

сланцы, кварцитосланцы, кварцевые метапесчаники. В их нормативном составе преобладают три компонента – кварц, иллит и гетит (K1–Kг5). Содержание иллита иногда достигает 50–70%. Первоначально это были, по-видимому, кремнисто-железисто-гидрослюдистые илы. Причем, как неповторимыми в геологической истории являются мощные железорудные толщи, так же практически не имеют аналогов и исходные осадки филлитовидных слюдистых сланцев. Такого типа отложения сформировались вероятнее всего за счет размыва и переотложения зрелых кор глубокого химического выветривания (Kb1–Kb5). Значительная суммарная мощность сланцевых горизонтов, достигающая многих сотен метров, свидетельствует об огромном объеме образовавшихся на кристаллическом фундаменте кор выветривания, которые были широко распространены на всей территории Восточно-Европейского кратона. Присутствие их указывает на длительный перерыв в осадконакоплении, кратонизацию и пенепленизацию территории, предшествовавшие накоплению железисто-кремнисто-сланцевых формаций.

Реконструированные первичные породные ассоциации (литохимические серии) железисто-кремнистых формаций раннего докембрия Восточно-Европейского кратона различаются составом и количественными соотношениями главных типов первичных седиментогенных пород. При этом железистые породы имеют близкий нормативный состав, что объясняется единым способом отложения железисто-кремнистого вещества в условиях ограниченного поступления терригенного материала [2, 8]. Состав же вмещающих пород, зависящий от многих факторов (тектонический режим, состав пород в областях сноса и степень их выветривания, влияние вулканизма и пр.), различен и может служить индикатором палеогеографических условий и тектонических обстановок железорудного осадконакопления.

Литература

1. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Типы формаций / *Плаксенко Н.А., Горьковец В.Я., Ярошук М.А. и др.* Киев: Наук. думка, 1988. 192 с.
2. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Генезис железных руд / *Белевцев Я.Н., Кравченко В.М., Кулик Д.А. и др.* Киев: Наук. думка, 1991. 216 с.
3. *Куликов В.С., Рыбаков С.И., Берковский А.Н., Чекулаев В.П., Крестин Е.М., Сиворонов А.А., Малюк Б.И.* Геология и металлогения архейских зеленокаменных поясов фундамента Восточно-Европейского кратона // 27-й МКГ. Секция 04.05. Т. II. М., 1984. С. 338.
4. *Пуура В.А., Вахер Р.М., Клейн В.М., Коппельмаа Х.Я., Нийн М.И., Ванамб В.В., Кирс Ю.Э.* Кристаллический фундамент Эстонии. М.: Наука, 1983. 208 с.
5. Седиментация в раннем докембрии: типы осадков, метаморфизованные осадочные бассейны, эволюция терригенных отложений / *Розен О.М., Аббясов А.А., Аксаментова Н.В. и др.* М.: Научный мир, 2006. 400 с.
6. *Страхов Н.М.* Железорудные фации и их аналоги в истории Земли // Тр. ИГН АН СССР. Геол. сер. 1947. Вып. 73. № 22. 267 с.
7. Химический состав породообразующих минералов кристаллического фундамента Беларуси. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 1997. 168 с.
8. *Холодов В.Н., Бутузова Г.Ю.* Проблемы геохимии железа и фосфора в докембрии // Литология и полез. ископаемые. 2001. № 4. С. 339–352.
9. *Щеголев И.Н.* Железорудные месторождения докембрия и методы их изучения. М.: Недра, 1985. 197 с.

Минерагения ультрамафических пород кристаллического фундамента Беларуси

Аксаментова Н.В., Толкачикова А.А.

Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, г. Минск, e-mail: aksam@igig.org.by; tolk@igig.org.by

В кристаллическом фундаменте Беларуси ультрамафические породы до недавнего времени были известны по данным лишь шести буровых скважин на трех локальных участках. В последние годы при проведении РУП “Белгеология” геолого-поисковых работ в центральной части республики было выявлено несколько интрузивных массивов, приуроченных к протяженной (> 400 км) Старицкой зоне

разломов глубинного заложения северо-восточного простирания. Размеры большинства массивов, очевидно, не превышают первых кв. км. Наиболее крупный Аргеловщинский массив имеет дайкообразную форму и вытянут в длину на 15 км при максимальной ширине 0,6–0,8 км. Массивы сложены роговообманковыми перидотитами, роговообманково-оливиновыми пироксенитами, вебстеритами, горнблендитами, габброидами и прорваны редкими дайками микрогаббро-порфиритов и жилами плагиогранитов. Все они объединены в аргеловщинский комплекс нижнего протерозоя [1, 7]. Ультрамафические породы имеют сложный и непостоянный минеральный состав, и их разновидности часто чередуются в разрезе, что позволяет предполагать наличие внутренней расслоенности массивов, хотя и не так явно проявленной, как в типичных расслоенных интрузивах. Особенностью комплекса является преобладание пироксенитов, а также амфиболовых и амфиболизированных разновидностей пород; ультрабазиты типа дунитов и оливинитов пока не были встречены.

Первичными пороодообразующими минералами ультрамафитов аргеловщинского комплекса являются оливин (от Fo_{79} до Fo_{63}), диопсид ($En_{43-41}Wo_{50}Fs_{6-9}$), ромбический пироксен ($En_{72-65}Wo_2Fs_{26-33}$), роговые обманки (чермакитовая, магнезиальная, актинолитовая, железистая), основной плагиоклаз. Нередко они сохраняются лишь в виде реликтов среди вторичных минералов – тремолита, актинолита, серпентина, иддингсита, хлорита, флогопита, биотита. Характерно широкое развитие в ультрамафитах кумулятивных структур, свойственных породам расслоенных интрузивов. Причем наиболее ранней кумулятивной фазой является магнезиальный ($mg=0,87$) хромсодержащий диопсид (0,60% Cr_2O_3). Появление ранних клинопироксеновых кумулятов вместо оливиновых характерно для формирующихся в глубинных условиях интрузивов дунит-пироксенит-габбровой ассоциации и расслоенных массивов основных и ультраосновных пород стабильных структур земной коры [2, 4]. С такими интрузивами в разных регионах связаны проявления и месторождения руд черных и цветных металлов и платиноидов.

По целому ряду геолого-петрографических и минералогических признаков ультрамафиты кристаллического фундамента Беларуси сопоставимы с породами рудоносных мафит-ультрамафит-ультрабазитовых комплексов Воронежского кристаллического массива (мамонский), Кольского полуострова (нясюкский, печенгский) и Урала. Близок и их микроэлементный состав (таблица 1). Наибольшее сходство устанавливается с породами сравнительно близко расположенного протерозойского мамонского ультрабазит-базитового комплекса, имеющего платиноидно-медно-никелевую металлогеническую специализацию. Это позволяет предполагать вероятность присутствия аналогичных рудных проявлений и в магматических породах аргеловщинского комплекса, на что также указывает наличие в них разнообразных окисно-рудных и сульфидных минералов (таблица 2).

Таблица 1. Средние содержания V, Cr, Ni, Co, Cu (г/т) в породах мафит-ультрамафит-ультрабазитовых комплексов

Породы	Элементы	Мафит-ультрамафит-ультрабазитовые комплексы				
		1	2	3	4	5
Перидотиты, верлиты	V	60–70	–	450	130	60–220
	Cr	1400–2600	1200–1500	1400	1400	1000–3400
	Ni	620–1300	600–1100	910	380	170–950
	Co	80–110	100–200	70	80	90*
	Cu	30–80	200–700	300	350	30*
Пироксениты, горнблендиты	V	130–260	–	360	190	160–400
	Cr	630–2000	1100–1400	980	970	700–1100
	Ni	220–900	300–700	280	220	150–200
	Co	60–180	70–200	70	80	40–50
	Cu	45–150	150–300	150	200	37*
Габбронориты, оливиновые габбро, габбро	V	170–240	–	340	210	
	Cr	170–650	70–270	870	230	
	Ni	80–140	70–90	660	90	
	Co	30–70	60	60	50	
	Cu	30–80	70–80	230	100	

Примечание. 1 – аргеловщинский, 2 – мамонский [6, табл. 12], 3 – нясюкский [5, табл. 2] и 4 – печенгский [3, табл. 2] комплексы; 5 – ультрамафиты Платиноносного пояса Урала [2, табл. 58–82 и 4, табл. 39 – отмечены звездочкой].

Таблица 2. Химический состав (мас.%) некоторых окисно-рудных и сульфидных минералов

Минералы	<i>Mt</i>	<i>ti-Mt</i>	<i>Ilm</i>	<i>cr-Mt</i>				<i>cr-Sp</i>			<i>CPy</i>	<i>Brv</i>	<i>Pn</i>
№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	3,80	4,72	0,78	8,38	1,21	3,64	1,00	1,43	1,68	1,01	–	–	–
TiO ₂	0,38	18,86	50,69	2,97	–	1,03	1,47	3,10	2,45	2,70	–	–	–
Al ₂ O ₃	0,03	0,26	0,01	4,13	–	0,25	–	4,80	6,01	6,96	–	–	–
FeO	91,42	68,75	44,49	65,18	89,03	78,49	80,18	69,38	60,89	58,01	–	–	–
MnO	0,48	0,68	0,81	0,71	–	–	–	0,53	0,85	0,21	–	–	–
MgO	2,16	3,40	3,93	4,28	–	4,82	2,68	1,93	2,21	3,12	–	–	–
CaO	0,28	0,40	0,20	2,97	–	0,18	–	0,13	3,04	0,10	–	–	–
Na ₂ O	0,26	0,15	–	0,22	–	–	–	–	0,09	–	–	–	–
K ₂ O	–	0,22	–	–	–	–	0,08	–	–	–	–	–	–
Cr	0,07	1,30	0,14	6,76	2,60	3,99	6,87	12,27	14,51	18,05	–	–	–
Ni	0,16	0,20	0,38	–	–	0,21	–	0,21	0,03	0,36	0,28	19,87	31,99
Co	0,07	0,18	–	–	–	–	–	–	–	–	0,18	4,16	2,53
Cu	–	–	–	–	–	–	–	–	0,22	0,04	20,85	–	–
Fe	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	29,20	22,33	29,65
S	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44,29	51,70	33,04

Примечание. *Mt* – магнетит, *ti-Mt* – титаномагнетит и *Ilm* – ильменит из роговообманкового перидотита; *cr-Mt* – хроммагнетит из оливин-роговообманкового пироксенита (4), горнблендита (5) и тремолит-серпентиновой породы по верлиту (6, 7); *cr-Sp* – хромшпинель из оливин-роговообманкового пироксенита; *CPy* – халькопирит и *Brv* – бравоит из роговообманкового перидотита (образец 636d–173, см. рисунок); *Pn* – пентландит из амфиболлизированного вебстерита (?).

Окисно-рудные минералы (магнетит, титаномагнетит, ильменит, хроммагнетит, хромшпинель) присутствуют в виде пылевидных и мелких неправильных, субизометричных или пластинчатых зерен, включенных в амфибол, ромбический пироксен и биотит или локализующихся по краям зерен оливина в замещающих его вторичных минералах. Чаще всех встречается магнетит, который легко диагностируется микроскопически, поскольку образует довольно крупные зерна величиной до 1–3 мм. Остальные минералы, в том числе и сульфидные, определены микрозондированием на рентгеновском энергодисперсионном анализаторе Link ISIS (ИГЕМ РАН, аналитик А.А. Носова). Магнетит из роговообманкового перидотита содержит небольшую примесь Ti, а также Mn, Cr, Ni, Co. Характерно присутствие значительного количества MgO (2,16%), входящего, по-видимому, в состав магнезиоферритовой молекулы. В магнетитах из измененного верлита и габбро MgO отсутствует, а элементы-примеси менее разнообразны: в первых установлены TiO₂ и Cr₂O₃ в количестве 1,2%, а во вторых – V₂O₅ (0,77%). В роговообманковом перидотите помимо магнетита выявлены титаномагнетит и ильменит, содержащие соответственно 18,7 и 50,7% TiO₂. Подобно магнетиту они содержат большое количество MgO (3–4%), что указывает на глубинные условия их кристаллизации. В титаномагнетите присутствует кроме того 1,9% Cr₂O₃. В оливин-роговообманковом пироксените, горнблендите и измененном перидотите установлен хроммагнетит (4–10% Cr₂O₃), а в роговообманковом пироксените – хромшпинелиды с умеренным содержанием хрома (18–26% Cr₂O₃). Для этих минералов характерно довольно высокое содержание TiO₂ и MgAl₂O₄-компоненты, что может быть обусловлено особенностями фракционирования магматического расплава при повышенных давлениях, когда ведущей ликвидусной фазой являлся моноклинный пироксен [4].

Сульфидные минералы представлены в основном пиритом, реже халькопиритом, количество которых иногда достигает 4–5%. Они образуют округлые, субизометричные зерна, изредка октаэдрические и кубические кристаллы величиной от 0,03 до 0,8–1,5 мм, а также тонкие каемки вокруг зерен магнетита. В габбро помимо рассеянной вкрапленности встречаются гнездовидные выделения пирита размером около 5 см. Он имеет стандартный состав (Fe 45,53%, S 53,35%); в виде примеси присутствуют Ni (0,10%) и Co (0,97%). Халькопирит из роговообманкового перидотита также

содержит примесь Ni и Co, а Fe в нем преобладает над Cu, что сближает его с кубанитом. Микронзондированием кроме этих минералов в амфиболлизированном пироксените и роговообманковом перидотите выявлены обогащенный кобальтом пентландит (2,5% Co), кобальтсодержащий сульфид железа и никеля – бравоит, галенит с примесью Fe (4,8%) и Ni (2,6%) и As-содержащий сфалерит (0,26% As). Эти минералы часто ассоциируют с магнетитом и ильменитом и локализуются в микроинтерстициях зерен оливина (рисунок).

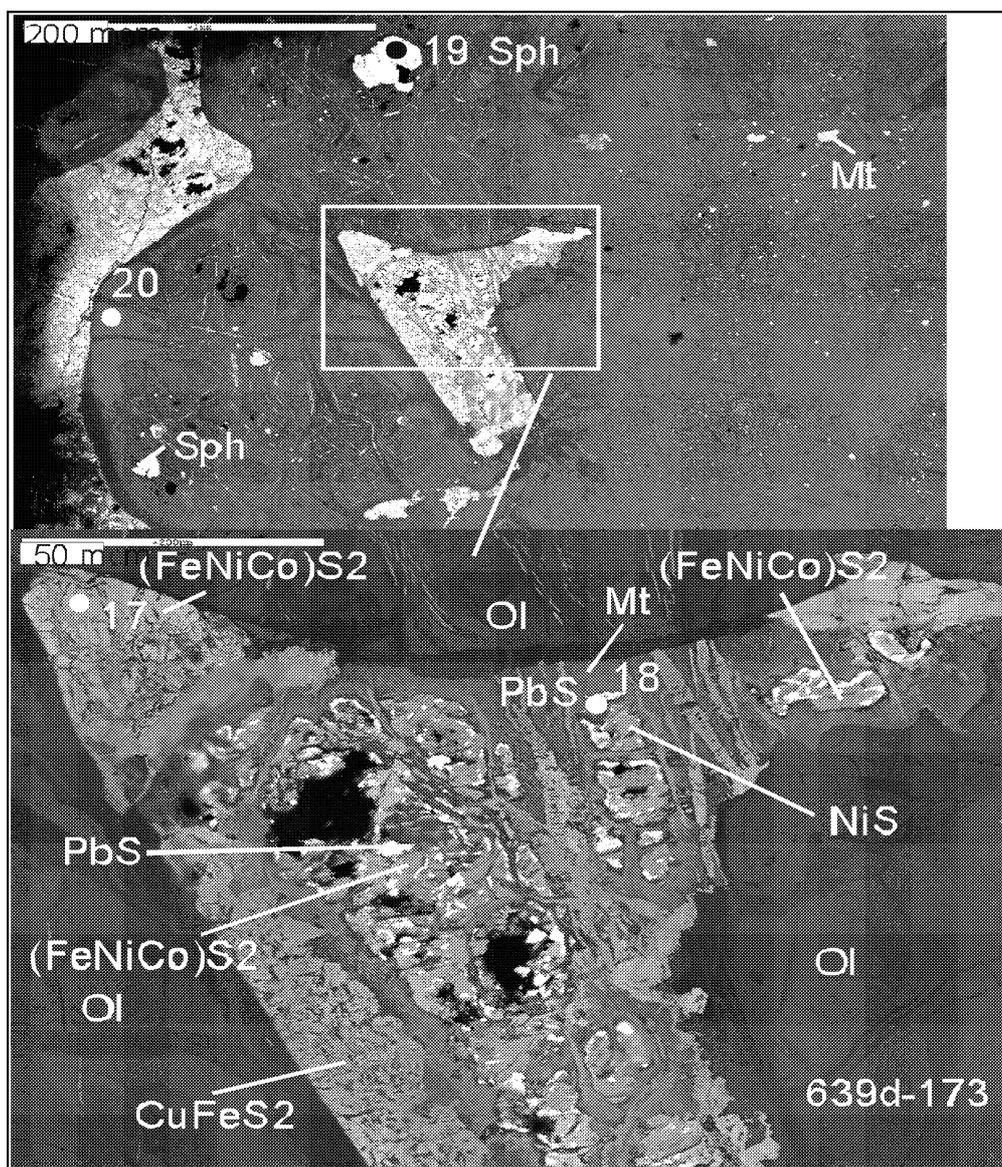


Рис. Характер распределения в роговообманковом перидотите магнетита (Mt) и сульфидных минералов: халькопирита (CuFeS_2), галенита (PbS), бравоита (FeNiCoS_2)

В распределении рудных минералов намечается зональность, выражающаяся в приуроченности магнетита, халькопирита и пентландита к краевым частям сульфидных скоплений, а бравоита, галенита и сфалерита – к их центральной части, что указывает на последовательную смену сульфидов Fe, Cu, Ni более подвижными сульфидными соединениями Co, Pb и Zn в условиях снижения температуры. Выделение рудных минералов происходило, вероятно, в течение всего процесса застывания расплава. Причем такие окисно-рудные минералы, как ильменит, магнетит, титаномагнетит, хромомгнетит и хромшпинелиды с высоким содержанием магнезиоферрита, кристаллизова-

лись, очевидно, еще в глубинных условиях, но после образования железомagneзиальных силикатов, в связи с возрастанием окислительного потенциала. Позже из более дифференцированного и водонасыщенного расплава, давшего начало горнблендитам и габброидам, выделялись магнетит и хромомagnetит с минимальным количеством примесей. И, наконец, с поздней стадией кристаллизации пород было связано выделение сульфидных минералов в виде рассеянной вкрапленности, а также межкристалльных и мелких шлировых выделений. Присутствие их свидетельствует об обособлении остаточного рудного раствора, обладающего достаточной подвижностью для проникновения в застывающую породу. Это говорит о рудогенерирующей способности магматического расплава и о возможности появления рудных концентраций сульфидов в благоприятных для их локализации участках (зонах), в частности, вблизи нижнего интрузивного контакта. Сульфидная (пентландит, бравоит) акцессорная минерализация ультрамафитов и повышенные концентрации никеля во всех разновидностях пород являются показателями сульфидно-никелевой металлогенической специализации аргеловщинского комплекса.

Литература

1. Аксаментова Н.В. Мафические дайки кристаллического фундамента Беларуси. Минск: Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, 2005. 93 с.
2. Борисенко Л.Ф. Редкие и малые элементы в гипербазитах Урала. М.: Наука, 1966. 224 с.
3. Жангуров А.А., Предовский А.А. Химизм пород и природа первичной магмы никеленосных интрузий Печенги // Петрология, минералогия и геохимия, серия "Вопросы геологии и металлогении Кольского полуострова". Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1974. Вып. 5. Часть 2. С. 72–83.
4. Магматические горные породы. Т. 5. Ультраосновные породы / Богатилов О.А., Васильев Ю.Р., Дмитриев Ю.И. и др. М.: Наука, 1988. 508 с.
5. Федотов Ж.А., Бакушин Е.М., Федотова М.Г. Основной и ультраосновной магматизм северного обрамления Печенгского синклиория // Петрология, минералогия и геохимия, серия "Вопросы геологии и металлогении Кольского полуострова". Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1974. Вып. 5, ч. 2. С. 3–18.
6. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л. Химические составы ультраосновных и основных пород докембрия Воронежского кристаллического массива. Справочник. Воронеж: ВГУ, 1972. 240 с.
7. Черняховский А.Б., Пасюкевич В.И., Илькевич Г.И. // ДАН БССР. 1981. Т. XXV. № 12. С. 1120–1123.

Минералогия и условия формирования золоторудного проявления Педролампи (Карелия, Россия)

Алексеев В.Ю., Волков А.В., Прокофьев В.Ю.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, victor@igem.ru

Рудопоявление Педролампи расположено в центральной Карелии в пределах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Пояс протягивается в субгоризонтальном направлении на 400-500 км. Его геотектоническое положение определяется приуроченностью к Хаутоварско-Койкарской мобильно-проницаемой зоне, разделяющей Карельский мегаблок на 2 сегмента: Центрально-Карельский и Онежский. В составе пояса выделяют несколько локальных структур, которые образуют в плане субмеридиональные полосы, соединяющиеся на северном окончании в районе оз. Сегозеро. Характерной особенностью пояса является широкое развитие коматиито-базальтовых и андезит-дацитовых ассоциаций с возрастом соответственно (3.05-2.95млн. лет) и (3.05-2.95, 2.09-2.85 млн. лет) [1]. Рудопоявление Педролампи вместе с проявлениями Эльмус, Орехозеро, Тампус и другими образует Эльмусское рудное поле.

Золотая минерализация рудопоявления локализована в субмеридиональной зоне расланцевания на контакте лопийских пород с ятулийскими кварцитопесчаниками. Вмещающими основное золотое оруденение породами являются тектонически проработанные, раслацованные, окварцованные, карбонатизированные, пиритизированные и турмалинизированные породы лопия, пред-