



Е.Г. Корсунов
эксперт ГКЗ
cd53@mail.ru

Камнесамоцветное сырьё Малышевского месторождения (Средний Урал) и его место на мировых рынках. Хризоберилл и александрит

¹Россия, 630049, Новосибирск, ул. Линейная, 29 – 24.

Дан обзор и геологическая характеристика главных месторождений изумруда и берилла (из изумрудных месторождений), а также сопутствующих хризоберилла, александрита и фенакита. Приведены сведения о состоянии добычи этих минералов в разных странах, описаны характеристики камнесамоцветного сырья различных генетических типов месторождений изумруда, рассмотрены их перспективы. Особое внимание уделено состоянию добычи изумруда и сопутствующих минералов Малышевского изумрудного месторождения (средний Урал). На основе оригинальных данных рассмотрены вопросы структуры добычи различных сортов сырья, динамика его добычи и перспективы. Выделены геммологические особенности александрита и изумруда из различных месторождений в сравнении с сырьём Малышевского месторождения, рассмотрены вопросы соотношения оценки изумрудов и александритов международных стандартов с действующими в Российской Федерации. Дана оценка мирового рынка изумрудов и александритов, приведены данные о ценах на различные сорта этих минералов, их динамика за последнее десятилетие. Освещен вопрос возможности привлечения низкосортного берилла Малышевского месторождения в качестве сырья на бериллий. Показана мировая конъюнктура бериллия и соотношение добычи и потребления металла по странам. Оценена потребность России в металле и возможности ее удовлетворения своими ресурсами

Ключевые слова: изумруд; александрит; хризоберилл; берилл; Малышевское месторождение; камнесамоцветное сырьё

Малышевское изумрудно-берилловое месторождение известно всему миру как часть Уральских (российских) Изумрудных Копей, открытие и разработка которых началась еще в 1831 г. заложением горных выработок на Средненском прииске (впоследствии – Свердловское месторождение). Собственно, Малышевское месторождение было открыто два года спустя, когда крестьянин Карелин на покосах деревни Голендухино нашел изумруды. Годом позже здесь был заложен Мариинский прииск, которому в 1927 г. было присвоено имя революционера и красного командира Ивана Михайловича Малышева. В настоящее время месторождение разрабатывает АО «Мариинский прииск», входящее в Госкорпорацию «Ростех». Это единственное действующее в России и Европе месторождение изумрудов. Здесь же попутно добывают берилл, хризоберилл, александрит и фенакит. Уральские изумруды и александрит – всемирно известные бренды, вокруг которых как в бесчисленных интернет-ресурсах, так и в печати существует множество противоречивых сведений, заблуждений и мистификаций. Цель настоящей работы – дать обзор главных месторождений изумруда, берилла (из изумрудных месторождений), а также сопутствующих хризоберилла, александрита и фенакита, определить место российского камнесамоцветного сырья Малышевского месторождения в мировой добыче и конъюнктуре. Были использованы собственные материалы и наблюдения, данные о добыче на месторождении за 2016–2019 гг., предоставленные АО «Мариинский прииск», опубликованные сведения из отечественных (в основном по Малышевскому месторождению) и оригинальных зарубежных источников, в частности GIA (Геммологический Институт Америки), USGS (Геологическая служба США), а также порталов соответствующих министерств Афганистана,

Рис. 1.
Хризоберилл. Урал (Коллекция Е. Корсунова)



Бразилии, Замбии, Пакистана и Индии, материалы международных выставок Гонконга и Тусона.

Хризоберилл и александрит

Хризоберилл $BeAl_2O_4$ известен с древних времен, еще Плиний описал его, как разновидность берилла. Александрит – хромсодержащая разновидность хризоберилла – впервые обнаружен и описан на Уральских Изумрудных Копях в 1834 г. Александрит является чрезвычайно редким драгоценным камнем I порядка зеленого цвета при дневном свете и фиолетово-красного при искусственном освещении лампами накаливания. На свет от светодиодов реагирует слабо. Эффект изменения цвета обусловлен примесью хрома (Cr_2O_3 до 0,4%).

Кристаллизуется в ромбической сингонии, образуя толстотаблитчатые кристаллы, часто в виде псевдогексагональных тройников размером до 5–8 см. Реже наблюдаются двойниковые сростания и отдельные индивиды. Характерны штриховка, ярко выраженная скульптура граней в виде вициналей и фигур растворения (**рис. 1**).

Обычно кристаллы александрита разделены двойниковыми швами на 6 секторов с одинаковым внутренним строением и общей центральной частью, насыщенной газовой-жидкими включениями и минеральными зернами. Иногда александрит (хризоберилл) встречается в виде друз с довольно крупными (2–3 см) кристаллами в количестве до 10–15 индивидов (**рис. 2**).

Твердость – 8,5. Хрупок, блеск – стеклянный, в изломе – жирный, несовершенная спайность по пинакоиду и призме.

Хризоберилл имеет зеленый цвет, чаще с желтым оттенком. Наиболее ценятся хризобериллы с эффектом «кошачьего глаза» (**рис. 3**), обусловленным отражением света от шелковистых включений, перпендикулярных главной оси кристалла. Встречающееся название «цимофан» не является широко распространенным, и многие геммологи считают его излишним. Собственно, термин «кошачий глаз» применяется к хризобериллу, обладающим этим эффектом, для других минералов с таким эффектом добавляют название минерала, кварцевый «кошачий глаз», например.

Главной особенностью александрита является изменение цвета в зависимости от его источника. Традиционно считается, что лучшие образцы александрита имеют изумрудно-зеленый цвет при дневном свете, который меняется на рубиново-красный при искусственном освещении (**рис. 4**), но в современных условиях при вытеснении из источников света ламп накаливания, не говоря уже о свечах и керосиновых лампах, и повсеместном внедрении экономичных

Рис. 2.

Друза александрита (Музей минералогии, камнерезного и ювелирного искусства, г. Заречный)

ламп из светодиодов, этого почти никогда не наблюдается.

Изменение восприятия цвета минерала в зависимости от источника света традиционно называется «александритовым эффектом», возникающим при изменении освещенности из-за физиологической реакции человеческого глаза к определенной части видимого спектра [17]. Дневной свет содержит большее количество синего и зеленого света, а освещение лампами накаливания имеет более высокий уровень красного света. Человеческое зрение более чувствительно к зеленому свету. Александрит отражает как зеленый, так и красный свет. При дневном свете отражается большая часть зеленого света, поэтому мы видим зеленый цвет. И наоборот, при свете ламп накаливания отражается больше красного света, поэтому мы видим красный. Это обстоятельство представляется очень важным, т.к. главное свойство александрита, обуславливающее его высочайшую стоимость в ряду самых дорогих драгоценных камней, при современном состоянии освещенности, где главную роль играют светодиодные лампы, проявляется только при использовании специфических источников света, как-то: фонари с лампами накаливания, свечи, керосиновые лампы, свет спичек и зажигалок. В повседневных условиях «александритовый эффект» практически не проявляется. Следует отметить, что искусственные александриты, выращенные методом Чохральского, дают хороший эффект изменения света (реверс) с любыми источниками света, что, очевидно, связано с более высоким содержанием хрома в структуре кристаллов [8].

Приведенные выше факты хорошо иллюстрируются при использовании понятия так называемой цветовой температуры Кельвина (*рис. 5*).

Видно, что цветовая температура современных источников света находится в области, где александрит воспринимается зеленым (более 3500 К), в то время как цветовая температура источников света, при которой александрит воспринимается красным, должна быть менее 3500 К, а эту цветовую температуру дают только либо лампы накаливания, либо открытый огонь. Безусловно, изготовление светодиодных ламп с цветовой температурой ниже 3500 К не является проблемой, более того, существуют специальные геммологические фонари со световой температурой ниже 3000 К. Но это специальное

Рис. 3.

Кошачий глаз



оборудование. Проблема в том, что в современных помещениях используются источники света, наиболее благоприятные для человеческого восприятия, но отнюдь не благоприятные для демонстрации изменения цвета природного александрита.





Рис. 4. Кристалл александрита при естественном (а) и искусственном (б) освещении (Музей минералогии, камнерезного и ювелирного искусства, г. Заречный)

Тем не менее, главное свойство александрита пытаются каким-то образом унифицировать и даже оценить. В Российской Федерации классификационные признаки природных александритов регламентируются ТУ 7026-001-26420174-94 и Стандартом СТО-45866412-11-2009, учитывающими степень изменения цвета (реверс), чистоту (сорт) и размер камня. На основании эталонов производится сортировка сырья и соответственно, его оценка.

AGL (*American Gem Lab*) предлагает использовать систему процентного изменения цвета. 100-процентное изменение цвета устанавливается в том случае, если происходит изменение цвета (реверса) по каждой кристаллографической оси, когда все грани меняют цвет; 50% – если половина граней меняет цвет; и так далее. Понятно, что идеальных камней со 100-процентным реверсом в природе не существует, в лучшем случае мы найдем камень с 85–90% изменением цвета. Представляется, что предложенная AGL система оценки реверса александритов не может быть универсальной и объективной в силу того, что для ее эффективного использования нужно в каждой лаборатории иметь единые стандарты не только цвета, но и света. А если мы примем во внимание, что природные александриты различных месторождений имеют различные цветовые оттенки, независимо от источника света, связанные с количеством хрома, а в некоторых случаях ванадия и железа, то приходим к выводу, что эта система работать не будет.

Главные месторождения хризоберилла и александрита

Александрит и хризоберилл не образуют собственных месторождений. Вся добыча этих минералов сконцентрирована в месторождениях изумруда, хотя они могут быть пространственно обособлены, но только на уровне рудных тел.

В Австралии известно месторождение хризоберилла и александрита **Доурин** (*Dowerin*), открытое в 1930 г., которое вскоре было заброшено как нерентабельное. В 1991 г. департамент горнодобывающей промышленности провел его оценку и подтвердил первоначальные выводы. Месторождение представляет интерес как необычный тип по генезису для александрита и хризоберилла. Если все месторождения мира так или иначе связаны с гидротермально-метасоматическими процессами кислого магматизма, то месторождение Доурин относится к метаморфогенным гранулитовой фации. Условия образования хризоберилла по данным [7] оцениваются $T = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P < 6\text{ кбар}$. Содержание хрома в александритах составляет 0,15–1,74 мас.% Cr_2O_3 . Бериллиевое оруденение локализуется в плагиоклаз-кварц-биотит-гранатовых гнейсах и турмалин-плагиоклазовых жилах в актинолит-куммингтонит-флогопитовых сланцах. Возраст оруденения 2,64–2,65 млрд лет. Кристаллы хризоберилла и александрита в ассоциации с алмандином, кианитом, ставролитом, плагиоклазом и биотитом в основном небольших размеров (первые миллиметры) и низкого качества.



Рис. 5. Цвет александрита в зависимости от источника света (цветовой температуры Кельвина)

Хризоберилл имеет желтый оттенок, александрит – слабый реверс. На рынке спорадически появляются преимущественно коллекционные образцы, не влияющие на мировую конъюнктуру.

Незначительное количество хризоберилла и александрита преимущественно в виде коллекционных образцов поступало на рынок с месторождения изумрудов *Ага-Хан (Aga-Khan)* в Западной Австралии. В настоящее время месторождение не эксплуатируется.

Все известные бериллиевые оруденения Южной Америки сосредоточены в двух знаменитых рудных провинциях Бразилии – Баия (*Bahia*) и Минас-Жерайс (*Minas Gerais*).

В Баия разрабатываются два месторождения – *Карнаиба (Carnaiba)* и *Серра Доурادا (Serra Dourada)*. Александрит и хризоберилл встречаются в олигоклаз-берилл-мусковитовых пегматитах и кварцевых жилах совместно с изумрудом, бериллом, апатитом и турмалином в серпентинитах, прорванных гранитами [6, 11, 14].

На месторождении Карнаиба зафиксировано много находок кристаллов александрита длиной 2–3 см. Некоторые из них представлены высококачественными камнями с высокой прозрачностью и сильным реверсом. Основная масса качественного ювелирного сырья поступает из более мелких фракций (менее 5 мм). Из всего добываемого хризоберилла 10–15% составляет александрит ювелирного качества. Общая годовая добыча хризоберилла совместно александритом по независимым оценкам составляет не более 15 кг [16].

Главные запасы хризоберилла и александрита в Бразилии сосредоточены в месторождениях провинции Минас-Жерайс. Это месторождения *Эсмералдас де Феррос (Esmeraldas de Ferros)*, *Гематита (Hematita)* с самым богатым александритом рудником *Итайтинга (Itaitinga)* и аллювиальные россыпи ручьев *Сантана (Santana)*, *Сетубинхе (Setubinha)* и *Сотурно (Soturno)*.

Источником александрита и хризоберилла месторождений Минас-Жейрас являются пегматиты, группирующиеся в протяженные поля (так называемый «слюдяной пояс») в докембрийских филлитах и полевошпат-слюдистых сланцах и амфиболитах, а также в мусковитсодержащих полевошпатовых кварцитах и амфиболитах [6]. Генетически связаны с небольшими телами среднезернистых биотит-микроклиновых и порфиридных микроклиновых гранитов, датированных силуром-девонем.

Месторождение *Гематита (Hematita)* известно самым качественным александритом в стране, но в настоящее время наблюдается тенденция истощения запасов качественного материала. Бразильские дилеры утверждают, что этот ресурс уже исчерпан, что, скорее всего, является маркетинговой уловкой и не соответствует истинному состоянию добычи. По некоторым данным [18], ежемесячная добыча оценивается в 250 000 карат сырья хризоберилла и александрита (50 кг). «Кошачий глаз» составляет около 30% добытого необработанного хризоберилла, но только около 10% имеют яркий чистый зеленый цвет.

Главные запасы александрита и хризоберилла месторождения Гематита сосредоточены на руднике *Итайтинга (Itaitinga)* – крупнейшем месторождении александрита в мире, расположенном недалеко от города Гематита, в 16 км к северо-востоку от Бельмонта. На этом россыпном месторождении добывают в среднем около 5 кг в день необработанного сырья (хризоберилла и александрита), что дает около 250 каратов в месяц ограненного высококачественного александрита. Здесь же несколько лет назад найдены высококачественные кристаллы двойников александрита длиной до 22 см. Понятно, что россыпные залежи месторождения быстро истощаются, но в настоящее время здесь обнаружены коренные залежи, содержащие александриты, что позволяет го-



Рис. 6.
Мировая добыча александрита и хризоберилла по массе

ворить о дальнейшем развитии добычи на этом месторождении.

Второе по величине месторождение александрита в Бразилии **Эсмерaldas де Феррос (Esmeraldas de Ferros)**, расположенное в 45 км северо-восточнее Гематита, включает в себе запасы более крупных кристаллов хризоберилла с александритом. У камней хороший насыщенный цвет, но из-за множества включений они большей частью полупрозрачные и непрозрачные. Крупные (+5 мм) высококачественные кристаллы составляют первые проценты добываемого сырья.

Прозрачные кристаллы александрита размером до 1 см с ярким цветом и сильным реверсом в незначительных количествах поступают с **Ново Крузейро (Novo Cruzeiro)**. В связи с тем, что на этой площади работают сотни частных добытчиков, трудно оценить объём добычи, хотя несколько независимых источников оценивают количество добываемого сырья несколько тысяч карат в месяц, включая «кошачий глаз» хризоберилла.

Александрит и хризоберилл спорадически добываются в **Малакачете (Malacacheta)** [15] и **Теофило Отони (Teofilo Otoni)**. Хризоберилл «кошачий глаз» и качественный александрит в основном размером менее 0,5 карата постоянно поступают в количествах не более 1 кг в месяц в сырье.

Теофило Отони является важнейшим коммерческим центром Бразилии по продаже цветных драгоценных камней, где реализуется около 55% продукции страны. Это главная площадка бразильской торговли цветными камнями, место, где продается и покупается продукция сотен небольших шахт, разбросанных по всему региону.

Ограниченный превосходный александрит с сильным реверсом весом около 5 карат был продемонстрирован в офисе *Stone World* в Теофило Отони.

Бразильские александриты имеют густой пурпурно-красный цвет при свете лампы накаливания, но при дневном свете их зеленая

окраска менее выражена, чем у уральских или индийских камней. Исключительные по чистоте и степени реверса александриты месторождения Гематита (*Hematita*) демонстрируют сильный голубой оттенок на фоне слабого зеленого в дневном свете.

Основная масса александритов Минас Жерайс при дневном имеет желтый оттенок, затусевывающий зеленый цвет. При свете лампы накаливания его цвет варьирует от фиолетово-розового до пурпурно-красного, в большинстве случаев наблюдается сильный фиолетовый оттенок. Лучший цвет бразильского александрита – красновато-фиолетовый или малиновый.

Таким образом, из Бразилии поступает около 55 кг сырья хризоберилла и александрита ежемесячно. В том числе александритов – 5–8 кг и хризоберилла «кошачий глаз» – 10–15 кг.

В Индии начали добывать александрит и хризоберилл в 2000 г. на месторождении **Деобхог (Deobhog)**. Добыча ограничена сухим сезоном (зима-осень), и трудно оценить количество поступающего на рынок качественного сырья. В настоящее время основное внимание уделяется добыче в провинции **Андхра-Прадеш (Andhra Pradesh)** в городах Нарсипаттанам (*Narsipattnamn*) и Араку [12], где в основном незаконно добывают желтовато-зеленый хризоберилл «кошачий глаз» в коллювиальных отложениях. Большинство александритов здесь низкого качества, изменение цвета проявляется только при очень сильном освещении лампы накаливания.

Все проявления хризоберилла и александрита сосредоточены в пегматитах и добываются в коре выветривания на глубине до 10 м от поверхности.

Главной особенностью индийских камней является чистый яркий зеленый цвет с голубым оттенком при дневном освещении. Для них характерна исключительная чистота и прозрачность. При свете лампы накаливания они имеют бледный пурпурный цвет.

Очевидно, что объём ювелирного материала, поступающий на рынок из Индии, незначителен и не влияет на мировую конъюнктуру.

Мьянма (Бирма) традиционно поставляет на рынок хризоберилловый «кошачий глаз», добываемый в пегматитах районах на западе долины **Могок** в Саканги или **Барнармё (Mogok valley in Sakangyi or Barnarmyo)**, а также в аллювиальных россыпях в урочище Могок. «Кошачий глаз» превосходного качества поступает из аллювиальных отложений к северо-востоку от **Мандалая**.

Александрит ювелирного качества обнаружен в пегматитовых образованиях, приуроченных к гранитам **Кабайнг**.

В последние годы Мьянма стала настолько закрытой, что достоверную информацию об объемах добычи ювелирного сырья практически невозможно получить. Ретроспективные оценки позволяют оценить объем годовой добычи сырья хризоберилла в 10–15 кг. «Кошачий глаз» составляет порядка 30% добываемого хризоберилла, александрит – первые проценты.

Шри-Ланка (остров Цейлон), поставляющая в течение тысячелетий высококачественные драгоценные камни на мировой рынок, занимает весьма скромное место по добыче хризоберилла и александрита. Пегматиты знаменитого района **Ратнапура** (*Ratnapura*) содержат все три разновидности хризоберилла: александрит, «кошачий глаз» и собственно хризоберилл, но доля этого сырья на рынке незначительна.

Новое пегматитовое месторождение хризоберилла обнаружено вблизи города **Калто-та** (*Kalthota*) в центральной части Шри-Ланки. Бюро геологической разведки и добычи полезных ископаемых (*GSMB*) и Департамент природных ресурсов (*The Earth Resources Engineering Department – ERED*) открыли это месторождение во время совместного обследования места предлагаемого национального геопарка в **Балангода** (*Balangoda*) в 2006 г. Сведения об объеме добычи отсутствуют. Однако можно заключить, что это открытие не оказало влияния на рынок, т.к. с этого времени не произошло роста поставляемых из Шри-Ланки хризобериллов.

Все южно-африканские хризобериллы, включая александрит, пространственно и генетически связаны с месторождениями изумрудов. Нужно отметить, что на крупнейших месторождениях изумруда в Замбии хризобериллы не добываются, по крайней мере, сведений об этом нет.

На месторождении **Тундуру** (*Tunduru*) на юге Танзании в 1993 г. недалеко от границы с Мозамбиком наряду с сапфирами и шпинелями начали добывать хризоберилл и александрит. Однако все легкодоступные рудные тела пегматитов были отработаны за один год. В настоящее время на месторождении добывают незначительное количество хризобериллового сырья. При этом в общей массе добываемого сырья появляются эксклюзивные александриты мирового класса с сильным реверсом – от голубовато-зеленого (за счет примеси ванадия) до пурпурно-красного цвета [9]. Большинство танзанийских александритов из Тундуру при дневном свете имеют желтовато-зеленый цвет (хаки), переходя в коричневатые в свете ламп накаливания. На месторождении также добывается небольшое количество камней мирового класса от голубовато-зеленого до пурпурно-красного цвета.



Рис. 7.
Тройник александрита. Малышевское месторождение (Музей минералогии, камнерезного и ювелирного искусства, г. Заречный)

Месторождение озера **Маньяра** (*Lake Manyara*), наиболее известное своими изумрудами, находится в деревне Майока на южной оконечности озера Маньяра, где регулярно добывают прозрачный чистый александрит, но со слабым неконтрастным реверсом – от желтовато-зеленого до коричневатого-красного цвета. Месторождение изумрудов локализуется в зонах контакта биотит-актинолитовых сланцев и гнейсов с пегматитами, где в ассоциации с полевым шпатом и слюдой встречаются александрит, изумруд и рубин. Статистика добычи по данным маркетинговых обзоров показывает, что в 2016–2019 гг. добыто более 1000 каратов александрита, но официальных запасов александрита нет. Есть сведения о находках александрита и на западных берегах озера Маньяра. В настоящее время александрит и хризоберилловый «кошачий глаз» добывают кустарным способом в руслах рек Мухувеси, Мтетеси, Лумесуле и Намбалапи, однако вклад этого материала в общее количество добываемых александритов и хризобериллов в Танзании в целом – мизер-

Рис. 8.
Соотношение добытых александритов по степени реверса





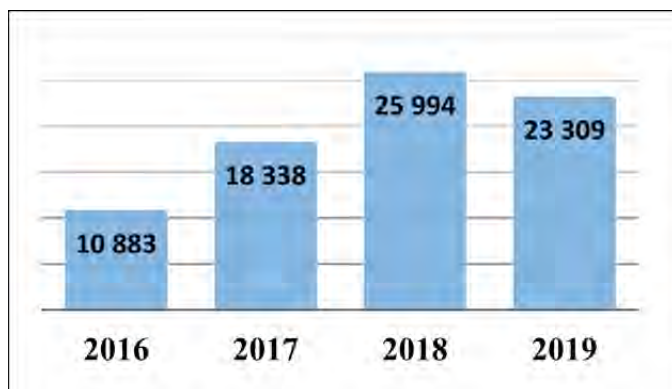
Рис. 9.
Соотношение стоимости добытых александритов по степени реверса

ный, хотя этот район имеет серьезные перспективы.

В Зимбабве хризобериллы и александриты известны на крупном месторождении изумрудов **Сандавана** (*Sandawana*) в юго-западном регионе Звишаване. Частная компания, разрабатывающая это месторождение, поставляет на рынок только изумруды и бериллы. В районе **Гердлстоун** (*Girdlestone*), найдены небольшие ромбические псевдогексагональные двойники совершенной формы с сильным изменением цвета от темно-зеленого до пурпурно-красного. Анализ разрозненных и отрывочных данных о добыче хризобериллового сырья в Зимбабве показывает хорошие перспективы, но текущий вклад – мизерный.

Примерно такая же ситуация с добычей хризоберилла и александрита на Мадагаскаре. Хризоберилл, обнаруженный в месторождении **Илакака** (*Ilakaka*), представлен ярко-желто-зеленой разновидностью «кошачьего глаза» и небольшим количеством александрита с сильным реверсом. Крупные кристаллы александрита ювелирного качества находят в окрестностях озера Алаотра [13]. Отмечу собственный опыт посещения рынков цветных камней в Антананариву, который показывает, что большая часть

Рис. 10.
Добыча хризоберилла по годам в граммах



александрита – синтетические камни европейского производства, выдаваемые за природные.

В США достоверно известно единственное место, где обнаружены мелкие кристаллы хризоберилла и александрита невысокого качества со слабым реверсом [10]. Это пегматитовое тело **Хардинг** на месторождении редких земель **Ла-Мадера-Маунтин** (*La Madera Mountain*). Эти находки не имеют практического значения.

Россия, где в 1833 (по некоторым данным – в 1834) г. впервые в мире был обнаружен александрит, история открытия и геологическое строение которого освещены в многочисленных научных и популярных публикациях, занимает достойное место среди стран, поставляющих хризоберилл и александрит на мировой рынок (рис. 6).

В настоящее время единственным источником знаменитых уральских александритов является **Малышевское месторождение** гидротермально-метасоматического типа (пневматолито-гидротермальное по классификации Е.Я. Киявленко и др. [4]. Месторождение генетически связано с формированием позднеорогенного Адуйского гранитного массива и локализуется в его восточном экзоконтакте. Адуйские граниты интродуцированы в сложный комплекс метаморфизованных ультрабазитов, включающих амфиболитовые сланцы, углисто-кремнистые сланцы, серпентиниты [4, 5].

М.П. Попов [5] выделяет четыре основных минеральных парагенезиса, в которых встречаются александрит и хризоберилл: **слюдитовые комплексы**; **плаггиоклазовые жилы в слюдитях**; **хлоритовые зоны** с фенакитом и промежуточной маргаритовой оторочкой из слюдитовых комплексов и **мусковит-флюоритовые линзы** из слюдитов [5]. Необходимо отметить, что выделенные парагенезисы, хотя и разобщены в пространстве, в общем случае сосредоточены в единой геолого-структурной позиции – слюдитях главной свиты. В кварц-плаггиоклазовых жилах за пределами слюдитов александриты не встречаются.

Изумрудная и связанная с ним хризоберилловая минерализация, включая александрит, является частью слюдитового комплекса, состоящего преимущественно из флогопита бурого и серовато-зеленого цвета, содержащего включения сфена, апатита, циркона, ильменита и пирротина. Часто в центральной части слюдитовых тел присутствуют линзы плаггиоклазита, состоящие из плаггиоклаза олигоклаз-андезиновом ряда, с небольшим количеством кварца, флюорита, апатита, турмалина, маргарита, молибденита и других минералов. На флангах слюдитовых тел наблюдаются реакционные ото-

рочки актинолитового, актинолит-хлоритового, хлоритового и талькового состава мощностью до 3 м. Основная масса хризоберилла и александрита локализована в слюдитовых комплексах, в меньшей степени – в плагиоклазовых жилах.

Температура образования бериллиевой минерализации устанавливается в пределах 450–550 °С, давление – около 400 бар. Возраст оруденения составляет 205 млн лет [5].

Для реализации задач нашего обзора главное значение имеют сведения о минералогических особенностях, структуре (соотношении) александрита и хризоберилла разного качества, объёмы их добычи и стоимость на внутреннем и мировых рынках.

Морфологические особенности малышевского хризоберилла и александрита выражены в тройниках таблитчатой формы с гранями двух усеченных шестиугольных пирамид (рис. 7).

Кристаллы александрита (как и хризоберилла) характеризуются достаточно сложным внутренним строением, обусловленным наличием двойников и тройников. Это обстоятельство создает определенные сложности при огранке и значительно уменьшает выход ограненного камня. Размеры добываемых кристаллов изменяются в широких пределах, от нескольких миллиметров до 10–12 см, Кристаллы имеют идентичную синхронную зональность, трещиноватость и внутренние напряжения. Встречаются друзы, заполняющие полости размером до 50 см.

Таблица 1.

Месторождения александрита и хризоберилла Среднего Урала (по данным Роснедра, 2016)

Месторождение	Полезное ископаемое	Недропользователи	Степень освоения
Малышевское	Изумруд, александрит, фенакит и др.	АО Мариинский прииск	Разведка и добыча изумрудов, александритов и сопутствующих компонентов
Красноармейское (изумрудно-бериллиевое)		ООО Научно-производственное предприятие АМИ-САЙЕНС (НПП АМИ-САЙЕНС)	Разведка и добыча изумрудов, александритов, фенакитов и сопутствующих компонентов
им. Крупской	Изумруд, хризоберилл	Департамент по недропользованию по Уральскому ФО	Непереданные в освоение
Первомайское		Департамент по недропользованию по Уральскому ФО	Непереданные в освоение
Свердловское		ООО «Горнорудная компания Урала»	Подготавливаемые к освоению
Черемшанское		Департамент по недропользованию по Уральскому ФО	Непереданные в освоение
Шаг		Департамент по недропользованию по Уральскому ФО	Непереданные в освоение
Глинский	Хризоберилл	Нейвинское государственное унитарное геолого-промышленное предприятие – дочернее предприятие ФГУП «Уралкварцсамоцветы» МПР РФ	Преращение права пользования (окончание срока действия лицензии – 2013 г.)

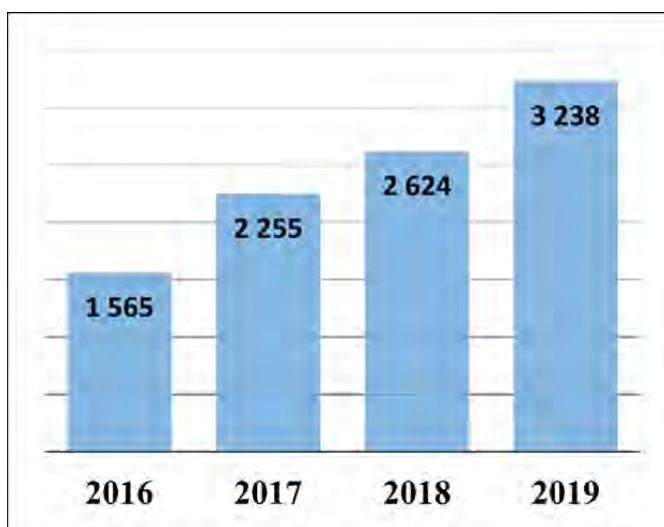


Рис. 11.

Добыча александрита по годам в граммах

Малышевское месторождение на протяжении многих лет было единственным источником александрита, а российские камни с чистым зеленым цветом днем, переходящим в густой пурпурно-красный при свечах или лампах накаливания, были эталоном этого чрезвычайно редкого и дорогого драгоценного камня. Открытие прекрасного бразильского александрита в 1987 г. изменило этот стандарт. Несмотря на то, что уральские александриты при дневном свете демонстрируют более насыщенный зеленый цвет, многие геммологи сходятся во мнении, что пурпурно-фиолетово-красные бразиль-

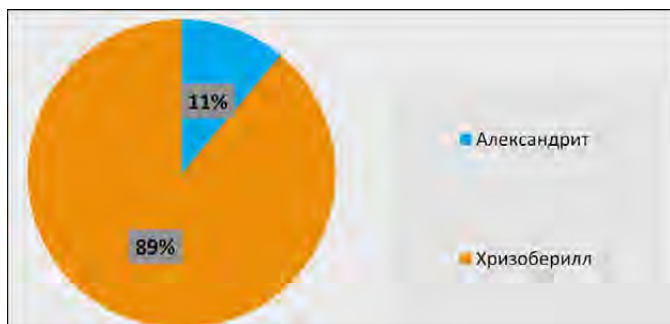


Рис. 12.
Соотношение добытых александрита и хризоберилла

ские камни явно лучше, соответственно, и цена на них выше [17].

Добыча и конъюнктура

Оценка мировой добычи хризоберилла и александрита – достаточно сложная задача в силу двух главных причин. Первое – разобщенность поступления на рынок сырья и ограненных камней, отсутствие глобальных торговых площадок для этого вида камнесамоцветного сырья. Даже на главных выставках в Тусоне и Гонконге предложения сырья практически отсутствуют, а ограненные камни выставляются обычно на выставках изумруда и занимают совсем небольшой объем. Второе – резкие колебания добычи на месторождениях, связанные с истощением запасов и открытием новых рудных тел. Это обстоятельство прекрасно иллюстрирует динамика поступления александрита с месторождений Бразилии. Так, до конца 80-х гг. прошлого века на рынке преобладали хризобериллы и александриты Шри Ланки, и только с 1987 г. рынок стал насыщаться прекрасными бразильскими камнями. Бум добычи на руднике Гематита (Минас Жерайс) во время так называемой «александритовой лихорадки» продолжался около четырех месяцев весной и летом 1987 г. При этом передел участков сопровождался стрельбой до тех пор, пока кровопролитие не заставило правительство издать приказ в июне 1987 г. о закрытии рудника. Ситуация стала настолько

Рис. 13.
Структура продаж ограненного александрита по весу камня



напряженной, что правительство вырыло вокруг руд, заминировало его и разместило солдат на единственной оставшейся действующей шахте. Позже стали разрабатываться богатые александритом россыпи месторождения Итайтинга, что позволило Бразилии сохранить лидирующие позиции добычи александрита в мире.

Чтобы понять и проиллюстрировать структуру добычи александрита и хризоберилла, были привлечены данные эксплуатации Малышевского месторождения за последние 4–5 лет, представленные АО «Мариинский прииск».

Соотношения добытых александритов по степени изменения цвета (реверса), а также пропорции объема добытых александрита и хризоберилла на Малышевском месторождении иллюстрируют круговые диаграммы (рис. 8–11).

Более 2/3 добываемых александритов составляют низкосортные мелкие дешевые камни со слабым реверсом. Учитывая однотипность генезиса уральских и других месторождений мира, в частности Бразилии, а также сведения о том, что в лучшем случае добывается не более 15% александритов ювелирного качества даже в россыпных отложениях Минас-Жерайс, мы можем принять эти соотношения за основу оценок мировой добычи. Нужно отметить положительную динамику добычи александритов и хризобериллов с 2016 г. по настоящее время (рис. 10, 11).

Данные текущего 2020 г. не приводятся по двум причинам: во-первых, влияние пандемии коронавируса существенно осложнило ритм добычи на месторождении, во-вторых – год еще не завершился. В целом можно отметить рост добычи с каждым годом при сохранении соотношения александрита и хризоберилла 1:9.

Необходимо отметить, что описываемые минералы содержатся и в других месторождениях Уральской изумрудоносной полосы, приуроченной к экзоконтакту Адуйского гранитоидного массива (табл. 1).

В общей массе хризобериллов, добываемых на Малышевском месторождении, александриты составляют около 10% (рис. 12). Эти пропорции сохраняются на протяжении последних 5 лет. Следует отметить, что даже в одном рудном гнезде могут сосуществовать и хризоберилл, и александрит, что создает определенные трудности первичной сортировки этого сырья.

Александрит и хризоберилл большей частью добываются попутно на месторождениях изумруда или берилла и, соответственно, не могут определять экономику добывающих компаний. Более того, на рынках практически нет сырья этих минералов, реализуются в основном ограненные камни. Больше всего «кошачьего глаза»

добывается в Индии [12], и лишь немногие из них добываются из других месторождений.

В связи с тем, что основная масса добываемого александрита представлена кристаллами небольших размеров, большая часть продаж приходится на камни до 5 каратов (**рис. 13**) [1]. В тоже время в денежном выражении главный объём продаж приходится на дорогие камни стоимостью от 1000 долларов США за камень (**рис. 14**). Что примечательно, ограненные камни стоимостью от 10 000 до 100 000 долларов США составляют треть продаж. Наиболее качественные александриты с высоким реверсом и чистотой (сортом) составляют всего 7% добываемого материала, в то время как дают около 50% средств от реализации (**рис. 8, 9**). Небольшое количество «кошачьего глаза» александрита с хорошим реверсом изредка поступает на рынок по цене 1500–5000 долларов США за карат [18]. Цена на «кошачий глаз» медово-желтого (*milk&honey*) составляет первые сотни долларов США за карат.

Соответственно, существует проблема реализации мелкого сырья, ручная работа по огранке которого стоит намного выше цены самого камня. В настоящее время вопрос реализации мелкого сырья цветных камней (менее 5 мм) решается применением автоматов. Но для александрита, как, впрочем, и для изумруда, огранка автоматом не применяется, по крайней мере в продаже на выставках этого продукта нет. Это связано в первую очередь с низким выходом при применении автомата и невозможностью правильно сориентировать камень, чтобы добиться

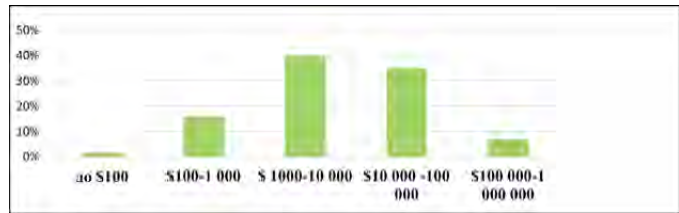
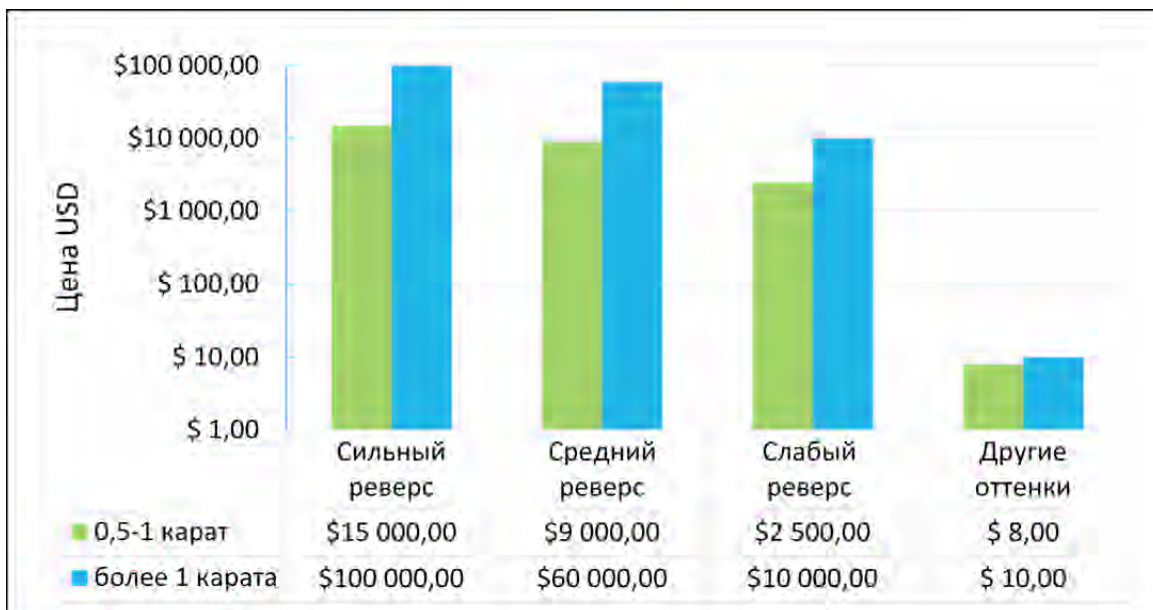


Рис. 14. Структура продаж александритов на мировом рынке по стоимости камня (\$ за камень)

ощутимого реверса. Для правильной огранки александрита необходимы знания кристаллографии и индивидуальный подход к каждому камню. Поэтому в первую очередь реализуется самое качественное и дорогое сырье, а мелкие фракции накапливаются на складах.

Александрит имеет высокую цену (**рис. 15**), эквивалентную или даже превышающую стоимость сапфиров, рубинов, изумрудов и алмазов. Исторически сложилось, что уральский камень всегда ценился выше других аналогичных по качеству из других месторождений мира. Здесь уместна аналогия с колумбийским изумрудом, цена на который при всех равных условиях на 15–20% выше аналогичных камней из Африки или России. На протяжении последних 5 лет высокосортный ограненный александрит из России стабильно продается по цене от 3000 до 10 000 долларов за один карат. Но к сожалению, таких камней очень мало, в свободном обращении на рынке в основном присутствуют бразильские александриты.

Рис. 15. Цена USD/карат ограненных александритов в зависимости от реверса и размера



Цена на александрит в последние годы выросла из-за высокого международного спроса, особенно из Японии. С 1980 по 2000 гг. большинство лучших камней из Бразилии было продано в Японии [10], хотя в настоящее время крупнейшим рынком сбыта александрита являются США [18]. Следует обратить внимание еще на один фактор, который, на мой взгляд, может серьезно повлиять на цены и спрос александрита. Очевидно, что чрезвычайно высокую цену александрит приобрел по двум причинам, как-то: редкость его происхождения и уникальное свойство менять цвет в зависимости от источника света («александритовый эффект»). Безусловно, природный александрит всегда будет очень редким камнем, и его 100-процентные синтетические аналоги, выращенные методом Чохральского, с сильным реверсом и безукоризненной чистотой не смогут повлиять на его цену, т.к. отличить природный камень очень просто, имея опыт и лупу. Что касается «александритового эффекта», то, как было показано выше (рис. 5), современные источники света (неоновые лампы и светодиоды) не влияют на окраску камня. Чтобы выявить этот эффект, необходимо использовать либо открытый огонь (свеча, керосиновая лампа, спички), либо специальные фонари с источником света цветовой температуры менее 3500 К. Таким образом, в современных условиях

«александритовый эффект» не является привлекательной особенностью камня, будоражащего воображение владельца, как это было с чешским ювелиром Венцелем из очерка Н. Лескова «Александрит», который воскликнул, глядя на перстень с александритом: «..вот, вот тот вещий русский камень, о котором я вам говорил! Он все был зелен, как надежда, а к вечеру весь облился кровью». Теперь это в большей степени диагностический признак разновидности хризоберилла – александрита.

Таким образом, хризоберилл и александрит добываются преимущественно попутно на месторождениях изумруда. Год от года динамика добычи по странам существенно меняется в зависимости от состояния запасов конкретных месторождений. Тем не менее в настоящее время безусловным лидером по поставкам высококачественного александрита является Бразилия, второе место со значительным отрывом занимает Россия. Несмотря на то, что «александритовый эффект» в современных условиях широкого распространения светодиодных источников света теряет своё значение, александрит остается чрезвычайно дорогим ювелирным камнем с постоянным спросом. Можно допустить, что цена на него не будет опускаться, сохраняясь на стабильном уровне, как это наблюдается последнее десятилетие. ❀

Литература

1. Исследование рынка камнесамоцветной продукции. Агентство промышленной информации. М. 2016.
2. Жернаков В.И. Изумрудные копи. Изумруд. Александрит. Фенакит. Онтогенез и филогения. Екатеринбург: УГГУ. 2011. 201 с.
3. Жернаков В.И. Кристалломорфология александрита Изумрудных копей Урала // Уральский геологический журнал. 1998. № 3.
4. Киявленко Е.Я., Сенкевич Н.Н., Гаврилов А.П. Геология месторождений драгоценных камней. М.: Недра. 1982.
5. Попов М.П. Геолого-минералогические особенности редкометальной минерализации в восточном экзоконтакте Адуйского массива в пределах уральской изумрудоносной полосы. Екатеринбург: УГГУ. 2014.
6. Couto, P. and Giuliani, G. Origin of Emerald Deposits of Brazil. Mineralium Deposita 58 (1990)
7. Downes, J., P. and Bevan, W., A. Chrysoberyl, beryl and zirconian spinel mineralization in granulite-facies Archaean rocks at Dowerin, Western Australia. Mineralogical Magazine (2002).
8. Gubelin, J., Edward and Schmetzer, K. Gemstones with alexandrite effect. Gems & Gemology 18 (1979):197-203.
9. Gubelin, J., Edward. Alexandrite from Lake Manyara, Tanzania. Gems & Gemology 15 (1980):203-209.
10. Hausel, W., D. Gemstones of the world geology, occurrence and exploration. Wyoming State Geological Survey (2005).
11. Homem, J., Luiz and De Oliveira, Genario, Jose and Gaal, Gabor, Edmund. Implication of the Caraiba deposit's structural controls on the emplacement of the cu-bearing hypersthenites of the Curaca Valley, Bahia-Brazil. Revista Brasileira de Geociencias (1996)
12. Mallik, K., A. and Mukhopadhyay, K., P. and Roy, Ghosh. Some Alkaline Complexes of West Bengal, Orissa and Andhra Pradesh etc. Survey India, Special Publication 58 (2001)
13. Moine, B. and Rakotondrazafy, M. and Rakotondratsima, A. and Cuney, M.. Controls on the urano-thorianite deposits in S-E Madagascar. Proceedings of the UNESCO-IUGSIGCP International Field Workshop (1997):55.
14. Petersen, J., K. and Guttler, A., R. and Schultz-Guttler, R. and Schultz, R. Alexandrite at Minacu, Goias and its formation Conditions. International Geological Congress 31 (2000).
15. Pinheiro, B., V. and Baslio, S., M. and Krambrock, K. and Dantas, S., M. and Paniago, R. and Assuncao, L., A. and Pedrosa-Soares, C., A.. The cause of colour of the blue alexandrites from Malacacheta, Minas Gerais, Brazil. Journal of Gemmology 27 (2000):161-170.
16. Rudowski, L. and Giuliani, G. and Sabate, P. Emerald bearing phlogopites in the proximity of the Campo Formoso and Carnaiba granites (Bahia, Brazil). Comptes rendus de l'Academie des sciences (1987)
17. White, B., W. and McKay, J. The Alexandrite effect: an optical study. American Mineralogist (1967):53-70.
18. Wise R. Secrets of the gem Trade. The connoisseur's guide to precious gemstones. – Lenox, Massachusetts, Brunswick House Press. Second ed. 2009