

САМОРОДНОЕ ОЛОВО И КОЛЛОМОРФНЫЙ КАССИТЕРИТ В ЗЕЛЕНОСЛАНЦЕВЫХ МЕТАМОРФИТАХ ХРЕБТА ПАЕ НА ПОЛУОСТРОВЕ КАНИН

Д. г.-м. н.

Б. А. Мальков*
elmal@online.ru

С. н. с.

В. Н. Филиппов

К. г.-м. н.

И. В. Швецова
litgeo@geo.komisc.ru

* Коми госпединститут, Сыктывкар

Самородное олово в виде мельчайших шариков и желвачков было встречено в протолочных пробах метаморфических пород хребта Пае, в 35 км юго-восточнее мыса Канин Нос. Краткие предварительные сведения об этой находке были опубликованы [7]. Дальнейшее исследование на микрозонде позволило нам уточнить структуру и минеральный парагенезис канинского самородного олова и, тем самым, понять необычные условия его образования. Обобщение всех новых и опубликованных ранее результатов составляет суть настоящей работы. Район наших исследований находится на северо-западной оконечности хребта Пае, где мощная (до 14 км) северо-западного простирания с северо-восточным падением моноклиальная толща рифейских терригенных пород тархановской серии представлена кварцитами, алевролитами и сланцами, метаморфизованными в условиях фации зелёных сланцев [8]. В ней присутствуют немногочисленные кливажированные тела метадиабазов. Породы верхов разреза в устьях рек Большой и Малой Пидерцелхи обрываются мощной зоной дробления, за которой в полосе прилива-отлива на берегу Баренцева моря обнажается метаморфическая толща, прорванная интрузиями сиенито-монзонитов, грейзенизированных гранитов и пегматитов, содержащих мелкие зёрна касситерита [4]. Возраст гранитных пегматитов, определённый К-Аг методом по мусковиту, примерно 640 млн лет. Возраст гранитов лежит в пределах 550—535 млн лет [4, 8]. Возраст метаморфизма пород тарханов-

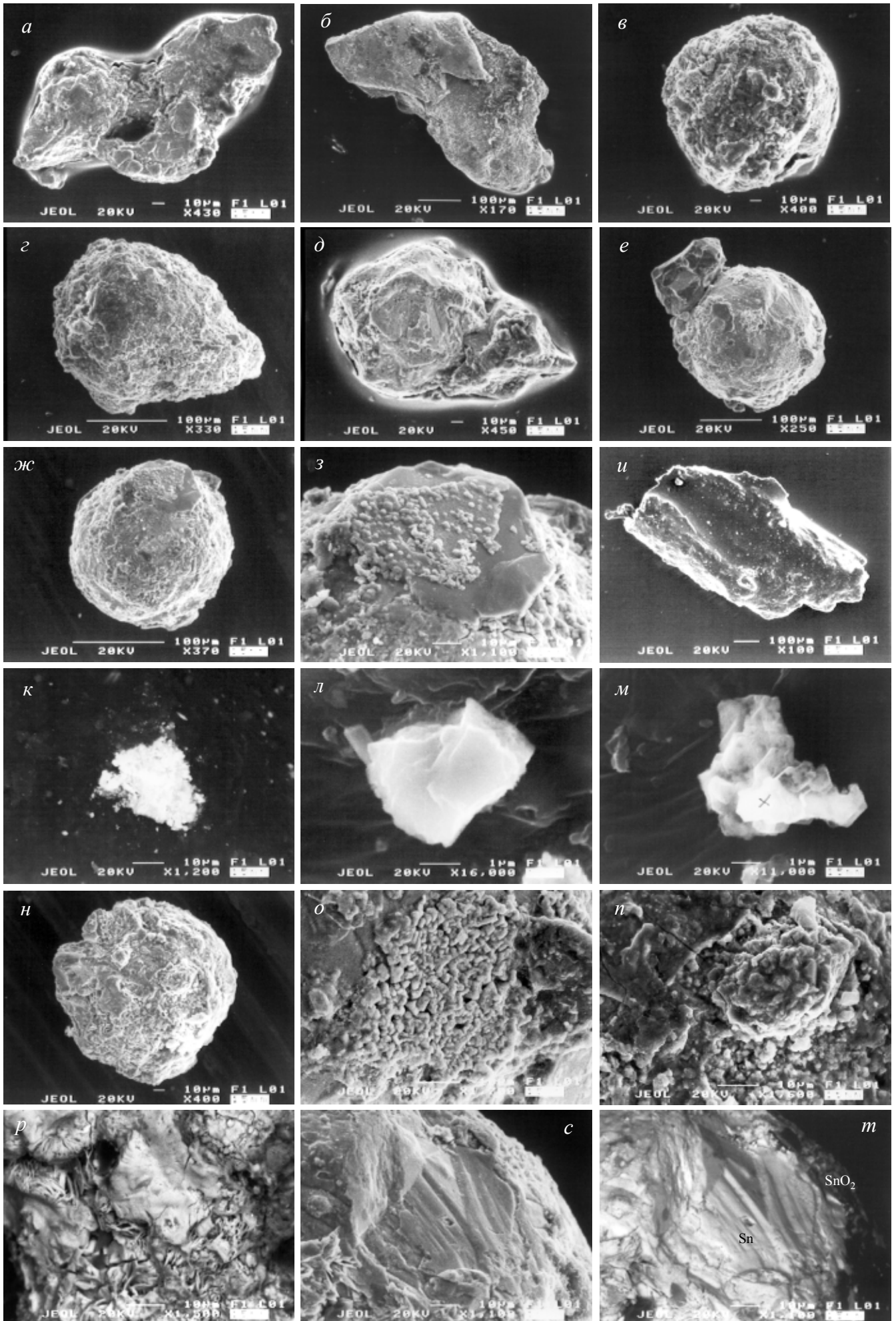
ской серии, определённый тем же методом, составляет 500—550 млн лет [4, 6, 8]. Изучение и опробование метаморфической толщи проводилось вдоль поперечного хребту Пае геологического профиля: от устья реки Песцовой, впадающей в Белое море (на юго-западе), до устья реки Малой Пидерцелхи, впадающей в Баренцево море (на северо-востоке). Истоки этих рек сходятся на узком водораздельном плато, и это позволяет наблюдать вдоль всего профиля почти непрерывный разрез рифейских отложений, залегающих круто моноклиально с преобладающим падением на северо-восток [8]. Моноклиаль осложнена флексурными перегибами с пологим, вертикальным или местами крутым обратным падением пластов. В тяжёлой фракции пяти изученных протолочных проб (массой 3—5 кг), взятых вдоль профиля, было обнаружено самородное олово в форме желвачков, шариков, лепёшек, проволоочек и дендритов в количестве 20—30 мг на пробу (рис. 1—2). Размер (диаметр) оловянных желвачков и шариков варьирует от сотых долей до 0.8 мм, но чаще всего в пределах 0.1—0.3 мм. Некоторые зёрна несут следы позднейших механических деформаций, полученных при дроблении проб. Поверхность оловянных шариков и желвачков гладкая, шероховатая или мелкобугорчатая от многочисленных наростов матричных минералов. Изредка встречаются шероховатые шарики, более тёмные по цвету, серые, с тусклым блеском.

Оловянные шарики в кварцитопесчаниках и метаалевролитах обычно не-

сут на поверхности минеральные коронки из зёрен кварца, калишпата, чешуек биотита (рис. 1—2). Состав всех этих минералов был изучен на микрозонде. Анализ проводился на сканирующем электронном микроскопе JSM-6400 с энергетическим спектрометром Link. Срастания олова с кварцем, калишпатом, биотитом взаимопроницающие и большей частью сингенетические. Интересны взаимоотношения самородного олова с графитом. Присутствие графитизированной органики в метаморфических сланцах и алевролитах тархановской серии кроме нас отмечали и другие исследователи. На поверхности продолговатых зёрен графита длиной 1 мм и поперечником 0.2 мм, напоминающих растительные фрагменты, находятся угловатые мелкие (около 30 мкм) включения самородного олова, покрытые тончайшими новообразованиями абхурита (рис. 1, и, к, л, м). В этой связи вспоминается присутствие самородного олова в углеродистых сланцах рифея машакской свиты на Южном Урале [5]. В обоих случаях угадывается барьерная функция углеродистого вещества при осаждении на нём самородного олова, как и ряда других минералов.

Оловянные шарики при рентгеновском изучении оказались шаровыми монокристаллами с микроблочной, судя по заметному астеризму точечных рефлексов, структурой. Величина блоков, вычисленная по длине пятен на лауэграммах, равна 70—100 Е, а параметры элементарной ячейки олова: a_0 — 5.80, c_0 — 3.18 Е. Лауэграмма серых шариков самородного олова, имеющая

Рис. 1. Самородное олово в метаморфитах хребта Пае: а—г — основные морфотипы выделений самородного олова: шарики (в), желвачки (г), “лепёшки” (а, б); д—и — сростки самородного олова с калишпатом (д), кварцем (е), биотитом (ж, з), графитом (и, к), где “и” — выделение графита, “к” — самородное олово на поверхности графита; л—м — наросты абхурита (л) и самородного олова (крестик в центре) в оторочке абхурита (м) на поверхности графита (и); н—т — оловянный шарик (н), покрытый корочкой “деревянистого” касситерита (о, п), под которой видна рифлёная поверхность самородного олова (р, с, т). Сканирующий электронный микроскоп



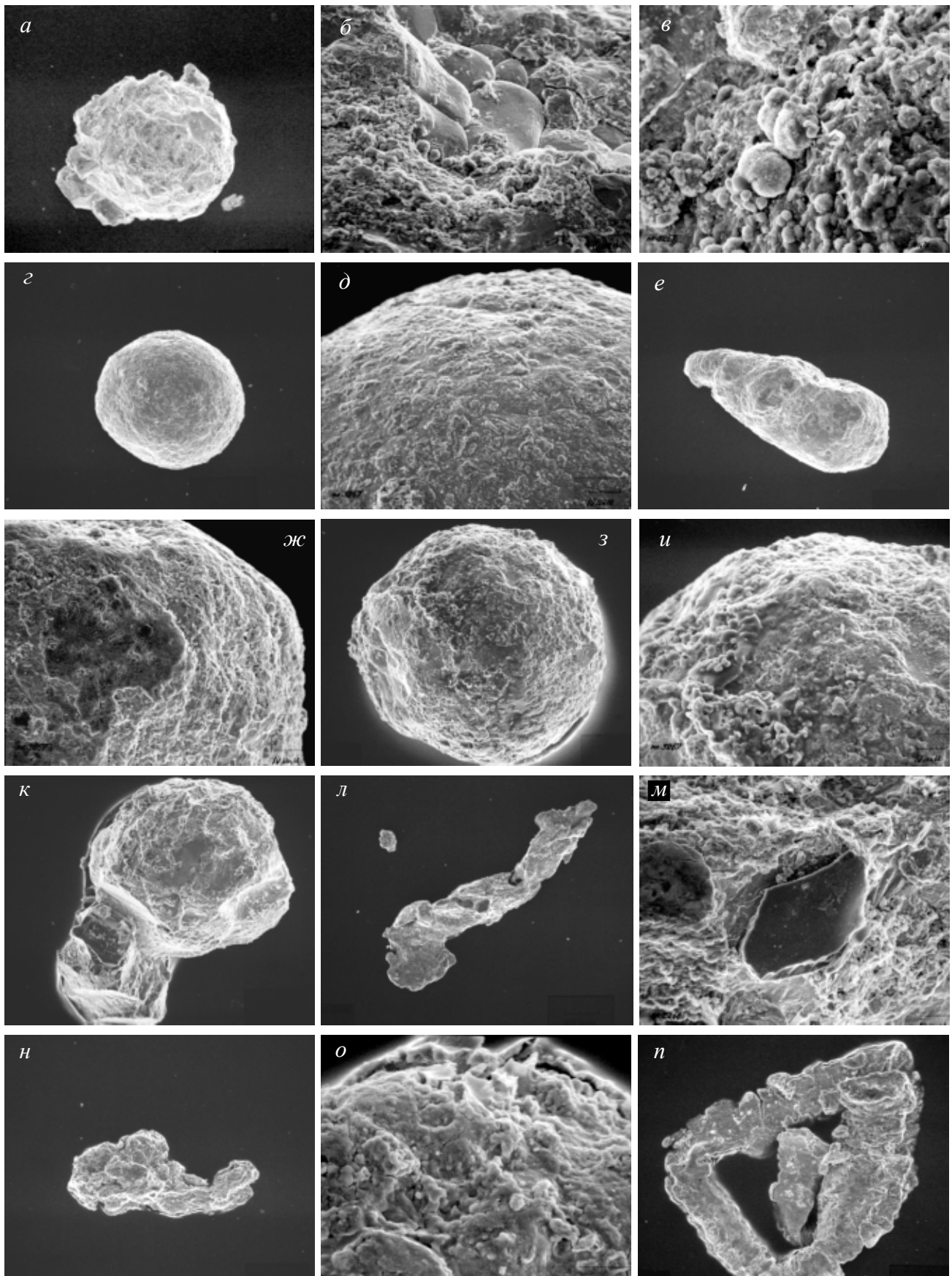


Рис. 2. Морфология и структура поверхности самородного олова: а — оловянный шарик с короной из зёрен кварца и “б, в” — детали его поверхности; б — самородное олово (в центре) под корочкой “деревянистого” касситерита; в — почковидные выделения “деревянистого” касситерита; г — относительно “гладкий” оловянный шарик и “д” — корочка “деревянистого” касситерита на нём; е — оловянная булава и “ж” — слюда на её поверхности; з — оловянный шарик с очень неровной поверхностью и “и” — почковидные наросты “деревянистого” касситерита на нём; к — сросток оловянного шарика с равновеликим зерном кварца; л — оловянная проволочка с включениями-вростками слюды на её поверхности; м — включения слюды в корочке касситерита; н — оловянный “башмачок”; о — корочка “деревянистого” касситерита на “башмачке” и механические трещинки на ней; п — оловянный треугольник. Сканирующий электронный микроскоп



Таблица 1

Химический состав калишпата, биотита, кварца, “деревянистого” касситерита из сростков и наростов на самородном олове, мас. %

Компонент	1	2	3	4	5	6
	Калишпат	Калишпат	Биотит	Кварц	Кварц	Касситерит
Al ₂ O ₃	17.95	18.83	24.26	0.89	0.97	-
SiO ₂	61.18	64.18	44.21	90.85	99.03	0.68
TiO ₂	-	-	2.40	-	-	-
K ₂ O	14.71	15.43	9.11	-	-	-
CaO	0.56	0.59	-	-	-	0.68
MgO	-	-	12.95	-	-	-
Fe ₂ O ₃	-	-	21.06	-	-	-
BaO	0.95	1.00	-	-	-	-
MnO	-	-	0.36	-	-	-
SnO ₂	4.14	-	0.33	11.68	-	98.33
CuO	-	-	-	-	-	0.68
Сумма	99.49	100.0	114.68	103.42	100.0	100.37

вид диффузных колец, свидетельствует об их поликристаллической структуре и микрослоистой текстуре. Астеризм рефлексов белого олова отражает первичное ростовое несовершенство монокристаллов.

Спектральный полуколичественный анализ зафиксировал присутствие в самородном олове 17 элементов-примесей, содержание которых в сумме достигает 5.4 % мас. [7]. Важнейшие из них — Pb, Cu, Bi, Ag — обусловлены наличием рудных минеральных включений. Примеси Ca, Mg, Al, Si, Ti, Fe явно связаны с микровключениями биотита, калишпата и кварца (табл. 1). Рудные минералы представлены микровключениями галенита, перита PbBiO₂Cl, абхурита Sn₂₁Cl₁₆(OH)₁₄O₆ и корочками “деревянистого” касситерита, пятнами абхурита и какого-то сульфата меди (табл. 1—2). На поверхности многих оловянных желвачков наблюдается тонкая корочка колломорфных почковидных выделений “деревянистого” касситерита (табл. 1).

Метаморфический парагенезис канинского самородного олова своеобразен. Он включает как метаморфические минералы: биотит, микроклин, так и “гидротермальные”: галенит, перит, “деревянистый” касситерит, абхурит и сульфаты меди. Колломорфный “деревянистый” касситерит обычно характерен для гидротермальных месторождений малых глубин. Абхурит впервые был обнаружен в 1993 г. вблизи селения Шарм Абхур в Красном море как продукт изменения оловянных слитков, извлеченных из трюмов затонувших кораблей. В нашем случае абхурит находится не только на поверхности оловянных шариков, но и внутри них, что зафиксировали микрондовые анализы. То есть канинский абхурит, в отличие от археологического аналога, имеет низкотемпературное эндогенное происхождение. В литературе абхурит и перит обычно упомина-

Примечание. 1—2 — калишпат бариевый в тесном сростании с оловянным шариком; 3 — биотитовая чешуйка на поверхности оловянного шарика; 4—5 — кварц из сростка с оловянным шариком; 6 — “деревянистый” касситерит, образующий корочку на оловянном шарике. Все минералы из кварцитопесчаников на р. Песцовой, п-ов Канин. Анализы 2, 5 скорректированы после исключения примеси SnO₂. Плохая сумма анализа биотита вызвана рельефным фактором. Анализы выполнены на микрозонде.

Таблица 2

Химический состав абхурита, перита, галенита из включений и наростов на самородном олове, мас. %

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
	Олово	Олово	Абхурит	Абхурит	Перит	Перит	Перит	Галенит
Al	0.27	-	0.54	0.43	-	-	-	-
Si	0.28	-	0.35	0.26	-	-	-	-
Ca	-	-	-	0.46	4.33	2.82	3.33	9.87
Sn	99.89	100.35	72.69	80.12	3.36	1.97	2.60	4.70
Cu	0.59	0.96	-	-	0.81	0.71	0.71	0.83
Pb	-	-	-	-	41.27	39.78	42.15	47.88
Bi	-	-	-	-	31.11	38.12	38.50	-
Cl	0.26	-	16.33	14.49	5.67	5.30	6.32	-
O	-	-	-	-	9.64	9.23	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	6.28
Сумма	101.29	102.72	90.28	95.76	96.22	97.93	94.28	69.56

Примечание. 1 — вкрапление самородного олова (около 30 мкм) в графите (?) из кварцитопесчаника; 2 — самородное олово под микронной корочкой касситерита на оловянном шарике; 3 — абхурит с самым высоким (около 41.25 ат. %) содержанием Cl, близким теоретическому (43.2 ат. %), образует тонкую корочку на самородном олове; 4 — абхурит с пониженным (около 36.38 ат. %) содержанием хлора на поверхности оловянного шарика-сростка с кварцем; минералы 1—4 извлечены из кварцитопесчаника, р. Песцовая, п-ов Канин; 5—7 — перит на поверхности оловянного шарика (D~180 мкм) из алевролита с р. М. Пидерцелхи, п-ов Канин; 8 — галенит-микронник на поверхности оловянного шарика в окружении кальцита. Присутствие Ca в анализах 5—8 связано с фоном кальцита.

ются в списке скарновых и гидротермальных минералов [12].

Самородное олово присутствует во всех разновидностях зеленосланцевых метаморфитов тархановской серии, включая кварцитопесчаники, алевролиты и сланцы. Очевидно, что образо-

вание желвачков самородного олова связано с зеленосланцевым метаморфизмом оловосодержащих терригенных отложений. Метабластический рост шаровых кристаллов самородного олова происходил при участии метаморфогенных флюидов. Обращение



олова “деревянистым” касситеритом и абхуритом происходило, вероятно, уже при заключительных низкотемпературных стадиях процесса. Оловянные желвачки подобного состава и, вероятно, такого же происхождения установлены в углеродистых сланцах машакской свиты среднего рифея на западном склоне Южного Урала [5]. Самородное олово пользуется довольно широким распространением. Оно присутствует в аллювиальных платиноносных россыпях Среднего Урала на реке Ис [1] и в элювии, заполняющем современные трещины в коренных породах золотопалладиевого рудопроявления Чудного на Приполярном Урале [15]. По наблюдениям А. Г. Бетехтина, самородное олово встречается главным образом в россыпях вместе с самородной платиной, осмистым иридием, золотом и касситеритом. Ещё в начале прошлого века оно было обнаружено им на Северном Урале и в Миасском районе [2]. В виде округлых зёрен до 1 мм в поперечнике, похожих на дробинки, в ассоциации с касситеритом, арсенипитритом, галенитом, пиритом и самородным золотом оно присутствует в золотоносных россыпях Французской Гвианы, Нигерии, Нового Южного Уэльса (Австралия), Боливии [9]. Постмагматическое и гидротермальное самородное олово обнаружено в сиенитах, гранит-порфирах, кварцевых жилах Северной Киргизии [13]. Олово присутствует в кварцевых жилах по р. Коренной, левому притоку р. Цильмы на Среднем Тимане [10]. Здесь же в верхнем течении р. Цильмы (ниже устьев Верхней Сенки и Коренной) самородное олово присутствует вместе с золотом и шеелитом в шлихах, взятых из аллювия [10]. Гидротермальное олово было найдено в урановых рудниках Биверлуджа в Саскачеване в трещинах среди глинистых сланцев в парагенезисе с урановой смолкой, пиритом, халькопиритом, борнитом, халькозином, сфалеритом, галенитом, поздним кальцитом. При этом зёрна самородного олова величиной до 1.5 мм вдаются в виде язычков в трещины сопровождающих минералов, что позволяет считать его самым поздним низкотемпературным гидротермальным минералом [11].

Обсуждая возможный первоисточник самородного олова в метаморфитах хребта Пае, необходимо учитывать широкую геохимическую распространённость этого элемента в породах зем-

ной коры. Так, обширные данные свидетельствуют о вариациях содержания олова от 5 до 24 г/т в осадочных породах разного состава: в аргиллитах, алевролитах, песчаниках, кремнистых породах, современных пелагических осадках, а также в современных илах, обогащённых вулканическим материалом, на дне океанов. В железорудных конкренциях оно достигает 400 г/т, при среднем содержании 189 г/т. Среднее содержание олова в земной коре, по данным разных авторов, варьирует от 1.5 до 8.0 г/т [12]. При метаморфизме пород происходит, как известно, перераспределение многих элементов, в том числе и олова. В рассмотренном нами примере такое перераспределение олова происходило при слабом зеленосланцевом метаморфизме оловоносных терригенных пород тархановской серии с метабластическим образованием шарообразных телец самородного олова в парагенезисе с биотитом, калишпатом и рядом рудных низкотемпературных минералов: “деревянистым” касситеритом, галенитом, пиритом, абхуритом. Это очень напоминает генезис порфиробластов ильменита в канино-тиманских метаморфитах, образующихся за счёт первично рассеянного титана в пелитах и алевролитах при их зеленосланцевом метаморфизме. Разница лишь в том, что многочисленные порфиробласты ильменита можно легко увидеть под микроскопом, а идиобласты самородного олова *in situ* в шлихах и аншлихах горных пород наблюдать не удаётся. Именно поэтому нам пришлось довольствоваться только извлечённым из протолочек самородным оловом в сростаниях его с протогеничными и сингенетичными минералами. Существует большая вероятность встретить самородное олово в канино-тиманских россыпях девонского возраста вместе с касситеритом и обильным метаморфогенным ильменитом, тем более что отдельные находки касситерита, по данным Д. П. Сердюченко, известны среди метаморфических сланцев Ухтинского района [10].

В итоге проведённых нами исследований удалось выявить малоизвестный метаморфический тип парагенезиса самородного олова, объясняющий присутствие последнего во многих мировых россыпях вместе с золотом, платиной, осмистым иридием, касситеритом.

Мы весьма признательны специалисту по металлогении олова д. г.-м. н.

С. М. Родионову за проявленный интерес, плодотворную дискуссию и полезную информацию по интересующей нас проблеме.

Литература

1. Александров А. И. О самородном олове в аллювиальных россыпях реки Ис (Средний Урал) // Зап. ВМО. 1955. Ч. 84. Вып. 4. С. 462.
2. Бетехтин А. Г. Курс минералогии. М.: Госнауцтехиздат, 1956. 558 с.
3. Дэна Дж. Д., Дэна Э. С., Пэлач Ч. И. и др. Система минералогии. Т. 1. Элементы, сульфиды, сульфосоли. М.: Изд-во ИЛ, 1950. С. 149—150.
4. Иевсен Ю. П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. М.; Л.: Наука, 1964. 142 с.
5. Ковалёв С. Г., Сначев В. И., Высоцкий И. В. Новый тип благороднометалльной минерализации на западном склоне Южного Урала // Ежегодник - 1996. Информационные материалы. Уфа, 1998. С. 93—94.
6. Мальков Б. А. Петрология дайковой серии щелочных габброидов Северного Тимана. Л.: Наука, 1972. 128 с.
7. Мальков Б. А., Мельникова Е. М., Швецова И. В. Микроконкреции самородного олова в метаморфических породах хребта Канин // Геология северо-востока Русской платформы и Приполярного Урала. Сыктывкар, 1965. С. 67—69. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР. Вып. 5).
8. Мальков Б. А., Пучков В. Н. Стратиграфия и структура метаморфических толщ полуострова Канин и Северного Тимана // Вопросы геологии северо-востока Русской платформы, Печорского Урала и полуострова Канин. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР. Вып. 4) Сыктывкар, 1963. С. 46—56.
9. Минералы: Справочник. Т. 1. Самородные элементы, интерметаллические соединения и др. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 58—60.
10. Производительные силы Коми АССР. Т. 1. Геологическое строение и полезные ископаемые. Изд-во ИЛ СССР, 1953, 464 с.
11. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. М.: Изд-во ИЛ, 1962. 1132 с.
12. Родионов С. М. Металлогения олова Востока России. М.: Наука, 2005. 327 с.
13. Туровский С. Д. О находке самородного олова в Северной Киргизии // Тр. Ин-та геологии АН КиргССР, 1956. Вып. 8.
14. Швецова И. В., Мальков Б. А. Касситерит и самородное олово на Тимане и полуострове Канин // Минералы и минеральные месторождения европейского северо-востока России. (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 83.) Сыктывкар, 1994. С. 102—107.
15. Шумилов И. Х., Остащенко Б. А. Минералого-технологические особенности Au-Pd-TR оруденения на Приполярном Урале // Сыктывкар: Геопринт, 2000. 100 с.