

Д.А. Петроченков

ЮВЕЛИРНОЕ ДЕРЕВЯНИСТОЕ ОЛОВО РОССЫПИ ДОМИНИОН КРИК, КАНАДА

Аннотация. Деревянистое олово является малоизвестным и слабоизученным видом ювелирных камней. Приведены данные о минеральном составе и геммологических характеристиках ювелирных разновидностей деревянистого олова россыпи золота Доминион Крик, Канада. Россыпь входит в важнейший золотоносный район Канады — Клондайк, известный с конца XIX столетия. Россыпь аллювиальная, долинная, формировалась в течение четвертичного периода. Деревянистое олово в россыпи является попутным компонентом и связано с риолитовым типом месторождений олова. Внутреннее строение деревянистого олова обусловлено ритмично-зональным чередованием темно-коричневых, коричневых и светло-коричневых слоев касситерита сферолитовой текстуры. По данным рентгенографического анализа деревянистое олово состоит преимущественно из касситерита — 97 мас.%, присутствуют кварц, микроклин. Оптико-петрографическими и электронно-зондовыми исследованиями установлено, что деревянистое олово образовано кристаллами касситерита от крупного до скрытокристаллического размера, с различным содержанием элементов-примесей. В деревянистом олове присутствует большое количество пор. Цветовая зональность деревянистого олова определяется структурными особенностями и концентрацией Fe. Разнообразные окраска и текстура деревянистого олова в сочетании с высокой твердостью и алмазным блеском позволяют конкурировать ему с широко известными ювелирными камнями. Деревянистое олово ювелирного качества может отбираться попутно при обработке месторождений олова и россыпей золота, что делает его высококорентабельным видом камнесамоцветного сырья.

Ключевые слова: деревянистое олово, касситерит, золото, ювелирные камни, месторождения олова, россыпи.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-169-180

Введение

Некоторые ювелирные разновидности минералов достаточно редки, что позволяет отнести их к нетрадиционной группе. Одним из таких минералов является касситерит, добываемый человеком с бронзового века на протяжении пяти тысячелетий. Касситерит, являясь основным источником олова в промышленности, по своим геммологическим характеристикам: высоким показателем преломления (1,9–2,1), дисперсии (0,07), твердости (6,5–7), разнообразной окраске и несовершенной спайности — не уступает многим известным ювелирным

разновидностям минералов. В настоящее время касситерит ювелирного качества на мировой рынок поступает из Китая, Боливии [2, 13, 15, 16]. Значительными ресурсами ювелирного касситерита обладает и РФ. Широко известны образцы кристаллов касситерита из месторождений Мерек (Хабаровский край), Иультин (Восточная Чукотка) [5].

Еще менее известным является деревянистое олово, представляющее агрегаты касситерита с полосчатой, полосчато-сферолитовой и сферолитовой текстурой [1]. Разнообразная окраска и текстурные особенности слоев касситерита соз-

дают неповторимые контрастные узоры в кабошонах из деревянистого олова, а достаточно высокая твердость и алмазный блеск повышают привлекательность изделий.

Деревянистое олово распространено достаточно широко и преимущественно связано с месторождениями риолитового типа редкометалльно-вольфрам-оловянной формации [3]. Наиболее известно деревянистое олово из месторождений Мексики [2, 14]. В РФ нами изучено деревянистое олово ювелирного качества месторождение Джалиндинское (Хабаровский край) и из россыпи золота Тыноокен (Восточная Чукотка) [6, 7]. Деревянистое олово ювелирного качества может отбираться попутно при обработке месторождений олова и россыпей золота, что не требует капитальных вложений и делает его высокорентабельным видом камнесамоцветного сырья. Отметим, что в РФ ни касситерит, ни его разновидность деревянистое олово не рассматриваются в качестве цветных камней, их запасы не учитываются [8].

В настоящей статье приведены результаты геммологических исследований деревянистого олова из россыпного месторождения золота Доминион Крик (Канада), которое автор посетил в 2017 г.

Методы исследований

Комплекс исследований деревянистого олова проведен на кафедре минералогии и геммологии МГРИ-РГГРУ, в ФГБУ «ВИМС». Он включал определение микротвердости, плотности, люминесценции, описание прозрачных шлифов, электронно-зондовые исследования. Оптикотрографический и минерографический анализ выполнен с использованием микроскопа «Полам Р-112».

Микротвердость определялась на микротвердомере «ПМТ-3» с нагрузкой весом 100 г и выдержкой 15 с. Плотность образцов определялась гидростатиче-

ским методом на электронных весах «Sartorius Gem G 150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с $\lambda = 254$ и 365 нм. Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РФКА) на установке «X'Pert PRO MPD».

Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным локального рентгеноспектрального анализа (ЛРСА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии.

Результаты исследований

Россыпное месторождение золота Доминион Крик расположено в северо-западной части Канады около г. Доусон. Месторождение входит в важнейший золотоносный район Канады — Клондайк, известный с конца XIX столетия. Россыпи района формировались в течение 3 млн лет (N_2 плиоцен — Q четвертичный периоды). Важнейшее влияние на их формирование оказали периоды оледенения.

Выделяют следующие морфологические и промышленные типы россыпей: аллювиальные россыпи древней долинной сети (N_2); аллювиальные долинные россыпи (Q_{I-III}) — большинство промышленных россыпей, включая и россыпь Доминион Крик; современные долинные аллювиальные и пролювиальные россыпи (Q_{IV}); техногенные россыпи — отвалы, хвосты обработки, целики. Россыпи древней долинной сети в современном рельефе занимают уровень высокой террасы (100—200 м), иногда опускаясь до дна современной долины р. Клондайк. Отложения представлены галечниками значительной мощности местами до 50 м и более [4, 10, 12—14].

Коренные источники золота в основном эродированы, поэтому промышленного значения не имеют. Оруденение представлено серией субпараллельных кварцевых жил с борнитом, галенитом, сфалеритом, тетраэдритом, арсенипитом, содержащих золота. Этот тип руд является доминирующим в питании россыпей Клондайк и Доминион Крик [11].

Район остается перспективным и в настоящее время. Добыча золота составляет около 3 т в год. Сегодня в добычи золота, наряду с аллювиальными россыпями, важное место занимает переработка техногенных россыпей. Добыча золота осуществляется более чем 100 частными (обычно семейными) предприятиями с привлечением сезонных рабочих. Район расположен в зоне вечной мерзлости, сельское хозяйство отсутствует, что позволяет не проводить рекультивацию отработанных карьеров.

Деревянистое олово установлено в верхней части россыпи Доминион Крик на участках 97, 99 (рис. 1, а, см. Приложение 2, с. 179), расположенных на расстоянии 8 км. Деревянистое олово выше по течению более крупное. Коренные источники деревянистого олова в россыпи не установлены, но в районе известны оловянные проявления риолитового минерального типа [2]. Деревянистое олово для золотодобытчиков не представляет коммерческого интереса и попадает в отвал. Поэтому, вероятно, оно распространено более широко, чем установлено в настоящее время.

Продуктивный слой (пески) на участке № 99 состоит из крупнозернистого песка, преимущественно кварцевого состава, с гравием, галькой, мелкими валунами и примесью глины. Мощность слоя около 3 м. Продуктивный слой залегает на плотике из кварцитов и кварц-сланцевых сланцев пермского возраста. В западинах плотика концентрируется золото. Верхняя часть плотика разруше-

на и при отработке продуктивного слоя попадает с золотинами на промывку. Торфа состоят из почвенного слоя и суглинка с прослоями крупнозернистого песка с включениями гальки. Мощность торфов около 1,5–2 м. Золото от мелкого до крупного с пробностью 850.

Для добычи золота используются бульдозеры, экскаваторы, самосвалы, промывочные установки, крайне редко драги. Деревянистое олово можно собрать, просматривая тяжелую фракцию на отсадочной установке, где оно концентрируется вместе с золотом, присутствуют также магнетит, гематит, гранаты (рис. 1, б, 2, а, см. Приложение 2, с. 179). Поскольку на отсадочную установку поступает фракция менее 20 мм, более крупное деревянистое олово попадает в галечный отвал, где его крайне трудно обнаружить. Таким образом, размер деревянистого олова до 20 мм не отражает его максимальный размер. Деревянистое олово в качестве рудного материала коммерческого интереса не представляет, но его количества вполне достаточно для постоянной работы ограночных и ювелирных мастерских.

Деревянистое олово в россыпи округлой формы (рис. 2, б, см. Приложение 2, с. 179), которая не связана с окатыванием в процессе транспортировки. Отметим, что для деревянистого олова характерна округлая форма выделения в виде конкреций и сферолитовых почек уже в коренной породе.

Для огранки могут использоваться галечки деревянистого олова размером от 10 до 25 мм и массой от 4 до 25 г с выраженным рисунком (рис. 3, а, см. Приложение 2, с. 180). Гранить деревянистое олово можно как в виде кабошонов, так и фасетной огранкой (рис. 3, б–е, см. Приложение 2, с. 180).

Внутреннее строение деревянистого олова россыпи Доминион Крик обусловлено ритмично-зональным чередовани-

ем темно-коричневых, коричневых и светло-коричневых слоев сферолитовой текстуры. Количество слоев в исследованных образцах от 15 до 25, а их ширина колеблется от десятых долей мм до 5 мм. В широких слоях по насыщенности цвета выделяются более узкие, нечетко выраженные прослои. Контур слоев волнистый, на отдельных участках мелкоизвилистый. Рисунок в образцах очень разнообразный и никогда не повторяется.

По данным РКФА деревянистое олово россыпи хорошо раскристаллизовано и состоит, мас. %: касситерита — 97, кварца — 2, микроклина — 1.

Деревянистое олово плотное, непрозрачное и не просвечивает краях, раскалывается с трудом. Излом неровный, раковистый. Плотность деревянистого олова колеблется от 5,99 до 6,44 г/см³, в среднем составляя — 6,30 г/см³, что несколько ниже теоретической для кристаллов касситерита — 7,01 г/см³. Более низкая плотность деревянистого олова связана с микровключениями и большим количеством пор. Блеск естественных поверхностей деревянистого олова стеклянный, часто матовый, обусловленный неровностью и шероховатостью. Блеск хорошо полированных поверхностей — алмазный. Люминесценция не наблюдается. Микротвердость колеблется от 897 до 1482 кгс/мм², составляя в среднем — 1298 кгс/мм². Более низкая микротвердость фиксируется в зонах с большим количеством пор и дисперсным размером кристаллов касситерита.

Деревянистое олово в шлифе имеет зонально-кольцевую структуру, обусловленную зонами с различной окраской и размером кристаллов касситерита. Периферийная часть образца светло-коричневого цвета, шириной до 1,5 мм сложена игольчатыми кристаллами до 0,2 мм по длинной оси, на отдельных участках, образующих сноповидные агрегаты с

волнистым угасанием (рис. 4, а, см. Приложение 2, с. 180). Средняя часть выполнена чередованием аналогичных по структуре узких кольцевых зон с различным размером кристаллов (рис. 4, б, см. Приложение 2, с. 180). Ширина зон около 0,2 мм, а размер образующих их кристаллов касситерита составляет сотые доли мм по длинной оси. Скрытокристаллические зоны имеют более темную окраску.

Центральная часть светло-коричневого цвета, образована разноориентированными мелкими — 0,1—0,5 мм по длинной оси игольчатыми и длиннопризматическими кристаллами касситерита (рис. 4, в, см. Приложение 2, с. 180). Разноориентированность кристаллов хорошо проявлена различными углами угасания при скрещенных николях. Центральную светлоокрашенную часть окружает темно-коричневая кольцевая зона с нечетким контуром шириной около 1 мм, с тонкокристаллической и скрытокристаллической структурой. Характерно образование микрослоев с различным размером кристаллов, которые отличаются и по насыщенности цвета. В зоне встречаются микрогнезда размером около 0,4 мм, сложенные игольчатыми кристаллами касситерита.

Электронно-зондовые исследования показали, что темноокрашенные слои в образце имеют светло-серую окраску в ОРЭ. Их ширина на рассматриваемом участке — от 0,8 до 1,1 мм. Светлоокрашенные слои в образце имеют темно-серую окраску в ОРЭ. Их ширина — 0,08—0,3 мм (рис. 5, а).

Для образца характерно большое количество пор, имеющих преимущественно вытянутую форму и образующих скопления сложного рисунка (рис. 5, а), отражающего зонально-кольцевую структуру деревянистого олова. Ширина их от 5 до 15 мкм, длина до 370 мкм. Отдельные крупные поры шириной до

Химический состав разноокрашенных микрозон кристаллов касситерита

по данным ЛРСА

Chemical composition of differently colored microzones of cassiterite crystals by the local X-ray spectrum analysis

Цвет микрозоны касситерита в ОРЭ	Содержание элемента, мас. %				
	Al	Si	Fe	Sn	O
Светло-серый	<u>0,00–0,19</u> [*] 0,05	<u>0,05–0,73</u> 0,22	<u>1,53–2,8</u> 22,08	<u>74,20–77,80</u> 75,90	<u>21,50–22,50</u> 22,00
Темно-серый	<u>0,00–0,06</u> 0,02	<u>0,66–1,19</u> 0,91	<u>3,33–4,12</u> 3,99	<u>70,50–73,50</u> 72,20	<u>21,40–22,50</u> 22,00

^{*} В числителе крайние значения, в знаменателе — среднее по 23 спектрам.

30 мкм и длиной до 450 мкм. Большое количество пор округлой формы размером от точечных до 100 мкм. Они равномерно распределены в образце.

В светло-серой зоне (рис. 5, а) содержание Fe в касситерите составляет в среднем 2,20 мас. %. В слабо заполненной поре фиксируются высокие содержания, мас. %: Al — 16,0, Si — 15,9 и

O — 39,9, указывающие на присутствие микровключений кварца и алюмосиликатов. При детализации проявляется микро неоднородность касситерита (рис. 5, б). На основной поверхности серого цвета выделяются микрозоны угловатой формы темно-серого цвета, размером от 1 до 15 мкм. В темно-серых микрозонах фиксируются более высокие содержа-

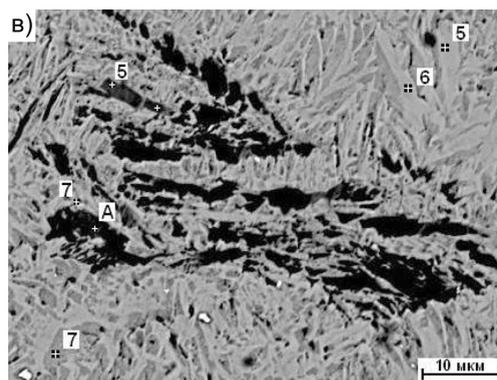
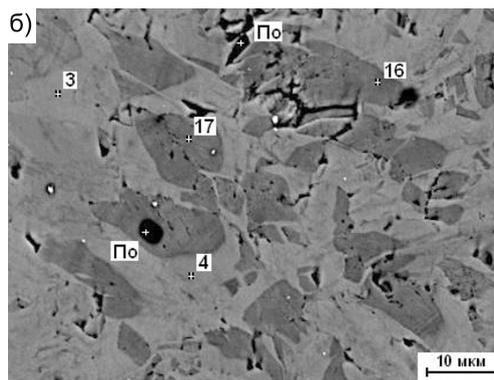
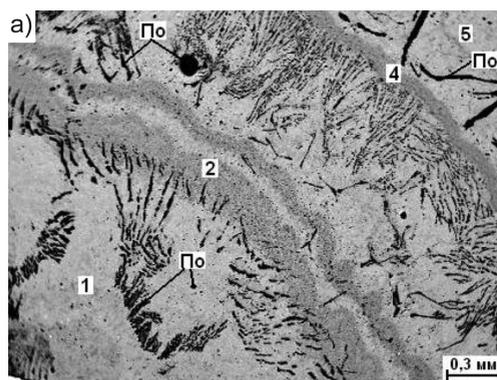


Рис. 5. Структура деревянистого олова в ОРЭ (а) и фрагменты детализации светло-серой зоны 1 (б) и темно-серой зоны 2 (в). По — поры, А — микротрещинки с включениями алюмосиликатов, 1–17 — номер спектра

Fig. 5. Wood tin structure in the analysis by back-scattered electrons (a) and detailed fragments of light-grey zone 1 (b) and dark-grey zone 2 (c). Pr—pores, A—microflaws with aluminum silicate spots, 1–17 spectrum numbers

ния, мас. %: Fe — до 4,12, и соответственно более низкие Sn.

Зона 2 светло-коричневого цвета в образце и темно-серого цвета в ОРЭ (рис. 5, а) состоит из мелких разноориентированных кристалликов сложной удлиненной формы, образующих ветвистые сростания (рис. 5, в). Размер их колеблется от 2 до 16 мкм по длинной оси. В ОРЭ кристаллы имеют различные оттенки. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания Fe, в среднем 2,88 мас. %. В зоне 2 большое количество пор удлиненной формы, частично с микровключениями алюмосиликатов и кварца размером около 2 мкм.

Из проведенного анализа следует, что деревянистое олово россыпи Доминион Крик имеет зонально-кольцевое строение и содержит большое количество пор. Выделяются зоны по цвету, структурным особенностям и содержаниям химических элементов. Размер и форма кристаллов касситерита в различных зонах колеблется в широком диапазоне. Цвет зон в образце отражается и цветовыми оттенками в ОРЭ. Установлены микровключения алюмосиликатов и кварца, выполняющие поры в деревянистом олове. Кристаллы касситерита в ОРЭ имеют различные цветовые оттенки. В микрizonaх темно-серого цвета фиксируются более высокие содержания Si, Fe и соответственно более низкие Sn (таблица). Содержания других элементов-примесей, установленных в кассите-

рите, близки. Высокие содержания Fe до 4,12 мас. % связаны с микровключениями гематита, Si — до 1,19 мас. % и Al — до 0,19 мас. % с включениями кварца и алюмосиликатов.

Выводы

Деревянистое олово является малоизвестным видом ювелирных камней. Деревянистое олово россыпи Доминион Крик состоит из касситерита с включениями кварца и микроклина. Деревянистое олово имеет полосчато-сферолитовую, сферолитовую текстуры и широкий диапазон цветовых оттенков. Слои деревянистого олова образованы кристаллами касситерита от крупного до скрытокристаллического размера, с различным содержанием элементов-примесей. В деревянистом олове присутствует большое количество пор. Цветовая зональность деревянистого олова определяется структурными особенностями, концентрацией элементов-примесей, преимущественно Fe.

Разнообразные окраска и текстуры слоев касситерита создают неповторимые контрастные узоры в деревянистом олове, а достаточно высокая твердость и алмазный блеск повышают привлекательность изделий. Материал ювелирного качества может отбираться попутно при отработке месторождений олова, преимущественно риолитового минерального типа, а также из россыпей золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буканов В. В. Цветные камни и коллекционные минералы. — СПб., 2014. — 464 с.
2. Макеев Б. В., Политов В. К. Оловорудные месторождения зарубежных стран // Итоги науки и техники. Серия «Рудные месторождения». — 1991. — Т. 23. — 192 с.
3. Павловский А. Б. Минерально-сырьевая база мира и России: состояние, освоение и перспективы развития. Олово // Минеральное сырье. Серия «Геолого-экономическая». — 2008. — № 27. — 96 с.
4. Патык-Кара Н. Г. Минерагения россыпей: типы россыпных провинций. — М.: ИГЕМ РАН, 2008. — 528 с.
5. Петроченков Д. А. Формационные типы оловорудных месторождений, перспективные на коллекционные и ювелирные касситериты // Известия вузов. Геология и разведка. — 2007. — № 2. — С. 31–35.

6. Петроченков Д. А., Чистякова Н. И. Особенности минерального состава деревянистого олова месторождения Джалиндинское (Россия) // Новые данные о минералах. — 2011. — Вып. 46. — С. 55–60.

7. Петроченков Д. А. Минеральные и структурные особенности ювелирного деревянистого олова // Известия вузов. Геология и разведка. — 2017. — № 4. — С. 36–44.

8. Полянин В. С., Полянина Т. А., Дусманов Е. Н. и др. Минерально-сырьевая база цветных камней России: перспективы ее освоения и развития // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 9. — С. 66–76.

9. Duk-Rodkin A., Barendregt R. W., White J. M. et al. Geologic evolution of the Yukon River: implication for placer gold // Quaternary International. 2001. Vol. 82. pp. 5–32.

10. Froese D. G., Enkin R. J., Smith D. G. Placer depositional setting and their ages along Dominion Creek, Klondike area, Yukon // Yukon Exploration and Geology. Yukon, Indian and Northern Affairs Canada. 2001. pp. 159–169.

11. Levson V. M., Blyth H. Formation and preservation of Tertiary to Pleistocene fluvial gold placer in Northern British Columbia // Quaternary International. 2001. Vol. 82. pp. 33–50.

12. Lowey G. W. The origin and evolution of the Klondike goldfields // Ore Geology Review. 2006. Vol. 28. pp. 431–450.

13. Romero F. M., Canet C., Soto N. et al. The role of cassiterite controlling arsenic mobility in an abandoned stanniferous tailings impoundment at Llallagua, Bolivia // The Science of the Total Environment. 2014. Vol. 481. no. 1. pp. 100–107.

14. Torres-Hernandez J. R., Aguillon-Robles A., Siebe-Grabach C. et al. Geochronology and geochemical characteristics of a set of tertiary rhyolitic domes in the San Luis Potosi // Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 2014. Vol. 66, no. 1. pp. 183–197.

15. Yao Y., Chen J., Lu J. et al. Geology and genesis of the hehuaping magnesian skarn-type cassiterite-sulfide deposit, Hunan province, Southern China // Ore Geology Reviews. 2014. Vol. 58. no. 3. pp. 163–184.

16. Xie L., Wang R., Chen J. A tin-mineralized topaz rhyolite dike with coeval topaz granite enclaves at qiguling in the Qitianling tin district, Southern China // Lithos. 2013. Vol. 170–171. pp. 252–268. 

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Петроченков Дмитрий Александрович — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: p-d-a@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет МГРИ-РГГРУ.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 7, pp. 169–180.

Jewelry-quality wood tin of Dominion Creek placer, Canada

Petrochenkov D.A., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor, e-mail: p-d-a@mail.ru, Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU), 117997, Moscow, Russia.

Abstract. Wood tin is a little-known and poorly studied kind of jewelry stones. This article gives information on mineral composition and gemology of jewelry-quality species of wood tin of Dominion Creek gold placer, Canada. The placer occurs in the primary gold-bearing area of Canada—Klondike known since the late 19th century. The placer is alluvial and valley, it was formed during the Quaternary period. Wood tin is an associate component of the placer and is connected with the rhyolitic tin deposits. The internal structure of wood tin is governed by the graded-zonal alteration of dark-brown, brown and light-brown layers of spherulitic-texture cassiterite. By the data of X-ray phase analysis, wood tin is mostly composed of cassiterite, to 97%, also quartz and potash feldspar are present. The optical-petrographic and electron probe research shows that wood tin is formed by cassiterite crystals of coarse to cryptocrystalline size, with different contents of impurity elements. Wood tin contains many pores. Color zonality of wood tin is conditioned by structural features and concentration of Fe. Various coloring and texture of wood tin

in combination with high hardness and brilliant luster allows the mineral to compete with widely known gem stones. The jewelry-quality wood tin can be extracted as a by-product during mining of tin deposits and gold placers, which makes it a highly profitable kind of semi-precious raw material.

Key words: wood tin, cassiterite, gold, gem stones, tin deposits, placers.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-169-180

REFERENCES

1. Bukanov V.V. *Tsvetnye kamni i kolleksiionnye mineraly* [Gem stones and collectible minerals], Saint-Petersburg, 2014, 464 p.
2. Makeev B.V., Politov V.K. Olovorudnyye mestorozhdeniya zarubezhnykh stran [Tin deposits in foreign countries]. *Itogi nauki i tekhniki. Seriya «Rudnye mestorozhdeniya»*. 1991. vol. 23, 192 p. [In Russ].
3. Pavlovskiy A.B. Mineral'no-syr'evaya baza mira i Rossii: sostoyanie, osvoenie i perspektivy razvitiya. Olovo [Minerals and raw materials in the world and in Russia: State-of-the-art, extraction and development prospects. Tin]. *Mineral'noe syr'e. Seriya «Geologo-ekonomicheskaya»*. 2008, no 27, 96 p. [In Russ].
4. Patyk-Kara N.G. *Minerageniya rossypey: tipy rossypnykh provintsiy* [Minerageny of placers: Types of placer provinces], Moscow, IGEM RAN, 2008, 528 p.
5. Petrochenkov D.A. Formatsionnye tipy olovorudnykh mestorozhdeniy, perspektivnye na kolleksiionnye i yuvelirnye kassiterity [Formational types of tin deposits, promising collectible and jewelry-quality cassiterite]. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2007, no 2, pp. 31–35. [In Russ].
6. Petrochenkov D.A., Chistyakova N.I. Osobennosti mineral'nogo sostava derevyanistogo olova mestorozhdeniya Dzhalindinskoe (Rossiya) [Features of mineral composition of Dzhalinga wood tin deposit (Russia)]. *Novye dannye o mineralakh*. 2011. Issue 46, pp. 55–60. [In Russ].
7. Petrochenkov D.A. Mineral'nye i strukturnye osobennosti yuvelirnogo derevyanistogo olova [Mineral and structural features of jewelry-quality wood tin]. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2017, no 4, pp. 36–44. [In Russ].
8. Polyani V.S., Polyani T.A., Dusmanov E.N. Mineral'no-syr'evaya baza tsvetnykh kamney Rossii: perspektivy ee osvoeniya i razvitiya [Mineral and raw materials base of gem stones in Russia: Prospects of development and expansion]. *Razvedka i okhrana nedr*. 2015, no 9, pp. 66–76. [In Russ].
9. Duk-Rodkin A., Barendregt R.W., White J.M. et al. Geologic evolution of the Yukon River: implication for placer gold. *Quaternary International*. 2001. Vol. 82. pp. 5–32.
10. Froese D.G., Enkin R.J., Smith D.G. Placer depositional setting and their ages along Dominion Creek, Klondike area, Yukon. *Yukon Exploration and Geology. Yukon, Indian and Northern Affairs Canada*. 2001. pp. 159–169.
11. Levson V.M., Blyth H. Formation and preservation of Tertiary to Pleistocene fluvial gold placer in Northern British Columbia. *Quaternary International*. 2001. Vol. 82. pp. 33–50.
12. Lowey G.W. The origin and evolution of the Klondike goldfields. *Ore Geology Review*. 2006. Vol. 28. pp. 431–450.
13. Romero F.M., Canet C., Soto N. et al. The role of cassiterite controlling arsenic mobility in an abandoned stanniferous tailings impoundment at Llallagua, Bolivia. *The Science of the Total Environment*. 2014. Vol. 481. no. 1. pp. 100–107.
14. Torres-Hernandez J.R., Aguillon-Robles A., Siebe-Grabach C. et al. Geochronology and geochemical characteristics of a set of tertiary rhyolitic domes in the San Luis Potosi. *Boletin de la Sociedad Geologica Mexicana*. 2014. Vol. 66, no. 1. pp. 183–197.
15. Yao Y., Chen J., Lu J. et al. Geology and genesis of the hehuaping magnesian skarn-type cassiterite-sulfide deposit, Hunan province, Southern China. *Ore Geology Reviews*. 2014. Vol. 58. no. 3. pp. 163–184.
16. Xie L., Wang R., Chen J. A tin-mineralized topaz rhyolite dike with coeval topaz granite enclaves at qiguling in the Qitianling tin district, Southern China. *Lithos*. 2013. Vol. 170–171. pp. 252–268.