

## Коллекционные и ювелирные касситериты; перспективы добычи

Д.А.ПЕТРОЧЕНКОВ (ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ–РГГРУ); 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23)

Касситерит по своим геммологическим характеристикам не уступает многим популярным ювелирным минералам. Высокую стоимость имеют коллекционные кристаллы. В качестве ювелирного камня может широко использоваться деревянистое олово. Касситерит коллекционного и ювелирного качества преимущественно связан с кварцевым промышленным типом редкометалльно-вольфрам-оловянной формации. Значительный интерес представляют редкометалльные пегматиты, в которых касситерит ассоциирует с другими драгоценными камнями. Наиболее крупные кристаллы касситерита связаны с жильной формой рудных тел и минерализованными пустотами в пегматитах. Важным источником касситерита ювелирного качества могут являться россыпи элювиально-склонового и ложкового типов. С касситеритом ассоциирует широкий комплекс минералов коллекционного и ювелирного качества. Кристаллы касситерита и сопутствующие им минералы коллекционного и ювелирного качества могут добываться попутно при отработке месторождений олова, повышая их рентабельность.

*Ключевые слова:* касситерит, коллекционные и ювелирные минералы, месторождения олова, формационный тип.

Петроченков Дмитрий Александрович



p-d-a@mail.ru

## Collection and Jewellery cassiterites; the perspectives of extraction

D.A.PETROCHENKOV (Russian state geology-prospecting university (MGPI–RSGPU))

The cassiterites are not inferior to many popular jewellery minerals according to its gemological descriptions. The collections crystals have high cost. Tin wood will be able to use widely as jewellery stone. Cassiterite of collection and jewellery quality is mainly connected with quartz industrial type of rare-metal-tungsten-tin formation. Rare-metal pegmatites present significant interest, at this point cassiterite associate with other precious stones. The largest crystals of cassiterite connect with veined form of ore bodies and mineralized cavities in the pegmatites. The placers of eluvium-slope and spoon types can be important source of the cassiterite of jewellery quality. The wide complex of minerals of collection and jewellery quality associates with cassiterite. The crystals of cassiterite and accompanying to them minerals of collection and jewellery quality can be extracted by work for deposits of tin in passing raising their profitability.

*Key words:* cassiterite, collection and jewellery minerals, deposits of tin, formation type.

Касситерит известен человеку с бронзового века и добывается им на протяжении более 5 тыс. лет [1]. Основными поставщиками олова в концентратах в настоящее время являются Китай, Индонезия, Перу, Боливия, Бразилия и Демократическая Республика Конго, в сумме обеспечивающие 95% мирового производства. На долю России приходится менее 1%. Однако она занимает ведущее место в мире по запасам олова, многочисленные месторождения которого расположены в Восточном Забайкалье, Северо-Восточной Якутии, Верхней Колыме, Чукотке, Приморье, Приамурье [3].

Помимо использования касситерита, как основного источника олова, его кристаллы имеют высокую эстетическую ценность [2, 5, 8]. Стоимость крупных кристаллов с хорошо выраженными кристаллографически-

ми формами и алмазным блеском граней на мировом рынке достигает нескольких десятков тысяч долларов (рис. 1). Касситерит по своим геммологическим характеристикам: показатель преломления  $n_o=1,90-2,01$ ,  $n_e=2,02-2,12$ , дисперсии – 0,71, твёрдости – 6,5–7 по шкале Мооса, разнообразной окраске, несовершенной спайности не уступает многим популярным ювелирным минералам (рис. 2). Стоимость огранённых кристаллов часто превышает 100 \$/кар [16]. Представляют коммерческий интерес и скрытокристаллические радиально-лучистые почковидные агрегаты касситерита, получившие название «деревянистое олово» (рис. 3). Из них изготавливают кабошоны. Деревянистое олово на мировом ювелирном рынке мало известно и присутствует в крайне ограниченном количестве, хотя по

своим геммологическим характеристикам и декоративности может занять достойное место в ряду известных ювелирных камней.

В рудах касситерит содержится преимущественно в виде мелких (<1 мм) кристаллов чёрного цвета. Прозрачные бледно-окрашенные кристаллы касситерита, используемые в огранке, достаточно редки, что позволило отнести его к нетрадиционным ювелирным камням [2, 8, 11]. Систематического отбора коллекционных и ювелирных кристаллов в СССР не проводилось, и многие из них, в том числе уникальные, были утрачены. В настоящее время в Российской Федерации касситерит коллекционного и ювелирного качества также не рассматривается в качестве попутного компонента при обработке оловорудных месторождений и не входит в реестр ювелирного сырья [9].

Многие месторождения касситерита хорошо изучены, разработаны критерии их поисков и оценки, детально изучен сам минерал [3]. При этом неясно, каковы условия образования касситерита коллекционного и ювелирного качества, с какими промышленными типами месторождений они связаны.

Для решения указанных вопросов были изучены коллекции касситеритов Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана, музея «Самоцветы», Государственного геологического музея им. В.И.Вернадского, музеев МГРИ–РГГРУ, МГГУ, МГУ, ВИМС, музеев Университета и Горного института Санкт-Петербурга, Минералогического музея в г. Фрайберг (Германия). Проанализированы литературные материалы и образцы, представленные на международных минералогических выставках в Москве, Тусоне и Денвере (США),



Рис. 1. Двойник дипирамидальных кристаллов касситерита со сложной поверхностью граней (9,5 см) на друзе мусковита:

Китай, цена 100 000 \$, N.H.A. 17.05.2009, № 41037

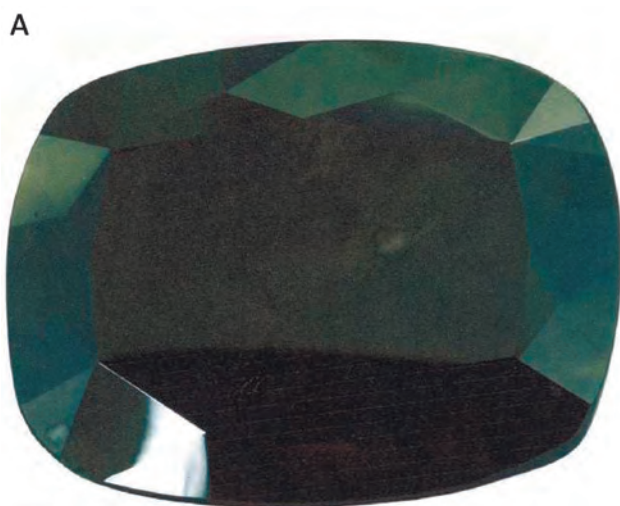


Рис. 2. Примеры огранённых кристаллов касситерита. Выставочные образцы:

А – тёмно-серый касситерит 22×17×11 мм, 61,1 карат, Шри-Ланка, цена 8 670 \$; Б – светло-коричневый касситерит, 8,7×6,7×4,5 мм, 7,5 карат, Китай, цена 2 000 \$

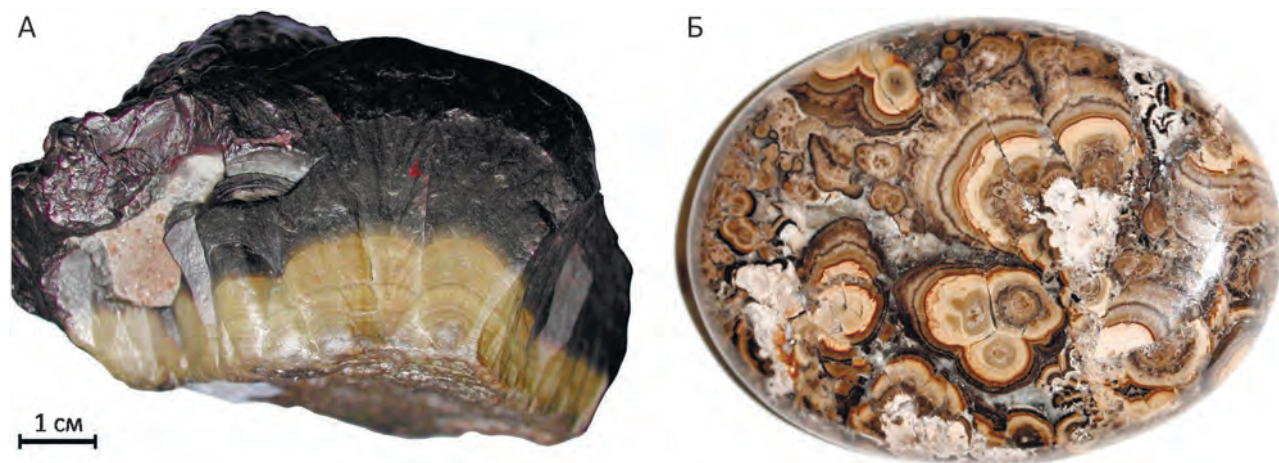


Рис. 3. Деревянистое олово. Образец автора:

А – сферолит 8×7×4 см, 684 г, Корнуэлл, Англия, ГГМ им. В.И.Вернадского РАН, № 21232; Б – кабошон 20×27 мм, 43 кар, Джалиндинское, Хабаровский край

Мюнхене (Германия), Гонконге (Китай), Бангкоке (Таиланд), в частных коллекциях. Часть материала собрана при посещении месторождений олова в Российской Федерации, Чехии, Германии, Канаде. Получены консультации ведущих специалистов оловянной отрасли.

К коллекционным образцам относятся кристаллы касситерита размером более 10 мм по длинной оси с хорошими кристаллографическими формами [8]. Кристаллы указанных размеров могут использоваться и как ограночный материал, даже если они непрозрачные и имеют характерный чёрный цвет. В общей сложности были описаны 811 образцов с крупным касситеритом из 47 месторождений Российской Федерации и 139 образцов из 133 зарубежных месторождений.

Большое разнообразие месторождений олова потребовало для прогнозно-поисковых и оценочных целей проведения их классификации по рудноформационным, минеральным и промышленным типам. Первая классификация месторождений разработана С.С.Смирновым (1937). По признакам сходства геологических условий образования, минерального и химического состава оловянных руд он выделил три формации: пегматито-пегматоидная, кварц-касситеритовая и сульфидно-касситеритовая [12]. В дальнейшем классификация С.С.Смирнова получила развитие в работах О.Д.Левитского (1947), Е.А. Радкевич (1956, 1968), И.Ф.Григорьева и Е.И.Доломановой (1956), М.П.Материкова (1964), В.Т.Матвеевко (1968), С.Ф.Лугова и Б.В.Макеева (1972), В.В.Онихимовского (1979), В.А.Ларичкина (1981).

На основании дальнейшего обобщения и анализа материалов по оловянным месторождениям А.Б.Павловским (2003) предложена классификация формацион-

ных, минеральных и промышленных типов [7], которая использована в настоящей работе. По совокупности геолого-металлогенических и геохимических факторов выделены две оловянные формации: редкометалльно-вольфрам-оловянная и железисто-полиметалльно-оловянная (табл. 1).

**Редкометалльно-вольфрам-оловянная** формация включает разнообразные минеральные ассоциации, типы и фации высокотемпературного литофильного оловянного оруденения, на базе которых установлены три промышленных типа месторождений: грейзеновый, кварцевый, апоскарновый (см. табл. 1). Микроклин-сподумен-альбитовый (оловоносные редкометалльные пегматиты) и риолитовый минеральные типы в промышленных типах месторождений по классификации А.Б.Павловского не выделяются в силу их незначительной роли в оловодобыче [7].

**Редкометалльные пегматиты.** В пределах редкометалльных пегматитов выделяется микроклин-сподумен-альбитовый минеральный тип. Месторождения редкометалльных пегматитов с коллекционным и ювелирным касситеритом многочисленны (табл. 2) и расположены в различных регионах мира. В России примерами могут служить месторождения Белореченское (Иркутская область), Завитинское, Этыкинское (Забайкалье), из зарубежных – Чердолак (Казахстан), Ляйляк (Кыргызстан), Арандиз (Намибия), Улу-Петай (Малайзия). Размер касситерита, как правило, не превышает 10–20 мм, но в миароловых пустотах ряда месторождений он достигает 70–100 мм (Белореченское, Чердолак). В Афганистане в редкометалльных пегматитах с драгоценными камнями Дарай-Пич встречены уникальные по размерам, хорошо сформированные кристаллы

1. Формационная принадлежность коллекционных и ювелирных касситеритов. На основе классификации А.Б.Павловского, 2003

Формация	Типы		Морфология рудных тел	Характерные минералы		Примеры месторождений
	Минеральные	Промышленные		Рудные	Нерудные	
Редкометалльно-вольфрамо-оловянная	Микроклин-сподумен-альбитовый	Редкометалльные пегматиты	Сложные минерализованные зоны и гнезда в жилах пегматитов	Касситерит, колумбит, танталит, вольфрамит, берилл*	Микроклин, альбит, кварц*, мусковит, топаз*, сподумен*, флюорит, гранат*, турмалин*	Белореченское, Завитинское, Этыкинское (Россия), Ля-Ляк (Кыргызстан), Арандиз (Намибия)
	Топаз-слюдисто-кварцевый	Грейзеновый	Минерализованные зоны, штокверки, жилы ограниченных размеров	Касситерит, кестерит, вольфрамит, берилл, молибденит, пирит, арсенопирит	Кварц, слюды, топаз*, флюорит, турмалин, карбонаты	Правоурмийское (Россия), Майхура (Таджикистан), Циновец (Чехия), Циннвальд (Германия)
	Кварцевый	Кварцевый	Жилы, штокверки и комбинированные тела	Касситерит, вольфрамит*, шеелит*, берилл*, пирит, халькопирит, арсенопирит, молибденит, висмутин	Кварц*, топаз*, мусковит, полевой шпат, берtrandит*, гердерит*	Иультин, Светлое, Тенкергин, Мерек (Россия), Пролетарское (Казахстан), Горный Славков (Чехия), Эренфидерсдорф (Германия)
	Риолитовый	Риолитовый	Прожилки, брекчии, жиллообразные агрегаты	Деревянистое олово, гематит, пирит, арсенопирит	Кварц, халцедон, опал*, топаз, гранат, кальцит, хлорит, флюорит	Суворовское, Кремнистое, Джалиндинское (Россия), Сьерра-Фриа (Мексика)
	Гранат-пироксен-плагиоклазовый	Апоскарновый	Сложные метасоматические залежи, прожилки, жилы небольших размеров	Касситерит, шеелит*, вольфрамит, шпинель, малайит*, магнетит, хризоберилл, фенакит, пирит, халькопирит, пирротин, молибденит, галенит и др.	Диопсид, гранат*, везувиан*, данбурит, аксинит, норденшельдин, флюорит*, кварц, кальцит*, геденбергит и др.	Каньон, Питкьяранта, Чыбагалахское (Россия), Шварценберг, Брайтенбрун (Германия)
Флюорит-слюдистый						
Железисто-полиметалльно-оловянная	Флюорит-боросиликатный	Апоскарновый	Прожилково-вкрапленное оруденение, мелкие жилы	Касситерит, норденшельдин, станнин, сульфостаннаты, пирротин, сфалерит, галенит	Данбурит, датолит, аксинит, турмалин, флюоборит, флюорит, кварц, диопсид, турмалин	Месторождений не установлено
	Кварц-хлоритовый	Силикатный	Жилы, штокверки линейного типа, прожилково-вкрапленное оруденение в минерализованных зонах	Касситерит, арсенопирит, халькопирит, станнин, пирит, пирротин, сфалерит, висмутин, галенит	Кварц, хлорит, турмалин	Хапчеранга, Баджираевское (Россия)
	Кварц-турмалиновый					
Колчеданно-сульфидный. Сульфосольно-сульфидный.	Сульфидный	Метасоматические залежи, зоны прожилкования сложной формы	Касситерит, деревянистое олово, станнин, пирит, пирротин, сфалерит, галенит, тиллит, канфильдит, сфалерит	Кварц, карбонаты, хлорит, турмалин	Дальнее (Россия), Оура, Потоси (Боливия)	

Примечание. \* – минералы, представляющие коллекционный или ювелирный интерес.

2. Численность месторождений различных промышленных типов с коллекционным и ювелирным касситеритом

Оловорудная формация	Промышленный тип месторождения	Число месторождений		Максимальный размер касситерита, мм		Максимальная масса касситерита, г	
		РФ	Зарубежные	РФ	Зарубежные	РФ	Зарубежные
Редкометалльно-вольфрамо-оловянная	Редкометалльные пегматиты	3	46	75	110	400	3640
	Грейзеновый	5	13	30	55	2,6	85
	Кварцевый	27	46	110	95	2700	685
	Апоскарновый	3	5	53	42	120	123
	Риолитовый (деревянистое олово)	4	9	60	110	160	514
Железисто-полиметалльно-оловянная	Силикатный (кристаллы)	2	1	25	15	–	–
	Силикатный (деревянистое олово)	1	1	10	110	–	936
	Сульфидный (кристаллы)	1	6	10	30	–	–
	Сульфидный (деревянистое олово)	1	6	10	95	–	223

касситерита с алмазным блеском граней. Крупные до 10 см кристаллы найдены в редкометалльных пегматитах Бразилии в рудном районе Минас-Жерайс [2].

Кристаллы касситерита коллекционного и ювелирного качества находятся в минерализованных пустотах с альбитом, мусковитом, микроклином, кварцем, танталитом, колумбитом, вольфрамитом, сподуменом, арсенопиритом, магнетитом, флюоритом, топазом [3, 7]. Кристаллы преимущественно непрозрачные, черного, иногда коричневого цвета. Встречаются просвечивающие и полупрозрачные не крупные кристаллы или зоны в крупных кристаллах. Цвет таких зон серый, желтовато-оранжевый. В редкометалльных пегматитах с касситеритом коллекционный и ювелирный интерес представляют топаз, берилл, турмалин, гранат, сподумен, друзы кварца. Учитывая значительное количество образцов касситерита в сочетании с другими коллекционными и ювелирными минералами, автор данной публикации рассматривает редкометалльные пегматиты как промышленный тип месторождений.

**Грейзеновый тип.** Месторождения приурочены к купольным и эндогенным частям гранитных выступов, нередко развиваются по дайкам кислого состава, а также по вмещающим кристаллическим сланцам, гнейсам, гранитам более древнего возраста. Рудные тела представлены минерализованными зонами, штокверками изометричной формы, иногда присутствуют жилы ограниченных размеров.

Минеральный состав грейзенов разнообразен. Касситерит ассоциирует в них с кварцем, мусковитом, иногда с топазом, флюоритом, турмалином, хлоритом, сидерофиллитом, цинвальдитом, лепидолитом. Из рудных минералов наиболее характерны, кроме касситерита, высокотемпературный станнин (иногда станноидит), вольфрамит и берилл, нередко встречается молибденит, обычно сульфиды: пирит, арсенопирит,

лёллингит, висмутин, халькопирит и сфалерит, в меньшей степени галенит.

Наиболее крупные кристаллы касситерита встречаются на месторождениях грейзенового типа, в которых развиты рудные жилы. Кристаллы встречаются в минерализованных пустотах кварцевых жил и в мусковит-кварцевых оторочках. На месторождениях Циновец (Чехия) и Циннвальд (Германия) размер кристаллов касситерита достигает 50 мм и более, а масса превышает 130 г. Кристаллы короткопризматического дипирамидального габитуса, характерно двойникование. Цвет преимущественно чёрный, реже коричневый. В большинстве кристаллов наблюдаются просвечивающие зоны, цвет которых меняется от желтовато-оранжевого до красновато-оранжевого.

Касситерит на этих месторождениях может сопровождаться топазом и аквамаринном коллекционного и ювелирного качества (грейзеновый тип месторождения Шерлова Гора, Забайкалье). Известны проявления изумрудов в рудоносных бериллий-олово-вольфрамовых грейзенах, на участках пересечения ими горизонтов хромсодержащих доломитов и чёрных сланцев. Первые австралийские изумруды были обнаружены в 1890 г. в районе хр. Нью-Ингленд (штат Новый Южный Уэльс) при отработке оловорудной жилы Де Милхауз [6].

Грейзеновый тип имеет ограниченные перспективы в качестве коллекционного и ювелирного касситерита, так как рудные жилы, с которыми он связан, занимают незначительный процент в общем объёме месторождения.

**Кварцевый тип** представляет наибольший интерес для поиска коллекционных и ювелирных кристаллов касситерита. Только в Российской Федерации установлены 27 месторождений с крупным касситеритом, в том числе и уникальными по размерам кристаллами.

Месторождения этого типа часто ассоциируют с грейзеновым, однако по качеству руд, морфологии залежей, природе их образования и масштабам промышленных скоплений существенно от него отличаются. Особенности минерального состава руд кварцевого типа – резкое преобладание кварца, количество которого в рудах достигает 95% и более, и практическое отсутствие турмалина. Из других нерудных минералов встречаются мусковит, полевой шпат, топаз, флюорит, берилл. Из рудных минералов помимо касситерита, присутствует вольфрамит, с которым связан комплексный состав оруденения, а также арсенопирит, реже встречается лёллингит, в небольших количествах присутствуют сульфиды, а также шеелит.

Прекрасные коллекционные образцы находили на месторождении Иультин (Чукотка). Отдельные кристаллы призматически-дипирамидального габитуса с алмазным блеском граней имеют размеры 135×85×35, 110×80×65 мм и массу 1950 и 2700 г соответственно. На этом месторождении найдена уникальная друза кристаллов касситерита общей массой 16 кг, длина каждого из которых более 60 мм. Многие кристаллы содержат прозрачные зоны, пригодные для огранки.

В этом же оловоносном районе известны месторождения Светлое, Снежное, Тенкергин, из которых коллекционные образцы поступали в значительных количествах. На месторождении Тенкергин касситерит ассоциирует с крупными кристаллами шеелита до 10 см – основным коллекционным минералом. На месторождении Светлое встречены прекрасные образцы касситерита в сочетании с топазом и бериллом, также представляющими коллекционный и ювелирный интерес.

На месторождении Караоба (Казахстан) коллекционный интерес представляют кристаллы вольфрамит, берtrandита, флюорита, а на месторождении Пыр-какай – гердерит, идиоморфные кристаллы которого достигают 3 см. Коллекционные образцы касситерита с месторождения Мерек (Хабаровский край) не превышают 50 мм, но многие кристаллы имеют прозрачные зоны, что позволяет использовать их в огранке. Примерами месторождений касситерита размером более 50 мм также являются Ононское (Забайкалье), Ипатовское (Хабаровский край), Ленинское, Пролетарское (Казахстан), Горный Славков (Чехия), Эренфидерсдорф (Германия). Помимо касситерита на месторождениях кварцевого типа представляют коллекционный и ювелирный интерес кварц, топаз, берилл, шеелит, вольфрамит, берtrandит, флюорит, гердерит.

Установлено, что наиболее крупные (>50 мм), в том числе и уникальные (>100 мм) кристаллы связаны только с жильным типом рудных тел (Иультин, Светлое, Мерек). На месторождениях со штокверковым типом рудных тел размер касситерита не превышает 10–30 мм. При этом кристаллы даже такого размера встречаются достаточно редко. Например, на

уникальном по своим запасам месторождении Пыр-какай (Чукотка) размер кристаллов не превышает 25 мм по длинной оси.

**Апоскарновый тип.** Месторождения олова в скарнах развиты достаточно широко. Они известны практически во всех оловоносных провинциях мира. На их долю приходится 5% мировых запасов и около 1% мировой добычи олова [10].

Апоскарновые месторождения представляют проявления оловянного оруденения, наложенного на скарны, и вследствие этого обладающие рядом особенностей морфологического и минерального характера. Районы с месторождениями этого типа характеризуются прежде всего развитием терригенно-карбонатных вмещающих толщ, прорванных оловоносными гранитами. Такие районы приурочены преимущественно к зонам активизации на древних платформах и срединных массивах, а также к зонам обрамления этих структур.

В пределах апоскарнового промышленного типа редкометалльно-вольфрам-оловянной формации выделяются два минеральных подтипа: гранат-пироксен-плаггиоклазовый и флюорит-слюдистый.

Апоскарновые месторождения характеризуются широким минеральным разнообразием. Минералы известковых скарнов: железистый клинопироксен, гранат, везувиан, скаполит, роговая обманка, данбурит, аксинит, малайит. Минералы стадии кислотного выщелачивания: плаггиоклаз, амфиболы, флюорит, топаз, литиевые слюды, турмалин, диаспор, кварц; рудные минералы: касситерит, шеелит, вольфрамит, гельвин, хризоберилл, эвклаз, фенакит. Минералы сульфидного комплекса представлены арсенопиритом, пиритом, халькопиритом, пирротинном, молибденитом, сфалеритом, галенитом, стибнитом, станнином и др. В апоскарновом типе месторождений олово наряду с касситеритом часто концентрируется в промышленных количествах (до 10%) в таких минералах, как гранат, людвигит, гулсит, пайгеит, малайит.

В ряде месторождений апоскарнового типа встречаются крупные кристаллы касситерита (>50 мм), в том числе и пригодные для огранки (см. табл. 2). Примерами могут служить месторождения Питкяранское (Карелия), Чыбагалахское (Якутия), Каньон (Магаданская область), Шварценберг и Брайтенбрунн (Германия), Россардан (Австралия).

Кристаллы коллекционного и ювелирного качества формируются преимущественно в секущих жилах, представляющих собой инъекционные тела замещения скарнов. Благоприятными условиями образования скарновых месторождений с крупным касситеритом являются переслаивание карбонатных и гнейсово-сланцевых слоёв в экзоконтактной зоне рудоносных гранитов, а также широкое развитие жильного комплекса оруденения. Коллекционные и ювелирные кристаллы касситерита образуются в пустотах рудных жил, в гнездах и линзах, расположенных как в скарнах, так и за

их пределами. При отсутствии крупных рудных жил апоскарновое месторождение содержит преимущественно мелкий касситерит до 1 мм и отдельные редкие кристаллы размером до 20 мм.

Касситерит окрашен в чёрный и коричневый цвета, блеск граней алмазный. Характерны сростки и двойники. Просвечивающие зоны желтовато-оранжевого, красновато-оранжевого и серого цветов различной насыщенности. Габитус кристаллов призматически-дипирамидальный, со слабым удлинением. На Чыбагалахском месторождении касситерит в аксинит-актинолитовой породе образует копьевидные призматические кристаллы длиной до 30 мм.

На месторождениях апоскарнового типа помимо касситерита ювелирный и коллекционный интерес могут представлять крупные кристаллы шеелита, граната, друзы кальцита с флюоритом, эпидотом, везувианом, а также редкий минерал скарнов – малайит (Питкьяранское, Каньон, РФ; Шварценберг, Брайтенбрунн, Германия; Россардан, Австралия). В Карелии на скарновом месторождении Кителя руды представлены мелким касситеритом и оловоносным гранатом андрадит-гроссулярового ряда. Касситерит ювелирного интереса не представляет, но оловорудное месторождение на отдельных участках граничит с Кительским месторождением ювелирного алмазита. На месторождении Каньон встречались уникальные по размерам кристаллы малайита – до 20 мм, геденбергита – 20 см, а также представляющие коллекционный интерес кристаллы полихромного везувиана и граната – гроссуляра.

**Риолитовый тип** имеет небольшое значение в мировой оловодобыче [7]. В Российской Федерации месторождения деревянистого олова расположены в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. К ним относятся Суворовское, Кремнистое, Днепровское (Магаданская область), Джалиндинское (Хабаровский край), проявление Лесное (Центральная Чукотка). В пределах РФ они практически не отрабатывались, поэтому в промышленный тип не выделяются [7]. За рубежом (Мексика, Боливия, США, Китай) известно значительное число мелких месторождений, которые отрабатываются в течение длительного времени. Месторождения данного типа представляют интерес в качестве источника деревянистого олова, которое в свою очередь служит материалом для кабошонирования и представляет определенный интерес для коллекционеров.

Для месторождений типична локализация оруденения в кислых эффузивах позднего мезозоя–палеогена. Месторождения могли формироваться в разных температурных интервалах на заключительных стадиях как редкометалльно-вольфрам-оловянной (после внедрения даек кислого состава), так и железисто-полиметалльно-оловянной (после внедрения даек основного состава) формации, но промышленное значение связано с первой формацией. Глубина распространения рудных

тел с деревянистым оловом незначительная и не превышает первые десятки метров. При разрушении коренных проявлений формируются россыпи, из которых добывается основной объём касситерита. Деревянистое олово встречается в виде сферолитовых стяжений (см. рис. 3), тонких прожилков, брекчий, коркообразных и жилообразных агрегатов в эффузивах. Размер выделений деревянистого олова, как правило, менее 1 мм, но встречаются и более крупные – 20–30 мм, а некоторые могут достигать нескольких килограммов.

Деревянистое олово в месторождениях ассоциирует с кварцем, халцедоном, опалом, тридимитом, кристоболитом, хлоритом, топазом, кальцитом, гематитом, пиритом, арсенопиритом, иногда с флюоритом. Сульфиды откладываются на завершающей стадии рудного процесса – после кварца и деревянистого олова. Ювелирный интерес в этом типе месторождений помимо деревянистого олова, может представлять благородный, в том числе огненный опал (Гуанохуато, Мексика). На месторождении опалом сложены тонкие прожилки в риолитах. Встречаются и особо крупные жеоды диаметром до 10–15 см, в которых вслед за халцедоном и кварцем отлагались гроздевидные обособления опала [6]. В проявлениях редкометалльной риолитовой формации может присутствовать редкий берилл красного цвета – биксбит. Месторождения биксбита известны в эффузивных толщах неогена в штатах Юта, Аризона и Нью-Мексико США. Риолитовый тип месторождений рассматривается нами как промышленный.

**Железисто-полиметалльно-оловянная** формация охватывает разнообразные среднетемпературные сидерохалькофильные рудные образования и включает апоскарновый, силикатный и сульфидный промышленные типы (см. табл. 1). Число месторождений с касситеритом коллекционного и ювелирного качества невелико, и они связаны с силикатным и сульфидным (колчеданно-сульфидный минеральный тип) промышленными типами (см. табл. 2). Примерами могут служить месторождения Хапчеранга, Баджираевское в Забайкалье и Ллаллагуа, Орура, Потоси в Боливии. Размер касситерита на месторождениях этой формации, как правило, не превышает 30 мм, и они встречаются достаточно редко. На ряде месторождений Хрустальное (РФ), Дачан (Китай), Корнуэлл (Англия), Ллаллагуа (Боливия) наблюдались крупные выделения деревянистого олова.

**Россыпи.** Из россыпных месторождений в мире добывается до 65–70% оловянного концентрата [10]. Источником россыпей могут являться все промышленные типы оловорудных месторождений. Касситерит коллекционного и ювелирного качества связан только с месторождениями редкометалльно-вольфрам-оловянной формации (рис. 4).

Касситерит является устойчивым минералом в условиях гипергенеза, что позволяет ему как накапливаться в зоне выветривания и окисления, так и образовывать россыпи различных генетических типов. Учитывая

крупный размер кристаллов касситерита коллекционного и ювелирного качества, наиболее благоприятными для их накопления являются россыпи элювиального, включая коры выветривания, склонового и ложкового генетических типов, часто образующих совместную группу.

Преимущественно россыпи этих типов расположены в пределах положительных морфоструктур с режимом малоградиентных поднятий, локализуясь на субгоризонтальных водораздельных поверхностях и склонах различной крутизны. Наиболее благоприятны пологие склоны и склоны средней крутизны (элювиально-склоновые россыпи горы Иультин, ложковые – Рудный Лог, верховья ручья Олений, Чукотка; Мерек, Хабаровский край). Крупные кристаллы касситерита находятся на плотике в непосредственной близости от рудных тел. Часто касситерит попадает в западины плотика, где может накапливаться в значительных количествах (Рудный Лог).

Благоприятные условия для концентрации касситерита ювелирного качества создаются при размыве рудоносных кор выветривания, при котором происходит вынос больших объемов глинистого материала. В склоновых и ложковых россыпях могут сохраняться при этом и неповрежденные кристаллы.

Редкометалльные пегматиты являются источником накопления в россыпях различных видов цветных камней, устойчивых при выветривании и транспортировке. К ним относятся топаз, берилл и гранат, которые в элювиально-склоновых и ложковых россыпях могут находиться вместе с касситеритом (россыпи Бразилии). Комплексные оловянные россыпи с цветными камнями могут формироваться и за счёт грейзенового типа коренного источника (россыпи Шерловой Горы).

**Критерии поиска.** Определяющие критерии поиска касситерита коллекционного и ювелирного качества – формационная принадлежность, промышленный тип месторождения, эрозионный срез и морфология рудных тел. В жильных месторождениях редкометалльно-вольфрам-оловянной формации за счёт близкого расположения рудогенерирующих гранитных массивов создаются системы циркуляции касситеритообразующих растворов в течение продолжительного времени, достаточного для образования крупных кристаллов [4]. Аналогичные условия кристаллизации крупных кристаллов происходят и в пустотах-занорышах редкометалльных пегматитов. На месторождениях кварцевого типа наиболее крупные кристаллы касситерита расположены в минерализованных полостях верхних частей жил. В нижних – в мусковит-кварцевых оторочках. Мелкие жилы могут быть выполнены полностью мусковит-кварцевым агрегатом, содержащим кристаллы до нескольких сантиметров.

В штокверках и минерализованных зонах с тонкой прожилковой, разноориентированной системой трещин нет свободного пространства для роста крупных



Рис. 4. Галька касситерита из россыпи Иультинканья, Чукотка:

13×6,5×5 см, 808 г, ГМ СПбГГИ, № 185/150

кристаллов. В результате образуется большое количество мелких кристаллов, связанных с одним интервалом кристаллизации.

Месторождения железисто-полиметалльно-оловянной формации расположены на значительном расстоянии от рудогенерирующего гранитного массива. В системах трещин происходит преимущественно проток растворов со значительным перепадом температур. В результате формируется большое количество мелких кристаллов касситерита. Роста крупных кристаллов не происходит, в том числе и в кварцевых жилах значительной мощности.

Положительным критерием является значительный размер рудных жил, составляющий по протяжённости более 100 м и мощностью более 50 см. На месторождении Иультин мощность жил превышала 5 м. Необходимым условием качественного коллекционного и ювелирного материала является наличие в рудных жилах большого количества пустот с друзовым выполнением. На месторождении Тенкергин пустоты составляют около 3% объема рудных жил. Их размер достигал 0,5×1,5 м. На месторождении Снежное в занорышах встречались кристаллы кварца размером до 50 см в длину и 20 см в поперечнике. На месторождении Светлое пустоты имеют преимущественно щелевидную форму протяженностью до 1,5 м при ширине до 10 см.

Угол падения жил, в том числе с крупными кристаллами касситерита, колеблется от вертикального (Иультин, Светлое и др.) до субгоризонтального (Мерек, Панашкейра). Рудные жилы с коллекционным и ограниченным касситеритом преимущественно залегают в терригенно-осадочных породах. Месторождения с прекрасными образцами расположены также и в гранитах ранней фазы (Мерек), в габбро (Снежное). Поэтому минеральный состав вмещающих пород и угол падения



рудных жил не могут являться критерием отбраковки месторождений.

Крупные кристаллы касситерита связаны с пегматитовыми жилами средней глубины формирования и располагаются в минерализованных пустотах. Глубина образования пегматита – важнейший поисковый признак. Пегматиты с коллекционным и ювелирным касситеритом и другими ювелирными камнями характеризуются зональностью, зонами замещающих комплексов и широким развитием миароловых полостей и пустот-занорышей. В азональных пегматитах присутствуют мелкие остаточные пустотки или пустоты выщелачивания, не содержащие коллекционного и ювелирного материала. Крупные кристаллы касситерита содержатся как в субгоризонтальных, так и пологозалегающих жилах пегматитов. В пологозалегающих жилах крупные кристаллы касситерита тяготеют к кварц-мусковитовым обособлениям, локализуясь вблизи всячего бока (Бёрд Ривер, Канада). Пустоты в редкометалльных пегматитах распределены крайне неравномерно, что существенно затрудняет их поиски. Их размер варьирует от 2 до 50 см в поперечнике, а наиболее крупные достигают 1×1,5×2,5 м [6, 13–15].

**Организация добычи.** Касситерит и сопутствующий ему комплекс минералов коллекционного и ювелирного качества могут добываться попутно при отработке месторождений олова, повышая их рентабельность. Для их добычи организуется специализированная группа, которая работает в рамках добывающего рудного предприятия. Численность группы зависит от объёма добычных работ на руднике и частоты встречаемости коллекционного и ювелирного материала.

Основой выбора месторождения являются перспективный промышленный тип и сведения о находке крупных кристаллов. К ним относятся преимущественно оловорудные месторождения кварцевого типа и редкометалльные пегматиты. Уже при проходке разведочных горных выработок могут быть установлены наличие и закономерности распределения основного коллекционного и ювелирного материала, объёмы выхода сырья, попутные минералы, представляющие коллекционный и ювелирный интерес. На основе полученных данных определяют схему их добычи.

Высокая стоимость образцов определяется их хорошей сохранностью. Кристаллы на породе, не имеющие сколов, стоят многократно дороже одиночных и повреждённых того же размера. Стоимость коллекционных кристаллов ювелирного качества ориентировочно выше на 30 % их ограночной стоимости. Представляют коммерческий интерес щётки и друзы хорошо огранённых мелких кристаллов касситерита с алмазным блеском, а также образцы рудных жил с касситеритом для образовательных и научных организаций. Важным фактором повышения рентабельности является использование всего комплекса попутных касситериту минералов как коллекционного, так и ювелирного

качества. Перечень таких минералов рассмотрен выше (см. табл. 1).

При эксплуатационных работах необходимо контролировать вскрытие пустот с возможным коллекционным материалом, не допуская его разрушения при взрывах. Разборка занорышей производится соответствующим инструментом, позволяющим сохранить целостность образцов. Рядовой материал может отбираться после отпалки в горных выработках, а также при сортировке на обогащательной фабрике перед дроблением. Такой отбор может осуществляться и проходчиками за дополнительную плату, что позволяет уменьшить численность группы.

Отдельные рудные забалансовые блоки, перспективные на коллекционное сырьё, могут обрабатываться самостоятельно. В этом случае касситерит рудного качества является попутным материалом, уменьшающим себестоимость получения коллекционного и ювелирного. В этой связи при отработке редкометалльных пегматитов с драгоценными камнями может оказаться рентабельной попутная добыча минералов редкометалльной группы в качестве рудного концентрата.

В ложковых россыпях крупные кристаллы касситерита концентрируются в западинах плотика и могут не попадать непосредственно в отработку. В этих случаях требуется их специальный поиск и сбор. При отработке россыпей с использованием гравитационных методов обогащения крупные кристаллы и их сростки накапливаются на отсадочных установках, с которых они и отбираются.

При отработке россыпей вскрываются рудные тела, требующие особого внимания. Как правило, верхняя их часть сильно выветрена, и кристаллы касситерита могут быть получены при ручной разборке. В этих случаях могут быть найдены кристаллы на породе, что повышает их цену как коллекционных образцов. При положительных результатах отработка рудных тел может быть продолжена обычными для коренных месторождений способами. Россыпи аллювиального, аллювиально-карстового и прибрежно-морского генетических типов могут представлять интерес на ювелирное сырьё только в пределах участков непосредственного вскрытия рудных тел.

Отобранный в горных выработках материал сортируется в камеральном помещении, доводится до коммерческих кондиций, упаковывается и отправляется партиями для дальнейшей реализации. Кристаллы ювелирного качества направляются на огранение, которое может осуществляться и на месте. Непригодные для коммерческих целей кристаллы касситерита и их осколки возвращаются в рудный концентрат.

На многих месторождениях грейзенового, апоскарнового и риолитового типов, а также на россыпях организация специализированной группы не рентабельна в связи с небольшими объёмами коллекционного и

ювелирного материала. На таких месторождениях целесообразно организовать сбор и добычу материала через проходчиков и старателей, проведя инструктаж с показом эталонных образцов.

Из представленных материалов можно сделать следующие выводы. Касситерит по своим геммологическим характеристикам не уступает многим популярным ювелирным разновидностям минералов. Высокую стоимость имеют крупные кристаллы с хорошо выраженными кристаллографическими формами. Представляет ювелирный интерес деревянистое олово.

В результате проведенного анализа в Российской Федерации было установлено 47 месторождений, а за рубежом 133 месторождения с кристаллами касситерита размером более 10 мм, в том числе и с прозрачными зонами различных цветов. Касситерит коллекционного и ювелирного качества преимущественно связан с кварцевым промышленным типом редкометалльно-вольфрам-оловянной формации. Значительный интерес представляют редкометалльные пегматиты, в которых касситерит ассоциирует с драгоценными камнями. Источником коллекционного и ювелирного касситерита являются отдельные месторождения грейзенового и апоскарнового типов этой формации, в которых широко развиты рудные жилы. Деревянистое олово связано преимущественно с риолитовым промышленным типом редкометалльно-вольфрам-оловянной формации, встречается также в силикатном и сульфидном типах железисто-полиметалльно-оловянной формации.

Наиболее крупные кристаллы касситерита связаны с жильной формой рудных тел и минерализованными пустотами в пегматитах. Зоны метасоматических грейзенов и штокверки содержат кристаллы до 20 мм. Важным источником касситерита ювелирного качества могут являться россыпи элювиально-склонового и ложкового типов.

С касситеритом ассоциируют минералы коллекционного и ювелирного качества: кварц, берилл, топаз, турмалин, гранат, сподумен, шеелит, вольфрамит. Коллекционные и ювелирные кристаллы касситерита с другими минералами могут добываться попутно при отработке месторождений олова, повышая их рентабельность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бронзовый век. Европа без границ. Четвертое-первое тысячелетие до н.э.* / Под ред. Ю.Ю.Пиотровского. – С-Пб.: Изд-во «Чистый лист», 2013.
2. *Буканов В.В.* Цветные камни. Геммологический словарь. – С-Пб., 2001.
3. *Геология оловорудных месторождений СССР* / Под ред. С.Ф.Лугова. Т. 1. Геологические основы прогноза, поисков и оценки оловорудных месторождений. – М.: Недра, 1986.
4. *Жилинский Г.Б., Кислицына В.П., Копятевич И.Р.* Искусственные монокристаллы касситерита. – М.: Наука, 1981.
5. *Киевленко Е.Я., Чупров В.И., Драшьева Е.Е.* Декоративные коллекционные минералы. – М.: Недра, 1987.
6. *Киевленко Е.А.* Геология самоцветов. – М.: Земля, 2000.
7. *Методические рекомендации по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (железо, марганец, олово, хром, бокситы, плавиковый шпат, слюда-мусковит, бор)* / По ред. В.Т.Покалова. – М.: ВИМС, 2003.
8. *Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней. Вып. 27. Коллекционные камни* / Под ред. Н.И.Кашева, В.П.Дроздова. – М.: Союзкварцсамоцветы, 1987.
9. *Минерально-сырьевая база цветных камней России: перспективы ее освоения и развития* / В.С.Полянин, Т.А.Полянина, Е.Н.Дусманов и др. // Разведка и охрана недр. 2015. № 9. С. 66–76.
10. *Павловский А.Б.* Минерально-сырьевая база мира и России: состояние, освоение и перспектива развития. Олово. «Минеральное сырье». Серия геолого-экономическая. № 27. – М.: ВИМС, 2008.
11. *Синкенкес Дж.* Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней (Перевод с англ.). – М.: Мир, 1989.
12. *Смирнов С.С.* Некоторые замечания о сульфидно-касситеритовых месторождениях // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1937. № 5. С. 853–862.
13. *Солодов Н.А.* Научные основы перспективной оценки редкометалльных пегматитов. – М.: Наука, 1971.
14. *Россовский Л.Н., Коваленко С.И., Чмырёв В.М.* Глубина формирования гранитных пегматитов (на примере Гиндукуша) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. № 10. С. 39–54.
15. *Ферман А.Е.* Пегматиты. Избранные труды. Т. VI. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.
16. *Miler M., Sinkankas S.* Standard Catalog of Gem. Values. Geoscience Press. Inc. Tucson, Arizona, 1994.