

Полосчатая текстура фиксирует собой положение неоднократно (несколько десятков) возникавших в одном и том же месте трещин отрыва одного и того направления, каждая из которых раскрывалась на десятые или сотые доли миллиметра и заполнялась жильными минералами; затем образовывалась новая трещина, и так далее. Такое неоднократное малоамплитудное трещинообразование в одном и том же месте и постепенное нарастание мощности прожилков может быть связано с постепенным медленным растяжением вмещающих пород [2,3].

Малоамплитудное раскрытие трещины с образованием тонкополосчатой текстуры было свойственно начальным стадиям формирования прожилка, а образование более поздней массивной части прожилка, к которой приурочены сульфиды, происходило путем заполнения полости раскрытия которой происходило со значительно большей амплитудой – сразу на полную мощность массивной части. Если образование полосчатой части прожилка связано с медленным растяжением вмещающих пород, то образование массивной части прожилка – со сменившимся медленным растяжением быстрым «рывком» с достаточно большой амплитудой, который привел к вхождению трещину сульфидообразующих растворов. По [6], crack-seal жилы образуются путем гидравлического трещинообразования при давлениях растворов, несколько превышающих литостатическое давление. Подобная смена характера заполнения трещины может быть связана с повышением скорости деформации вмещающих пород и, по [4], с еще большим повышением давления жилообразующих флюидов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сазонов В.Н. Гумбенты (геологическая позиция, зональность, физико-химические условия формирования и рудоносность) // Геология метаморф. комплексов. - Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1987. С.65-76.
2. Сустанов О.А. Рост и растворение индивидов черного кварца в жилах среди углеродсодержащих Верхояно-Колымской складчатой области // Записки Всесоюз. минерал. общ-ва. - 1989. - №3. - С.28-34.
3. Cox S.F., Etheridge M. A. Crack-seal fibre growth mechanisms and their significance in development of layer silicate microstructures // Tectonophys. 1983. Vol. 92, N1-3. P.147-170.
4. Cox S.F., Sum S.S., Etheridge M.A. e.a. Structural and geochemical controls on the development of tungsten hosted gold quartz vein deposits, Wattle Gully Mine, Central Victoria, Australia // Econ. Geol. 1995, Vol. 90, P.1722-1746.
5. Henderson J.R., Henderson M.N., Wright T.O. Water-sill hypothesis for the origin of certain veins in Meguma Group, Nova Scotia, Canada // Geology. 1990. Vol. 18, N7. P.654-657.
6. Ramsay J.G., Huber M.I. The Techniques of Modern Structural Geology, Vol.1.2. Academic Press, London, 1987. 700 pp.

УДК 321.6+622.18(470.54)

И.А.Малахов

## О ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЗОНАЛЬНЫХ МАССИВОВ УРАЛА И СОДЕРЖАЩИХСЯ В НИХ ПЛАТИНЫ И ПЛАТИНОИДОВ

Зональные пироксенит-дунитовые массивы Платиноносного пояса Урала в настоящее время являются пока единственными объектами, где отмечаются повышенные концентрации самородной платины и иридия, преимущественно связанные с хромитовыми сегрегациями, шлирами и жилами.



на явную перспективность и многолетний опыт их детального изучения, до сих пор не удовлетворительного объяснения происхождения и причин их повышенной платиноносности. Полученные нами за последние годы новые данные позволяют выявить особенности состава слагающих их дунитов и хромитов и более убедительно объяснить причины их явно более высокой платиноносности.

### Происхождение и условия становления концентрически-зональных массивов

Субэрициональное положение западной полосы ультраосновных массивов Платиноносного пояса представлено прерывистой цепочкой концентрически-зональных пироксенит-хромитовых массивов, располагающихся в западной краевой части обширного Тагильского массива. Определяется их непосредственной приуроченностью к Главному Уральскому разлому (ГУГРу), самому крупному на Урале. Он является основным структурным фактором, определяющим размещение большой группы массивов альпинотипных ультрабазитов хромитовой формации, включая Салатимский, залегающий в непосредственной близости от концентрически-зональных массивов. Значительная их часть при этом является хромитовой, причем наиболее высококачественные руды генетически связаны лишь с дунитами.

В отличие от них становление концентрически-зональных массивов Платиноносного пояса произошло в нижнем и среднем ордовике, как альпинотипных, а позднее, вероятнее всего в позднем ордовике. При близости в целом химического состава дунитов альпинотипных массивов и их хромитовых комплексов удалось все же обнаружить некоторые различия в их исходном составе. К числу особенностей относится более высокая щелочность последних, содержащих больше калия, что связано с широким распространением рассеянного флогопита в дунитах Нижнетагильского массива. Определенные различия намечаются и по содержанию в них титана: акцессорные и примесные хромшпинелиды в дунитах зональных массивов содержат по крайней мере на порядок больше, чем его фиксируется в хромитах дунитов альпинотипных массивов. Наконец, наличие дунитов, слагающих ядра зональных массивов, является причиной скарнирования пород с образованием клинопироксенитовых кайм в краевых их частях, что свидетельствует о высокотемпературном характере внедрившихся дунитов и вероятнее всего о их генезисе.

Нельзя также отметить, что при проведении геолого-геофизических исследований на Нижнетагильском зональном массиве в центральной его части нами была встречена магнитная аномалия весьма высокой интенсивности и вскрыты непосредственно на контакте с дунитами пироксен-гранатовые метасоматиты, образующиеся обычно около флюидоносных массивов и не характерные для ультрамафитовых массивов релитогенного происхождения.

Важно принять во внимание, что щелочные и субщелочные комплексы пород обычно встречаются в достаточно консолидированных областях и обладают значительно большей глубиной залегания, чем ультраосновные массивы, представляющие их магматические очаги, то нужно признать, что дуниты зональных массивов обладают существенно большей глубиной залегания, чем альпинотипные ультрамафиты. Это представляет большой интерес находки в коренной ферроплатине в хромитовых массивах Нижнетагильского массива реликтовых кристаллов высокомагнетиальных и явно алмазных (63,8 %  $Cr_2O_3$ ) кристаллов хромшпинелидов, принадлежащих к алмазной субфации. Их обнаружение во многом объясняет и подтверждает находку алмаза непосредственно в хромитовых массивах Салатимского пироксенит-дунитового массива на Северном Урале, сделанную в начале 1930-х годов А.А.Кухаренко, и более ранние подобные находки в районе Нижнетагильского массива, о которых писал Н.К.Высоцкий.

Что касается возможности подъема ультраосновной магмы по ГУГРу с достаточно больших глубин (около 120-150 км, то уместно в связи с этим сослаться на геофизические данные



Н.Г.Берланд [3], которая рассматривала Тагило-Магнитогорскую мегазону Урала как глобально-широкую структуру, распространяющуюся в пределы верхней мантии на глубину более 400 км.

Появившиеся в последние годы многочисленные работы свидетельствуют о взаимосвязи процессов магматизма с геодинамикой становления разнообразных рудонесущих комплексов. Нами совместно с К.К.Золотым [5] на основе детального изучения геологического строения ряда зональных платиноносных массивов была сделана попытка связать их формирование островодужной стадией, которая имеет много общего с позднегеосинклинальным этапом становления, а часто и синхронна с ним, но отличается некоторыми характерными особенностями. В первую очередь тем, что происходит в условиях режима сжатия, предопределяющего особо значительную роль летучей фазы в период формирования подобных комплексов и связанной с ними рудной минерализации.

В это же время и независимо от нас близкая концепция относительно геодинамической обстановки становления массивов Платиноносного пояса была высказана К.С.Ивановым и В.Р.Шмелевым [6], которые рассматривали их как островодужные образования и показали, что ГУГР в среднем поясе представлял собой зону субдукции, падавшую на восток, а главные вулканогенные зоны Урала являлись реликтами островных дуг и задуговых бассейнов. Подобные представления в последнее время получили достаточно широкое распространение среди уральских геологов, занимающихся изучением платиноносности уральских пород и руд [1], правда, крайне редко приводятся какие-либо факты и доказательства для их обоснования.

### Платиноносность зональных массивов Урала и ее связь с геодинамикой их становления

В последние годы как на Урале, так и в других регионах мира было получено большое количество химико-аналитических данных по содержанию платины и платиноидов в основных разновидностях ультрамафитов альпинотипных массивов и из дунитов и хромитов зональных массивов. Как неоднократно отмечал Б.В.Перевозчиков [8], занимавшийся детальным изучением ряда полярноуральских альпинотипных массивов, для многих слагающих их дунит-гарцбургитовых структурных и вещественных комплексов несомненно устанавливается островодужный этап формирования. Аналогичным режимом формирования характеризуются находящиеся в таких массивах дунит-вермикулитовые и клинопироксенитовые комплексы, обладающие многими чертами внешнего сходства с зональными массивами Урала.

Согласно выполненным нами расчетам, суммарное содержание тугоплавких, легкоплавких и МПГ в целом в породах и рудах удобнее всего сопоставлять со средним содержанием главных петрогенных элементов – магнием и железом. Оказалось, что в породах, обладающих различным генезисом и геодинамическим режимом формирования, их соотношение будет различным. Табл. 1 представляет обобщенная информация по их соотношению в дунитах и гарцбургитах из альпинотипных массивов Урала и ряда других регионов, а также в дунитах и хромитах Нижнетагильского зонального массива, являющегося во многом эталонным для подобных массивов Платиноносного пояса Урала. Приводится в табл.1. Для содержаний магния и железа альпинотипных ультрамафитов нами в основу взяты наши расчетные цифры по Уралу, которые очень близки к средним значениям для элементов для подобных пород Сибири, Дальнего Востока и некоторых зарубежных объектов. Что касается содержания магния и железа в платиноносных хромитах Нижнетагильского массива, то в основу принят состав так называемых «седых» хромитов, для которых С.А.Кашиным и др. [4] была установлена постоянная высокая платиноносность.

Как следует из данных табл.1, состав платины и платиноидов в протодунитах, отвечающих первой стадии становления Нижнетагильского массива, практически совпадает с составом МПГ в дунитах и гарцбургитах, формировавшихся в условиях спрединга и лишь потом, в островодужной стадии, в дунитах, и особенно в хромитах зональных массивов, происходило очень существенное

количества платины и платиноидов и очень существенное изменение их соотношения с железом и железом.

Отметим, что в различных текстурных типах хромитов, встречающихся в Нижнетагильском и ряде других детально изученных зональных массивов, содержание платины и платиноидов варьирует в широких пределах, однако всегда существенно выше, чем во вмещающих их породах (табл.2). При этом наиболее высокие их содержания отмечаются обычно в средне- и мелкокристаллических хромитах. Однако в процессе детального изучения было установлено, что ряд хромитовых тел в крупнозернистых дунитах также содержат богатую платиновую минерализацию [5].

### Состав и платиноносность хромитовых руд зональных массивов

Если все основания полагать, что значительно более высокое содержание платины и платиноидов в хромитах и слагающих их хромшпинеллидах, по сравнению с дунитами, связано прежде всего с структурными их особенностями: ионные радиусы четырехвалентных платины, палладия и всех платиноидов составляют 0,64-0,65 нМ, т.е. практически совпадают с ионными радиусами трехвалентного хрома (0,64) и трехвалентного железа (0,67 нМ).

Таблица 1

Среднее содержание магния, железа, платины и платиноидов в ультрамафитах и хромитах различной принадлежности, формировавшихся в условиях различного геодинамического режима

Ультрамафиты и хромиты различных типов и стадий формирования	Содержание, мас %		Содержание, мг/т			Соотношение					
			тугоп.	легкоп.	всего	Mg	Mg	Mg	Fe	Fe	Fe
	Mg	Fe	Os, Ir, Ru	Pt, Pd, Rh	МПГ	Os, Ir, Ru 10 <sup>6</sup>	Pt, Pd, Rh 10 <sup>7</sup>	МПГ 10 <sup>6</sup>	Os, Ir, Ru 10 <sup>6</sup>	Pt, Pd, Rh 10 <sup>7</sup>	МПГ 10 <sup>6</sup>
Ультрамафиты дуниты (среднекристаллический тип)	29,48	6,54	35	5	40	8,4	5,9	7,4	1,9	1,3	1,6
Ультрамафиты дуниты (крупнокристаллический тип)	29,48	6,54	25	20	45	11,8	1,5	6,6	2,6	0,33	1,45
Ультрамафиты гарцианитово-спиринговой	25,98	6,25	23	14	37	11,3	1,9	7,0	2,7	0,44	1,7
Ультрамафиты гарцианитово-спиринговой (мелкокристаллический тип)	25,98	6,25	28	15	43	9,3	1,7	6,0	2,2	0,42	1,45
Ультрамафиты дуниты (Нижнетагильского массива, среднекристаллический тип)	29,78	6,37	30	16	46	9,9	1,9	6,5	2,1	0,40	1,4
Ультрамафиты дуниты (Нижнетагильского массива, мелкокристаллический тип)	29,78	6,37	2,3	103,3	105,6	129,5	0,29	2,8	27,7	0,06	0,6
Ультрамафиты хромиты (Нижнетагильского массива, мелкокристаллический тип)	7,75	20,03	61,1	1095,4	1156,5	1,3	0,007	0,067	3,3	0,018	0,17
Ультрамафиты платиноносные (Нижнетагильского массива)	7,75	20,03	460	8523	8983	0,17	9x10 <sup>-4</sup>	8,6x10 <sup>-4</sup>	0,44	0,024	0,022

Чтобы можно было дать определенное суждение о возможной связи состава хромитов с их платиноносностью, рассмотрим средний состав различных текстурных их типов в Нижнетагильском



массиве, где из вторичных процессов изменения проявлены лишь перекристаллизация низкотемпературная серпентинизация дунитов, и в Вересовоборском массиве, в котором помим этих процессов широко проявлены вторичные преобразования при последующем аддитивном динамометаморфизме, сопровождающемся существенным возрастанием железистости дунитов образованием типичных хроммагнетитов (табл.2). Как следует из приведенных расчетных данных составов различных типов хромитов, содержание трехвалентного железа в акцессорных рудообразующих хромшпинелидах может варьировать в широких пределах, но в целом достаточно велико – в 2-8 раз больше, чем в обычных высокохромистых рудах альпинотипных массивов. Большая высокая изоморфная емкость хромшпинелидов из руд зональных массивов в отношении платины платиноидов подтверждается и данными Л.В.Разина [9], согласно которым суммарное содержание МПГ в таких высокожелезистых хромитах колеблется от 2,3 до 6,6 г/т.

Табл.

**Среднее содержание и характер распределения МПГ в ультрамафитах и ассоциирующих с дунитами хромитовых рудах в Нижнетагильском массиве (мг/т)**

Разновидности ультрамафитов и связанных с ними хромитов	% хромшпинелидов	Число анализов	Закон распр. МПГ	Расчетное содержание X+σ					
				Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd
Дуниты, преимущественно перекристаллизованные	0,6-1	15	Логнормальн.	1,0	1,1	0,2	2,5	82,1 ±2,55	4,5
Верлиты	0,2	1	-	-	-	-	30	170	10
Перекристаллизованные дуниты с убогошпировым хромитом	1-5	22	Логнормальн.	3,9 +2,9	5,1 ±0,7	1,1	2,3	204 ±9	1,4
Перекристаллизованные дуниты с бедношпировым хромитом	5-15	29	««	3,6	51,1 ±7	3,3	12,6 +6,2	863,6 ±5,6	6,1
Перекристаллизованные дуниты со средневкрапленным и шпировым хромитом	15-50	10	««	3,0	79,4 ±3,6	1,35	34,7	2754 ±10,4	14,8
Густовкрапленные, преимущественно жильные хромиты среди дунитов	50-90	2	-	8,3	339,5	2,4	30,9	5092,5	19,6
Массивные жильные хромиты в дунитах	90-100	1	-	10	21	21	130	510	30
Средневзвешенное содержание МПГ в ультрамафитах (дунитовый тип)		16	-	1,0	1,1	0,2	9,4	87,6	6,3
Средневзвешенное содержание в рудах различных типов (хромитовый тип)		64	-	4,0	53,9	3,2	25,6	1058,9	10,9

Из приведенных в табл.3 средних составов хромшпинелидов из пород и руд также следует, что акцессорные их разновидности, а также хромистые шпинели из убого- и бедновкрапленных руд обладают более железистым и менее глиноземистым составом, чем содержащиеся в крапленых и массивных рудах, что объясняется более интенсивной их перекристаллизацией и температурным диафорезом. Что касается их хромистости, определяемой по соотношению суммарного количества хрома и алюминия, то в процессе метаморфизма во всех типах руд остается стабильной и обычно несколько превышает 80 %.

Вследствие достаточно большой изначальной изоморфной емкости рудных хромитов массивных массивов на платину и иридий их собственные минеральные фазы в аншлифах под микроскопом в относительно слабо метаморфизованных хромитоносных дунитах Нижнетагильского массива отмечаются при их исходном содержании порядка 0,5 г/т и выше, а в сильно метаморфизованных породах и рудах Вересовоборского массива – уже при их содержаниях 0,2-0,25 г/т. Образование тонкозернистых платины и иридия постоянно отмечаются, судя по наблюдениям И.В.Савохина, при явлениях массового замещения хромита вторичным магнетитом, что особенно свойственно Вересовоборскому массиву, с образованием характерных перистых структур.

Таблица 3

**Средний состав акцессорных и рудообразующих хромшпинелидов из дунитов и из различных текстурных типов хромитовых руд Нижнетагильского (1) и Вересовоборского (2) зональных массивов по данным микрорентгеновых анализов**

Элементы	Акцессорные		Убоговкрапленные		Бедношпиревые		Среднешпиревые		Густошпиревые и массивные	
	1 6 ан.	2 13 ан.	1 4 пв.	2 11 ан.	1 ан.1	2 2 ан.	1 17 ан.	2 6 ан.	1 11 ан.	2 2 ан.
Cr	0,48	0,68	0,48	0,59	0,50	0,84	0,52	0,95	0,42	1,10
Fe	8,94	6,75	8,22	8,96	7,45	6,48	8,01	8,92	8,64	9,28
Al	45,91	32,55	50,29	38,21	49,21	32,73	49,36	37,57	53,24	41,19
Si	14,92	30,21	12,50	23,10	15,17	29,46	14,49	23,11	10,43	19,73
Mg	21,78	24,47	18,42	22,66	17,45	26,73	16,66	20,26	13,74	19,22
Mn	0,22	0,49	0,52	0,55	0,51	0,87	0,45	0,46	0,43	0,38
Ca	7,62	5,65	9,60	7,12	10,20	4,05	9,59	8,36	12,68	9,70
Sum	99,87	100,80	100,03	101,19	100,49	101,16	99,08	99,63	99,58	100,60
Основные расчетные параметры										
Хромистость, %	72,3	83,8	63,8	77,6	63,5	88,2	63,8	73,6	51,0	68,4
Железистость, %	83,7	82,8	86,0	81,0	86,9	83,5	86,0	80,8	86,0	81,6

Примечания. Анализы выполнялись в ИГиГ УрО РАН на рентгеновском микроспектральном анализаторе JXA-5. Оператор И.В.Савохин.

### Модель формирования платиноносных зональных массивов и роль летучих в массопереносе платины и платиноидов

Если принимать во внимание имеющиеся в настоящее время многочисленные геологические и минерало-петрографические данные, касающиеся условий первичного становления и последующего формирования и преобразования зональных пироксенит-дунитов и связанного с ними платинового оруденения, то можно вполне уверенно выделять два основных этапа – интрузивно-платиновый, когда скорее всего в верхнем ордовике происходило внедрение субщелочных диабазитов по ГУГРу, сформировавшемуся еще в рифее и обладавшему большой

протяженностью и глубиной заложения. В дальнейшем и вероятнее всего уже в верхнем силуре структурной зоне, фиксирующей границу Центрально-Уральского поднятия и Тагильского погружения в деструктивной обстановке, началось формирование наклонной зоны Заварзинского Беньюфа с четко выраженным восточным падением, что оказало решающее воздействие не только на развитие последовательно смещающихся в этой структурной зоне очагов основного и кислого магматизма далее к востоку, но, что очень важно, способствовало существенному накоплению летучих в дунитах зональных ультрамафитов, содействовавших перераспределению платины из нижних в верхние, приапикальные части дунитовых ядер. Вполне вероятно, что на первом этапе становления таких массивов количество флюидной фазы было весьма ограниченным, а его состав в явном преобладании водорода, метана и диоксида углерода, как это полагали Н.С. Рудашевский и В.В. Жданов [10], был существенно карбонильный, при котором могла происходить лишь частичная миграция и перераспределение тугоплавких платиноидов – осмия, иридия и рутения, но не платины.

Во второй этап, соответствующий режиму островодужной стадии, когда произошло существенное повышение количества флюида в дунитах, а его состав претерпел существенное изменение, состав флюидов стал существенно водным со значительной долей хлора. Концентрически зональные массивы приобрели четко выраженную геохимическую специализацию, связанную с их платиноносностью. Увеличение содержания хлора во флюидах в условиях островодужного режима вполне объяснимо, поскольку ему предшествовала океаническая стадия. В этом отношении океанические воды – источник серпентинизации дунитов – есть основное направление для рассмотрения и как главный источник хлора и хлоридов.

С.Д. Малинин и И.Ф. Кравчук [7], рассматривая поведение хлора в равновесиях силикатной расплава и воднохлоридного флюида отмечают, что при условии насыщения магмы водой в условиях земной коры хлориды предпочтительно входят во флюидную фазу и экстрагируют многие элементы из расплава. Согласно их расчетным данным, эффективность извлечения и переноса различных элементов зависит от соотношения воды и хлора в расплаве: если расплав содержит небольшое количество воды, он будет эволюционировать долгое время – до тех пор, пока не сформируется флюидная фаза, которая будет характеризоваться высоким содержанием хлоридов. Если концентрация хлора в расплаве достигает 0,2-0,3 %, то первая порция отделившегося флюида будет содержать до 50 мас. % хлоридов щелочных металлов. Естественно, такой хлорид будет очень эффективен в отношении экстракции как железа и хрома, так и содержащейся здесь же платины. Именно поэтому следует связывать существенное обеднение ими дунитов, слагающих нижние структурные горизонты подобных массивов и, напротив, обогащение ими дунитов и хромитов, находящихся в верхних приапикальных частях дунитовых ядер.

Таким образом, можно полагать, что повышенная, а иногда и промышленная, платиноносность, отмечаемая в ряде зональных массивов Платиноносного пояса Урала, по существу является вторичной и связана с островодужным режимом их формирования. Этому способствовали условия своеобразного рециклинга, гипотезы, обычно применяемой для объяснения происхождения флюидов при формировании подавляющего большинства медно-колчеданных месторождений Урала, связанного, кстати, также с островодужной стадией.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Золоев К.К. Продуктивность платинометаллических поясов // Ежегодник 1994/ Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. – Екатеринбург, 1995. – С.61-63.
2. Иванов К.С., Шмелев В.Р. Геодинамическая позиция Платиноносного пояса Урала // Металлические складчатые системы с позиций тектоники плит: Тезисы докл. I Всерос. металлоген. сов. – Екатеринбург, 1995. С.215-216.



История развития земной коры Урала и его металлогения /Берланд Н.Г., Водолазская В.П., Р.И. Маревичев А.М. и др //Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит: Тезисы докладов металлоген. сов. – Екатеринбург, 1994. – С.41-42.

Золотов Н.А., Вилисов В.А., Савохин И.В. Состав, особенности формирования и генезис ультрабазальной минерализации в Нижнетагильском массиве на Среднем Урале //Актуальные проблемы геологии, петрологии и рудообразования: Сборник статей. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1995. – С.152-167.

Золотов Н.А., Золоев К.К. Платиновометальное оруденение в Нижнетагильском зональном массиве и геодинамика его формирования //Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит: Тезисы докладов металлоген. сов. – Екатеринбург, 1994. – С.258-260.

Кашкин С.Д., Кравчук И.Ф. Поведение хлора в равновесиях силикатный расплав – воднохлоридный расплав //Геохимия. – 1995. - №8. – С.1110-1130.

Минералогические и петрохимические особенности пород платиноносной формации Среднего Урала и некоторые закономерности распределения коренной платины / Кашкин С.А., Козак С.С., Николаева С.В., Золоев К.П./М.: ОНТИ НИГРИзолото, 1956. – 113 с.

Зверозвоников Б.В. Геодинамические условия формирования хромитового оруденения в альпийских горах Урала //Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. – Екатеринбург: УрО РАН, 1994. – С.162-167.

Рудашевский Н.С., Хоменко Г.А. Особенности накопления осмия, рутения и остальных металлов группы платины в хромшпинелидах платиноносных дунитов //Геохимия. – 1969. - № 6. – С.659-672.

Рудашевский Н.С., Жданов В.В. Петрогенезис в платиноносных ультрамафитах //Известия общества, 1983, ч.СХ11, вып.4. – С.398-411.