимического своеобразия выборки К является и структура ГК, в основном за счет связей цинка, молибдена и калия, причем последний имеет положительную корреляцию с закисным железом и отрицательную - с никелем и п.п.п. Анализ этих связей и соотношения щелочей является самостоятельной задачей.

Сравнение выборочных средних В и М показывает, что по химизму эти комплексы близки, но заметно различаются по содержаниям марганца и цинка, которых больше в В, тогда как в М несколько больше молибдена, вероятно,

за счет меймечитоподобных пород [8]. Следует особо отметить значимость различий по магнитным свойствам, особенно остаточной намагниченности, которая в ультрамафитах выборки М значительно ниже, чем в выборках В и К, хотя по железистости и степени окисления железа эти комплексы близки (табл.I). Дисперсии титана, железа, марганца и никеля в вожминских ультрамафитах больше, а натрия, кобальта, ванадия, плотности и намагниченности индуктивной - меньше, чем в монастырских. Структура ГК выборки М также отличается от выборки В компонентными связями почти всех рудных и примесных элементов, за исключением ванадия. Все это в целом согласуется с большей дифференцированностью монастырских ультрамафитов и некоторыми особенностями их минерагении, в частности, обособлением жильного хромитового оруденения и вкрапленной сульфидно-никелевой минерализации. Отражением этого являются, очевидно, факторные нагрузки: отрицательные у никеля, кобальта и цинка, положительные у хрома, ванадия и молибдена, хотя последняя ассоциация кажется необычной. Вместе с тем она соответствует систематике элементов по групповой стабильности их окислительных состояний [5].

Для структуры ГК выборки В - рудоносных вожминских ультрамафитов - специфична однозначная значимая компонентная связь меди, цинка, а также марганца и ванадия, противостоящих никелю, кобальту, хрому и молибдену. Поскольку основные концентраторы меди и цинка - халькопирит и сфалерит - связаны с эпигенетическим медно-никелевым оруденением в метасоматически измененных (амфиболизированных, хлоритизированных и др.) породах [3, I2], можно констатировать „чувствительность" структуры генеральной компоненты этой выборки не только к факторам дифференциации и серпентинизации (связи петрогенных элементов, п.п.п. и физических свойств), но и к тонким геохимическим связям, обусловленным различными генетическими типами оруденения в ультрамафитах вожминского комплекса.

Анализ геохимической и петрофизической изменчивости в связи с различной рудоносностью ультрамафитов вожминского комплекса (табл.2) подтверждает на более представительном материале предварительное заключение [I2] о различии по физическим свойствам ультрамафитов с различными типами оруденения: В 2 и В 3. Выборка В I неоднородна - включает жильные сульфидные безникелевые руды, значительно более плотные, чем безрудные серпентиниты и метаультрамафиты с вкрапленной минерализацией. Эта неоднородность проявлена в структуре ГК: содержание серы и плотность имеют сильные отрицательные факторные нагрузки в отличие от других переменных, что дает основание интерпретировать ГК как фактор эпигенетического сульфидного безникелевого оруденения. Сравнение последнего с В 3 является самостоятельной задачей по расчленению В I и анализу связей в более однородных совокупностях. В структуре ГК выборки В 2 проявлены однозначные отрицательные значимые нагрузки плотности и содержания меди, что указывает на связь халькопирита с обогащенными сульфидами, отчасти эпигенетическими, серпентинизированными гипербазитами, т.е. на смешанный характер минерализации вкрапленного сульфидно-никелевого оруденения. Однозначные факторные нагрузки в ГК выборки В 3 свидетельствуют о существенной перестройке связей содержания серы, меди и плотности в эпигенетических медно-никелевых рудах.

Таблица 2

Геохимическая и петрофизическая характеристика ультрамафитов вожминского комплекса с разнотипным оруденением

Переменные	Статистические оценки по выборкам[x]									Структура ГК[xxx]		
	средних			стандартов			различий[xx]					
	В 1 / 100	В 2 / 69	В 3 / 40	В 1 / 100	В 2 / 69	В 3 / 40	В 1 / В 2	В 1 / В 3	В 2 / В 3	В 1 / 45	В 2 / 28	В 3 / 45
Ni, %	0,15	0,32	0,75	0,09	0,07	0,47	з/з	з/з	з/з	+67	+85	+56
Ni сульфидный, %	н.о.	0,29	0,68	н.о.	0,08	0,45	н.о.	н.о.	з/з	н.о.	+87	+55
Co, %	0,012	0,02	0,04	0,006	0,003	0,03	з/з	з/з	з/з	+68	+60	+45
Cu, %	0,048	0,05	0,18	0,047	0,040	0,12	н/н	з/з	з/з	(+7)	-24	+73
S, %	2,79	0,73	5,16	5,80	0,46	3,88	з/з	з/з	з/з	-68	(-13)	+95
ρ, г/см^3	2,88	2,76	3,09	0,20	0,06	0,17	з/з	з/н	з/з	-70	-50	+81
$\lg J_i, 10^{-1}$ А/м	1,40	2,11	1,21	0,88	0,24	0,55	з/з	н/з	з/з	+82	+27	+38
$\lg J_m, 10^{-1}$ А/м	1,73	2,51	1,52	1,10	0,44	0,65	з/з	н/з	з/з	+77	+43	+64
J_n / J_i	н.о.	3,18	2,79	н.о.	2,00	2,69	н.о.	н.о.	н/з	н.о.	+35	+76

[x] Выборки (в знаменателе число проб и доля общей дисперсии в процентах): В 1 – безрудные серпентиниты и метаультрамафиты с вкрапленной и жильной сульфидной безникелевой минерализацией; В 2 – серпентинизированные гипербазиты с бедным вкрапленным сульфидно-никелевым оруденением преимущественно сингенетического типа; В 3 – метаультрамафиты с богатыми вкрапленными и прожилково-вкрапленными эпигенетическими сульфидными рудами

[xx] „з" и „н" – соответственно значимые и незначимые различия средних – в числителе и дисперсий – в знаменателе, по критериям Стьюдента и Фишера для 95-процентной надежности

[xxx] В скобках – незначимые факторные нагрузки; н.о. – не определены.

Результаты комплексных петрогеохимических и петрофизических исследований существенно ультрамафитовых ассоциаций Имандра-Варзугской зоны и Ветреного пояса свидетельствуют, таким образом, о наличии статистически значимых и различных связей химического состава – минерагении – физических свойств в разных по структурно-формационной принадлежности и рудоносности ультрамафитах. Выявление и последующее использование этих связей целесообразно для повышения достоверности и эффективности формационно-минерагенических исследований и комплексной интерпретации гравимагнитных данных при картировании и изучении существенно ультрамафитовых массивов восточной части Балтийского щита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А.Ф., Кривенко А.П. Магмогенез вулканических формаций. Новосибирск, Наука, 1983. 167 с.

2. Варгин Г.П., Файнберг Ф.С., Шабалдин Г.П. Анализ результатов изучения магнитных свойств некоторых массивов гипербазитов Ветреного пояса. - В кн.: Геофизические и петрофизические исследования в Карелии. Петрозаводск, Карельский ФАН СССР, 1978, с. 104-109.

3. Земная кора и металлогения юго-восточной части Балтийского щита. Л., Наука, 1983. 303 с.

4. Имандра-Варзугская зона карелид. Л., Наука, 1982. 280 с.

5. Маракушев А.А. Петрогенезис и рудообразование. М., Наука, 1979, 262 с.

6. Родионов Д.А. Статистические решения в геологии. М., Недра, 1981. 231 с.

7. Ткаченко К.Н. Исследование петрохимии базит-гипербазитовых комплексов при помощи факторного анализа. - В кн.: Магматические формации и рудоносность базит-гипербазитов Кольского полуострова. Апатиты, КФАН СССР, 1980, с. 120-135.

8. Шабалдин Г.П. Находка меймечитоподобных горных пород на юго-востоке Балтийского щита. - Зап. ВМО, 1979, часть 108, вып. 1, с. 103-107.

9. Шабалдин Г.П. Некоторые особенности состава и физических свойств асбестоносных гипербазитов Каменноозерской зоны (Восточная Карелия) в связи с оценкой их практического значения. - В кн.: Геология, поиски и разведка нерудных полезн. ископ. Межвуз. сб. Л., изд. ЛГИ, 1980, с. 85-91.

10. Шабалдин Г.П. О минерагенических и петрохимических особенностях древних гипербазитовых комплексов в связи с формационной типизацией. - Зап. ЛГИ, 1983, т. 95, с. 69-79.

11. Шабалдин Г.П., Вселовский Н.Н., Трошков А.Ф. Анализ петрохимических и минерагенических особенностей гипербазитовых комплексов докембрия. - Зап. ВМО, 1982, часть 111, вып. 6, с. 664-673.

12. Шабалдин Г.П., Файнберг Ф.С. О связи физических свойств и никеленосности гипербазитов Каменноозерской зоны (Восточная Карелия). - В кн.: Петрологические основы формирования медно-никелевых месторождений и критерии их прогноза. Петрозаводск, Карельский ФАН СССР, 1978, с. 198-201.