



**Министерство образования и науки Российской Федерации** ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Геологический факультет Воронежское отделение Российского минералогического общества

#### Материалы научных докладов годичного собрания

Воронежского отделения Российского минералогического общества

Воронеж

2011 г.

УДК 549.01:549.02:549.08

Материалы научных докладов годичного собрания Воронежского отделения Российского минералогического общества. Воронеж. ФГБОУ ВПО ВГУ. 88 с.

http://www.minsoc.ru/tables.php?id=8&eid=127&print=

Тезисы докладов не проходили рецензирования и представлены в авторской редакции.

#### Оглавление

1. Редкоземельные минералы в сланцах Воронцовской и Тим-Ястребовской структур	
Воронежского кристаллического массива.	
Н.С. Базиков, Е.Х. Кориш	4
2. Минералогия породных ассоциаций золотухинского комплекса КМА	
П.С. Бойко	30
3. Особенности реакционных структур в минералах из высокотемпературных гранулитовых	
комплексов Евразии.	
С.М. Пилюгин	49
4. Формы нахождения благородных металлов в коре выветривания железистых кварцитов	
Михайловского месторождения КМА	
М.М. Понамарева	68
5. Особенности состава вторичных минералов ультрамафит-мафитовых пород Льговско-	
Ракитнянского ЗКП	

Е.М. Соловьева

#### РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЫ В СЛАНЦАХ ВОРОНЦОВСКОЙ И ТИМ-ЯСТРЕБОВСКОЙ СТРУКТУР ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА *Н.С. Базиков, Е.Х. Кориш*

nickolasss@yandex.ru

В палеопротерозойских сланцах Тим-Ястребовской и Воронцовской структур (Воронежский кристаллический массив) установлена акцессорная редкоземельная минерализация, ксенотим-(Ү), REE-апатит), представленная фосфатами (монацит-(Се), фтор-карбонатами (бастнезит-(Се), синхизит-(Се)), силикатами (алланит-(Се), бритолит, хаттонит, торит, REЕсодержащие торит-цирконовые твердые растворы, REE-хлорит) И оксидом (ниобоэшинит-(Y)) редких земель. Таким образом, показано, что акцессорные редкоземельные минералы не редкость в обычных метаморфических породах даже с умеренными содержаниями в них REE на уровне 150-200 г/т. Они не остаются инертными при метаморфизме, а активно участвуют в прогрессивных метаморфических реакциях. REE-минералы в палеопротерозойских сланцах ВКМ находятся в реакционных взаимоотношениях как друг с другом, так и с породообразующими минералами.

## Rare-earth minerals in the shales of Vorontsovskaya and Tim-Yastrebovskaya structures of Voronezh crystalline massif. *N.S. Bazikov, E.H. Korish*

Accessory rare-earth mineralization, represented by phosphates (monazite-(Ce), xenotime-(Y), REEapatite), fluoro-carbonates (bastnezit-(Ce), sinhizit - (Ce)), silicates (allanite-(Ce), britolit, huttonite, thorite, thorite-zircon REE-bearing solid solutions, REE-chlorite) and oxide (nioboeshinit-(Y)) of rare earths, was found in the Paleoproterozoic shales of Vorontsovskaya and Tim-Yastrebovskaya structures (Voronezh crystalline massif). Thus, it is shown, that the accessory rare-earth minerals are not uncommon in normal metamorphic rocks, even with a moderate content of REE at the level of 150-200 ppm. They do not remain inert during metamorphism, and are actively involved in progressive metamorphic reactions. REE-minerals in the Paleoproterozoic shales of Voronezh crystalline massif are in reaction relationship with each other and with the rock-forming minerals.

Редкоземельные минералы в сланцах Воронцовской и Тим-Ястребовской структур Воронежского кристаллического массива.

Базиков Н.С., Кориш Е.Х.



#### Схема структурного районирования фундамента ВКМ (Полякова и др.)



# <u>Монацит</u>

#### (LREE)PO4

















SEM HV: 20.00 kV Vac: HiVac SEM MAG: 1.33 kx Det: BSE Det Date(m/d/y): 02/16/08 Mukhanova

Vac: HiVac \_\_\_\_\_ Det: BSE Detector 50 µm

VEGA\\ TESCAN



#### <u>Апатит</u> (Ca,REE)₅[PO4]3(F, OH)









11

#### **Ксенотим УРО**4













# <u>Алланит</u>

#### Ca2-n(REE)nFe<sup>2+(</sup>Fe<sup>3+</sup>,AI)2[SiO4][Si2O7]O(OH)



#### **Бритолит** (REE, Ca)5[(Si, P)O4]3(OH, F)



#### $P^{5+} + Ca^{2+} = (Y + REE^{3+}) + Si^{4+}$

## <u>Хлорит</u>



## Церфосфорхаттонит (Th, REE) (Si, P)O4 ₋Mnz Ap Mnz Hut Mnz SEM HV: 20.00 kV Vac: HiVac VEGA\\ TESCAN RSMA Group IEM RAS SEM MAG: 1.33 kx Det: BSE Detector 50 µm Date(m/d/y): 02/16/08 Mukhanova

 $Th^{+4}Si^{+4} \rightarrow Ce^{+3}P^{+5}$ 

#### Циркон-торитовые твердые растворы





# <u>Бастнезит</u>

### (Ce, La)(CO<sub>3</sub>)F







#### <u>Ниобоэшинит</u> (Y,Ca,Ce,Nd)(Nb,Ti,Ta)<sub>2</sub>(O,OH)<sub>6</sub>



# Спасибо за внимание!

## Составы монацитов из пород ВКМ

	<b>Тим-Ястребовская</b> структура						Воронцовская структура								
№ образца	3620/	3527/	3523/	3523/	3527/	809/6	8062/	8307	1/358	8703/	700-a/599				
-	299,5	496	511	573	508		380			322					
№ анализа	7	12	10	3	9	3	34	5	14	7	7	11	20	25	29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30.02	28.74	28.70	32.64	27.80	30.91	30.54	30,11	29,96	29.97	30.21	30.44	30.00	30.34	30.21
SiO <sub>2</sub>	0.82	0.61	0.38	-	0.85	0.37	1.60	0,28	0,34	0.23	0.19	0.22	0.27	0.30	0.26
$ThO_2$	2.93	4.63	1.59	1.08	2.36	4.05	3.04	4,16	2,44	1.96	3.10	3.20	3.54	3.38	3.61
UO2	-	-	-	-	0.40	0.57	0.29	0,62	0,60	0.43	0.09	0.14	0.57	0.62	0.67
Y2O3	-	-	-	-	-	-	-	1,61	1,63	1.40	3.17	3.21	0.91	0.93	0.99
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.66	16.08	16.86	17.14	15.98	14.12	11.16	13,19	13,34	14.27	13.87	13.64	14.73	14.52	14.22
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30.76	30.09	33.57	33.81	28.73	31.88	27.54	27,36	27,68	28.68	28.35	28.17	29.82	29.28	29.59
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.95	3.13	2.01	3.72	3.00	3.15	3.14	3,17	3,35	3.32	3.13	3.16	3.28	3.36	3.41
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.05	12.15	10.88	10.51	11.04	12.03	11.52	12,90	13,27	13.21	12.74	12.51	13.05	12.80	13.07
Sm2O3	1.62	2.39	1.33	-	2.65	-	1.95	2,10	2,25	2.17	1.48	1.51	1.67	1.68	1.63
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.24	1.26	-	-	1.27	-	1.61	1,57	1,67	1.67	1.59	1.37	1.11	1.01	1.07
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.15	-	-	1.47	-	-	0,44	0,57	0.47	0.76	0.68	0.25	0.23	0.27
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	0.89	-	0.73	0,17	0,24	0.29	-	-	-	-	-
<u>CaO</u>	0.76	0.55	0.35	0.53	1.06	1.00	4.60	0,98	0,69	0.56	0.68	0.70	0.87	0.93	0.94
PbQ	-	-	0.91	-	-	0.35	0.24	0,58	0,43	0.32	0.33	0.33	0.51	0.52	0.56
F	-	-	_	-	-	0.66	-	0,28	0,27	0.27	0.30	0.25	0.33	0.25	0.32
Сульта	98.81	99.78	96.58	99.43	98.22	99.35	98.24	99.52	98.73	99.22	99.99	99.53	100.91	100.15	100.82

#### Составы REE-апатитов из пород ВКМ

№ образца	8062/380	8712/4	8010/287	828	3/8
№ анализа	38	5	30	12	14
$P_2O_5$	32.12	36.42	39.37	39.74	39.21
<u>CaQ</u>	41.33	42.29	49.62	53.52	52.98
SiO2	9.44	2.09	0.76	0.57	0.81
FeQ	2.10	0.42	—	0.28	0.48
$Al_2O_3$	3.13	0.94	0.40	0.10	0.50
SO3	0.79	0.18	0.20	-	0.14
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.42	3.46	1.18	0.15	0.29
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.92	6.77	2.29	_	0.43
Nd <sub>2</sub> O3	_	2.80	0.90	_	0.02
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.52	-	0.77	0.14
ThO <sub>2</sub>	2.73	0.82	0.22	0.02	0.47
F	4.34	3.03	5.01	4.05	3.84
Сурина	97.32	<b>99.</b> 74	99.95	99.20	99.31

#### Составы ксенотимов из пород ВКМ

№ образца	8283/8	8358/1	8053/275	8312/1	3526/431			
№ анализа	8	3	33	16	1	2	3	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34.50	33.67	33.46	33.23	35.41	34.14	36.43	
SiO <sub>2</sub>	2.16	2.22	1.36	2.07	-	-	-	
$ThO_2$	0.20	-	0.47	-	0.16	0.33	0.15	
UO2	0.01	0.40	0.28	1.43	0.09	0.13	0.17	
$Al_2O_3$	0.78	-	-	0.07	-	I	-	
Y2O3	42.54	46.02	43.71	45.69	40.53	30.99	44.60	
$Nd_2O_3$	-	-	-	-	1.07	4.08	0.35	
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	2.27	11.01	-	
Pm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	0.14	0.49	
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	1.21	0.85	
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	0.74	1.26	
$Gd_2O_3$	1.59	2.15	2.23	2.45	1.80	3.37	1.27	
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.80	_	-	-	1	-	
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.74	5.28	5.67	5.31	6.47	5.54	4.58	
$Ho_2O_3$	2.23	1.46	1.96	1.64	1.52	0.85	1.77	
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.42	3.78	4.37	3.61	3.28	2.90	4.88	
$Tm_2O_3$	-	-	_	-	0.25	0.04	1.46	
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.47	2.55	4.09	2.86	5.08	3.18	2.74	
Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	1.31	0.48	2.61	
CaQ	0.19	-	-	0.08	-	-	-	
PbQ	-	0.27	0.50	0.43	0.31	0.21	0.37	
Сулиа	99.83	98.6	98.1	98.87	99.55	99.33	103.98	

#### Составы алланитов из пород ВКМ

	<u>Тила-Ястребовская</u> структура						<u>Воронцовская</u> структура					
№ образца		352	7/496		3527/472		8712/4		8010/287			
№ анализа	21	23	27	2	10	2	4	8	31	32		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	-	-	0.53	-	-	-	2.68		
SiO <sub>2</sub>	35.15	35.38	33.29	33.35	34.65	32.28	34.04	39.19	41.64	41.39		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.88	23.01	23.43	23.51	22.32	16.92	16.83	16.21	23.14	23.21		
FeQ	2.81	1.69	2.01	3.56	3.15	11.60	11.28	10.58	7.57	7.46		
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.75	-	1.50	1.05	-	-	-	-	-	-		
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.67	3.70	5.86	3.60	5.98	5.64	5.38	5.19	1.88	2.49		
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.38	8.84	10.80	8.48	11.41	12.76	13.18	11.35	5.05	6.78		
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.61	1.47	0.96	1.49	-	0.86	0.88	0.49	0.38	0.44		
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.06	4.01	2.31	2.90	2.82	4.94	4.14	3.96	2.47	2.87		
QaM	4.02	4.71	3.85	3.87	2.98	0.60	0.44	0.55	-	-		
MgQ	2.57	2.43	0.16	2.42	2.45	0.50	0.58	0.56	_	0.47		
Na <sub>2</sub> O	0.03	-	-	0.16	0.24	0.21	0.01	-	2.00	1.44		
CaQ.	14.57	14.04	14.04	14.66	14.26	10.94	10.47	9.91	15.13	9.47		
TiO <sub>2</sub>	-	-	-	-	0.27	-	-	-	-	-		
PbQ.	0.49	-	-	0.21	-	_	-	-	_	-		
ThO <sub>2</sub>	-	-	-	0.20	-	1.72	1.60	1.43	-	-		
UO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Сумиа	99 <i>.</i> 99	99.28	98.21	99.46	100.32	99 <i>.</i> 50	99.72	99.72	99.28	98.40		

#### Составы бритолитов из пород ВКМ

		7005/603									
	1	3	7	11	13						
$SiO_2$	22.36	22.13	21.43	21.87	22.07						
$TiO_2$	0.06	0.02	0.02	-	0.02						
$A1_2O_3$	1.68	1.96	1.85	1.86	1.69						
FeQ	0.64	0.50	0.66	0.07	0.90						
MgQ	0.17	0.17	0.14	0.15	0.11						
<u>CaO</u>	6.48	6.89	6.89	7.05	6.69						
F	1.21	1.27	1.29	1.22	1.19						
$P_2O_5$	0.04	0.02	0.03	0.03	0.01						
$Y_2O_3$	1.81	1.14	1.28	0.65	2.36						
$Ce_2O_3$	23.80	25.41	25.78	27.32	24.19						
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.49	13.16	12.95	15.09	11.29						
$\rm Nd_2O_3$	14.05	13.76	13.80	13.49	13.57						
$Pr_2O_3$	2.90	2.98	2.87	2.79	2.94						
$Sm_2O_3$	3.10	1.51	1.87	1.36	2.99						
$Gd_2O_3$	2.24	1.02	1.21	0.67	2.60						
$Dy_2O_3$	0.71	0.42	0.37	0.15	0.81						
$Eu_2O_3$	-	0.35	0.42	0.34	0.28						
Na <sub>2</sub> O	-	-	0.07	-	0.01						
Сумма	93.74	92.72	92.95	94.12	93.72						

## Составы REE-хлоритов из пород ВКМ

№ образца		3524/518									
№ анализа	3	б	8	11	17						
SiO <sub>2</sub>	36.88	30.21	26.76	30.44	32.66						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.09	16.83	17.80	16.02	17.00						
$Cr_2O_3$	0.52	_	—	_	_						
FeO	23.10	31.48	27.41	29.53	22.24						
MnO	0.51	0.53	0.62	0.28	0.22						
MgO	0.92	1.31	1.24	1.37	1.07						
CaO	1.74	1.17	2.25	1.10	2.67						
Na <sub>2</sub> O	0.23	0.22	0.56	_	0.44						
K <sub>2</sub> O	0.38	0.12	0.27	_	0.41						
$La_2O_3$	_	0.59	0.59	_	_						
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	_	0.45	0.58	—	—						
$Ce_2O_3$	1.43	1.11	1.25	0.84	1.99						
ThO <sub>2</sub>	—	0.73	—		_						
Сумма	79.86	84.75	79.34	79.58	78.95						

			3053/220			3527/496	3524/578
№ анализа	2	6	7	9	10	Hut-4	Hut–1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.60	0.62	1.05	1.67	0.97	5.45	1.90
SiO <sub>2</sub>	20.05	16.44	18.42	17.37	17.48	15.13	17.66
ZrO <sub>2</sub>	27.70	9.26	8.22	1.28	10.36	-	-
ThO <sub>2</sub>	24.86	46.66	51.03	55.55	45.48	45.58	36.07
SO3	2.56	1.05	1.10	0.34	1.43	1.21	-
UO3	1.08	1.12	_	0.80	1.77	-	15.15
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.26	1.37	1.23	3.50	0.91	-	5.20
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	0.57
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.18	2.56	2.23	3.27	1.90	0.40	3.06
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	_	-	-	0.33	0.95
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.19	3.03	2.66	3.40	2.19	1.40	2.26
$Sm_2O_3$	-	-	-	-	-	1.90	2.76
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.64	-	0.64	0.61	0.02	1.65	2.62
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.25	0.40	_	1.00	0.66	2.56	1.63
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.64	_	0.55	-	0.04	-
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.43	0.06	_	0.15	-	0.27	0.74
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.05	0.44	-	-	0.39	-
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	_	-	_	0.11	0.48	0.30	1.70
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	—	-	-	1.32	-
Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	0.24	_	-	-	0.43	-
Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	_	0.30	0.58	-	0.21	0.83	1.56
FeQ	-	0.37	0.75	0.51	0.19	1.31	0.75
MgQ	-	0.24	0.12	0.27	0.30	_	
CaQ.	2.01	1.20	1.13	0.82	1.31	1.76	2.49
PbQ.	2.59	0.33	1.19	0.46	1.23	0.69	1.79
Сумма	86.59	85.94	90.79	91.66	86.89	83.16	94.10

#### Составы церфосфортхаттонита и торит-цирконовых твердых растворов

#### Составы бастнезитов и синхизитов из пород ВКМ

	Т	им-Ястр	ебовская	структур	Da	Воронцовская структура					
No			3527/496			7004	V264	8617/404	8731/402	548-	
образца										c/4	
No	Bst 1	Syn 2	<u>Bst</u> 13	<u>Bst</u> 14	Bst16	Bst 4	Syn 5	<mark>Bst</mark> 35	Bst 4	<u>Bst</u> 16	
анализа											
F	7.70	7.09	6.97	5.42	5.58	8.53	6.62	7.20	8.49	9.29	
CaQ.	3.43	16.00	5.20	5.10	8.02	3.76	16.38	11.48	14.74	0.75	
$ThO_2$	3.15	1.39	0.68	1.59	1.56	1.15	0.50	0.57	-	0.72	
$UO_2$	_	-	-	0.83	0.42	-	0.04	0.69	0.55	0.08	
$Y_2O_3$	1.41	0.26	0.68	1.00	0.81	0.35	1.49	5.26	3.09	0.22	
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.36	14.94	17.98	13.94	15.59	16.21	8.49	13.71	10.20	3.55	
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31.20	26.07	30.86	24.92	30.35	33.01	24.47	31.99	23.38	11.45	
$Pr_2O_3$	2.36	0.88	2.39	1.19	3.10	2.95	3.40	1.88	1.73	31.79	
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.21	7.47	11.56	7.94	8.65	11.68	7.97	10.97	8.93	1.73	
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	0.43	-	-	0.41	12.24	
$SiO_2$	1.53	0.74	0.86	3.50	1.24	0.14	1.47	1.78	5.49	0.82	
$A1_2O_3$	-	-	-	-	-	0.57	0.38	0.96	3.24	0.70	
$P_2O_5$	-	0.49	-	0.17	0.28	-	0.02	0.04	-	2.42	
$SO_3$	-	-	-	-	-	1.29	-	-	0.23	0.23	
PbQ.	-	-	-	-	-	-	0.47	-	-	0.03	
Сумма	92.06	88.04	88.53	76.57	87 <i>.</i> 56	80.23	73.00	86.53	82.19	80.29	

#### МИНЕРАЛОГИЯ ПОРОДНЫХ АССОЦИАЦИЙ ДУНИТ-ПЕРИДОТИТ-ГАБРОНОРИТОВОЙ ФОРМАЦИИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ КМА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ РОССИЯ) *П.С. Бойко*

#### plekhanov.lsk@mail.ru

Предметом исследования для данной публикации послужили породообразующие минералы гипербазит-базитовых интрузий золотухинского комплекса КМА. В основе ассоциации серпентинизированных ультрабазитов лежит парагенезис хризолита и бронзит при значительной роли развития вторичных минералов, в свою очередь, представленных петельчатыми метаморфозами лизардита, магнезиальным и марганцевым амфиболом (актинолит, жедрит), хлоритами. Все они в значительной мере наследуют морфологию первичных породообразующих минералов. Мафитовые породы сложены главным образом плагиоклазом, ортопироксеном (бронзит, гиперстен) и, в меньшей степени, клинопироксенами (агит, диопсид-авгит), в качестве второстепенных минералов отмечается постоянное присутствие биотита и кварца. Плагиоклаз представлен лабрадором и андезином и выделяется в виде двух типов зерен: крупных слабо сдвойникованных, с заметными следами деформации, и более мелких с четким полисинтетическим двойникованием. Значительная часть зерен пироксенов окружена каемками роговой обманки или нацело амфиболизирована волокнистыми скоплениями роговой обманки, актинолита и антофиллита, в целом, зачастую, по форме наследующими очертания первичных пироксенов.

#### Mineralogy of rock associations of Palaeoproterozoic dunite-peridotite-gabronorite formation Kurskiy (KMA) block (Central Russia). *P.S. Boyko*

The subject of research for this publication were the rock-forming minerals of the ultramafic-mafic intrusions of Zolotukhinsky complex of KMA.

Serpentinized ultramafic association is based on paragenesis of chrysolite and bronzite which are largely substituted by secondary minerals. The letter, in turn, are presented by loopy metamorphosis of lizardite, magnesia and manganese amphibole (actinolite, gedrite), and different chlorites. All of them are largely inherit the morphology of primary rock-forming minerals. Mafic rocks are mainly composed of plagioclase, orthopyroxene (bronzite, hypersthene) and to a lesser extent, clinopyroxene (augite, diopside-augite). It's noted the constant presence of biotite and quartz as accessory minerals. Plagioclase is presented by labradorite and andesine and released in the form of two types of grains: large and weakly twinned, with visible signs of strain, and smaller, with a clear polysynthetic twinning. A significant portion of the pyroxene grains are surrounded by hornblende or are entirely amphibolized by fibrous clusters of hornblende, actinolite and anthophyllite which often inherit the shape of the primary pyroxenes.

Минералогия породных ассоциаций дунитперидотит-габроноритовой формации палеопротерозоя КМА (Центральная Россия)

> П.С. Бойко кафедра минералогии и петрологии Воронежского госуниверситета boyko@geol.vsu.ru

# Схема структурно-формационного районирования Воронежского кристаллического массива



IV – V - продолжение структур ВКМ на УЩ, геоблоки (террейны): IV-1 – Белоцерковско-Одесский (Брагинский), IV-3 – Кировоградский (Ингулецкий), IV-4 – Среднеприднепровский, IV-5 – Приазовский, V-2 – Восточно-Приазовский. УЩ – Украинский щит, ОВ – Оршанская впадина, ПМ – Подмосковный авлакоген, ПЧ - Пачелмский прогиб, ПВ – Прикаспийская впадина.

По Чернышову Н.М., 2010, с дополнениями

## СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ КАРТА СМОРОДИНСКОГО И ЗОЛОТУХИНСКОГО УЧАСТКОВ



По Чернышову Н.М., 1973, Альбекову А.Ю., 2001, с дополнениями



По Чернышеву Н.М., 1973, с дополнениями

34



По Альбекову А.Ю., 2001, с дополнениями

35

# Породные ассоциации золотухинского комплекса

# Ультрамафитовая ассоциация первой фазы включает:

- Аподунитовые и
- Апоперидотитовые серпентиниты;
- Амиболизированные оливиновые пироксениты;
- тремолититы (контактовые образования)

- Ассоциация кислых пород (не входит в состав комплекса):
- дайки диоритов и гранодиоритов стойло-николаевского комплекса;
- дайки и жилы биотитовых плагиогранитов и микроклиновых гранитов

#### Мафитовая ассоциация второй фазы:

- а) крупно-среднезернистые габбронориты в разной степени амфиболизированные биотит-кварцсодержащие, среди них:
- Мезократовые габбронориты (нориты) свежие и амфиболизированные;
- лейкогаббронориты, без Рх или с их содержанием (или amf по ним) до 10-15% -

#### б) дайковые образования:

- мелко-среднезернистые габбронориты интермагматических даек
- микрогаббро (нориты)
## Минералы ультрамафитовой ассоциации

37

## Первичные (Ol, px)

Оливин хризолит (Fao, 15-0, 17)

Ортопироксен (Cao,oз-0,o5 (Mg1,62-1,67 Feo,18-0,20) [Si1,89-1,94 Alo,05-0,06O6]







## Вторичные (spt, amf, chl)

Серпентин

#### Эденит

Nao, 5-1, 6Ca1, 76-2, 75 (Mg2, 67-4, 24 Fe0, 15-0, 75) (Fe0, 75-1, 01 Alo, 13Tio, 10) (OH)2 [Al1, 04-1, 54Si6, 55-6, 96 O22]

Антофиллит (Mg<sub>5,18</sub> Fe<sub>1,11</sub>)(Fe<sub>1,00</sub>)(OH)<sub>2</sub> [Alo,55Si<sub>7,45</sub>O<sub>22</sub>]

Жедрит (Mg<sub>2,64</sub> Fe<sub>0,03</sub> Mn<sub>2,55</sub>)(Al<sub>0,59</sub> Cr<sub>0,66</sub>)(OH,F)<sub>2</sub> [Al<sub>1,14</sub> Si<sub>6,86</sub> O<sub>22</sub>]





39

Минералы мафитовой ассоциации

#### Ромбические пироксены



Ортопироксены представлены бронзитом (а) и и гиперстеном (б) а)Сао,о4-0,15 (Mg1,34-1,41 Feo,38-0,49) [Si1,95-2,02 O6] б)Сао,о5-0,11 (Mg1,15-1,18 Feo,58-0,75) [Si1,91-1,96 O6]

# Opx PI Cpx Cpx 0 0

## Моноклинные пироксены





#### Диопсид-авгит

Cao,73-0,85Mg0,72-0,89Fe0,17-0,30Ti0,02 [Si1,86-1,95Al0,08-0,15O6]

#### Пижонит

Ca0,12-0,13Mg1,32Fe0,47 [Si1,94Al0,06O6]



## Биотиты



 $\begin{array}{l} K_{0,71-0,95} (Fe_{0,81-1,45}Mg_{1,19-1,88}Ti_{0,14-0,21}) (AI^{3+}_{0,15-0,32}) [AI_{1,08-1,16}Si_{2,84-2,92}O_{10}] (OH)_2 \end{array}$ 

## Амфиболы



Магнезиальная роговая обманка: Nao,28-0,54 Ca1,66-2.03 (Mg1,95-2,48 Fe<sup>2+</sup>1,09-2,01) (Al<sup>3+</sup>0,19-0,99 Fe<sup>3+</sup>0,34-0,66) (OH)2 [Si6,02-6,71 Al1,29-1,98 O22] Актинолит Ca1,95-2,83 (Mg2,83-3,12Fe1,57-1,75) (OH)2 [Si7,45-7,64 Alo,36-0,55 O22]

Антофиллит (Mg<sub>4,61-5,18</sub> Fe<sub>1,11-2,23</sub>)(Fe<sub>0,32-1,00</sub>Al<sub>0,1</sub>) (OH)<sub>2</sub>[Al<sub>0,05</sub>Si<sub>7,95</sub>O<sub>22</sub>]

Куммингтонит Сао,13 (Mg4,68Fe3,15) (OH) 2 [Alo,04Si7,96O22]



Act

PI

### Хлориты





Брунсвигит: (Mg<sub>2,41-2,82</sub> Al<sub>2,25-2,27</sub> Fe<sub>6,53-7,07</sub>) [Si<sub>5,73</sub> Al<sub>2,27</sub> O<sub>20</sub>](OH)<sub>16</sub>

Рипидолит: (Mg<sub>5,51</sub>Fe<sub>3,82</sub>)(Al<sub>2,48</sub>)[Al<sub>2,174</sub>Si<sub>5,81</sub>O<sub>20</sub>](OH)<sub>16</sub>

Пикнохлор: (Cao,53Mg5,41Mno,02Fe2,92)(Al2,78Cro,03Ti0,13)[Al3,082Si6,458O20](OH16)

46

## Полевые шпаты

Плагиоклазы двух типов: лабрадор (а) и андезин (б): a)Ca0,54-0,66 Na0,26-0,45 [Al1,41-1,94 Si2,13-2,57 O8] б)Ко,01-0,11 Ca0,31-0,54 Na0,45-0,62 [Al1,32-1,65 Si2,36-2,68 O8]



## Благодарю за внимание

Павел Сергеевич Бойко, кафедра минералогии и петрологии ВГУ boyko@geol.vsu.ru

48

#### ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В МИНЕРАЛАХ ИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАНУЛИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ЕВРАЗИИ *С.М. Пилюгин*

geoscience@yandex.ru

Метаморфические процессы принимают участие в формировании кристаллического фундамента древних платформ и большинства эндогенных рудных месторождений, что определяет необходимость их детального исследования. Специфическим процессом корообразования является ультраметаморфизм (UHT), происходящий при высоких температурах и давлениях (>900 °C; >8 Кбар). Современный подход к его изучению основывается на теории парагенетического анализа минеральных ассоциаций, нашедшей свое развитие в работах как отечественных, так и зарубежных исследователей. Однако, очень часто свидетельства UHT метаморфических событий «стерты» в результате ретроградных процессов (диффузионного обмена компонентами на ретроградной ветви Р-Т трендов). Единственным методом реконструкции пиковых условий метаморфизма в таких случаях является изучение мельчайших (реликтовых) структур распада в минералах, а также микровключений, которые несут достоверную информацию о пиковых физико-химических условиях метаморфизма. Работы в этом направлении (Hokada, 2001; Fonarev et al., 2006) состоялись благодаря применению в геологии высокоразрешающих сканирующих микроскопов с малыми (<1нA) энергиями выходов электронов. Под микроструктурами понимаются структуры распада твердых растворов, образующиеся при спаде температуры и разложении первичного минерала на два - матричный минерал и ламели распада. Наиболее ярким примером микроструктур является наличие в полевых шпатах антипертитовых, пертитовых и мезопертитовых структур. Также микроструктуры встречаются в большинстве породообразующих минералов метаморфических пород – пироксен, ильменит, магнетит, шпинель. Помимо структур распада твердых растворов для оценки пиковых температур метаморфизма возможно использование минеральных термометров. Однако в гранулитовых комплексах могут отсутствовать минералы, традиционно применяющиеся ЛЛЯ геотермометрии (гранат, плагиоклаз, биотит и др.). В этом случае возможно использование «нетрадиционных» геотермометров основанных, например, на перераспределении легких и тяжелых редких земель, а также иттрия (монацит-ксенотимовый); титана и циркония (рутилцирконовый). Ниже представлены наиболее характерные для высокотемпературных гранулитовых комплексов Евразии структуры распада, а также некоторые необычные ассоциации минералов, являющиеся результатом высокотемпературной переработки пород.

#### The features of reaction structures of minerals in high temperature granulite complexes of Eurasia. S.M. Pilugin

Metamorphic processes involved in the formation of the crystalline basement of ancient platforms and the majority of endogenous ore deposits, which determines the need for their detailed investigation. The specific process of crust forming is ultra metamorphism (UHT) occurring at high temperatures and pressures (> 900  $^{\circ}$  C,> 8 kbar). The modern approach to its study based on the theory of paragenetic analysis of mineral assemblages, which found its development in the works, both domestic and foreign researchers. However, very often evidence of UHT metamorphic events of "worn" as a result of retrograde processes (diffusion exchange components in the retrograde P-T branch trends). The only method of reconstruction of the peak metamorphic conditions in such cases is to study the smallest (relic) of the structures collapse in minerals, as well as micro-inclusions that carry accurate information about the peak of physical and chemical conditions of metamorphism. Work in this direction (Hokada, 2001; Fonarev et al., 2006) took place through the application of geology of high-resolution scanning probe microscopes with small (<1Based) output energies of the

electrons. Under the microstructures to understand the structure of solid solutions formed by the recession and the decomposition temperature of the primary mineral in two - mineral matrix and lamellae collapse. The most striking example is the presence of microstructures in feldspars antiperthitic, perthitic and mezopertitovyh structures. Also, the microstructure found in most rock-forming minerals of metamorphic rocks - pyroxene, ilmenite, magnetite, spinel. In addition to the structures of solid solutions to measure the peak temperature of metamorphism is possible to use mineral thermometers. However, in granulite complexes may be missing minerals are traditionally used for geothermometers (garnet, plagioclase, biotite, etc.). In this case, perhaps the use of "nontraditional" geothermometers based, for example, the redistribution of light and heavy rare earths and yttrium (monazite-ksenotimovy) titanium and zirconium (zircon, rutile-). Below are the most typical of high-granulite complexes Eurasia structure collapse, as well as some unusual mineral associations, which are the result of the high-temperature processing of rocks.

Воронежский государственный университет Кафедра полезных ископаемых и недропользования

Пилюгин С.М.

Особенности реакционных структур в минералах из высокотемпературных гранулитовых комплексов Евразии

E-mail: geoscience@yandex.ru

В работе представлены наиболее характерные для высокотемпературных гранулитовых комплексов Евразии структуры распада, а также некоторые необычные ассоциации минералов, являющиеся результатом высокотемпературной переработки пород.

Среди них отмечены:

- 1) Структуры распада пироксенов;
- 2) Структуры распада полевых шпатов;
- 3) Структуры распада магнетита;
- 4) Структуры распада ильменита;
- 5) Хромшпинелевые, кварцевые, гранатовые каймы;
- 6) Включения в минералах и минеральные срастания



(a) Три кристаллических сегмента Восточно-Европейского кратона (по Shchipansky A.A., Bogdanova S.V., 1996). (б) Кристаллические домены Сарматии. Воронежский кристаллический массив (ВКМ) выделен темным цветом. ВКМ (размером приблизительно 600 х 800 км) относится к северовосточной части Сарматии и был отделен в фанерозое от Украинского щита Днепрово-Донецким авлакогеном

В пределах ВКМ и Украинского щита выделяются высокотемпературные комплексы пород метаморфизованные при T= ≥1000 °C и P= 9-10 кбар



#### Реликтовые структуры распада в пироксенах



а) Распад первичного клинопироксена (Срх Р); б) Распад первичного пижонита (Pgt); в), г) – схемы распада 55



Реликтовые структуры распада в полевых шпатах:

а) анитпертиты;

б) пертиты;

в) мезопертиты;

г) уникальный
 многостадийный
 распад, аналогичный
 распаду пижонита
 (см. предыдущий
 слайд)



Изменение морфологии и количества ламелей плагиоклаза в микропертитовом полевом шпате



Порода - метапелит

Реликтовые структуры распада магнетита в шпинели. Зерно шпинели отделено от кварца кордиеритовой каймой. В калиевом полевом шпате микропертитовые структуры



Порода - метапелит



Реликтовые структуры распада ильменита в магнетите

Порода – магнетитовый кварцит

Хромшпинелевые симпектиты в буферных зонах вокруг шпинели (55 т.а. – 18,18 мас. % Cr2O3, 53 т.а. – 9,41 % Cr2O3). Буфером являются кордиеритовые каймы, в некоторых случаях наблюдается прямой контакт шпинели и кварца. Прямые контакты характерны для низко-цинковых разностей шпинели (<1 мас. % ZnO)



Порода - метапелит

Буферные зоны кварца, отделяющие плагиоклаз от силлиманита. В кристаллах силлиманита встречаются включения шпинели



Буферная гранатовая зона ретроградного происхождения отделяющая магнетит от ортопироксена с ламелями распада



Порода – магнетитовый кварцит



Реликт ортопироксена со структурами распада находящийся во вторичном грюнерите



Коронарные гранаты образуются за счет плагиоклаза и ортопироксена. В плагиоклазе были обнаружены необычные реликты зонального строения: основной плагиоклаз- кислый плагиоклаз- калиевый полевой шпат-кварц

Порода – глиноземистый магнетитовый кварцит



Порода – глиноземистый магнетитовый кварцит



VAC: HiVac

Device: MV2300

66

Типы включений в гранатах:

а) порфиробласты с
 редкими включениями
 кварца,

б) с включениями кварцав центральных частяхзерен,

в) с включениями кварцав краевых частях зерен;

г) ортопироксен с
высоким (порядка 8 мас.
%) содержанием
глинозема

Порода - метапелит

RSMA Group IEM RAS



Высокотемпературные срастания монацита с ксенотимом, а также необычного типа: монацит-ксенотим-циртолитизированный циркон-рутил. Подобные срастания могут использоваться как для определения температуры, так и для определения возраста метаморфизма (термохронометры) 67

#### ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ МИХАЙЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА М.М. Понамарева

marichka15@mail.ru

Впервые в коре выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения Курской магнитной аномалии (КМА) установлено высокопробное золото (743-989), минералы платиновой группы: невьянскит, сысертскит, рутенистый платосмирид, рутениридосмин, платиносодержащий рутениридосмин. В коре выветривания железистых кварцитов месторождения преобладают минералы тяжелых платиноидов, а так же отмечается усложнение их химического состава.

#### The locations forms of precious metals in weathering crust of ferrous quartzite Mikhailovskoe deposit KMA. M.M. Ponamareva

For the first time in the weathering crust of ferruginous quartzites of the Mikhailovsky deposit Kursk Magnetic Anomaly (KMA) identified high-grade gold (743-989), platinum-group minerals: nevyanskite, sysertskite, ruthenia platosmirid, ruteniridosmin, platinum ruteniridosmin. The weathering crust of ferruginous quartzite deposits of minerals dominated by heavy platinum, as well as observed complication of their chemical composition.

#### Формы нахождения благородных металлов в коре выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА

Понамарёва М.М.

В пределах выделенных академиком В.И. Смирновым генетических групп железорудных месторождений, особое значение имеют мартитовые и гидрогематитовые коры выветривания в железистых кварцитах (Яковлевское, Михайловское, Лебединское, Стойленское и др. (КМА), Саксаганская группа (Кривой Рог), м-ние оз. Верхнего (США), Бразилии (Штат Минас-Жераис и др.), Индии, Либерии, Западной Австралии). Повышенные содержания благородных металлов были выявлены: в Бразилии (среднее содержание золота 13-25 г/т в рыхлых железных рудах, а платиноидов до 7,65 кг/т), в сульфидизированной зоне цементации вторичной рудной залежи коры выветривания железистых кварцитов Ингулецкого месторождения Кривбасса (золота до 12,5 г/т). Предметом исследования являлась широко развитая на Михайловском месторождении кора выветривания железистых кварцитов, представленная двумя морфологическими типами – площадной и линейной (рис.1, 2). Площадная кора имеет повсеместное распространение (мощность от 5 до 150-300 м) и в зонах тектонических нарушений, а так же вдоль контакта со сланцами переходит в линейную (при ширине 150-200 м иногда погружается до -400 и -800 м).

Выполненными исследованиями в коре выветривания установлено: высокопробное золото (743-989), невьянскит, сысертскит, рутенистый платосмирид, рутениридосмин, платиносодержащий рутениридосмин и сульфоарсениды (рис. 3, табл. 1, 2).

70



Рис. 1. Схема местоположения Михайловского железорудного месторождения КМА (Чернышов, 2004): 1- железистые кварциты (железистокремнисто-сланцевая формация нижнего карелия), 2- Михайловское месторождение.



**Рис.2. Положение золото-платиноносной рудовмещающей зоны стратиформного типа в разрезе Р-65 Михайловского месторождения (Чернышов, 2007):** 1 – нижнемеловые отложения; 2 – 3 – среднеюрские отложения, келловейский ярус (2), батский ярус (3); 4 - девонские отложения; 5 – 6 кора выветривания (богатые железные руды, окисленные железистые кварциты); 7 - 9 - нижняя железорудная подсвита коробковской свиты: вторая пачка, гематит-магнетитовые кварциты (7), магнетит-гематитовые кварциты (8); первая пачка, карбонатно-магнетитовые кварциты (9); 10 - верхнестойленская подсвита; 11 – скважины и их номера; 12 – дневная поверхность; 13 – рудовмещающая зона стратиформного типа золото-платинометалльного оруденения; 14 – контур карьера.






б



6





Рис. 3. Формы выделения минералов ЭПГ и золота из коры выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения: *a*, *б* – золото самородное; *в* – сысертскит (1); *г* – невьянскит (3), ирарсит (2); *д* – невьянскит (5), неназванный сульфоарсенид (4); *е* – золото, платиносодержащий рутениридосмин (6). Названия <u>минералов даны по (Юшко-Захар</u>ова, 1986).

# Средний химический состав золота в коре выветривания железистых кварцитов

Самородное золото						
Элемент	г Содержание, мас.%					
	1 (4)	2 (3)	3 (7)	4 (3)		
Ag	25,28	10,64	5,82	1,44		
Au	74,73	89,36	94,18	98,56		
Кристаллохимические формулы						
1	Au <sub>0,62</sub> Ag <sub>0,38</sub>					
2	Au <sub>0,82</sub> Ag <sub>0,18</sub>					
3	Au <sub>0,9</sub> Ag <sub>0,1</sub>					
4	Au <sub>0,97</sub> Ag <sub>0,03</sub>					

Примечание: Здесь и ниже анализы выполнены в ЗАО «РАЦ Механобр-Инжиниринг Аналит» (аналитик А. Антонов). В скобках – количество анализов, использованных для расчета среднего состава. Нумерация строк соответствует номерам столбцов.

		1		10		<u> </u>		<b>x</b>	-			
			М	инералы	платинов	ой группі	Ы				Сульфоа	арсениды
Элемент	Содержание, мас.%											
	1 (4)	2 (1)	3 (1)	4 (4)	5 (7)	6(1)	7 (2)	8 (5)	9 (2)	10(1)	11 (1)	12 (1)
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,85	22,09
Fe	0,00	0,33	0,90	0,67	3,30	1,62	0,87	0,34	0,35	0,31	0,00	1,70
Ni	0,00	0,00	0,89	0,34	0,09	0,00	1,12	0,00	0,46	0,00	0,00	1,02
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,13	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	4,60
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,98
Ru	6,38	8,69	0,00	0,00	2,38	26,71	23,04	17,53	24,83	44,56	0,00	0,00
Rh	0,00	0,00	0,00	0,22	0,20	0,00	4,53	0,00	0,00	2,92	0,00	13,25
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11
Os	57,42	58,92	57,07	43,66	30,08	23,84	13,38	40,66	34,61	17,70	0,00	0,00
Ir	36,20	32,06	41,15	55,12	63,82	26,39	17,96	41,47	33,61	27,79	66,19	34,95
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,43	39,11	0,00	5,68	6,72	0,00	12,30
Кристаллохимические формулы												
1					)				>	/		
2	$Os_{0,55}Ir_{0,1}$	$Os_{0,55}Ir_{0,34}(Ru_{0,11})$										
3	$OS_{0,54}II_{0,5}$ $OS_{0,55}Ir_{0,5}$	$\begin{array}{c} Os_{0,54} Ir_{0,29} \left( Ru_{0,15}, Fe_{0,01} \right) \\ Os_{0,55} Ir_{0,39} \left( Fe_{0,03}, Ni_{0,03} \right) \end{array}$										
4	Ir Os	Ir Oc (Fa Ni Ph )										
5	$Ir_{0,58}^{0,53}Os_{0,2}^{0,53}$	$\frac{\Pi_{0.53}Os_{0.43}(Fe_{0.02}, NI_{0.01}, RI_{0.004})}{\Pi_{0.58}Os_{0.27}(Fe_{0.1}, Ru_{0.04}, Rh_{0.003}, Ni_{0.003})}$										
6	Ir <sub>o</sub> Os.	Ir Os Pt (Fe Ru )										
7	Ru <sub>0,34</sub> Pt <sub>0</sub>	$\frac{\Pi_{0,21}OS_{0,19}\Pi_{0,16}(\Pi_{0,004},\text{Ku}_{0,003})}{\text{Ru}_{0,34}\text{Pt}_{0,3}\Pi_{0,14}OS_{0,1}(\text{Rh}_{0,07},\text{Ni}_{0,03},\text{Fe}_{0,02})}$										
8	Os <sub>0,35</sub> Ir <sub>0,5</sub>	Os <sub>0,35</sub> Ir <sub>0,35</sub> Ru <sub>0,28</sub> Fe <sub>0,01</sub>										
9	$Ru_{0,38} Os_{0,28} Ir_{0,27} Pt_{0,04} (Fe_{0,01}, Ni_{0,01})$											
10	$Ru_{0.59}Ir_{0.19}Os_{0.12}Pt_{0.05}Rh_{0.04} (Fe_{0.01})$											
11	Ir <sub>0,56</sub> Bi <sub>0,1</sub>	Ir <sub>0,56</sub> Bi <sub>0,1</sub> As <sub>0,02</sub> S										
12	$(Pt_{a,aa}Rh_{a,ba}Ir_{a,ac})(Ni_{a,aa}Fe_{a,aa}Cu_{a,ab})Sb_{a,aa}As_{a,aa}S$											

#### Химический состав минералов платиновой группы и сульфоарсенидов в коре выветривания Михайловского месторождения

Примечание: 1-3 – сысертскит; 4-5 – невьянскит; 6-7 - рутенистый платосмирид; 8 – рутениридосмин; 9 – платиносодержащий рутениридосмин; 10 – рутений,

иридий, осмий (неназванный минерал); 11 – ирарсит; 12 - сульфоарсенид Rh и Ir (неназванный минерал). В скобках – количество анализов, использованных для расчета среднего состава. Нумерация строк соответствует номерам столбцов. 75

• Предыдущими исследованиями (Чернышов, 2004) в железистых кварцитах был установлен ряд металлов: сперрилит, осмий самородный, рутениридосмин, платиридосмин, платосмиридий, золото самородное. В пределах месторождения благородные металлы выявлены в разнотипных железистых кварцитах: а) окисленные (г/т): Au-0,01, Pt-0,02, Pd-0,036, Rh-0,004, Ru-0,02, Ir-0,02, Ag-0,056; б) богатые мартитовые руды (г/т): Au-0,017, Pt-0,02, Pd-0,031, Rh-0,004, Ru-0,02, Ir-0,02, Ag-0,1.

Сравнение полученных результатов с предыдущими данными по минералогии благородных металлов железистых кварцитов свидетельствует об унаследованном характере распределения и формах нахождения благородных металлов.

•В коре выветривания железистых кварцитов Михайловского месторождения преобладают минералы тяжелых платиноидов, а так же отмечается усложнение их химического состава (по периферии зерен невьянскита происходит обогащение As, а так же появляются вкрапленники внутри зёрен платиноидов, которые богаты иридием. Все выше сказанное говорит о высокой степени зрелости коры выветривания Михайловского месторождения.

#### ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛОВ НЕОАРХЕЙСКИХ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫХ ПОРОД ЛЬГОВСКО-РАКИТНЯНСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА КМА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ РОССИЯ) Е.М. Соловьева samorodok2006@mail.ru

С помощью микрозондового анализа исследован состав вторичных минералов пород коматиитовой серии неоархейского Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса. Установлено, что набор вторичных минералов в ультраосновных и основных породах несколько отличается. Так для ультраосновных пород характерно постоянное наличие серпентина, минералов группы хлорита (преимущественно пеннин, клинохлор), талька, а в некоторых разновидностях пород – минералов группы амфиболов с высоким содержанием магния (тремолит, магнезиальная роговая обманка). Основные породы имеют в своем составе преимущественно минералы более железистых амфиболов, средние и кислые плагиоклазы и хлориты. При этом для вторичных минералов ультраосновных пород (серпентин, хлорит, тальк) характерным является постоянное наличие NiO и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### Features of composition of secondary minerals of Neoarchean ultramafic-mafic rocks Lgovsko-Rakitnyanskiy greenstone belt of Kurskiy (KMA) block (Central Russia). E.M. Solovyova

Composition of secondary minerals in the rocks of komatiitic series of Neoarchean Lgovsko-Rakitnyanskiy greenstone belt was studied with microprobe analysis. It is revealed that a set of secondary minerals in the ultrabasic and basic rocks are slightly different. So, for the ultramafic rocks is characterized by constant presence of serpentine, chlorite group minerals (mainly pennine, clinochlore), talc, and in some varieties of rocks - the amphibole group of minerals with high magnesium bearing (tremolite, magnesian hornblende). Basic rocks are composed of mainly amphibole minerals more iron, medium and acid plagioclase and chlorite. In addition, for secondary minerals of ultramafic rocks (serpentine, chlorite, talc) is characterized by a constant presence of NiO and  $Cr_2O_3$ . ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# Особенности состава вторичных минералов ультрамафит-мафитовых пород Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса КМА

Соловьева Е.М.

## Геологическая карта КМА

Нижний архей (саамий)

калынфир-кондалитовая формации Верхний архей (лопий)

Нижний лопий

Средний и верхний долий

Нижний карелий Курская серия Курская серия нерасчленённая.

конгломератовая формация.

формация с конгломератами.

Оскольский комплекс

метапесчаник-сланцевая формация.

Интрузивные образования Нижний архей (саамий)

> Верхний архей (лопий) Нижний лопий

> > Средний допий

Верхний лопий

Нижний карелий

сланцевая формация.

карбонатная формация.

габбровая формация.

т-габбровая формация.

гранитная формация.

шелочных гранитов.

формация.

MRA

формация.

AlLon

ARD

PRot

PH ......

PH.m.

PK.pl

seAR.bs



79

## Схематические разрезы скважин, вскрывающих ультрамафит-мафитовые

### породы Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса



Вторичные минералы						
в ультраосновных породах	в основных породах					
Минералы группы серпентина	-					
Минералы группы амфиболов						
Тремолит Магнезиальная роговая обманка	Актинолит Магнезиальная роговая обманка Железистая роговая обманка Чермакит					
Минералы группы хлоритов						
Клинохлор Пеннин Пикнохлорит Рипидолит	Клиноцоизит Пеннин Пикнохлорит Рипидолит Корундофиллит					
Минералы группы Са-Na ПШ						
Андезин Олигоклаз	Андезин Олигоклаз Альбит					
Минералы класса карбонатов						
Доломит Кальцит	Не анализировались					
Тальк	Не встречен					
Не встречен	Эпидот					

# Минералы группы серпентина



2503/408,3 Структура пластинчато-петельчатая с редкими реликтами идиоморфной и порфировидной

<u>3719/515,0-521,0</u> Структура нематобластовая. Псевдоморфозы серпентина по оливину

 $(Mg_{5,8}Fe_{0,2})_6 (OH)_8 [Si_4O_{10}]$ 

Ni<sub>2</sub>O (до 0,23 вес.%) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 0,20 вес.%)

# Минералы группы амфиболов

### 1) Магнезиальная роговая обманка

 $(Na_{0.16}K_{0.03})_{0.19} (Na_{0.08}Ca_{1.87})_2 (Mg_{2.72}Fe_{1.55}^{+2}Fe_{0.21}^{+3}Mn_{0.01}Ti_{0.04}Al_{0.46})_5$  $(OH)_2 [(Si_{7.16}Al_{0.84})_8O_{22,9}]$ 

### 2) Железистая роговая обманка $(Na_{0.4}K_{0.07})_{0.47}(Na_{0.02}Ca_{1.97})_2(Mg_{1.99}Fe_{210}^{+2}Fe_{0.12}^{+3}Cr_{0.07}Ti_{0.05}Al_{0.75})_5$ $(OH)_2[(Si_{6.5}Al_{1.5})_8O_{22}]$

3) Тремолит  $Ca_{1.96}(Mg_{4.99}Ti_{0.01})_5(OH)_2[(Si_{7.96}Al_{0.04})_8O_{23}]$ 

4) Актинолит  $Ca_{1.92} \left( Mg_{3.78} Fe_{0.95}^{+2} Fe_{0.14}^{+3} Al_{0.13} \right)_5 (OH)_2 \left[ (Si_{7.72} Al_{0.28})_8 O_{23} \right]$ 

5) Чермакит

$$(Na_{0.27}K_{0.11})_{0.38} (Na_{0.12}Ca_{1.86})_2 (Mg_{2.12}Fe_{1.47}^{+2}Fe_{0.23}^{+3}Ti_{0.02}Al_{1.09})_5 (OH)_2 [(Si_{6.47}Al_{1.53})_8O_{22,95}]$$

### 1,0 0,9 актинолит вактинолит оговая обманка обманка обманка

жепезистая

роговая обманка

7.0

• Амфиболы перидотитовых коматиитов

Амфиболы пироксенитовых коматиитов
Амфиболы магнезиальных базальтов

6.5

Si, форм.ед.

феррочермакит

6.0

5.5

deppo-

0,0⊾ 8,0 актиноли

7.5

Амфиболы габбро

### Параметры диаграммы: Са<sub>в</sub>≥1.50; (Na+K)<sub>4</sub><0.50; Са<sub>4</sub><0.50

## Минералы группы амфиболов



Зональное зерно роговой обманки. Шлиф 2546/445,0.



Шлиф 2546/439.0. Амфиболиты



Шлиф 2549/405,8. Серпентиниты амфиболизированные



Шлиф 2549/364.2-367. Серпентиниты амфиболизированные

## Минералы группы хлоритов



Хлориты (клинохлор, пеннин,рипидолит, пикнохлорит) ультраосновных пород имеют в своем составе постоянное наличие **Ni2O** (до 0,25 вес.%) и **Cr2O3** (до 0,53 вес.%). Хлориты основных пород отсутствием примеси Ni2O и Cr2O3.

# Минералы группы Са-Na ПШ

1) Андезин Ап31-33  $(Na_{0.75}Ca_{0.33})_{1.08}[Al_{1.25}Si_{2.7}O_{10}]$ 2) Олигоклаз Ап27-30  $(Na_{0.79}Ca_{0.27})_{1.06}[Al_{1.25}Si_{2.7}O_{10}]$ 3) Альбит Ап2,63-5,34  $(Na_{1.03}Ca_{0.06})_{1.09}[Al_{0.99}Si_{2.89}O_{10}]$ 



Шлиф 3721/575-579. Габбро-амфиболит



## Минералы класса карбонатов

 Доломит *Ca*<sub>1.5</sub>*Mg*<sub>1.4</sub>[*CO*<sub>3</sub>]<sub>2</sub>
Кальцит *Ca*<sub>0.97</sub>[*CO*<sub>3</sub>]



<u>3721/493.0-499.0</u> Структура нематобластовая, фибробластовая

# Тальк

# $(Mg_{2.7}Fe_{0.03})_3(OH)_2[Si_{3.6}O_{10}]$

В составе талька отмечается постоянное наличие Ni2O (до 0,31 вес.%) и Cr2O3 (0,06 вес.%).

## Эпидот

Клиноцоизит

 $Ca_{1.98}Al_{0.48} \times Al_2O \times OH[Si_{2.01}O_7][SiO_4]$ 



# Благодарю за внимание!